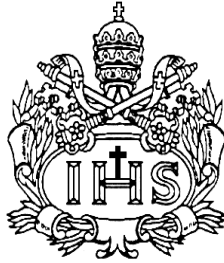


PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE BIOLOGÍA



ORGANISMOS MÓVILES Y SÉSILES DE LITORAL ROCOSO
DEL PACIFICO COLOMBIANO:
UNA GUÍA VISUAL PARA SU IDENTIFICACIÓN

SAMUEL DAVID GARCÍA SUÁREZ

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito parcial para optar el título de Biólogo

BIOLOGÍA

Bogotá, D.C.

Diciembre de 2011

**ORGANISMOS MÓVILES Y SÉSILES DE LITORAL ROCOSO
DEL PACIFICO COLOMBIANO:
UNA GUÍA VISUAL PARA SU IDENTIFICACIÓN**

SAMUEL DAVID GARCÍA SUÁREZ

APROBADO

Ingrid Schuler Ph. D
Decana Académica
Facultad de Ciencias

Andrea Forero
Directora Carrera de Biología
Facultad de Ciencias

**ORGANISMOS MÓVILES Y SÉSILES DE LITORAL ROCOSO
DEL PACIFICO COLOMBIANO:
UNA GUÍA VISUAL PARA SU IDENTIFICACIÓN**

SAMUEL DAVID GARCÍA SUÁREZ

APROBADO

Alberto Acosta Ph.D
Laboratorio de Ecología Marina
DIRECTOR

Fabio Gómez Delgado
Museo Javeriano de Historia Natural
JURADO

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la Resolución No 13 de julio de 1946

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

RESUMEN

El litoral rocoso (LR) se define como unidades ecológicas ubicadas en la transición entre el mar y la tierra, constituidas por comunidades biológicas desarrolladas sobre sustratos rocosos, presentando periodos de exposición producidos por cambios en mareas y factores climático-oceanográficos regulados por los eventos naturales de “El Niño” y “La Niña” o planetarios. Éste ecosistema es considerado estratégico por la gran diversidad biológica que posee (zona de ecotono). El estudio del Litoral Rocosó ha sido un gran desafío científico por su amplia extensión y poca accesibilidad. La necesidad de monitoreo y de establecer medidas de conservación y aprovechamiento de sus recursos en una forma biológicamente sustentable se hace prioritaria. Para ello es indispensable conocer los elementos bióticos que componen el ecosistema, partiendo de una identificación taxonómica de los mismos, que sirva para generar e impulsar un sistema de monitoreo nacional que permita posteriormente conocer su estado actual, dinámica y evolución ante diferentes amenazas costeras (ej. contaminación). El Santuario de Fauna y Flora Isla Malpelo, base de esta guía, se encuentra prácticamente exento del impacto antropogénico directo, presentando ecosistemas como el litoral rocoso, en buen estado de conservación; constituyéndose como un lugar único de control en el Pacífico Este Tropical, para compararlo con áreas que sí presentan alteraciones humanas (ej. contaminación). Esta información contrasta con lugares que si presentan diferentes estados de alteración tales como los incluidos en esta guía: Pianguita, Málaga, Bahía Málaga, Buenaventura, Cabo, Isla Palma, La Ventana y Charcos intermareales. La Isla Malpelo ha sido catalogada como un Santuario de Fauna y Flora, por su gran capacidad de conservar elementos fundamentales del patrimonio ambiental de la Nación, garantizando así la preservación de ecosistemas, especies y servicios ecosistémicos, constituyéndose como un reservorio significativo de la biodiversidad marina mundial. Por encima de la importancia que presenta este lugar, el total de los ecosistemas allí presentes no se hallan caracterizados ni incluidos en el plan de manejo. Actualmente la composición taxonómica de los organismos asociados al LR presente en el SFF Isla Malpelo y el Pacífico colombiano en general no se encuentra identificada en su totalidad, y de los organismos ya caracterizados. Actualmente no existen documentos que hayan compilado dicha información taxonómica a nivel de grupos principales en el litoral rocoso.

Con base en la anterior situación, se plantea como proyecto, el diseño de una guía fotográfica para la identificación taxonómica de organismos sésiles y móviles asociados al Litoral Rocoso, presentes en el Pacífico colombiano con énfasis en el Santuario de Fauna y Flora Isla Malpelo, para la obtención de información de línea base como componente estructural de las comunidades, e insumo directo en la implementación de sistemas de monitoreo de dicho ecosistema en un área protegida así como zonas del Pacífico colombiano con impacto antropogénico directo. Ésta guía será original dado que no existe un material homólogo para el corredor biológico.

Para la obtención de muestras y registro fotográfico, para el SFF Isla Malpelo se implementaron dos muestreos, estableciéndose 4 zonas según posibilidad de aproximación y perfiles con inclinaciones menores a 20 grados, teniendo en cuenta niveles de exposición al oleaje. En campo fueron colectadas muestras en el perfil vertical del LR entre los 0 y 25 m de profundidad, abarcando franjas del meso e infralitoral. El material biológico fue analizado en el Laboratorio de Ecosistemas Marinos Estratégicos de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) con el fin de realizar su respectiva identificación taxonómica y registro fotográfico; las muestras fueron fijadas y conservadas según protocolos establecidos. Los protocolos de fijación y conservación de los especímenes así como la obtención de claves taxonómicas y guías de identificación, fueron obtenidos por medio de bases bibliográficas y en colaboración con otros investigadores e instituciones tales como Fundación Malpelo y otros ecosistemas marinos, INVEMAR, Universidad del Valle, Universidad de los Andes y SPNN. Desarrollado el adecuado proceso de morfotipado de las muestras y compiladas las claves y guías de clasificación, se procedió a la identificación taxonómica en la mínima resolución. De los especímenes cuya identificación taxonómica no fue posible en laboratorio por medio del material obtenido, su registro fotográfico fue enviado a expertos en cada uno de los grupos, con el fin de obtener la clasificación taxonómica adecuada.

El registro fotográfico en campo se efectuó por medio de una cámara Sealife DC1200 de alta resolución. El material fotográfico de los organismos no observados durante los días de muestreo pero registrados por otras investigaciones, así como de organismos presentes en otras zonas del Pacífico colombiano incluidas en la guía, fueron obtenidos en colaboración con la Universidad del Valle y otros investigadores e instituciones.

Actualmente la guía se encuentra en proceso de diagramación, siendo desarrollado por un profesional en el área para su posterior impresión en alta calidad y distribución a nivel nacional e internacional. El desarrollo de esta guía se ha llevado a cabo por medio del apoyo financiero generado a partir de convenios entre la PUJ y entidades tales como Fundación Malpelo y otros ecosistemas marinos y la ONG Conservación Internacional. Cabe resaltar que instituciones como el SPNN y Universidades del Valle y los Andes participaron igualmente por medio de ayudas representadas en material bibliográfico.

PALABRAS CLAVES: *Pacífico Colombiano, Isla Malpelo, Identificación taxonómica, Organismos Sésiles, Organismos Móviles, Litoral Rocosó.*

INTRODUCCIÓN

La presente Guía Visual de Organismos de Litoral Rocosó del Pacífico colombiano presenta en su contenido como se muestra en la siguiente tabla, un total de 190 organismos entre sésiles y móviles, identificados a diferentes resoluciones taxonómicas.

Nivel taxonómico	Organismos Sésiles	Organismos Móviles	Subtotales
Especies	25	103 / 4 morfos	130 / 4 morfos
Géneros	11 / 2 morfos	10 / 3 morfos	21 / 5 morfos
Familias	3 / 2 morfos	4 / 11 morfos	7 / 13 morfos
Subórdenes	0	1 / 7 morfos	1 / 7 morfos
Subtotales	41 / 4 morfos	118 / 25 morfos	TOTAL: 159 / 29 morfos + 2 fases de desarrollo en peces

Esta guía fotográfica de identificación taxonómica presenta 11 Phylum representados los reinos Plantae (algas): Phaeophyta, Rhodophyta, Chlorophyta; y Animalia: Porifera, Cnidaria (Hydrozoa, Anthozoa), Briozoa (Ectoprocta), Echinodermata (Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea, Holothuroidea), Chordata (Ascidias, Peces [Anguilliformes, Beryciformes, Perciformes, Scorpaeniformes, Tetraodontiformes]), Mollusca (Polyplacophora, Gastropoda [Archaeogastropoda, Mesogastropoda, Neogastropoda, Sacoglossa, Nudibranchia, Systellommatophora], Bivalvia), Annelida (Polychaeta) y Arthropoda (Pycnogonida, Maxillopoda, Malacostraca [Decapoda, Isopoda, Amphipoda]). La guía se encuentra dividida en dos secciones principales correspondientes a organismos Sésiles y Móviles. El primer grupo se subdivide en productores primarios y secundarios (filtradores); el segundo grupo se subdivide entre invertebrados y vertebrados. Los grupos se encuentran organizados en orden filogenético a lo largo de la guía con base en organización presentada por Brusca & Brusca (2003).

En cada una de las láminas de identificación de organismos presentes en la guía puede encontrarse información correspondiente al código del lugar de colecta o registro fotográfico, datos de colecta o registro fotográfico (lugar y profundidad), nivel taxonómico, clasificación taxonómica, descriptor original, año de descripción original, referencias bibliográficas, vista general, detalles del organismo, autorías fotográficas, información guía, secciones o grupos y simbología. La simbología (ver en archivos pdf) utilizada en la guía se enfocó en distinguir los siguientes criterios: citación en CITES ⁽²⁾, código lugar de colecta o registro fotográfico, organismo dominante, organismo raro, organismo sésil, organismo móvil, macho y hembra.

Al final de la guía usted encontrará los árboles de componentes para los grupos de organismos sésiles y móviles identificados en el Pacífico colombiano; por otro lado podrá observar un mapa con la ubicación de los sitios muestreados para la compilación del material fotográfico, con los respectivos códigos. Se presentan comunicaciones personales por parte de expertos nacionales e internacionales relacionados con la presente guía de identificación, respecto a grupos o especies que aún faltan por identificar en el país. Por último aparecerán los correspondientes agradecimientos a los colaboradores en la realización de la guía y un listado con las referencias bibliográficas utilizadas.

La información consignada en esta guía fue colectada para el Santuario de Fauna y Flora Isla Malpelo, entre junio de 2010 y marzo de 2011, en áreas del este, noreste, noroeste y oeste de la isla, entre un rango de profundidades de 0 a 20 m abarcando las zonas del mesolitoral y infralitoral con sus respectivas franjas; temporada en la cual la fauna y flora estuvo sometida al evento natural de “La Niña” reportado por esa época para el área ^(3,4). La información para el resto de lugares muestreados incluídos en la guía, se enmarca entre los 3 m sobre el nivel del mar y los 5 m de profundidad abarcando las zonas del supralitoral y el mesolitoral con sus respectivas franjas.

El desarrollo de esta guía se llevó a cabo con apoyo de especialistas de SPNN, Universidades del Valle, Universidad de los Andes, INVEMAR, DIMAR, Universidad de Tasmania, Universidad Heriot Watt, Museo Nacional de Escocia, Universidad Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México, Museo de Queensland, y el Instituto de Investigación Zoológica y Museo Alexander Koenig, entre otros. Consideramos que la guía de identificación fotográfica podrá ser usada en varios países del Pacífico Este Tropical-PET dado que incluye los grupos de organismos más significativos del litoral rocoso. Esperamos que sirva además como estímulo para la integración entre la sociedad, la academia, organizaciones privadas y gobierno, así como una herramienta en el marco de la implementación del Corredor Marino del Pacífico Tropical Este (CMAR), del cual Colombia es parte fundamental (corredor).

JUSTIFICACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio del litoral rocoso ha sido un gran desafío científico por su amplia extensión y poca accesibilidad ⁽⁵⁾; siendo considerado como un ecosistema marino estratégico por la gran diversidad biológica que posee (zona de ecotono) ⁽⁶⁾. Este sistema se constituye como una fuente de bienes y servicios, dentro de los que se destacan los bienes (servicios de aprovisionamiento) tales como alimento, fibras, materiales para la construcción, fármacos, recursos genéticos y de ornamento), como también una variedad de servicios de soporte (hábitat, productividad primaria, reciclado de nutrientes, secuestro de gases invernadero), que son esenciales para preservar la vida ⁽⁷⁾. Así mismo generan ciertos recursos pesqueros, protección contra la erosión marina, generación de microhábitats para establecimiento de la biodiversidad, valor paisajístico, atractivo turístico entre otros ⁽⁶⁾.

El Litoral Rocosó posee un alto potencial económico para el país, dado que el valor bioprospectivo de sus componentes es muy elevado, encontrándose desafortunadamente subvalorado, en parte a raíz de la escasa investigación que se realiza en torno a este ecosistema, ya que se desconoce gran parte de las especies que allí se encuentran ⁽⁶⁾. La necesidad de monitoreo y de establecer medidas de conservación y aprovechamiento de sus recursos en una forma biológicamente sustentable se hace prioritaria. Para ello es indispensable conocer los elementos bióticos que componen el ecosistema, partiendo de una identificación taxonómica adecuada de los mismos, que sirva para generar e impulsar un programa de monitoreo nacional que permita posteriormente conocer su estado actual, dinámica y evolución ante diferentes amenazas costeras, las cuales ponen en riesgo la conectividad y sobrevivencia de las poblaciones (ej. contaminación) ⁽⁸⁾.

Para el territorio colombiano la extensión del litoral rocoso se ha calculado aproximadamente en 1095 km, tanto en la línea costera discontinua como en el sistema insular, de los cuales 636 Km (58%) pertenecen al Pacífico colombiano ⁽⁵⁾; aún así los estudios de estructura que implican en primera instancia conocer su composición (identificación taxonómica) son escasos. Pese a la gran área ocupada por este ecosistema estratégico en Colombia, se evidencia carencia de conocimiento en relación con la línea base (composición taxonómica), la cual se observa al revisar el número

de publicaciones desarrolladas alrededor de los litorales rocosos en Colombia, principalmente para el Pacífico, donde entre los años 1949 y 2010 solo existen 141 publicaciones referidas a 12 temáticas puntuales, dentro de las cuales solo se observan 49 referencias en estudios de taxonomía y sistemática, representando solo el 34,7% de la investigación desarrollada en 61 años ⁽⁴⁾. La caracterización taxonómica de sus componentes bióticos es base para cualquier planteamiento de conservación, siendo ésta insuficiente actualmente.

La investigación se reduce aun más al interior del Sistema de Parques Naturales Nacionales (SPNN) en Colombia, donde pese a la implementación del Plan estratégico 2007-2019, no se ha visto un aumento significativo en procesos investigativos en este ecosistema. Dentro de este Plan estratégico se presenta como prioritaria la implementación de un sistema nacional de monitoreo operando en todas las áreas del SPNN y ecosistemas el cual debió haber estado desarrollado en un 100% al año 2010, objetivo no cumplido a la fecha ⁽⁹⁾. Además el desconocimiento de la composición de especies en un área protegida, impide la implementación de un sistema de monitoreo efectivo.

Un caso puntual donde se evidencia esta situación se observa en la Isla Malpelo, la cual ha sido catalogada dentro del SPNN como un Santuario de Fauna y Flora (SFF), por su gran capacidad de conservar elementos fundamentales del patrimonio ambiental de la Nación, garantizando así la preservación de ecosistemas, especies y servicios ecosistémicos ⁽⁹⁾, constituyéndose como un reservorio significativo de la biodiversidad marina mundial, principalmente por la presencia de especies endémicas ⁽⁴⁾. Según la Resolución No.1292 de octubre de 1995 se establecieron 35 hectáreas terrestres protegidas en la isla, posteriormente en diciembre de 1996 por medio de la Resolución No. 1423 el área de protección fue ampliada a 6 millas alrededor de la isla, proceso que continuó en agosto de 2002 por medio de la Resolución No. 0761 donde fue nombrada como “Zona Especialmente Sensible” ante la Organización Marítima Internacional- OMI, para octubre de 2005 según la Resolución No. 1589 se amplió finalmente el área marina protegida a 25 millas alrededor de la isla, contando actualmente con 8.575 km² de área protegida tanto insular como marina ⁽¹⁰⁾.

El Santuario de Fauna y Flora Isla Malpelo, base de esta guía, se encuentra prácticamente exento del impacto antropogénico directo, presentando ecosistemas como el litoral rocoso, en buen estado de conservación; constituyéndose como un lugar único de control en el Pacífico Este Tropical, la cual fue nombrada como “Zona Especialmente Sensible” ante la Organización Marítima Internacional- OMI ⁽¹⁰⁾, para compararlo con áreas que sí presentan alteraciones humanas (ej. contaminación). Esta información contrasta con lugares que si presentan diferentes estados de alteración tales como los incluidos en esta guía: Pianguita, Málaga, Bahía Málaga, Buenaventura, Cabo, Isla Palma, La Ventana y Charcos intermareales. Actualmente no existen documentos que hayan compilado la información taxonómica a nivel de grupos principales en el litoral rocoso. Esta guía subsana este problema. El diseño de esta Guía fotográfica para la identificación taxonómica de organismos sésiles y móviles asociados al Litoral Rocoso presentes en el Pacífico colombiano, permitirá obtener información de línea base para entender el componente estructural de las comunidades, e insumo directo para comprender su dinámica.

Por encima de la importancia que presenta este SFF no solo a nivel nacional sino internacional, el total de los ecosistemas allí presentes no se hallan caracterizados (es el caso del litoral rocoso como un ecosistema marino estratégico), encontrándose intervenidos por numerosos factores (biológicos, físicos, químicos, climáticos, oceanográficos), dando como resultado la disminución de los tamaños poblacionales principalmente a nivel de productores primarios, debido a disturbios principalmente naturales y antrópicos en menor medida, los cuales ponen en riesgo la conectividad y sobrevivencia de las poblaciones ⁽⁸⁾. Actualmente la composición taxonómica de los organismos asociados al LR presente en el SFF Isla Malpelo no se encuentra identificada en su totalidad, y de los organismos ya caracterizados, no existen documentos que hayan compilado dicha información taxonómica a nivel de grupos principales, dificultando por tanto su búsqueda. Dicha situación también se ve reflejada en otros puntos del Pacífico colombiano, algunos de ellos incluidos en la guía.

A la fecha solo existen 5 estudios relacionados con éste ecosistema dentro de la isla de Malpelo, en un periodo de 61 años, la mayoría de ellos referidos principalmente a caracterizaciones geomorfológicas, de erosión y bioerosión de la línea costera ⁽⁴⁾. Es de vital importancia generar

material de identificación taxonómica útil en la implementación de monitoreos que permitan identificar el estado y dinámica en términos del cambio climático global del litoral rocoso.

Uno de los aspectos importantes para el entendimiento de la dinámica de los ecosistemas consiste en establecer con claridad que organismos se encuentran involucrados en cada una de las fases de una cadena trófica, trabajos relacionados con identificación taxonómica permiten establecer dichos organismos, y dado que ya se conoce la estructura general de las cadenas tróficas, puede entonces ubicarse y recrear dicha configuración.

Se recomienda la implementación de nuevos monitoreos en el SFF Isla Malpelo así como en otras zonas del Pacífico colombiano, con el fin de abarcar diferentes épocas del año y así reconocer otros posibles patrones de cambios en la estructura de organismos asociados al litoral rocoso, mediados por factores climático-oceanográficos, generando de igual forma estudios comparativos entre zonas exentas de impacto antropogénico directo y otras que si lo poseen.

Para el SFF Isla Malpelo solo se ha muestreado este ecosistema, hasta el momento, en época influenciada por el evento natural de “La Niña”, sería muy interesante desarrollar estudios en periodo correspondiente a “El Niño”, reproduciéndolos de igual manera en otros puntos del Pacífico colombiano. Así mismo es importante realizar muestreos de observación rápida, que permitan abarcar mayor área de estudio, con el objetivo de identificar nuevas especies no catalogadas en los dos muestreos implementados en este estudio.

El análisis de relaciones tales como simbiosis, mutualismos, comensalismos, parasitismos entre otras, asociadas a organismos presentes en los litorales rocosos del Pacífico colombiano, no han sido estudiadas aún, constituyéndose como un foco de importante énfasis en el estudio de este ecosistema estratégico, con el fin de evidenciar estrategias de alianzas entre las comunidades presentes. Por otro lado, el estudio realizado solo ha contemplado un solo estrato en la conformación 3D de este ecosistema estratégico, pero existen otros estratos asociados a la estructura emergente del mismo, los cuales deberían ser analizados en posteriores investigaciones. Especies reguladoras de la productividad primaria tales como *Diadema mexicanum* y *Eucidaris thouarsii*, así como predadores menores tales como langostas *Panulirus*

penicillatus ⁽¹¹⁾, no poseen estudios a nivel de tallas poblaciones, los cuales deberían implementarse, dado que podrían servir como sustento en el entendimiento de la dinámica del ecosistema.

MARCO TEORICO

Definición de Litoral Rocoso

El litoral rocoso (LR) se define como unidades ecológicas ubicadas en la transición entre el mar y la tierra, constituidas por comunidades biológicas desarrolladas sobre sustratos rocosos, presentando periodos de exposición e inmersión producidos por los cambios de mareas y los factores climático-oceanográficos regulados por los eventos naturales de “El Niño” y “La Niña” o planetarios ⁽⁵⁾. Es la transición desde habitat marinos totalmente acuáticos a condiciones totalmente terrestres, variando entre los 100 a menos de 10 metros según la zona ⁽¹²⁾. En este tipo de ecosistemas plantas y otros organismos sésiles compiten en gran escala por el acceso a recursos y espacio ⁽¹²⁾. Es considerado un sistema indicador del efecto antrópico así como de cambios naturales, observados en la respuesta de sus comunidades y poblaciones tanto en organismos sésiles como móviles. Estas especies tienen el potencial de revelar factores acumulativos de las perturbaciones sobre la fauna y la flora, que permiten evidenciar en la estructura y función dichos impactos ⁽⁶⁾.

Zonificación del Litoral Rocoso

En este ecosistema se pueden identificar claramente tres zonas y varias franjas. Una zona denominada supralitoral, la cual corresponde al área de transición entre el mar y la tierra, recibiendo gran humedad por la aspersion del oleaje, limitando en su parte superior con la aparición de vegetación terrestre y en la parte inferior con la siguiente zona o franja que coincide con el nivel de más alta marea. La zona intermedia denominada mesolitoral se encuentra entre la más alta y más baja marea, produciéndose en ellas inmersiones y emersiones continuas (en el caso del Pacífico puede variar su amplitud hasta 5m). La última zona denominada infralitoral inicia en el nivel de más baja marea, presentando poblaciones que se encuentran sumergidas continuamente ⁽⁶⁾. La zona del supralitoral generalmente permanece expuesta, excepto en presencia de tormentas, siendo normalmente sometida a salpicaduras de agua; ésta inicia con la franja superior, caracterizada por la presencia de gasterópodos (caracoles y lapas) y líquenes que tienden a generar una tonalidad negra que en algunos casos puede variar a verdosa por la

presencia de cianobacterias, culminando en la franja inferior del supralitoral o superior del mesolitoral ⁽¹²⁾. Ésta franja se ve sometida a dos inmersiones diarias generalmente, y se caracteriza por permanecer normalmente, caracterizada por la presencia de cirripedios, moluscos y algas fucales, las cuales tienden a descamarse al llegar a éste límite ⁽¹²⁾. El mesolitoral en su franja inferior (también franja superior del infralitoral) se compone de algas Kelp principalmente, las cuales se mantienen continuamente sumergidas excepto en épocas de primavera donde tiende a exponerse en su parte inicial ⁽¹²⁾.

Adaptaciones

Entorno al Litoral Rocoso convergen gran número de especies con adaptaciones fisiológicas y morfológicas únicas, representadas en sistemas de fijación bien desarrollados y estructuras corporales flexibles o calcáreas ⁽⁵⁾. Presentan de igual forma sistemas adaptados para intercambio de gases bajo el agua a través de agallas, al igual que para intercambio de gases directamente con el aire ⁽¹²⁾. Dichas adaptaciones han sido generadas en respuesta a factores físico-químicos que limitan o favorecen el desarrollo de los organismos ⁽¹³⁾. Estas adaptaciones han sido precursoras de la presencia de comunidades biológicamente productivas y estables en el tiempo, reguladas por factores bióticos ^(5,6).

Factores bióticos y abióticos

A nivel biótico, los principales factores que regulan este ecosistema están representados en depredación, competencia interespecífica e intraespecífica y mutualismo entre otros ^(5,6). A nivel de factores abióticos pueden recalcarse los periodos de desecación por exposición al aire generando estrés en los organismos, impacto del oleaje, cambios en la salinidad la cual genera estrés osmótico, temperatura del aire y de las masas del agua, incidencia de luz la cual influye principalmente en procesos de fotosíntesis en plantas y organismos que generan simbiosis con algas, concentración de oxígeno y dióxido de carbono, atracción gravitatoria de la luna y el sol sobre los cuerpos de agua de la tierra, resultando en mareas las cuales pueden variar de cm a varios metros ^(13,12). Concentraciones de nutrientes disueltos en el agua tales como nitratos y sulfatos también determinan la permanencia de comunidades en estos ecosistemas ⁽¹²⁾. La humedad relativa de las zonas del mesolitoral y el supralitoral también determina niveles de

estrés de las comunidades allí presentes ⁽¹²⁾. La topografía y geología de los litorales es también un determinante del tipo de organismos que se desarrollan en éste ⁽¹²⁾.

Área de Estudio

El Santuario de Fauna y Flora Isla Malpelo (Figura 1) se encuentra ubicado en la ecoregión del Pacífico Este Tropical dentro de la provincia de Panamá Bight ⁽¹⁴⁾ hacia la parte occidental de Colombia a 497Km del municipio de Buenaventura (3°59'59.96"N y 81°36'1.80"O), cuyas paredes de roca ígnea sedimentaria descienden hasta los 4000 metros de profundidad, presentando una superficie emergida de 1.2 Km² ⁽⁸⁾. Se constituye como la cúspide de una cordillera volcánica submarina denominada "Dorsal de Malpelo", la cual se extiende en sentido NE-SW, con una longitud de 277,8km (150 millas) y un ancho de 92,6km (50 millas), presentando una altura máxima de 360 metros sobre el nivel del mar (msnm) en el "Cerro de la Mona" ⁽⁸⁾. La isla está rodeada por 12 peñascos con alturas que fluctúan entre los 10 y 40m, ubicados al norte y sur de la misma, en cuatro grupos principales, cuatro de ellos a 500m del extremo norte, cinco hacia la parte sur, dos hacia el costado oriental y uno hacia el extremo occidental, el cual permanece la mayoría del tiempo bajo el agua, constituyendo la cúspide de una cordillera sumergida ⁽¹⁵⁾. A nivel del accidentado relieve de la isla se ha identificado que aproximadamente el 72% corresponde a pendientes de roca ígnea sedimentaria donde predomina el litoral rocoso, correspondiente al 100% de su perímetro ⁽¹⁵⁾.

La zona que ocupa esta isla es considerada como una región tectónicamente compleja, donde convergen las placas de Nazca y Cocos, constituyéndose como centro activo de expansión del fondo marino ^(16,17). Fue formada hace 17 a 20 millones de años (Mioceno inferior) momento en el cual poseía un tamaño 10 veces mayor, la geomorfología actual de la isla ha sido producto de la erosión marina, las precipitaciones y la acción de los fuertes vientos ^(16,17).

La Isla Malpelo está ubicada en una zona de convergencia de corrientes marinas (Figura 1) así como los vientos Alisios del sur y del norte que forman la banda nubosa del Cinturón de Convergencia Intertropical, proporcionando gran cantidad de lluvia y humedad al sistema, caracterizándose por vientos variables ⁽⁸⁾. La isla no posee yacimientos de agua propios, pero sus

partes altas actúan como un gigantesco condensador, atrapando y filtrando el agua del ambiente dentro de la roca ^(16,17).

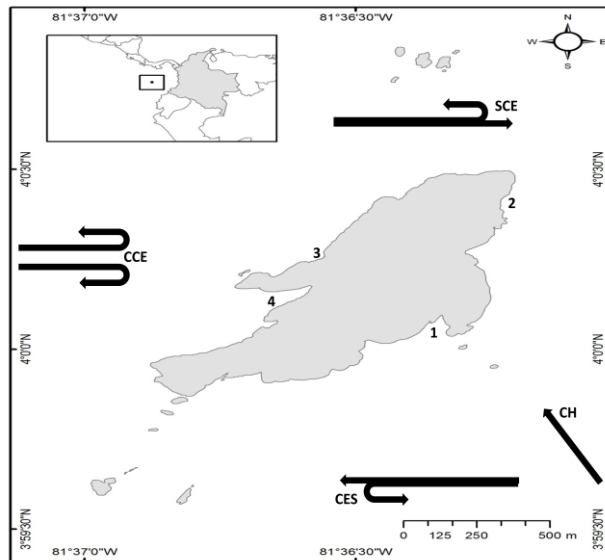


Figura 1. Mapa del SFF Isla Malpelo; se evidencian las estaciones de colecta de especímenes y registro fotográfico. 1: Arrecife; 2: Fantasma; 3: Freezer; 4: Nevera. A nivel de corrientes oceánicas se observan: CCE (Contracorriente Ecuatorial); SCE (Subcorriente Ecuatorial); CES (Corriente Ecuatorial del Sur); CH (Corriente de Humboldt).

El entorno marino en el cual se encuentra inmersa la isla, está fuertemente influenciado por un sistema de siete corrientes (Corriente Ecuatorial del Norte, Contra-corriente Ecuatorial, Corriente Ecuatorial del Sur, Corriente de Humboldt, Corriente de Cromwell, Contra-corriente Ciclónica de Panamá y Corriente de Colombia) (Figura 1), las cuales por lo general son cálidas (26 y 28°C), variando en los primeros meses del año entre los 16°C y 25°C, por efectos locales de la ensenada de Panamá, tales como las aguas provenientes de surgencias ⁽¹⁰⁾. La salinidad presente es alta, con valores promedios cercanos a 33 ppm en las aguas superficiales y 34 ppm en las profundas ⁽¹⁰⁾.

La isla a nivel oceánico presenta un amplio abanico de ecosistemas, destacándose entre ellos el litoral rocoso, paredes arrecifales, arrecifes de coral y fondos mixtos ⁽⁵⁾. El litoral rocoso de la isla se caracteriza por ser de origen volcánico, formado principalmente a partir de rocas ígneas consolidadas, lavas almohadillas con rocas basálticas, andesitas, dacitas y traquitas, destacándose la presencia de acantilados que descienden hasta 90 m de profundidad, donde la erosión de los mismos a generado el establecimiento de playas rocosas ⁽⁵⁾. En dicho ecosistema habitan organismos adaptados a este sustrato, donde se presenta una gran diversidad de fauna dominada principalmente por crustáceos como cirripedios (*Balanus peninsularis*), seguida por poliquetos, moluscos, malacostracos, cnidarios, poríferos, tunicados, peces, entre otros ⁽¹⁰⁾.

Las otras zonas del Pacífico colombiano incluidas en la guía pueden observarse en la Figura 2.

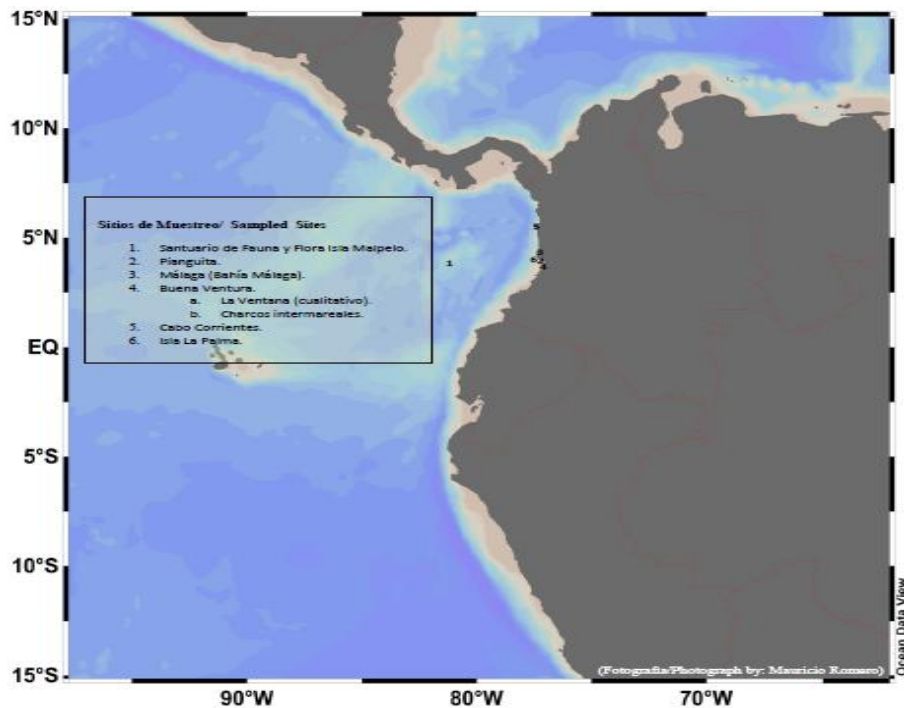


Figura 2. Mapa del Pacífico colombiano; se evidencian los sitios de muestreo y obtención de registro fotográfico. 1: SFF Isla Malpelo; 2: Pianguita; 3: Málaga (Bahía Málaga); 4: Buenaventura (La Ventana, Charcos intermareales); 5: Cabo Corrientes; 6: Isla La Palma (Imagen modificada de: Mauricio Romero). (Ver imagen en mejor resolución en archivos pdf).

OBJETIVO

General

Diseñar una guía fotográfica para el reconocimiento taxonómico de organismos sésiles y móviles asociados al Litoral Rocoso, presentes en el Santuario de Fauna y Flora Isla Malpelo y otros puntos del Pacífico colombiano. Ello para la obtención de información de línea base como componente estructural de las comunidades allí presentes, e insumo directo en la implementación de sistemas de monitoreo de dicho ecosistema en un área protegida así como áreas afectadas.

Específicos

1. Revisión e identificación taxonómica de organismos sésiles y móviles asociados al litoral rocoso presentes en el SFF Isla Malpelo y otros puntos del pacífico colombiano.
2. Elaboración de Guía visual de identificación.

METODOLOGIA

Recolección, fijado y conservación de muestras biológicas

Se realizaron dos expediciones científicas en coordinación entre la Pontificia Universidad Javeriana y la Fundación Malpelo y otros ecosistemas marinos, las cuales fueron desarrolladas entre el 5 y 15 de Julio de 2010 (t1) y el 19 de Febrero y 1 de Marzo de 2011 (t2), cubriendo el periodo de desarrollo del último ciclo del fenómeno de La Niña ^(3,4). Se efectuaron tres inmersiones diarias durante seis días (12 días con un total de 36 inmersiones), utilizando equipo de buceo autónomo Scuba, dentro de las cuales fueron colectadas muestras biológicas, bajo el permiso otorgado en Febrero 8 de 2010, expedido por Parques Nacionales Naturales de Colombia identificado con SUT. 001264.

Las muestras fueron tomadas en el perfil vertical del litoral rocoso entre los 0 y 15 m de profundidad, abarcando las zonas del meso e infralitoral juntos con sus respectivas franjas, recopilando material referente a algas marinas, crustáceos (malacostracos y cirripedios), picnogónidos, poríferos, moluscos (bivalvos, gasterópodos y quitones), anélidos (poliquetos), cnidarios (octocorales e hidroides), briozoos y equinodermos ⁽¹⁸⁾. El material biológico fue analizado posteriormente en el Laboratorio de Ecosistemas Marinos Estratégicos (LEME) de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) con el fin de realizar su respectiva identificación taxonómica y registro fotográfico. Las muestras fueron fijadas y conservadas según protocolos establecidos y posteriormente etiquetadas con los formatos del museo de la PUJ. Para disminuir el estrés, algunos individuos tras su colecta fueron sumergidos en una solución de sulfato de magnesio y agua (según protocolos). Los protocolos de fijación y conservación de los especímenes así como la obtención de claves taxonómicas y guías de identificación, fueron obtenidos por medio de bases bibliográficas (ISI, SCOPUS, Scielo) y en colaboración con otros investigadores e instituciones tales como Fundación Malpelo y otros ecosistemas marinos, INVEMAR, Universidad del Valle, Universidad de los Andes y SPNN.

Identificación de Muestras Biológicas

Se desarrolló el adecuado proceso de morfotipado de las muestras, compilándose las claves y guías de clasificación para la identificación taxonómica en la mínima resolución posible. En el

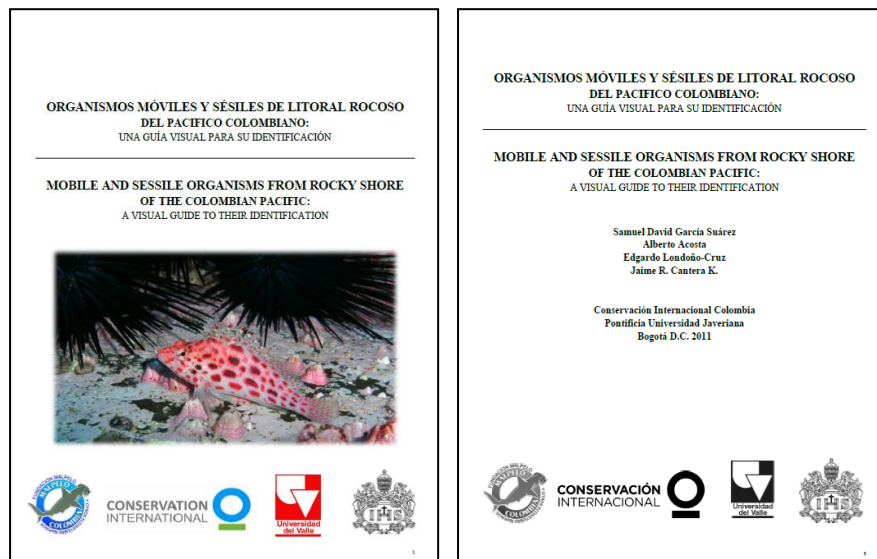
trascuro de éste proceso se contactaron a los expertos en cada uno de los grupos principales de organismos colectados en campo, con el fin de validar la clasificación taxonómica de los mismos. De los especímenes cuya identificación taxonómica no fue posible en laboratorio por medio del material obtenido, su registro fotográfico fue enviado a expertos en cada uno de los grupos, con el fin de obtener la clasificación taxonómica adecuada.

Compilación e identificación del Material Fotográfico

Durante los dos muestreos implementados en el SFF Isla Malpelo anteriormente descritos, se desarrolló el registro fotográfico de cada uno de los morfotipos observados en campo por medio de una cámara Sealife DC1200 de alta resolución ⁽¹⁸⁾. El material fotográfico de los organismos no observados durante los días de muestreo pero registrados por otras investigaciones, así como de organismos presentes en otras zonas del Pacífico colombiano incluidas en la guía, fueron obtenidos en colaboración con la Universidad del Valle y otros investigadores e instituciones. Una vez recopilado todo el material fotográfico necesario para la elaboración de la guía de identificación, se definieron los grupos de organismos sobre los cuales se desarrolló la misma; las fotos fueron organizadas en carpetas de grupos principales de organismos sésiles y móviles.

RESULTADOS

A continuación presento la portada y contraportada de la Guía Visual de Organismos Móviles y Sésiles del Litoral Rocoso del Pacífico colombiano (Contenido completo en archivos pdf en Cd anexo).



Igualmente anexo la tabla de contenido de la Guía Visual de Organismos Móviles y Sésiles del Litoral Rocoso del Pacífico colombiano (ver archivos pdf en Cd).

Tabla de Contenido

PRÓLOGO

INTRODUCCIÓN

GRANDES GRUPOS

Organismos Sésiles

Productores primarios

Plantae

Phaeophyta

Dyctiota adnata

Lobophora variegata

Rhodophyta

Amphiroa spp.

Bostrychia radicans

Gelidium spp.

Chlorophyta

Boodleopsis verticillata

Bryopsis spp.

Cladophora albida

Productores secundarios (filtradores)

Animalia

Porifera

Amorphinopsis spp.

Aplysina spp.

Carteriospongia spp.

Haliclona spp.

Morfo 1

Morfo 2

Placospongia carinata

Prosuberites aff. laughlini

Suberea azteca

Cnidaria

Hydrozoa

Hidroides

Macrorhynchia philippina

Hidrocorales

Distichopora robusta

Anthozoa

Corales Blandos

Carijoa riisei

Leptogorgia alba

Pacificogorgia cairnsi

Corales Duros

Gardineroseris planulata

Pavona gigantea

Pavona varians

Pocillopora capitata

Pocillopora eydouxi

Porites lobata

Porites panamensis

Tubastrea coccinea

Zoantideos

Zoanthus spp.

Bryozoa

	<i>Celleporaria spp.</i>
Chordata	Familia Lichenoporidae
	Familia Didemnidae
	Morfo 1
	Morfo 2
Mollusca	
Gastropoda	
Bivalvia	<i>Petalococonchus spp.</i>
	<i>Limaria pacifica</i>
	<i>Ostrea fisheri</i>
	<i>Pinctada mazatlanica</i>
	<i>Saccostrea palmula</i>
Annelida	
Polychaeta	
Arthropoda	Familia Sabellariidae
Maxillopoda	
	<i>Balanus peninsularis</i>
	<i>Chthamalus spp.</i>
	<i>Tetraclita panamensis</i>
<i>Organismos Móviles / Mobile Organisms</i>	
<u>Invertebrados (productores secundarios)</u>	
Echinodermata	
Asteroidea	
	<i>Acanthaster planci</i>
	<i>Mithrodia bradleyi</i>
	<i>Nidorellia armata</i>
	<i>Pentacaster cumingi</i>
	Morfo / Morpho 1
	Morfo / Morpho 2
	<i>Pharia pyramidata</i>
	<i>Phataria unifascialis</i>
Ophiuroidea	
	Familia Ophiactidae
	Morfo 1
	Morfo 2
	Morfo 3
	Morfo 4
	<i>Ophiocoma aethiops</i>
	<i>Ophiothela mirabilis</i>
	<i>Ophiothela spp.</i>
Echinoidea	
	<i>Eucidaris thouarsii</i>
	<i>Hesperocidaris asteriscus</i>
	<i>Centrostephanus coronatus</i>
	<i>Diadema mexicanum</i>
	<i>Echinometra vanbrunti</i>
	<i>Toxopneustes roseus</i>
	<i>Tripneustes depressus</i>
Holothuroidea	
	<i>Holothuria fuscocinerea</i>
	<i>Holothuria hilla</i>
	<i>Holothuria (Selenkothuria) portovallartensis</i>
	<i>Isostichopus fuscus</i>
Mollusca	
Polyplacophora	
	<i>Acanthochitona hirudiniformis</i>
	<i>Chiton stokesii</i>
Gastropoda	
<u>Caracoles y lapas</u>	

Archaeogastropoda

Diodora inaequalis
Diodora saturnalis
Fissurella microtrema
Fissurella virescens
Scurria mesoleuca
Siphonaria gigas
Siphonaria maura
Nerita funiculata
Nerita scabricosta
Tegula pallisserpentis
Tegula panamensis

Mesogastropoda

Cerithium adustum
Cypraea robertsi
Littoraria varia
Littorina zebra
Macrocypreaa cervinetta
Nodilittorina aspera
Nodilittorina modesta
Planaxis planicostatus

Simnia spp.

Morfo 1

Morfo 2

Morfo 3

Trivia pacifica
Zonaria arabicula

Neogastropoda

Acanthais brevidentata
Cantharus ringens
Chicoreus regius
Colombella major
Conus brunneus
Engina maura
Engina pulchra
Hexaplex (Muricanthus) princeps
Hexaplex radix
Leucozonia cerata
Neorapana muricata
Nucella (Thais) melones
Opeathostoma pseudodon

Phos spp.

Pleuroploca princeps
Purpura columellaris
Purpura pansa
Thais (Thaisella) kiosquiformis
Thais triangularis
Morfo 1
Morfo 2

Babosas marinas

Sacoglossa

Elysia diomedea

Nudibranchia

Familia Aeolidiidae

Glaucus atlanticus
Hypselodoris agassizii
Phidiana lascrucensis

Systellommatophora

Dolabrifera dolabrifera
Onchidella hildae

Arthropoda

Pycnogonida

Anoplodactylus spp.

Malacostraca
Decapoda

Aniculus elegans
Calcinus obscurus
Cronius ruber
Eryphia squamata

Familia Porcellanidae

Morfo 1
Morfo 2
Morfo 3
Morfo 4

Grapsus grapsus
Menippe obtusa

Mithraculus spp.

Morfo 1
Morfo 2
Morfo 3
Morfo 4

Pachygrapsus transversus

Paguristes spp.

Panopeus spp.

Panulirus penicillatus
Petrolisthes donadio

Pilumnus spp.

Morfo 1
Morfo 2
Morfo 3
Morfo 4 (megalopa)
Morfo 5 (juvenil)
Morfo 6
Morfo 7
Morfo 8

Stenorhynchus debilis

Synalpheus spp.

Teleophrys spp.

Uca (Leptuca) panamensis
Uca (Minuca) vocator
Uca stylifera

Isopoda

Ligia baudiniana

Familia Anthuridae

Morfo 1
Morfo 2
Morfo 3

Amphipoda

Suborden Gammaridea

Morfo 1
Morfo 2
Morfo 3
Morfo 4
Morfo 5
Morfo 6
Morfo 7

Vertebrados

Chordata

Peces asociados

Anguilliformes

Gymnothorax dovii

Beryciformes

Myripristis leiognathus

Perciformes

Acanthemblemaria stephensi
Apogon atradorsatus
Axoclinus rubinoffi
Cirrhitichthys oxycephalus
Cirrhitis rivulatus
Dermatolepis dermatolepis (juvenil)
Dermatolepis dermatolepis
Epinephelus labriformis
Holacanthus passer (juvenil)
Holacanthus passer
Johnrandallia nigristrotris
Labrisomus dendriticus
Lepidonectes bimaculata
Microspathodon bairdii
Ophioblennius steindachmeri
Opistognathus panamensis
Prionurus laticlavus
Stegastes arcifrons
Stegastes beebei
Thalassoma lucasanum

Scorpaeniformes

Scorpaena mystes

Tetraodontiformes

Arothron meleagris (fase negra)
Arothron meleagris (fase amarilla)
Canthigaster punctatissima
Diodon holacanthus
Sufflamen verres

ÁRBOL DE COMPONENTES – Organismos Sésiles
ÁRBOLES DE COMPONENTES – Organismos Móviles
MAPA CON LA UBICACIÓN DE LUGARES MUESTREADOS
Comunicación personal
Bibliografía / Bibliography

DISCUSIÓN

El diseño de esta Guía fotográfica para la identificación taxonómica de organismos sésiles y móviles asociados al Litoral Rocoso presentes en el Pacífico colombiano, permitirá obtener información de línea base para entender el componente estructural de las comunidades, e insumo directo para comprender su dinámica. De igual forma la información aquí consignada es comparable no solo entre distintos puntos del Pacífico colombiano, sino también con otras áreas del Corredor marino de conservación del Pacífico Este Tropical, del cual Colombia hace parte activa ⁽¹⁸⁾, siendo un insumo muy importante en la definición de patrones de conectividad, basados en la identificación de especies comunes entre diferentes puntos.

La identificación taxonómica de los diferentes grupos incluidos en la guía evidenció varias situaciones; A nivel de algas para los tres Phylum reportados en la guía, la recopilación de

material guía ^(23,29,31) así como el acceso a expertos en dicho grupo fue viable, sin embargo material y expertos en algas rojas coralináceas para el Pacífico colombiano fue prácticamente inexistente. El grupo de los poríferos posee gran cantidad de material base para su identificación, así mismo la accesibilidad a expertos de dicho grupo es bastante viable. Información base para identificación de cnidarios así como expertos en los grupos no es uniforme; la clase Anthozoa no tuvo representatividad en anémonas, sin embargo se observaron algunos morfos en el SFF Isla Malpelo de los cuales no fue posible obtener muestras ni su respectivo registro fotográfico; para zoantidios solo se logró establecer un ejemplar, el cual podría ser un nuevo registro para la zona con la probabilidad de tratarse de una nueva especie para la ciencia. Los corales por otro lado, fueron el grupo de antozoos más representado y caracterizado a nivel de material base ^(23,33) y expertos. De los órdenes Scyphozoa y Cubozoa no se generó ningún registro en la guía, así mismo el orden Hydrozoa tuvo representatividad a nivel de hidrocorales e hidroides, de los cuales puede hacerse énfasis que la obtención de material base para su identificación así como el acceso a expertos en el grupo es poco viable, principalmente para el Pacífico colombiano.

Dentro de los dos morfos de ascidias registradas para Malpelo puede expresarse que su identificación tiende a verse afectada por la posibilidad de confusión, dada por su parecido con esponjas. Continuando con el grupo de cordados, para peces asociados al litoral rocoso se obtuvo gran cantidad de material guía ^(24,25,32) así como apoyo de expertos bastante confiable.

El grupo de los equinodermos se encuentra muy bien representado a nivel de checklist, claves taxonómicas ^(20,21,22,23,30,34), así como expertos en su identificación y estudio. En la presente guía el grupo de los crinoideos no estuvo presente en ninguno de los puntos muestreados, por otro lado, el registro de Ophiuroideos pudo haber estado sub-caracterizado, dado que dichos organismos se encontraban metidos en grietas en la mayoría de los casos, haciendo inviable su colecta en campo así como su respectivo registro fotográfico.

A nivel de moluscos ^(23,28) y anélidos ⁽²³⁾, el material base así como el acceso a expertos en cada uno de los grupo fue bastante viable, evidenciándose gran cantidad de estudios de estos grupos, siendo estos escasos a su vez para el Pacífico, enfocándose a nivel del Caribe principalmente.

A nivel de artrópodos, en los crustáceos decápodos la existencia de material para identificación ^(23,26) así como de expertos en el grupo es amplia y de fácil acceso, sin embargo grupos tales como isopoda y amphipoda poseen poca caracterización a nivel de material para su identificación, y la ubicación de expertos en dichos grupos no es muy accesible. Para los cirripedios el acceso a material base para su identificación ⁽²⁷⁾ así como de expertos en el grupo es mínimo; por otro lado continuando dentro de los artrópodos, el grupo de los picnogónidos se encuentra en un mínimo de investigación en Colombia, siendo nulo a nivel del Pacífico. En la presente guía se presenta un posible nuevo registro para la zona con la probabilidad de tratarse de una nueva especie para la ciencia.

CONCLUSIONES

La guía fue desarrollada en su totalidad incluyendo la mayoría de los grupos principales relacionados con el litoral rocoso del Pacífico colombiano, sin embargo grupos tales como crinoideos, anémonas, medusas y siphonoforos no tuvieron representatividad. Se generaron redes de conocimiento y contacto con expertos tanto nacionales como internacionales en la mayoría de los grupos analizados, aportando a una la formación integral en diferentes áreas del conocimiento tanto práctico como teórico.

BIBLIOGRAFIA

1. Brusca, R. & Brusca, G. 2003. INVERTEBRATES. McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.U. Segunda edición. Pp: 1005.
2. PNUMA-CMCM (Comps.) 2011. Lista de Especies CITES (CD-ROM). Secretaría CITES, Ginebra, Suiza, y PNUMA-CMCM, Cambridge, Reino Unido.
3. IDEAM. 2009. Pronóstico de Pleamares y Bajamares Costa Pacífica Colombiana 2010. Sistema Mareográfico. Pp: 110.
4. IDEAM. 2010. Pronóstico de Pleamares y Bajamares Costa Pacífica Colombiana 2010. Sistema Mareográfico. Pp: 105.
5. INVEMAR. 2008. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y costeros en Colombia. No 8. Pp: 111-146.

6. INVEMAR. 2010. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y costeros en Colombia. No 8. Pp: 133-158.
7. Lara, J. et al. 2008. Los ecosistemas marinos, en Capital natural de México: Conocimiento actual de la biodiversidad. Vol: 1. Pp: 135-159.
8. López, M. & D, Rozo. 2006. Model-based geomorphology of Malpelo Island and spatial distribution of breeding seabirds. Bol. Invest. Mar. Cost. Vol: 35. Pp: 111-131.
9. Londoño, J. et al. 2007. Plan Estratégico 2007 - 2019. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Pp: 66.
10. Bessudo, S. et al. 2005. Santuario de Fauna de Flora Malpelo. Plan de Manejo - Versión Institucional. Fundación Malpelo y otros Ecosistemas estratégicos Pp: 45.
11. Graham, E. *et al.* 2010. El Niño, grazers and fisheries interact to greatly elevate extinction risk for Galapagos marine species. Global Change Biology. Vol: 16, No: 10. Pp: 2876–2890.
12. Stephen, H. & Hugn, J. 1992. Marine Field Course Guide 1 - Rocky Shores. Marine Conservation Society. IMMEL Publishing. Pp: 144.
13. INVEMAR. 2003. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y costeros en Colombia. No 8. Pp: 157-167.
14. Spalding, M. et al. 2007. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. BioScience. Vol: 57. No: 7. Pp: 573-583.
15. INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y costeros en Colombia. No 8. Pp: 161-204.
16. Graham, J. 1975. The Biological Investigation of Malpelo Island, Colombia. Smith. Contr. Zoo. Vol: 176. Pp: 1-8.
17. Prahl, H. 1990. Malpelo la roca viviente. Ed. Presencia Ltd. Pp: 57.
18. Acosta, et al. 2009. Técnicas de campo en ambientes tropicales: manual para el monitoreo en ecosistemas marinos acuáticos y artrópodos terrestres. Editorial PUJ. Edición 1ra. Pp: 215.
19. Ministerio de Ambiente. 2004. Declaración de San José sobre el corredor marino de conservación del Pacífico Este Tropical entre las islas Coco-Galápagos, Malpelo, Coiba y Gorgona. Pp: 8.

Claves Taxonómicas y Listados de Especies utilizados

20. Clark, A. & Rowe, F. 1971. Monograph of Shallow-water indo-west Pacific Echinoderms. Trustees of British Museum (Natural History). Pp: 159.
21. Clark, H. 1948. A Report on the Echini of the warmer Eastern Pacific, based on the collections of the *Velero III*. Allan Hancock Pacific Expeditions. Vol: 8. No: 5. Pp: 225-351.
22. Cohen, M. *et al.* 2009. Echinoderms, Malpelo Fauna and Flora Sanctuary, Colombian Pacific: New reports and distributional issues. Check List 5(3). Pp: 702-711.
23. Fischer, W. *et al.* 1995. Pacífico Centro-Oriental. Plantas e Invertebrados. FAO. Vol: 1. Pp: 664.
24. Fischer, W. *et al.* 1995. Pacífico Centro-Oriental. Vertebrados I. FAO. Vol: 2. Pp: 563.
25. Fischer, W. *et al.* 1995. Pacífico Centro-Oriental. Vertebrados II. FAO. Vol: 3. Pp: 624.
26. Hendrickx, M. 1996. Los Camarones Penaeoidea Bentónicos (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) del Pacífico mexicano. Pp: 146.
27. Henry, D. & McLaughlin, P. 1986. The recent species of *Megabalanus* (Cirripedia: Balanomorpha) with special emphasis on *Balanus tintinnabulum* (Linnaeus) sensu lato. Zoologische Verhandelingen. Vol: 235. Pp: 60.
28. Kaiser, K. & Bryce, C. 2001. The Recent Molluscan marine Fauna of Isla de Malpelo, Colombia. The Festivus. Vol: 33. Pp: 149.
29. Littler, D. & Littler, M. 2000. Caribbean Reef Plants. OffShore Graphics, Inc. Ed. 1st. Pp: 543.
30. Neira, R & Cantera, J. 2005. Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano. Rev. Biol. Trop. Vol. 53. Pp: 195-206
31. Norris, J. 2010. Marine Algae of the Northern Gulf of California: Chlorophyta and Phaeophyta. Smithsonian Institution Scholarly Press. Smithsonian Contributions to Botany. No: 94. Pp: 276.
32. Robertson, R. & Allen, G. Shorefishes of the Tropical eastern Pacific. Version 1.0. ISBN: 9962-614-02-3. Smithsonian Tropical Research Institute.
33. Romero, M. & Acosta, A. 2010. Corales duros del Pacífico colombiano: guía Visual de identificación. Unión Gráfica Ltda. Bogotá D.C. Colombia. Pp: 411.
34. Solís, F. & Mata, E. 1999. Taxonomía de Equinodermos. ICMYL-UNAM. Pp: 78.