



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo
Integral Regional CIIDIR – Unidad Oaxaca**

**Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos
Naturales**

**“Estructura y diversidad del ensamblaje de los Chondrichthyes en la
costa de Oaxaca”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

BIOL. MARINO ISRAEL MORENO BARRIENTOS

DIRECTORES:

DR. GUSTAVO HINOJOSA ARANGO

DR. MARCELO ULISES GARCÍA GUERRERO

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, junio de 2021.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS

Ciudad de México, a 09 de Junio del 2021

El Colegio de Profesores de Posgrado de **CIIDIR UNIDAD OAXACA** en su Sesión **Ordinaria**
(Unidad Académica)

No. 11 celebrada el día 14 del mes diciembre de 2020, conoció la solicitud presentada por el alumno:

Apellido Paterno:	Moreno	Apellido Materno:	Barrientos	Nombre (s):	Israel
--------------------------	--------	--------------------------	------------	--------------------	--------

Número de registro: A 1 9 0 0 4 0

del Programa Académico de Posgrado: Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales

Referente al registro de su tema de tesis; acordando lo siguiente:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

"Estructura y diversidad del ensamblaje de los Chondrichthyes en la costa de Oaxaca"

Objetivo general del trabajo de tesis:

Determinar la diversidad de los condrichtios mediante el uso la herramienta BRUV (Baited remote underwater video) y una posible variación a profundidades someras y mesofóticas.

2.- Se designa como Directores de Tesis a los profesores:

Director: Dr. Gustavo Hinojosa Arango 2° Director: Dr. Marcelo Ulises García Guerrero

No aplica:

3.- El Trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:

El laboratorio de Bioacuática marina y Ecología del comportamiento en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Oaxaca.

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente, hasta la aprobación de la versión completa de la tesis por parte de la Comisión Revisora correspondiente.

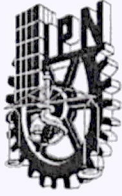
Dr. Gustavo Hinojosa Arango
Director de Tesis

Dr. Marcelo Ulises García Guerrero
2° Director de Tesis

Moreno Barrientos Israel
Aspirante

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez
Presidente del Colegio





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de siendo las horas del día del mes de

del se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada

por el Colegio del

(CIIDIR UNIDAD OAXACA) para examinar la tesis titulada:

Estructura y diversidad del ensamblaje de los Chondrichthyes en la costa de Oaxaca

del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	Moreno	Apellido Materno:	Barrientos	Nombre (s):	Israel
-------------------	--------	-------------------	------------	-------------	--------

Número de registro:

Aspirante del Programa Académico de Posgrado:

Aprovechamiento de Recursos Naturales

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 3 % de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **SI** **NO SE** **CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:

El porcentaje de similitud obtenido en el reporte TURNITIN fue de 3% para el documento completo. Las similitudes encontradas con documentos científicos, publicaciones de literatura gris y fuentes de internet, fueron menores a 1% en cada uno de los casos. Estas similitudes se deben principalmente a conjuntos de palabras que son inherentes a los términos técnicos que no pueden ser modificados o parafraseados.

****Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

Finalmente, y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR** **SUSPENDER** **NO APROBAR** la tesis por **UNANIMIDAD** o **MAYORÍA** en virtud de los motivos siguientes:

El trabajo se encuentra listo para su defensa, ya que el alumno ha atendido las recomendaciones realizadas por el comité tutorial.

COMISIÓN REVISORA DE TESIS

Dr. Gustavo Hinojosa Arango
Director de Tesis
Nombre completo y firma

Dr. Marcelo Ulises Garcia Guerrero
Director de Tesis
Nombre completo y firma

Dr. Emilio Martinez Ramirez
Nombre completo y firma

Dr. José Antonio Santos Moreno
Nombre/completo y firma

Dr. José Antonio Sánchez García
Nombre completo y firma

Dr. Salvador Isidro Belmonte
Nombre completo y firma
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.R. de 1
UNIDAD OAXACA
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca el día 10 del mes de marzo el año 2021, el que suscribe **Israel Moreno Barrientos** alumno del Programa de **Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales** con número de registro **A190040**, adscrito a Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Gustavo Hinojosa Arango y del Dr. Marcelo Ulises García Guerrero y cede los derechos del trabajo titulado: **“Estructura y diversidad del ensamblaje de los Chondrichthyes en la costa de Oaxaca”** al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección israelmoreno59@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Moreno Barrientos Israel

CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N

Resumen

El estudio de la diversidad y la estructura de los ensamblajes biológicos ha permitido conocer componentes de suma importancia para su formación y desarrollo. En los condrictios estos estudios se han desarrollado principalmente con la extracción de los organismos, y en muy limitadas ocasiones, considerando su relación con los ambientes marinos a los que se asocian. Se planteó conocer la diversidad del ensamblaje de este grupo mediante el uso de la herramienta de bajo impacto llamada Unidades de video remoto con carnada y los posibles cambios del ensamblaje en los ecosistemas someros (≤ 30 m) y mesofóticos (≥ 30 m), así como ambientes arenosos y rocosos presentes en la costa de Oaxaca, México durante el 2020-2021. El 100% (n=90) de los individuos registrados pertenecen al grupo de las rayas (Batoideos). Huatulco resulto ser la región más diversa, seguida de Pochutla. La mayoría de los individuos se localiza en zonas de ambiente de tipo arenoso (93.3%) y a profundidades someras (80%). En la región de Huatulco la mayoría de los individuos se registraron en zonas someras (70.5%) y en Pochutla esta mayoría se registró en zonas mesofóticas (76.9%). La región más retirada del Parque Nacional Huatulco presenta la menor diversidad (Tonameca). La similitud en los perfiles de diversidad de Huatulco y Pochutla podría deberse a los efectos del ANP que se encuentra en Huatulco, pero afecta a las dos regiones. Algunas especies observadas se encuentran en algún grado de amenaza según la IUCN y la NOM-059 (*Mobula thurstoni*). Se registro un alto registro de la especie *Rhinoptera steindachneri* en el mes de marzo, resultado de una posible congregación de evento reproductivo.

Palabras clave: Tiburones, rayas, video submarino remoto con cebo (BRUV), somero, mesofótico, profundidad, Diversidad verdadera.

Abstract:

The study of the diversity and the structure of biological assemblages has allowed us to know components of great importance for their formation and development. In chondrichthyans these studies have been carried out mainly with the extraction of organisms, and on very limited occasions, considering their relationship with the marine environments to which they are associated. It was proposed to know the diversity of the assemblage of this group through the use of the low-impact tool called Remote video units with bait and the possible changes of the assemblage in shallow (≤ 30 m) and mesophotic (≥ 30 m) ecosystems, thus as sandy and rocky environments present in the coast of Oaxaca, Mexico during 2020-2021. 100% ($n = 90$) of the registered individuals belong to the group of stingrays (Batoids). Huatulco turned out to be the most diverse region, followed by Pochutla. Most of the individuals are located in areas with a sandy type environment (93.3%) and shallow depths (80%). In the Huatulco region, most of the individuals were registered in shallow areas (70.5%) and in Pochutla this majority were registered in mesophotic areas (76.9%). The most remote region of the Huatulco National Park has the least diversity (Tonameca). The similarity in the diversity profiles of Huatulco and Pochutla could be due to the effects of the ANP found in Huatulco, but it affects both regions. Some species observed are in some degree of threat according to IUCN and NOM-059 (*Mobula thurstoni*). A high record of the *Rhinoptera steindachneri* species was recorded in the month of March, the result of a possible congregation of a reproductive event.

Keywords: Sharks, rays, baited remote underwater video (bruv), shallow, mesophotic, Depth, True diversity

Contenido

Resumen.....	I
Abstract:.....	II
Índice de Figuras	IV
Índice de Tablas.....	V
Índice de Anexos	V
Dedicatoria	VI
Agradecimientos	VI
Glosario	VII
Introducción	1
Materiales y métodos	5
Área de estudio	5
Uso de Unidades de Video Remoto con Carnada (BRUV por sus siglas en inglés) para la colecta de datos.....	6
Diseño de muestreo	7
Análisis de los Videos para la obtención de datos biológicos-ambientales.....	9
Resultados	12
Diversidad verdadera	16
Factor de inequidad (IF) e Inequidad Logarítmica Relativa (RLI)	19
Similitud composicional	20
Variación del ensamblaje por gradientes de profundidad y ambientes.....	24
Discusión	25
Los ensamblajes de condrictios por sitios y regiones	26
Los ensamblajes de condrictios en profundidades someras y mesofóticas	27
Los ensamblajes de condrictios en ambientes rocosos y arenosos.....	28
Conclusiones	29
Referencias.....	30
Anexos.....	34

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de tres municipios de la costa de Oaxaca donde se encuentran los sitios de muestreo. En el municipio de Santa María Huatulco se localiza el Parque Nacional Huatulco (PNH) en su sección terrestre (polígono gris) y el polígono marino, donde se encuentran las localidades de A) Violín, B) Chachacual, C) Cacaluta y D) San Agustín, que forman la región Huatulco; En el municipio de San Pedro Pochutla se encuentran los sitio (E) Salchi, F) Tahueca, G) Tijera y H) Tololote) y conforman la región Pochutla; y en Santa María Tonameca están los sitios (I) Ventanilla, J) PreBarra, K) PostBarra y L) Playa la Escobilla) que forman la región Tonameca.	6
Figura 2. Estructura tridimensional de las Unidades de video remoto con carnada (BRUV) utilizados para el registro de las especies de Chondrichthyes presentes en las localidades de muestreo	7
Figura 3. Vista Dorsal y lateral del tiburón nodriza (<i>Ginglymnostoma cirratum</i>). Foto del Smithsonian Tropical Research Institute.....	12
Figura 4. Abundancias totales de los condriictios de las tres regiones según sus distribuciones en Ambientes rocosos (Roca dispersa pequeña y Roca dispersa grande) y Ambientes arenosos (Arena plana y Arena con relieve) a profundidades someras (azul) y mesofóticas (naranja).	15
Figura 5. Distribución de las Abundancias relativas de condriictios en cada una de las tres regiones del área de estudio. Se presentan las abundancias relativas a profundidades someras (azul) y mesofóticas (naranja).....	16
Figura 6. Perfiles de diversidad de los sitios de estudio graficados a partir de los valores en los órdenes 0,1 y 2.....	17
Figura 7. Perfiles de diversidad de las regiones Huatulco (Naranja), Pochutla (Gris) y Tonameca (amarillo) graficados a partir de los valores en los órdenes 0,1 y 2.....	18
Figura 8. Curva de rango-abundancia relativa en los sitios de muestreos de la costa oaxaqueña. <i>Hypanus dipterurus</i> (H.d), <i>Rhinobatos</i> sp. (Rhba), <i>Urotrygonidae</i> (Ury), <i>Urobatis</i> sp. (Uba), <i>Urobatis halleri</i> (U.h), <i>Mobula</i> sp. (Mo), <i>Rhinoptera</i> sp. (Rhpt), <i>Hypanus longus</i> (H.l), <i>Rhinobathidae</i> (Rhdae), <i>Hypanus</i> sp. (Hsp), <i>Narcine vermiculatus</i> (N.v), <i>Mobula thurstoni</i> (M.th), <i>Aetobatus laticeps</i> (A.lat), <i>Rhinoptera steindachneri</i> (R.s).....	19
Figura 9. Dendograma de similitud composicional con valores del Índice de Jaccard entre los sitios de muestreo y las regiones.	21
Figura 10. Dendograma de similitud composicional con valores del Índice de Morisita entre los sitios de muestreo y las regiones.	22
Figura 11. Diversidad Beta de toda la zona de estudio analizado por medio de las tres regiones...	23
Figura 12. Perfiles de diversidad Beta para cada una de las tres regiones graficado a partir de sus valores en los órdenes de 0,1 y 2.	24

Índice de Tablas

Tabla I. Sitios de estudio y sus respectivos profundidades y tipos de ambiente	8
Tabla II. Listado taxonómico de las especies identificadas y su estatus de conservación según la IUCN y la NOM-059-Semarnat-2010	12
Tabla III. Valores de diversidad en el orden $q=0, 1$ y 2 para cada sitio de muestreo.....	17
Tabla IV. Factor de inequidad (IF) e Inequidad Logarítmica Relativa (RLI) para cada uno de los sitios de estudio y las tres regiones.....	20
Tabla V. Valores de diversidad Beta para cada una de las tres regiones en órdenes de q_0, q_1 y q_{223}	
Tabla VI. Análisis PERMANOV de la variación espaciales del ensamblaje de Condrictios en la costa oaxaqueña.....	24

Índice de Anexos

Anexo a. Abundancias totales de los condrictios de las tres regiones según su distribución en Ambientes rocosos (Roca dispersa pequeña y Roca dispersa grande) y Ambientes arenosos (Arena plana y Arena con relieve) a profundidades someras (azul) y mesofóticas (naranja). Esta grafica no contempla las abundancias de <i>R. steindachneri</i> y refleja mejor la dinámica de los individuos durante todo el periodo de muestreo.	35
Anexo b. Distribución de las Abundancias relativas de condrictios en cada una de las tres regiones del área de estudio. Se presentan las abundancias relativas a profundidades someras (azul) y mesofóticas (naranja). Esta grafica al igual que en el Anexo a, no contempla las abundancias de <i>R. steindachneri</i> y refleja mejor la dinámica de los individuos durante todo el periodo de muestreo.	35
Anexo c. Resultados SIMPER (% de contribución) de disimilitud entre los factores (Especies, Ecosistemas y Profundidad) de muestreo de los diferentes grupos.....	36

Dedicatoria

A mis padres, cada paso no hubiera sido posible sin su apoyo.

Agradecimientos

Agradezco a Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo de la beca de maestría de tiempo completo. Al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca por el apoyo logístico, administrativo y todo aquello que conforma esta experiencia llamada Maestría. Así como al Instituto Politécnico Nacional.

A la fundación Idea Wild por confiar nuevamente en nosotros, ahora en esta etapa de maestría. Así como la fundación NatGeo Society y la Fundación Ruford por el apoyo al proyecto “Diversity of sharks, rays and chimaeras in shallow and mesophotic reefs along the coast of Oaxaca, Mexico”. Sin estos financiamientos el proyecto habría transcurrido por caminos más tortuosos.

A mi compañera de baile, porque las risas, enojos y corajes vividos, ya forman parte de nosotros.

Al estudiante eterno que, con todo el esfuerzo y conocimiento, muchas veces acompañado de un vino para minimizar los corajes, siempre no ha brindado su apoyo. Sin darnos cuenta dejamos parte de nosotros en las nuevas generaciones. Al jefe del jefe, porque siempre necesitaremos apoyo y un compañero para compartir vino y corajes.

A todos los compañeros del laboratorio. Que hacían los días más divertidos, unos mucho más que otros. Pero siempre fue un lugar excelente para pasar la semana trabajando. Miguel y Josué que en diversas salidas de campo estuvieron apoyando y compartiendo experiencias.

Glosario

Ecosistema somero: Comunidades biológicas asociadas que habitan entre los 0 y 30 m de profundidad.

Ecosistema mesofótico: Comunidades biológicas asociadas que habitan entre los 30 y 150 m de profundidad.

Arrecife mesofótico: Arrecifes dominados por la presencia de coral dependiente de la luz para la fotosíntesis entre los 30 y profundidad en que la luz de la columna de agua es demasiado baja para sostener el crecimiento del coral.

Zona mesofótica: Rango intermedio en la columna de agua donde aún hay presencia de luz del sol, que por lo general se encuentra entre los 30 y 150 m.

Ambiente: Conjunto de componentes naturales que conforman un entorno y propician la vida.

Chondrichthyes: Clase de vertebrados acuáticos también llamados peces cartilaginosos, debido a que su esqueleto está compuesto de cartílago y no de hueso.

Elasmobranquios: Subclase dentro de los condricios que comprenden a los tiburones y las rayas.

BRUV: Baited remote underwater video. Videos remoto submarino cebado (en español).

Ensamblaje: Parte de la comunidad seleccionada desde un punto de vista taxonómico.

Ecosistema somero: Comunidades biológicas asociadas que habitan en los primeros 30 m de profundidad.

Entramado trófico: Cadenas alimenticias íntimamente relacionadas por las que circulan energía y materia en un ecosistema.

Obovíviparo: Animal ovíparo que mantiene el huevo en su interior y lo expulsa solo hasta que el desarrollo de este es muy avanzado o ha finalizado.

Arribo pesquero: Entrada de embarcaciones para trabajar en la bahía cerca de la costa o en la playa.

Ciencia Ciudadana: Trabajo científico realizado por miembros del público en general de forma voluntaria.

Neonatos: Recién nacido.

Fauna de acompañamiento: Parte de la pesca tomada incidentalmente, además de la especie objetivo.

Redes de arrastre: Redes con forma de cono cerrado por un saco, ensanchada en la boca por alas. Se remolcan por embarcación.

Mesodepredadores: Depredador con un rango medio de nivel trófico.

Diversidad: La variabilidad y abundancia de organismos dentro de una especie, entre especies, o ambientes de los que son parte.

Diversidad verdadera: Medidas que conservan las propiedades intuitivamente esperadas del concepto diversidad como la duplicación. A diferencia del resto de índices que no cumplen con estas propiedades. Los números efectivos de especies son las unidades de medición que usa la diversidad verdadera.

Diversidad alfa: La riqueza específica o el número de especies presentes en un área determinada.

Diversidad beta: el recambio de organismos dentro de las comunidades.

Dominancia: proporción de especies más comunes en una unidad de muestreo.

Introducción

El estudio de los componentes abióticos y bióticos de los ecosistemas, así como de las tendencias temporales y espaciales, el entramado trófico, la estabilidad y las interacciones de las comunidades biológicas que los integran, ha permitido conocer su estructura y funcionamiento (Jacksic y Marone, 2007; Fernández y Pérez, 2008 y Padilla-Serrato *et al.*, 2017). Los estudios de la estructura comunitaria de los diferentes grupos de organismos marinos a lo largo del tiempo y espacio permiten conocer la dinámica y la relación que conjuntos de individuos presentan con los ecosistemas (López-Pérez *et al.*, 2014 y Sandoval-Huerta *et al.*, 2014). Sin embargo, el estudiar una comunidad completa suele ser complicado debido a los muy diversos componentes que la integran. Al menos si hablamos de un punto muy estricto del término Comunidad. Este lo podríamos definir como “Conjunto de organismos que pertenecen a diferentes especies que viven e interactúan en un determinado hábitat” (Ramírez y Gutierrez-Fonseca, 2016). El usar la palabra comunidad para un estudio implicaría analizar a todos los individuos presentes (invertebrados, mamíferos, reptiles, aves etc.), sus interacciones ecológicas y otros factores. Por ello, los estudios por lo general solo trabajan con algunos componentes de la comunidad. Esto suele generar un problema de comunicación precisa sobre el objetivo del estudio.

Por ello, Ramírez y Gutierrez-Fonseca en el 2016, mencionan la validez de los conceptos “Ensamble”; el cual “es un grupo filogenéticamente relacionado que explota un recurso similar, generando interacciones ecológicas propias de las comunidades, como competencia o exclusión”. Y “Ensamblaje” como “una parte de la comunidad seleccionada desde un punto de vista taxonómico”. Ambas palabras son utilizadas para generar una comunicación más precisa de lo que se busca transmitir, en este caso, definir mejor el grupo de organismos que son objetivos de un estudio (Estos conceptos también se pueden encontrar con los nombres de Conjunto y Asamblea en el trabajo de Monje-Nájera, 2015).

Los Chondrichthyes son descritos como un grupo de gran importancia ecológica al regular a mesodepredadores (≤ 2 m), mover energía a los niveles superiores de la cadena trófica y ser indicadores de la calidad ambiental por su alto nivel trófico (Myers *et al.*, 2007; Rezende *et al.*, 2009 y Ferretti *et al.*, 2010). Económicamente son importantes al representar un ingreso directo e indirecto, fuente alimenticia, estabilidad económica y comercial a nivel local y regional para miles de familias en México y en otros países (Ojeda y De R., 2012). El grupo de los peces cartilaginosos está integrado en la subclase Elasmobranchii (tiburones y rayas) y Holocephali (Quimeras). De las

1188 especies estimadas a nivel mundial para este grupo, en México se tiene registro de 214 especies (tiburones n=111 spp, rayas n=95 spp y quimeras n= 8 spp), de los cuales 56.1% se distribuyen en el Pacífico mexicano (Del Moral-Flores *et al.*, 2016 y Weigmann, 2016). Los organismos que conforman este grupo tienen una historia de vida caracterizada por largos periodos de gestación (1 a 3 años), una vida longeva con reportes de especies que viven hasta 272-512 años (*Somniosus microcephalus*), madurez sexual tardía (posterior a los 5-8 años) y un crecimiento lento (Cortés, 2004 y Tovar-Ávila, 2009).

Aunque existen varios trabajos sobre la diversidad de otros grupos taxonómicos como peces óseos e invertebrados marinos, en la región del Pacífico sur mexicano como en el Golfo de California (López-Pérez *et al.*, 2014; Padilla-Serrano *et al.*, 2017); los estudios de la diversidad de Chondrichthyes son escasos y la mayoría se basan en el análisis de las capturas pesqueras (Alejo-Plata *et al.*, 2006). Los investigadores colectan datos durante las actividades de arribo pesquero o mediante la colaboración con diferentes grupos de pescadores ribereños (Alejo-Plata *et al.*, 2006; INAPESCA, 2012, Pérez-Jiménez *et al.*, 2016), lo que recientemente ha dado paso a generar con ello la llamada “Ciencia Ciudadana” (Finkelievich y Fischnaller, 2014). Estos estudios han mostrado una situación preocupante de los Chondrichthyes a nivel mundial, ya que la mayoría de las especies y poblaciones han disminuido de manera alarmante, incluso llegando hasta el colapso comercial, registrando la pérdida de 60 al 90%, dependiendo de la densidad poblacional de las comunidades próximas (Nadon *et al.*, 2012). Como el caso del mar mediterráneo, que ya refleja una pérdida del 96 al 99% en especies como *Sphyrna spp.* (tiburón martillo), *Prionace glauca* (tiburón azul) o *Isurus oxyrinchus* (tiburón mako) (Ferretti *et al.*, 2008). O la situación a niveles de riesgo de extinción en la que se encuentran algunas especies como *Carcharhinus plumbeus* (tiburón trozo), *Galeocerdo cuvier* (tiburón tigre) y *Sphyrna lewini* (cornuda común) con reducciones del 93, 97 y 98% respectivamente en parte de la costa este de Estado Unidos (Myers, 2007).

Los estudios basados en capturas pesqueras, sobre todos aquellos donde se usa el palangre, reflejan la abundancia y presencia principalmente de especies de importancia comercial y/o aquellas que presenten una alimentación similar debido al tipo de carnada y arte de pesca empleados, ya que son métodos altamente selectivos (Galeana-Villaseñor *et al.*, 2009). Adicionalmente, existen otros estudios que complementan el poco conocimiento de la diversidad a través del análisis de Chondrichthyes capturados como parte de la fauna de acompañamiento, principalmente las rayas: Esta fauna de acompañamiento es un componente importante de la pesquería de camarón, ya que

se realiza mediante redes de arrastre que extraen toda clase de organismos del fondo marino (INAPESCA, 2012 y Briones *et al.*, 2016).

Actualmente, los avances tecnológicos han permitido el uso de herramientas de observación remota para el estudio de la diversidad mediante métodos no extractivos. Un ejemplo son las unidades de video submarino remoto con carnada (*Baited remote underwater video*, BRUV por sus siglas en inglés), las cuales, son herramientas poco invasivas y efectivas para generar conocimiento sobre la ecología marina, el comportamiento de las especies, la evaluación de patrones espaciales y temporales de diferentes grupos taxonómicos y el reclutamiento de peces (Harvey *et al.*, 2013). Sin embargo, han sido aprovechados principalmente para el estudio de ecosistemas profundos donde el uso de buceo autónomo SCUBA es restringido. Algunos estudios han utilizado los BRUVs para conocer la distribución, abundancia e interacciones de peces en ambientes a diferentes profundidades, incluyendo a los condriictios. En dichos trabajos se concluye que esta herramienta es de gran utilidad para el seguimiento de este grupo por periodos de tiempo largos y a mayores profundidades (Brooks *et al.*, 2011; McLean *et al.*, 2016 y Juárez-Hernández *et al.*, 2013). Igualmente, Asher *et al.* (2017) menciona que los BRUV producen los mismos datos que pueden ser obtenidos en estudios que usan palangre, solo que es necesario un mayor número de lanzamientos de BRUV. En Belice y el Caribe Holandés, los BRUVs han sido de utilidad para determinar la composición y abundancias relativas de los condriictios en zonas de aprovechamiento y/o áreas naturales protegidas; principalmente para evaluar si existe un impacto positivo de estas reservas para la conservación de Chondrichthyes y otros grupos de organismos marinos (Van-Beek, *et al.*, 2012; Graham, 2011 y Bond *et al.*, 2017). Asimismo, se han empleado en estudios que evalúan la relación organismos-ambiente, abundancia y estructura trófica de los condriictios en las pendientes oceánicas, las cuales albergan una variedad importante de ecosistemas marinos y diversidad poco estudiada debido a la dificultad de alcanzarlos. Entre estas comunidades se encuentran los arrecifes mesofóticos, que presentan una estructura taxonómica y trófica diferente al de arrecifes presentes en zonas someras (Zintzen *et al.*, 2012 y Abesamis *et al.*, 2017; Bond *et al.*, 2012; Asher *et al.*, 2017; Winter y Graaf, 2019).

La distribución horizontal y vertical de los ecosistemas marinos depende de factores abióticos como la temperatura, luz, geomorfología del fondo marino, sedimentación, la distribución de alimento, salinidad, saturación de aragonita y corrientes marinas (Cau, 2015; Turner *et al.*, 2017), entre otros. Los ecosistemas someros son aquellos que se encuentran en zonas poco profundas (< 30m),

presentan una intensidad lumínica es suficiente para la mayoría de los organismos fotosintéticos e incluye a la mayoría de los arrecifes de coral (Grigg, 2006). Por su parte, los ambientes mesofóticos son aquellos dentro de un rango de 10 a 1% intensidad lumínica (Pérez-Castro en preparación), por lo que los corales fotodependientes disminuyen de manera significativa conforme la profundidad aumenta (Grigg, 2006 y Bongaerts *et al.*, 2010). Se considera que los ambientes mesofóticos se encuentran a partir de los 30-40 m hasta los 150 m de profundidad; la definición técnica más aceptada está relacionada con los corales mesofóticos y se describe como: “el rango de profundidad entre los 30 m y la profundidad en que la luz de la columna de agua es demasiado baja para sostener el crecimiento de corales fototrófico” (Bongaerts *et al.*, 2010). Algunos autores los consideran como extensiones de ecosistemas en zonas someras (Hinderstein *et al.*, 2010); mientras que, otros consideran que, debido a la variación de factores como la luz, nutrientes y temperatura ante la profundidad, no necesariamente se superponen con los ambientes presentes en las zonas someras (Bongaerts *et al.*, 2010 y Kahng *et al.*, 2010). Los ambientes mesofóticos son considerados como sitios potenciales de refugio de especies asociadas a arrecifes ante el declive general observado en las comunidades de arrecifes someros por efectos antrópicos como la sobrepesca de grupos funcionales clave, la contaminación, la degradación debido al desarrollo costero y al turismo insostenible. Asimismo, existen efectos debido a fenómenos naturales como huracanes, mar de fondo, calentamiento del agua, acidificación y blanqueamiento, que se han visto exacerbados debido al Cambio Climático (Bongaerts *et al.*, 2010; Hinderstein, 2010, Lindfield *et al.*, 2015 y Turned *et al.*, 2017).

Estos ambientes mesofóticos han sido muy poco estudiados debido las dificultades técnicas del buceo y la profundidad a las que generalmente se localizan, conociéndose menos de 400 artículos a nivel mundial para este tema hasta el 2017 (Bongaerts *et al.*, 2010; Hinderstein, 2010 y Turned *et al.*, 2017). Sin mencionar que los trabajos que contemplan a los condictios son apenas unos pocos. La zona de estudio es de sumo interés ya existe una dicotomía importante en la situación pesquera de la región. En la parte Occidental de la costa de Oaxaca (Pochutla y Tahueca) se desarrolla una actividad pesquera intensiva de importancia económica y cultural, enfocada principalmente en escama, tiburón y moluscos. Y hasta hace unas décadas, se desarrollaba una pesquería importante de quelonios, mientras que, en la parte Oriental (Huatulco) existe la presencia de una Área Natural Protegida (ANP), donde la actividad pesquera es muy limitada.

El objetivo del presente estudio fue determinar la diversidad de los Chondrichthyes en una parte de la costa central de Oaxaca, mediante el uso de una herramienta no extractiva, principalmente las especies del grupo Batoidea. Esta información complementa el conocimiento de la situación del grupo en la región y apoyará a identificar algunas zonas potenciales de refugio de este grupo taxonómico ante diversos efectos antrópicos y naturales. Los objetivos particulares del estudio son: determinar la diversidad de los condriictios en diferentes gradientes de profundidad y tipo de ambiente y, determinar si estas dos variables influyen en el ensamblaje de los condriictios.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en la parte central de la costa oaxaqueña, desde playa La Escobilla (15° 43" N y 96° 45" O) en el occidente, hasta playa La Entrega (15° 74" N y 96° 12" O) en la parte oriental. Los sitios seleccionados se localizan en los municipios de Santa María Tonameca (15°44'45"N 96°32'50"O), San Pedro Pochutla (15°44'47"N 96°27'55"O) y Santa María Huatulco (15°50'10"N 96°19'20"O) (Fig. 1). El área de estudio se encuentra dentro de la zona tropical-oriental del Pacífico Mexicano, al norte del Golfo de Tehuantepec. Al frente de esta costa convergen dos ecorregiones marinas, la ecorregión Mexicana del Pacífico Tropical (Guerrero-Oaxaca) y la ecorregión de Chiapas-Nicaragua (Sur de Oaxaca-Chiapas) (Spalding *et al.*, 2007). La plataforma continental en la parte occidental es estrecha (1-15 Km), mientras que en la parte oriental es amplia (45 Km) con pendientes suaves (Morales-de la Garza y Carranza-Edwards, 1995).

La temperatura promedio de la superficie del mar es de 28-30 °C a lo largo del año, la salinidad promedio es de 34 ups (Unidades Prácticas de Salinidad), con una termoclina a los 20-40 m (López-Pérez, 2014). El clima de la región se define como subhúmedo con dos temporadas a lo largo del año. La temporada de lluvias va de mayo a octubre con una precipitación promedio mensual entre 800–1500 mm, y la temporada seca comprende los meses de noviembre a abril (≤ 60 mm/mes más seco) (Tapia-García *et al.*, 2007). La región se ve influenciada por fuertes vientos conocidos como "tehuanos", vientos originados por masas de aire polar en el continente que invaden el Golfo de México y cruzan el continente hasta el Pacífico (Chapa-Balcorta *et al.*, 2015). Estos vientos generan una importante mezcla de las capas oceánicas más superficiales, modificando las temperaturas y condiciones oceanográficas que resultan en aguas altamente productivas para la región (Levin *et al.*, 2001 y Ramos-Cruz, 2006).

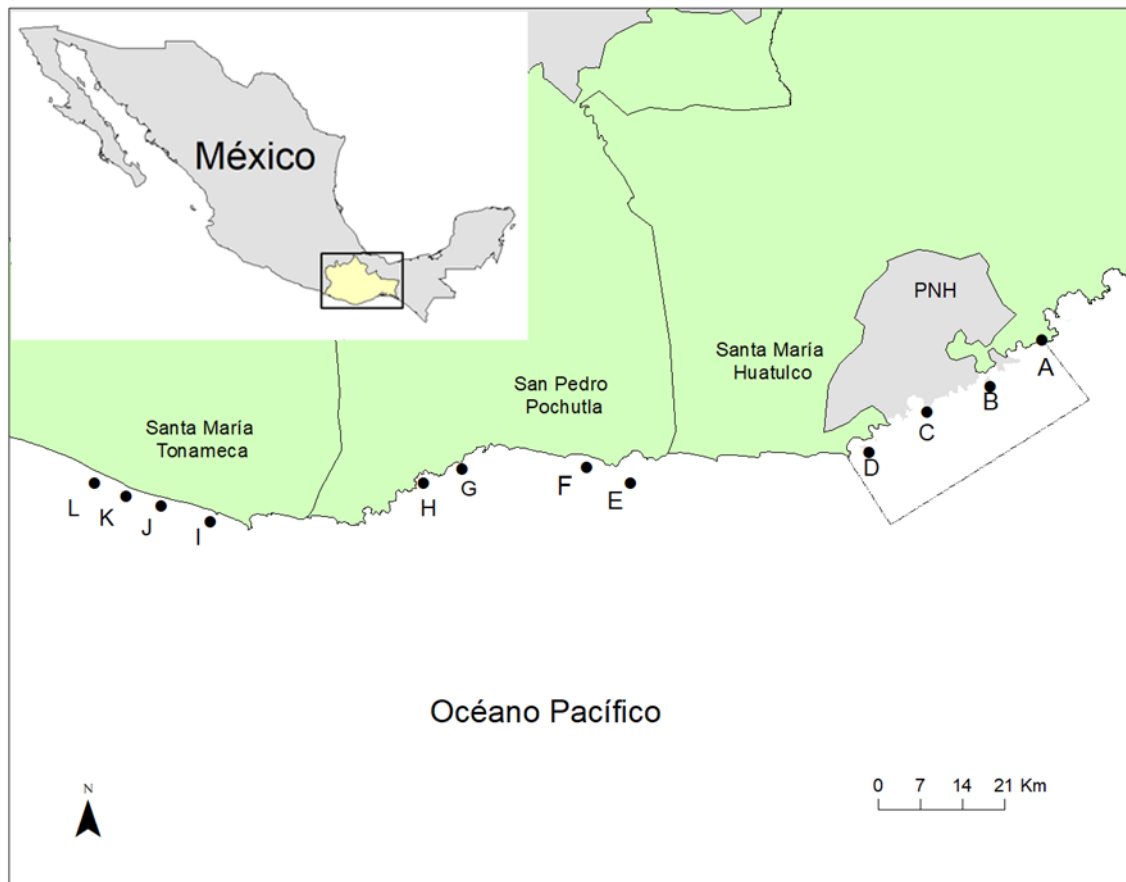


Figura 1. Localización de tres municipios de la costa de Oaxaca donde se encuentran los sitios de muestreo. En el municipio de Santa María Huatulco se localiza el Parque Nacional Huatulco (PNH) en su sección terrestre (polígono gris) y el polígono marino, donde se encuentran las localidades de A) Violín, B) Chachacual, C) Cacaluta y D) San Agustín, que forman la región Huatulco; En el municipio de San Pedro Pochutla se encuentran los sitio (E) Salchi, F) Tahueca, G) Tijera y H) Tololote) y conforman la región Pochutla; y en Santa María Tonameca están los sitios (I) Ventanilla, J) PreBarra, K) PostBarra y L) Playa la Escobilla) que forman la región Tonameca.

Uso de Unidades de Video Remoto con Carnada (BRUV por sus siglas en inglés) para la colecta de datos

En la Figura 2 se muestra estructura piramidal de metal corrugado del BRUV (80 cm de altura). La base inferior mide 70 x 70 cm y 40 x 40 la base superior que sirve de soporte para una cámara y un

brazo metálico que sostiene la carnada. El grado de inclinación de las varillas de metal lateral es de 75° para garantizar que la base superior este en una posición central con respecto de la base inferior. El brazo de la carnada mide 1.5 m desde la base superior hasta su terminación y está hecho de acero inoxidable. Posee en su parte terminal un cilindro de 20 cm de largo y 5 cm de radio de metal perforado, que alberga 1.5 Kg de carnada compuesta de los peces disponibles al momento del muestreo y que fue adquirida con los pescadores de la región. Por lo general se procuró usar barrilete (*Euthynnus lineatus*) que ha sido documentado como una de las especies que usan principalmente los pescadores de tiburón de la región. Cada BRUV cuenta con una cámara Gopro 7 Black Hero de alta resolución con orientación horizontal hacia la carnada. Los BRUVs fueron amarrados a una cuerda de 50 a 70 m de longitud y sujetos a una boya de 5 L en el otro extremo que ayuda con la recuperación del BRUV al finalizar el periodo de muestreo y mantiene la cuerda flotando y fuera del campo de visión de la cámara.

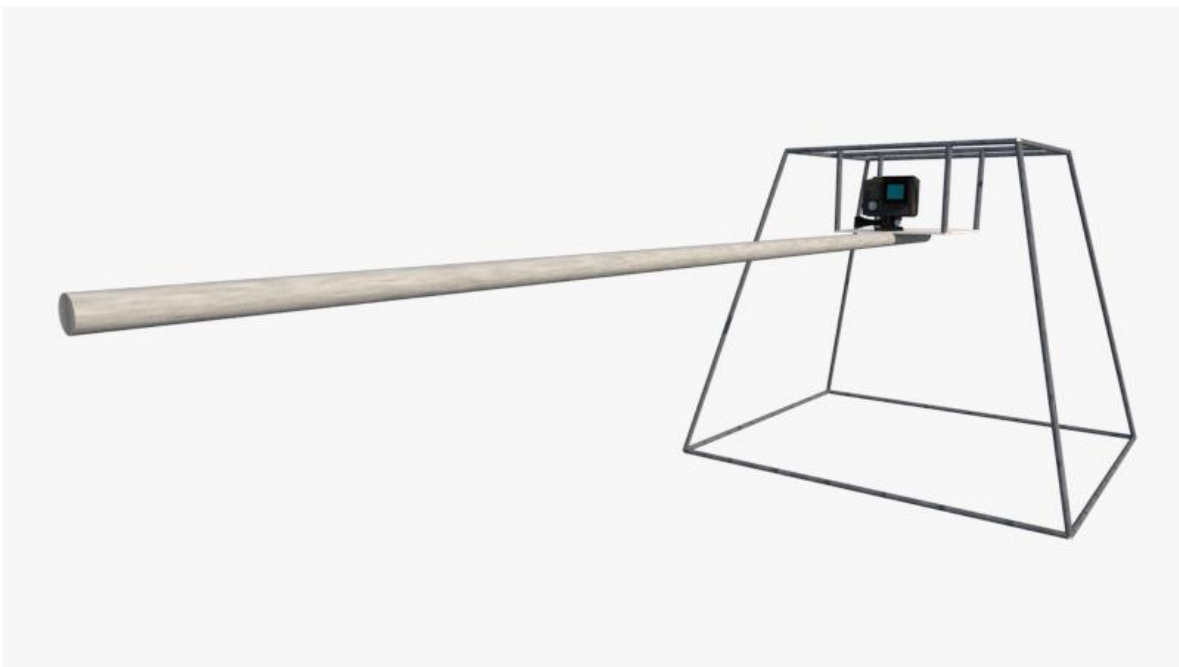


Figura 2. Estructura tridimensional de las Unidades de video remoto con carnada (BRUV) utilizados para el registro de las especies de Chondrichthyes presentes en las localidades de muestreo

Diseño de muestreo

Se seleccionaron 12 sitios agrupados en tres regiones. Cada sitio se eligió basándose en un mapeo del fondo marino realizado por Pérez-Castro (en preparación) y el conocimiento empírico de los pescadores locales. La selección de sitios y regiones no se realizó basándose en delimitaciones

políticas, sin embargo, cada una de estas regiones coincidió en un municipio diferente y por ello se le asignó el nombre de dicho municipio (Fig. 1).

Tabla I. Sitios de estudio y sus respectivos profundidades y tipos de ambiente

Región	Sitio	Profundidad	Ambiente	Observaciones
Huatulco	Violín	Somera	Roca dispersa pequeña	
	Chachacual	Somera	Arena plana	
	Cacaluta	Mesofótica	Arena plana	Presencia de pináculo rocoso
	San Agustín	Somera	Arena plana	Presencia de pináculo rocoso
Pochutla	Salchi	Mesofótica	Roca dispersa grande	
	Tahueca	Mesofótica	Arena plana	
	Tijera	Somera	Roca dispersa grande	
	Tololote	Somera	Roca dispersa grande	Presencia de pináculo rocoso
Tonameca	Ventanilla	Somera	Arena con relieve	
	PreBarra	Somera	Arena con relieve	
	PostBarra	Somera	Arena con relieve	
	Playa la Escobilla	Mesofótica	Arena con relieve	

Lo puntos de monitoreo se encuentran separados por al menos 1 Km y existe una distancia de entre 15-30 Km entre cada una de las 3 regiones. Se eligieron puntos que se encontraban a profundidades

menores a 30 m, y se catalogaron como sitios someros, mientras que, los sitios a mayores profundidades fueron catalogados como mesofóticos (Tabla I). Tomando en cuenta que el rango típico para esta zona que va de los 30 a 150m de profundidad (Bongaerts *et al.*, 2010 y Turner *et al.*, 2017). Estos sitios estuvieron dentro del polígono del Área Natural Protegida del Parque Nacional Huatulco (Huatulco), y zonas externas (Pochutla y Tonameca). Se realizaron 96 lances de BRUV durante el periodo de septiembre del 2020 y marzo del 2021; esto corresponde a 32 lances por región y 8 lanzamientos en cada sitio. La separación de $\geq 1\text{Km}$ entre despliegues simultáneos garantiza la independencia de los datos colectados (Winter y de Graaf, 2019). Los BRUVs fueron colocados con ayuda de una embarcación con motor fuera de borda en las localidades y profundidad seleccionada para grabar por un periodo de 60 minutos a una resolución de 1080p a 120 cuadros por segundo (fps por sus siglas en inglés) para obtener imágenes de alta calidad. Una vez que el BRUV fue colocado en su sitio, la embarcación se movió al siguiente punto de monitoreo para evitar influir en el comportamiento de los organismos. Se midió la temperatura superficial y la profundidad con una sonda “Norcross HawkeyeH22PX” al momento de colocar el BRUV para la colecta de datos.

Adicionalmente, se realizaron buceos prospectivos mediante la técnica de buceo a la deriva (buceo sin una dirección preestablecida y que generalmente se realiza siguiendo las corrientes marinas) en 6 de sitios para ubicar los lugares donde se colocarían los bruvs. Durante dichos buceos se realizó el registro de las especies de condrictios que se observaban, registrando el tipo de sustrato y profundidad a la cual se realizó el encuentro.

Análisis de los Videos para la obtención de datos biológicos-ambientales

Cada una de las grabaciones de 60 minutos fue revisada en su totalidad por duplicado para evitar cualquier pérdida de información por la omisión de observar algún organismo en la primera revisión. Se registraron el tipo de sustrato y la visibilidad medida en metros. El tipo de hábitat se clasificó visualmente según el porcentaje de cobertura en las imágenes de los videos, en 4 categorías: Arena plana, Arena con relieve, Roca dispersa grande ($> 1.5\text{ m}$) y Roca dispersa pequeña ($< 1.5\text{m}$). Se identificó a cada organismo perteneciente al grupo de los condrictios captado en el rango de visión hasta el máximo taxón posible siguiendo las claves de la “Guía de identificación de especies para los fones de la pesca, Tomo II” y paginas especializadas como “Smithsonian Tropical Research Institute” (<https://biogeodb.stri.si.edu/sftstep/en/pages>), siempre que la visibilidad lo permitió. Asimismo, se determinó si las especies registradas estaban incluidas en la Lista Roja de Especies en Riesgo de la

Liga Internacional para la Conservación (UICN por sus siglas en inglés) o dentro de la Norma Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 de especies amenazadas.

Se registró el minuto de avistamiento y el número máximo de organismos de cualquier especie (MaxN) para cada una de las grabaciones de acuerdo con lo propuesto por Willis y colaboradores en el 2000. El MaxN es una estimación de tipo conservadora, usada para evitar sobreestimar individuos, que considera el número máximo de cada especie observados simultáneamente en cualquier momento de la grabación (Gladstone *et al.*, 2012).

Para calcular la diversidad se usó el índice de diversidad verdadera propuesto por Jost (2006). Este tiene como unidades a las especies equivalentes o efectivas (o cualquier otra unidad taxonómica). “La sensibilidad de este índice de diversidad se basa en las abundancias relativas y se determina mediante el exponente q. La diversidad de orden cero (q=0) es insensible a las abundancias de cada especie, por lo tanto, el valor obtenido corresponde a la riqueza específica. La diversidad de orden 1 (q=1) considera a todas las especies con un peso proporcional al de sus abundancias en la comunidad. Finalmente, la diversidad de orden 2 (q=2) les da más peso a las especies comunes o de mayor abundancia” (Moreno *et al.*, 2011).

Se calculó la diversidad Alfa de cada uno de los 12 puntos en sus diferentes ordenes 0,1 y 2, y se generaron los perfiles de diversidad y para las tres regiones, utilizando RStudio (versión 1.4.1106) y la paquetería Entropart.

$${}^qD = \left(\sum_{i=1}^s P_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

Donde:

D= Número efectivo o equivalente de especies

S= Riqueza de especies

P_i= Abundancia relativa

q= Ordenes de diversidad

A partir de la abundancia absoluta se obtuvo la abundancia relativa de cada taxon. Esta es la proporción de una especie en relación con el número total de individuos analizados. Se calculó el Factor de Inequidad Relativa (IF 0.2) y el Factor Logarítmico de Inequidad (RLI 0.2), para identificar sitios con un grado de dominancia mayor/menor, definida como la proporción de especies más comunes en una unidad de muestreo. IF 0.2 se obtuvo al dividir el valor de q_0 entre q_2 y RLI 0.2 se obtuvo con los valores de q_0 y IF 0.2. Se emplea la función de Logaritmo natural (LN) para ambos valores, para después dividir el q_0 entre el FI 0,2 ($RLI\ 0.2 = LN(IF\ 0.2) / LN(q_0)$) (Jost, 2007).

Estos factores son una medida utilizada para determinar la dominancia de una comunidad o unidad de muestreo. Está basada en las diferencias que se presentan en la distribución de abundancias de cada especie en la comunidad o unidad de muestreo. Los valores del IF 0,2 van desde el 1 hasta el valor cercano a la riqueza específica. En el RLI 0,2 los valores varían de 0 a 1, mientras más cercano el valor a uno refleja que un taxon domina la comunidad.

El análisis de similitud composicional entre sitios y regiones se realizó mediante la obtención de la diversidad Beta verdadera. La cual se puede medir como “la diversidad de comunidades equivalentes o efectivas, que correspondería al número de comunidades virtuales que se podrían encontrar en una región y mantuvieran una composición distinta de especies”. La diversidad beta verdadera mínima es una comunidad efectiva o equivalente, cuando todas son idénticas, y el máximo sería igual al número de comunidades analizadas en total, cuando cada una de ellas es diferente en la composición de especies que llegan a presentar (Calderón-Patrón et al., 2012). Se utilizó RStudio (versión 1.4.1106).

También se usaron los índices de similitud/disimilitud Jaccard y Morisita. El primero para medir la relación de las unidades muestrales y el segundo para medir la relación de las abundancias de las especies, basado en las incidencias de las especies y el algoritmo de aglomeración de grupos pareados (UPGMA). Se obtuvieron mediante PAST (versión 4.03) (Oyvind Hammer, 2021).

El efecto del tipo de sustrato y la profundidad de los diferentes sitios sobre el ensamblaje presente en cada uno de los sitios, se estimó mediante un análisis de varianza multidimensional de permutaciones (PERMANOVA) a partir de una matriz de similitud de Bray-Curtis con 999 permutaciones mediante RStudio (versión 1.4.1106) y el paquete Vegan (versión 1.4.1106). Asimismo, se realizó un análisis de similitud en porcentajes (SIMPER) para evaluar el efecto de los factores espaciales en la similitud/disimilitud de los ensamblajes en cada sitio.

Resultados

Se realizaron un total de 96 lanzamientos de BRUV que resultaron en un total de 8 horas de video para cada uno de los sitios seleccionados y 32 horas para cada una de las tres regiones considerados en el presente estudio. A partir de estos lanzamientos, se registraron 90 individuos pertenecientes a 8 especies, 8 géneros, 6 familias y 4 órdenes, de acuerdo con la clasificación taxonómica más reciente (Tabla II). Se identificaron 74 individuos a nivel especies y 16 a género o familia. La totalidad de los individuos registrados pertenecen al grupo Batoidea (rayas). Adicionalmente se registraron individuos de la especie *Ginglymostoma cirratum* (tiburón nodriza) pertenecientes al grupo Selachii (tiburones) durante buceos de inspección realizados en algunos de los 12 sitios de estudio (Fig. 3).

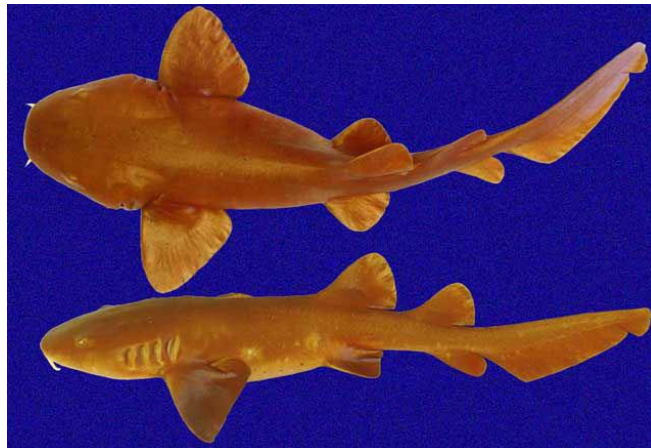


Figura 3. Vista Dorsal y lateral del tiburón nodriza (*Ginglymostoma cirratum*). Foto del Smithsonian Tropical Research Institute

Los estatus de la IUCN son “un indicador de la salud de la biodiversidad mundial”. A demás de dar información sobre el estado de conservación de una especie, ha crecido en los últimos años y también aporta información como área de distribución, hábitat, tamaño poblacional y uso o aprovechamiento.

Tabla II. Listado taxonómico de las especies identificadas y su estatus de conservación según la IUCN y la NOM-059-Semarnat-2010

Orden	Familia	# de individuos/registros	IUCN	NOM-059
Myliobatiformes	Dasyatidae			
	<i>Hypanus dipterurus</i>	2	Vulnerable	-
	<i>Hypanus longus</i>	6	Vulnerable	-
	<i>Hypanus sp.</i>	2		-
	Urotrygonidae	4		-
	<i>Urobatis halleri</i>	6	Preocupación menor	-
	<i>Urobatis sp.</i>	6		-
	Mobulidae			
	<i>Mobula thurstoni</i>	2	En peligro	Pr
	<i>Mobula sp.</i>	1		-
	Myliobatidae			
	<i>Aetobatus laticeps</i>	1	Vulnerable	-
	Rhinopterae			
	<i>Rhinoptera steindachneri</i>	56	Casi amenazado	-
<i>Rhinoptera sp.</i>	1		-	
Rajiformes	Rhinobatidae	1		-
	<i>Rhinobatos sp.</i>	1		-

Orden	Familia	# de individuos/registros	IUCN	NOM-059
Torpediniformes	Narcinidae			
	<i>Narcine vermiculatus</i>	1	Preocupación menor	-

Solo *Mobula thurstoni* aparece en la NOM-059 como Sujeta a protección especial (Pr) a partir del 2019.

De los 12 sitios, cuatro se categorizaron como profundidad mesofótica (> 30m) (Cacaluta, Salchi, Tahueca y Playa la Escobilla), y los ocho restantes como profundidad somera (< 30m). Según el tipo de ambiente rocoso, uno presento ambiente de tipo Roca dispersa pequeña (Violín), tres se como Roca dispersa grande (Salchi, Tijera y Tololote). En ambientes arenal, cuatro fueron de tipo Arena plana (Chachacual, Cacaluta, San Agustín y Tahueca), y cuatro de tipo Arena con relieve (Toda la región Tonameca). Tres sitios registraron presencia de un pináculo rocoso (Tololote, Cacaluta y San Agustín). Al final, por los pocos datos se analizaron bajo las dos categorías generales de Ambiente rocoso y arenoso.

Las abundancias de los individuos están distribuidas en su mayoría en profundidades someras (n= 72) y el resto en profundidades mesofóticas (n= 18). Según el tipo de ambiente, las zonas arenosas presentan a la mayoría de los organismos (n= 84) y de estos la mayoría está en a profundidades someras (n= 67). El resto se encuentran en ambientes rocosos (n= 6) y la mayoría de esto a profundidades someras (n= 5) (Fig. 4).

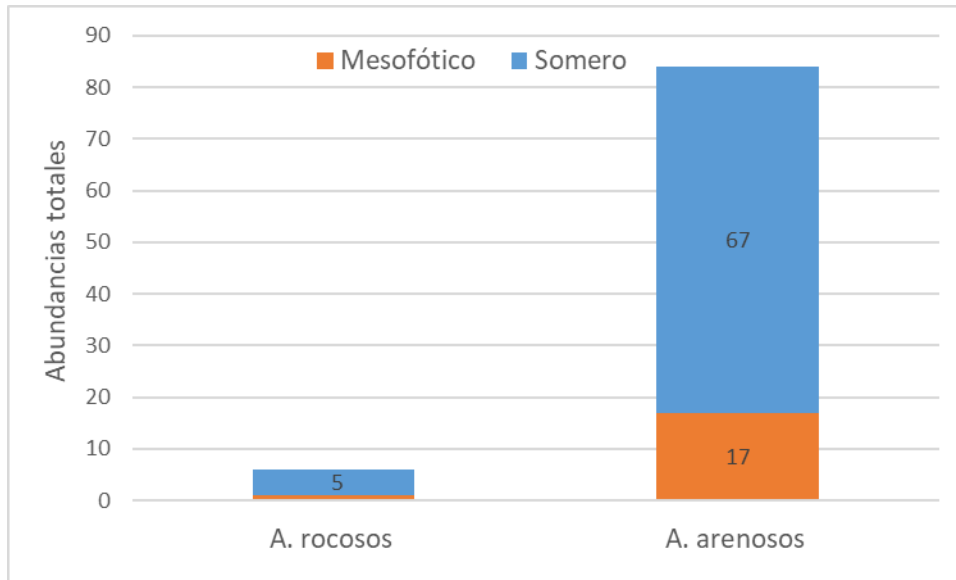


Figura 4. Abundancias totales de los condrictios de las tres regiones según sus distribuciones en Ambientes rocosos (Roca dispersa pequeña y Roca dispersa grande) y Ambientes arenosos (Arena plana y Arena con relieve) a profundidades someras (azul) y mesofóticas (naranja).

La región Tonameca presentó el mayor número de individuos ($n=60$), seguido de Huatulco ($n=17$) y Pochutla ($n=13$). La mayoría de los organismos registrados en la región Huatulco, sitios dentro de un área Natural Protegida, están a profundidades someras ($n= 12$). La mayoría de los individuos en la región Pochutla, zona de pesca local, se encuentran a profundidades mesofóticas ($n= 10$). En la región de Tonameca la mayoría de los registros ocurrieron a profundidades someras ($n= 57$). Los sitios de Tijera y Barra (pertenecientes a la región de Pochutla y Tonameca respectivamente) no tuvieron presencia de organismos del grupo de los condrictios (Fig 5).

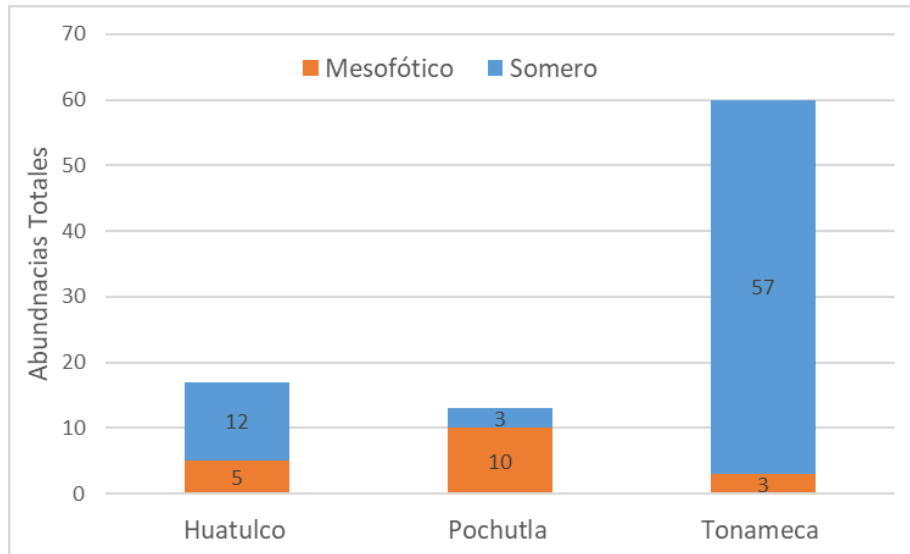


Figura 5. Distribución de las abundancias relativas de condriictios en cada una de las tres regiones del área de estudio. Se presentan las abundancias relativas a profundidades someras (azul) y mesofóticas (naranja).

En el mes de marzo durante un lanzamiento en el sitio Ventanilla se registró a 56 individuos de *Rhinoptera steindachneri* (gavilán dorado, gavilán, tecolote). Ningún evento similar se repitió en ningún otro lanzamiento o en el mismo sitio. Esto genera una confusión en la interpretación, ya que pareciera que en la zona de Tonameca hay una abundancia alta a profundidades someras. Sin esos registros, la zona presenta las menores abundancias ($n=4$) y la mayoría ($n=3$) a profundidades mesofóticas (Fig. 5). También distorsiona la abundancia de individuos en zonas de ambiente arenoso y profundidad somera. Sin esos datos anómalos la mayoría de los individuos en ambientes arenosos se registra a profundidades mesofóticas y no someras (Fig. 4, Anexo a y b).

Diversidad verdadera

Se generó un perfil de diversidad para cada sitio. Chachacual, Tahueca, Tololote y Cacaluta son los sitios más diversos. Chachacual resultó ser de forma consistente el más diverso en los diferentes valores de q . Violín y San Agustín se mantienen en un valor de 2 para todos los valores de q . Esto se repite para los sitios Salchi, Ventanilla, PostBarra y Escobilla, cuyo valor se mantiene en 1 y Tololote en el valor de 3 (Fig. 6, Tabla III). Por lo cual sus perfiles de diversidad son una línea recta. Los sitios de Tijera y Barra se descartaron por no presentar dato alguno.

En el orden q_0 y q_1 Chachacual es el sitio más diverso ($q^0=5$ y $q^1=4.46$), seguido de Tahueca ($q^0=4$ y $q^1=3.16$). Tololote y Cacaluta se encuentran en tercer lugar y presentan el mismo valor en q_0 ($q^0=$

3); sin embargo, Tololote se mantiene el valor de q_1 mientras que este valor disminuye en Cacaluta ($q^0=2.59$). En el orden q_2 , Chachacual se mantiene como la más diversa ($q^2= 4$), seguida de Tololote ($q^0= 3$) y Tahueca ($q^0= 2.61$). Debido al atributo de replicación del modelo, podemos determinar que Chachacual es entre 4 y 5 veces más diverso en todos los órdenes de q , que Salchi, Ventanilla, PostBarra y Escobilla (Fig.6, Tabla III).

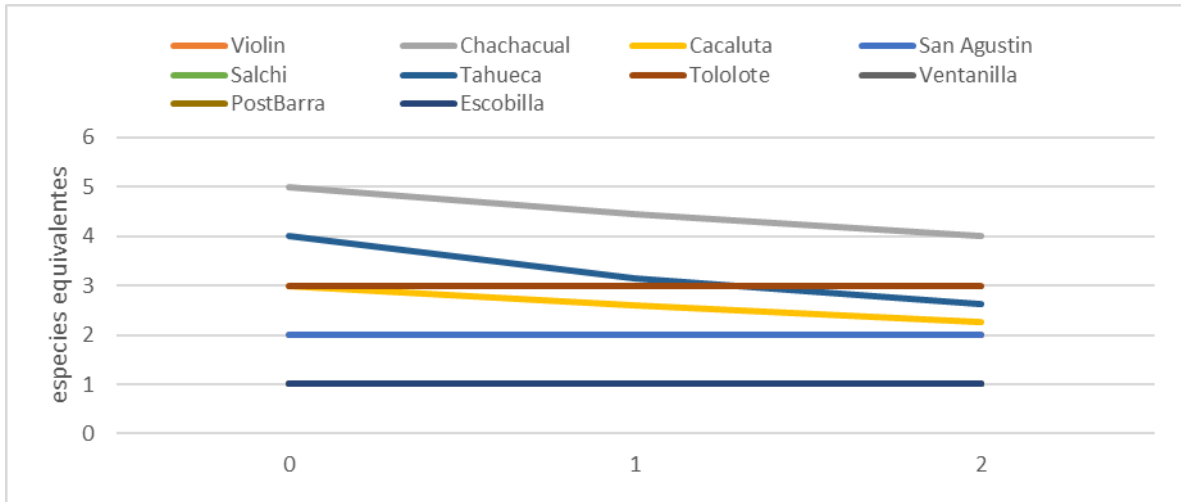


Figura 6. Perfiles de diversidad de los sitios de estudio graficados a partir de los valores en los órdenes 0, 1 y 2.

Tabla III. Valores de diversidad en el orden $q=0, 1$ y 2 para cada sitio de muestreo

Regiones	Sitios	Orden		
		0	1	2
Huautulco	Violin	2	2	2
	Chachacual	5	4.46	4
	Cacaluta	3	2.59	2.27
	San Agustín	2	2	2
Pochutla	Salchi	1	1	1
	Tahueca	4	3.16	2.61
	Tololote	3	3	3

Regiones	Sitios	Orden		
		0	1	2
Tonameca	Ventanilla	1	1	1
	PostBarra	1	1	1
	Escobilla	1	1	1

Huatulco es la región con mayor diversidad ($q^0=8$, $q^1=6.49$ y $q^2=5.45$) en todos los valores de q , seguida de Pochutla ($q^0=7$, $q^1=5.66$ y $q^2=4.57$). Mientras el valor de q aumenta el valor de las especies equivalente o efectivas disminuye para las dos regiones. Tonameca es la región menos diversa y también presenta disminución con el aumento de q , pero es muy limitado ($q^0=2$, $q^1=1.28$ y $q^2=1.14$). La diversidad se reduce conforme los sitios están más alejados de la región Huatulco (Fig. 7).

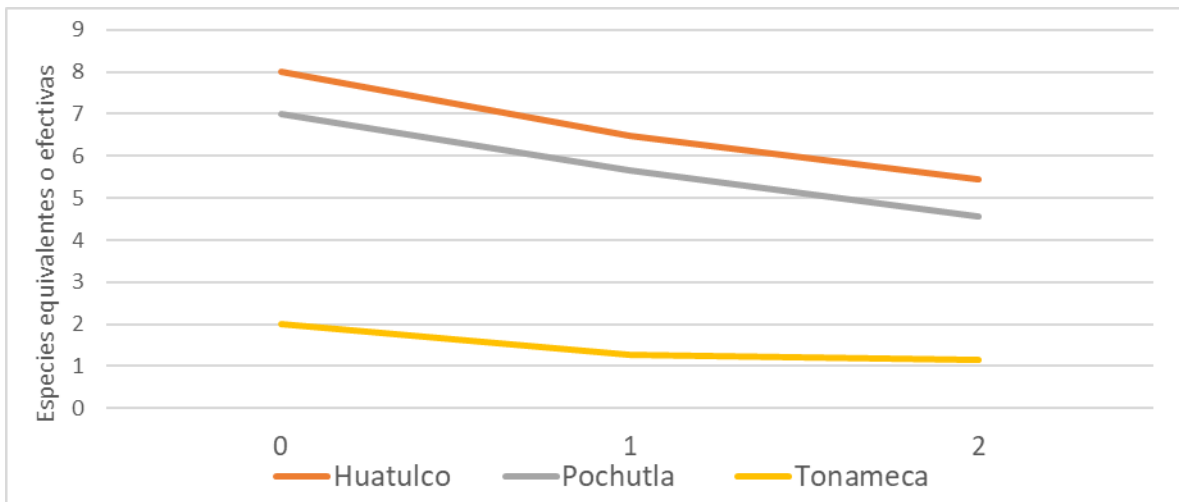


Figura 7. Perfiles de diversidad de las regiones Huatulco (Naranja), Pochutla (Gris) y Tonameca (amarillo) graficados a partir de los valores en los órdenes 0, 1 y 2.

La curva de rango abundancia relativa (Fig.8) muestra que las especies de Violín, San Agustín y Tololote presentan abundancias equitativas (0.5, 0.5 y 0.33 respectivamente). *Hypanus dipterurus* (raya látigo redonda) se registró en los dos primeros sitios (ambos dentro del ANP) y aparece en categoría de Vulnerable en la lista roja de la IUCN. Mientras que *Mobula thurstoni* (manta doblada) y *Aetobatus laticeps* (chucho, chucho pintado, manta águila) se presentan en Tololote (sitio fuera

del ANP) y aparecen como especies En Peligro y Vulnerable, respectivamente. Chachacual es el sitio con mayor diversidad (Fig. 6) y esta dominado por individuos de *Urotrygonidae* ($Urotrygonidae=0.36$, $Urobatis\ sp.=0.25$ y $Urobatis\ halleri=0.13$). *Urobatis halleri* (raya redonda común) fue de las pocas especies que se pudieron identificar de la familia *Urotrygonidae*, y aparece con Preocupación Menor. La curva de Cacaluta y Tahueca (el primero dentro del ANP, el segundo no) muestran a *U. halleri* (0.6) y *Hypanus longus* (raya latigo) (0.55) como las más abundantes respectivamente. *H. longus* se encuentra en categoría de Vulnerable. Salchi, Ventanilla, PostBarra y Escobilla solo registraron una especie y por ello tiene un valor de 1 en la abundancia relativa. *R. steindachneri* presenta altas abundancia en el mes de marzo y está catalogada como Casi Amenaza (Fig. 8).

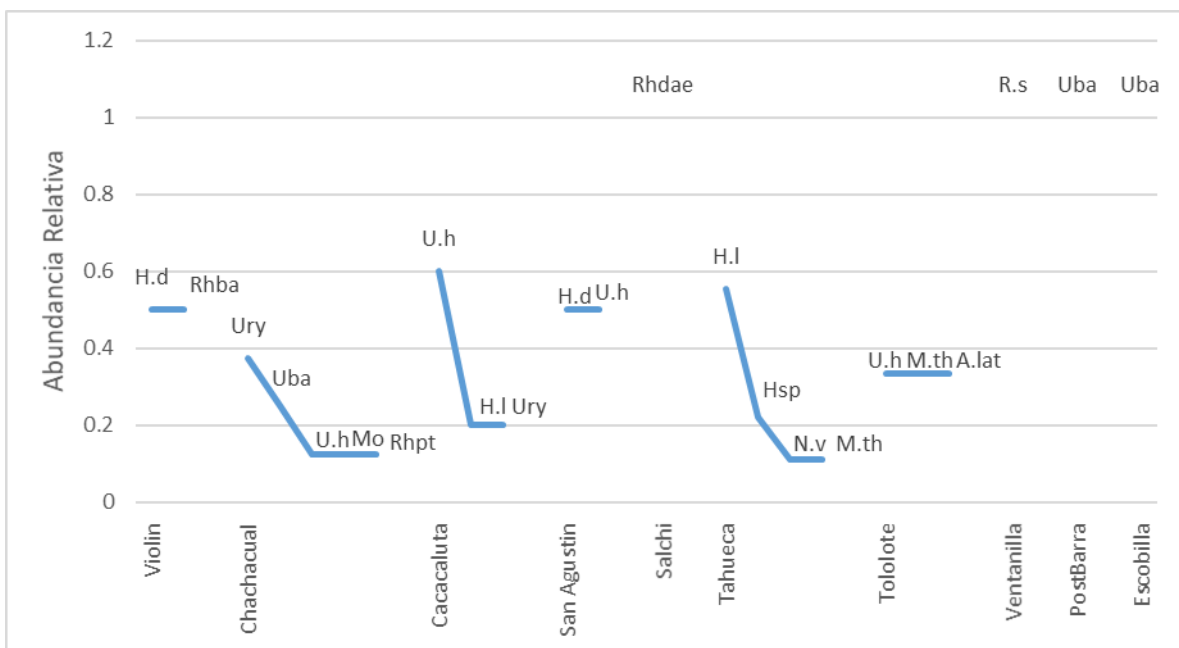


Figura 8. Curva de rango de abundancia relativa en los sitios de muestreo de la costa oaxaqueña. *Hypanus dipterurus* (H.d), *Rhinobatos* sp. (Rhba), *Urotrygonidae* (Ury), *Urobatis* sp. (Uba), *Urobatis halleri* (U.h), *Mobula* sp. (Mo), *Rhinoptera* sp. (Rhpt), *Hypanus longus* (H.I), *Rhinobathidae* (Rhdae), *Hypanus* sp. (Hsp), *Narcine vermiculatus* (N.v), *Mobula thurstoni* (M.th), *Aetobatus laticeps* (A.lat), *Rhinoptera steindachneri* (R.s).

Factor de inequidad (IF) e Inequidad Logarítmica Relativa (RLI)

Según el IF 0,2 y el RLI 0,2 Salchi, PostBarra y Escobilla son los sitios con mayor dominancia (1), ya que, el valor de IF 0,2 es igual al valor de riqueza específica de estos sitios. Los individuos registrados en estos sitios corresponden a un solo taxón, pero este no es el mismo para los tres (Fig. 8). El valor

de RLI 0,2 no fue posible por los pocos datos en estos sitios. Dejaremos de lado los anteriores sitios por presentar registro de un solo taxón. Tahueca (1.53), Cacaluta (1.32) y Chachacual (1.25) serían los sitios con mayor dominancia. Sin embargo, esta dominancia es baja, ya que el máximo que podían alcanzar, si un taxon dominara completamente la comunidad, es decir, fuese la única especie en el sitio, los valores serían de 4, 3 y 5 respectivamente. Violín, San Agustín y Tololote presentaron menor dominancia en sus abundancias, para los dos Factores de inequidad (Tabla IV). Ya que sus abundancias son equitativas (Fig.8).

Tabla IV. Factor de inequidad (IF) e Inequidad Logarítmica Relativa (RLI) para cada uno de los sitios de estudio y las tres regiones

Regiones	Sitios	FI 0,2	RLI 0,2
	Violin	1	0
	Chachacual	1.25*	0.14
	Cacaluta	1.32*	0.25
Huatulco	San Agustin	1	0
	Salchi	1	#
	Tahueca	1.53*	0.31
	Tololote	1	0
Pochutla			
Tonameca	Ventanilla	1	#
	PostBarra	1	#
	Escobilla	1	#

Similitud composicional

A nivel regional se observa un gradiente geográfico en la diversidad de condricios registrados para las regiones de la costa central de Oaxaca. Las regiones de Huatulco y Pochutla son los que presentan mayor similitud de especies, aunque baja (0.15). Mientras que Tonameca presenta la similitud más baja con los otros dos municipios (Fig. 9b). El índice de similitud de Jaccard muestra que PostBarra y Escobilla aparecen son idénticos (1), pero muy poco similares con el resto. Chachacual y Cacaluta se muestran similares entres sí (0.33), estos son sitios contiguos en la región Huatulco. San Agustín y Violín son similares entre sí (0.33) y se encuentran a los extremos de la región Huatulco. Tololote presentan similitud baja (0.14) con Chachacual, mientras que esa baja similitud también se observa para las localidades de Tahueca y Cacaluta (0.16). Los sitios de Tijera y PreBarra no aparecen por presentar cero individuos registrados (Fig. 9a).

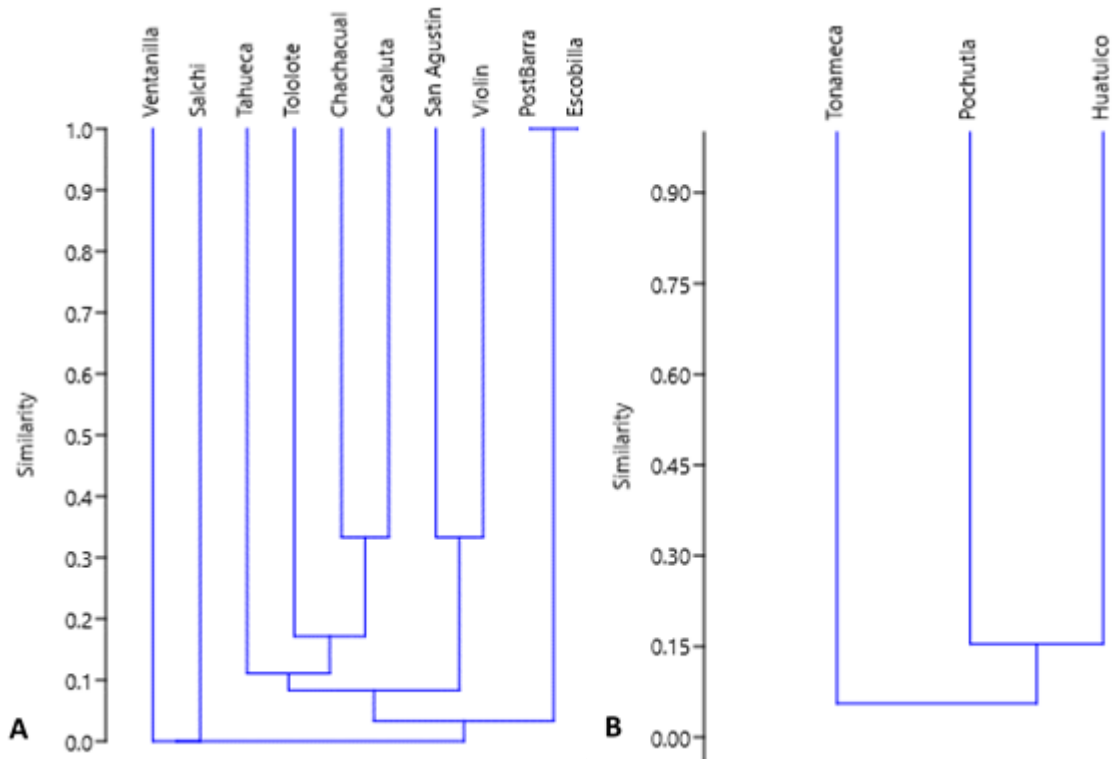


Figura 9. Dendrograma de similitud composicional con valores del Índice de Jaccard entre: A) los sitios de muestreo y B) las regiones.

En el índice de similitud de Morisita, a nivel regional Pochutla y Huatulco nuevamente son los que presentan mayor similitud de especies, e igual esta similitud es baja (0.22). Huatulco y Tonameca tienen una similitud muy baja (0.014) (Fig. 10b). PostBarra y Escobilla se comportan igual que la figura anterior. Cacaluta y San Agustín aparecen con una similitud alta (0.63). Tololote presenta una similitud media con estos dos (0.51 y 0.4 respectivamente). Cacaluta y San Agustín tienen ambiente tipo arenoso, a diferencia de Tololote, que es un ambiente rocoso. Los tres se caracterizan por presentar un pináculo rocoso cerca de donde se lanzaban los BRUV (Fig. 10a, Tabla I).

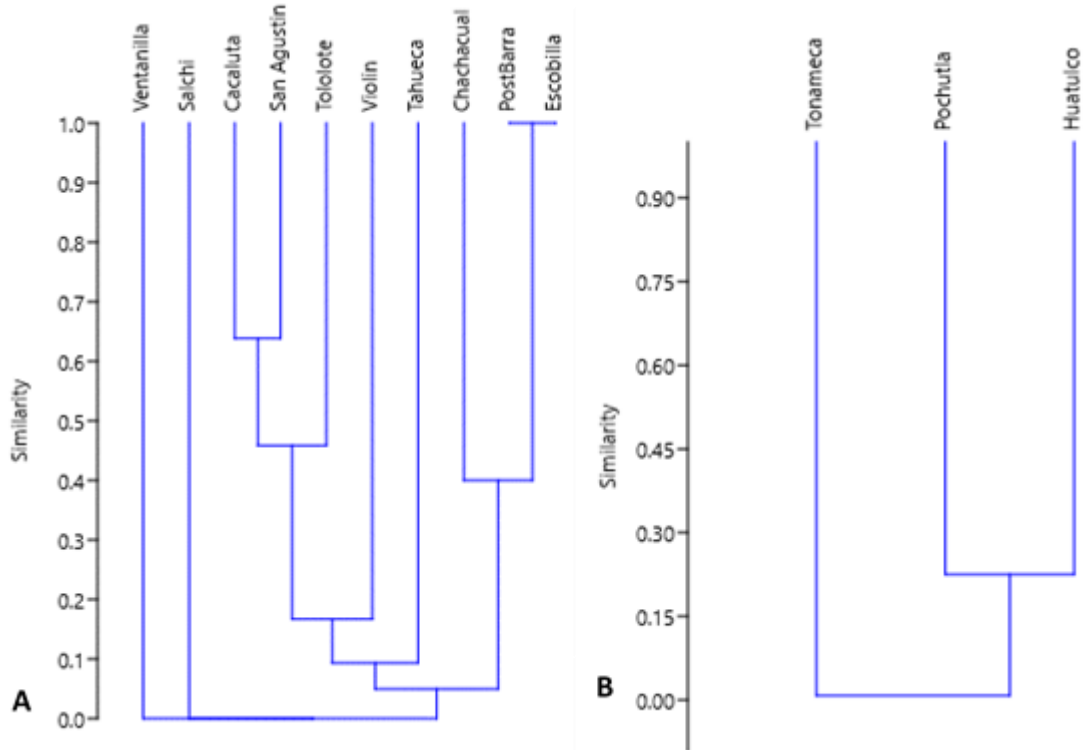


Figura 10. Dendrograma de similitud composicional con valores del índice Morisita entre: A) los sitios de muestreo y B) las regiones.

El valor inicial de diversidad Beta verdadera $q^0 = 2.47$ son las comunidades efectivas o equivalentes que se pueden encontrar en la zona de estudio. El número de comunidades equivalentes o efectivas de diversidad Beta (β) aumenta conforme el valor de q aumenta ($q^0 = 2.47$, $q^1 = 2.55$ y $q^2 = 2.77$), acercándose al valor máximo posible, el cual sería 3. Este comportamiento se da porque hay varias especies que se comparten entre regiones, como *H. longus* y *U. halleri* que parece en la región de Huatulco y Pochutla e individuos de *Urobatis* que se registraron en las regiones de Huatulco y Tonameca. Además, las especies más abundantes no se comparten, como *R. steindachneri* que solo parece en la región de Tonameca y representa la mayoría de los individuos en esa región (98.2%), e individuos de *Urotrygonidae*, que se registraron solo en la región de Huatulco. Esto último aumenta la diferencia entre las regiones (Fig. 11).

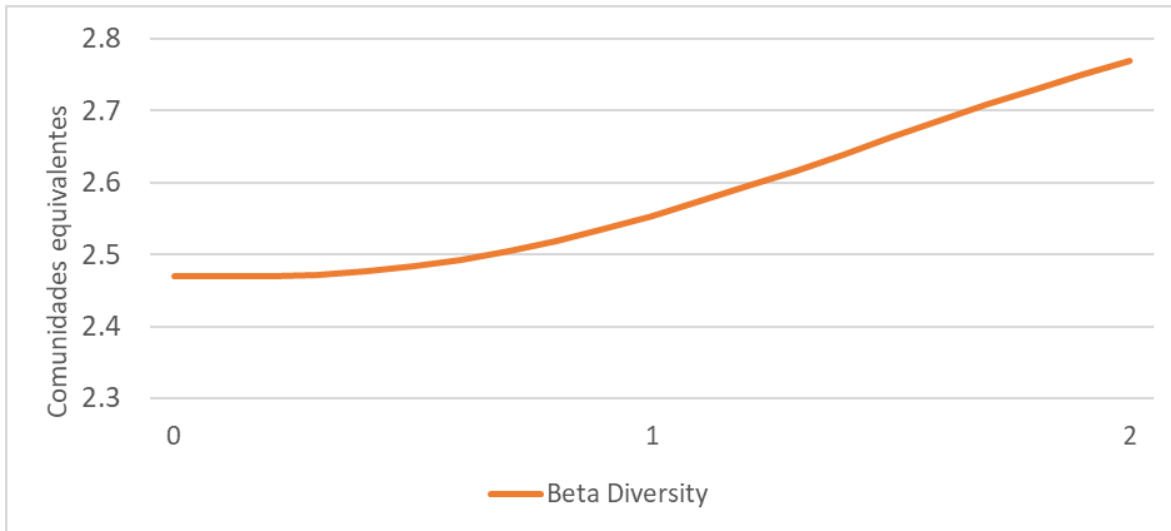


Figura 11. Diversidad Beta de toda la zona de estudio analizado por medio de las tres regiones

Se generaron los perfiles de diversidad Beta para cada una de las regiones, de forma individual (Fig. 12). Huatulco presenta la mayor diversidad de q_0 ($q^0=2.67$); sin embargo, la diversidad baja conforme el valor de q aumenta ($q^1=2.29$ y $q^2=2.10$). Ya que las pocas especies que se comparten entre sitios dentro de esta región son las más abundantes (*U. halleri* e individuos de *Urotrygonidae*). En Pochutla, el valor de la diversidad beta aumenta conforme el valor de q incrementa ($q^0=2.62$, $q^1=2.76$ y $q^3=2.88$ comunidades equivalentes); esto se debe a que solo se comparten algunas especies que son poco abundantes, por ejemplo, *M. thurstoni*. Mientras que, las especies más abundantes no son compartidas entre los sitios muestreados, por ejemplo: *H. longus*, *Hypanus* sp. y *A. laticeps*. La diversidad beta de los sitios en Tonameca disminuye conforme el valor de q aumenta (Fig.12, Tabla V).

Tabla V. Valores de diversidad Beta para cada una de las tres regiones en órdenes de q_0 , q_1 y q_2

Orden q	Huatulco	Pochutla	Tonameca
0	2.67	2.62	2
1	2.29	2.76	1.89
2	2.10	2.88	1.8

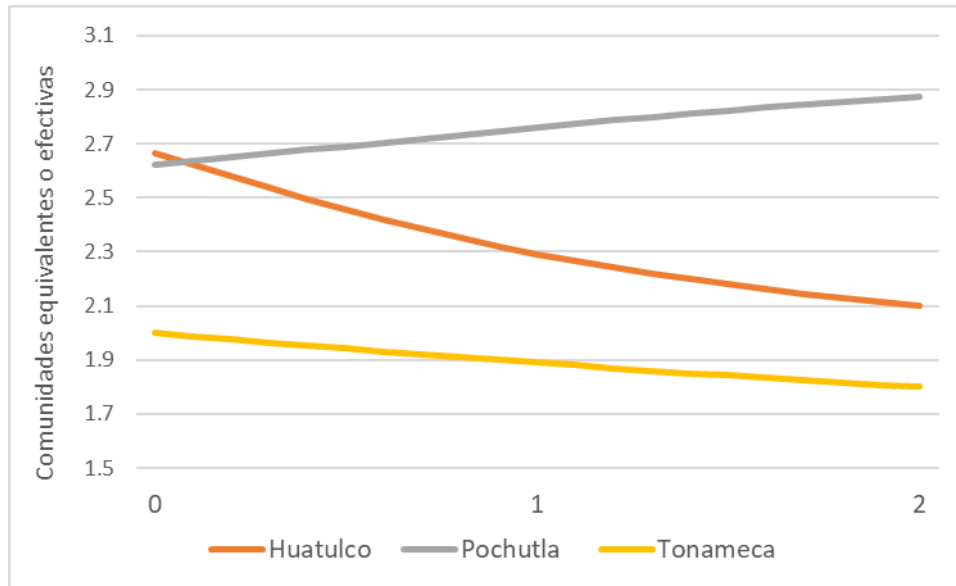


Figura 12. Perfiles de diversidad Beta para cada una de las tres regiones graficado a partir de sus valores en los órdenes de 0, 1 y 2.

Variación del ensamblaje por gradientes de profundidad y ambientes

La prueba PERMANOVA no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) para la abundancia registrada de condrictios deriva del tipo de ambiente y las diferentes profundidades (Tabla VI). Los resultados del análisis SIMPER (Anexo c) mostraron que *H. longus* (16.15%) y *U. halleri* (15.95%) son los que contribuye en mayor medida a la disimilitud entre Huatulco y Pochutla. Mientras que, *R. steindachneri* (32.63%) y *Urobotis* (23.14%) contribuye de manera importante a la disimilitud registrada entre Santa María Huatulco y Santa María Tonameca.

Tabla VI. Análisis PERMANOV de la variación espaciales del ensamblaje de Condrictios en la costa oaxaqueña.

	GL	SC	R ²	F	Pr(>F)
Profundidad	1	0.4759	0.12154	1.0862	0.388
Ecosistema	2	0.8109	0.20708	0.9253	0.586
Residual	6	2.6292	0.67138		
Total	9	3.916	1		

Grados de libertad (GL), Suma de cuadrados (SC), Coeficiente de determinación o R-cuadrado (R²), Resultado de prueba F (F) y Valor de F calculado por permutaciones (Pr(>F)).

Discusión

Este trabajo contribuye al conocimiento de los ensamblajes de condrictios a través de métodos no extractivos y a diferentes profundidades y dependiendo del tipo de ambiente presente en la costa central del Oaxaca. Los trabajos de condrictios en la región del Pacífico sur mexicano son escasos, enlistando entre 2 y 11 de las especies del grupo de los tiburones con algún grado de importancia comercial y se basan en la biomasa capturada (Alejo-Plata *et al.*, 2006 e INAPESCA, 2012). Otros trabajos más completos, y que no dependen de datos obtenidos por las actividades pesqueras, reportan de 21 a 22 especies de tiburones (Soriano *et al.*, 2006 y Del Moral-Flores *et al.*, 2017). Sin embargo, esta investigación atiende los vacíos de conocimiento científico respecto a la variación de los ensamblajes de condrictios a diferentes profundidades y como estos son afectados por el tipo de ambientes.

Las bajas abundancias y diversidad de tiburones registrados mediante BRUVs para la costa central de Oaxaca son consecuencia de la pesca intensiva que reduce de manera drástica su presencia en los sitios cercanos a la línea de costa, tal como lo reporta Alejo-Plata y colaboradores en 2006. De acuerdo con los comentarios de los pescadores ribereños de tiburón, estos organismos se localizan varias millas mar adentro (a 15 – 60 millas náuticas de la costa) por lo que deben viajar cada vez más lejos para realizar su actividad productiva (Moreno-Barrientos, 2016). Ward-Paige *et al.* (2010) y Nadon *et al.* (2012) observaron que las especies de tiburones, exceptuando al tiburón nodriza (*Ginglymostoma cirratum*), se han visto sumamente disminuidas en zonas próximas (10 km) a comunidades humanas con una alta densidad poblacional, con poca regulación pesquera y/o hagan uso de redes de enmalle y palangre. Esta especie fue el único individuo observado en uno de nuestros sitios, por medio de buceo autónomo scuba, concordando con las observaciones de los autores mencionados.

Los Batiodeos fueron el grupo más abundante en los videos grabados mediante BRUVS en el presente estudio. Del Moral-Flores *et al.* (2017) reportan 24 especies a la región, a través de una revisión de múltiples colecciones académicas; mientras que nuestro estudio registró un tercio de esta diversidad. Franco-Arenales *et al.* (2016), apenas registran dos individuos de este grupo, pertenecientes a la familia *Myliobatidae* y otro al género *Dasyatis* sp, con el uso de BRUV para el Caribe de Guatemala. Otros estudios sobre aspectos morfológicos de los batoideos mencionan muy pocas especies, por ejemplo, *Urotrygon chilensis* (Kobelkowsky, 2010 y Guzmán-Castellanos, 2010) o *Narcine vermiculatus*, *Gymnura marmorata* y algunas especies del género *Urotrygon*, que forman

parte de la fauna de acompañamiento en las actividades pesqueras de la región (Sármiento-Nafate, 2009 y Núñez-Orozco *et al.*, 2013). Individuos de *N. vermiculatus* se observaron en el sitio Tahueca y presento una abundancia relativa similar a la de *M. thurstoni* (Fig. 8). Mientras que Individuos de *Urotrygonidae* (Familia a la que pertenece *Urotrygon chilensis*) presentan abundancias relativas altas en Cacaluta. Equitativas con *U. halleri*, *M. thurstoni* y *A. laticeps* en San Agustín y Tololote. Y medias a bajas en Chachacual (Fig. 8). Por ello estos sitios presentan similitudes medias en el índice de Morisita (0.4 a 6.3), pero bajas en el de Jaccard (0.2 a 0.33). Además, son similares en sus valores de diversidad alfa (Fig. 6). Los batoideos por lo general son considerados como mesodepredadores al encontrarse en los niveles medios de la cadena trófica, teniendo un papel importante como depredadores y presas, siendo un importante eslabón para mover energía a través de la cadena trófica (Ritchie & Johnson, 2009 y Barría *et al.*, 2015).

Los ensamblajes de condriictios por sitios y regiones

Para entender mejor la distribución de los individuos registrados en las tres regiones del área de estudio (Huatulco, Pochutla y Tonameca) durante todo el muestreo, tanto en zonas someras y mesofóticas, así como, ambientes rocosos o arenosos, consideramos observar las figuras del anexo a y b. Ya que, a diferencia de las figuras 4 y 5, se refleja la distribución de los individuos sin el sesgo generado por el evento particular registrado en el mes de marzo.

Existe un gradiente de diversidad en la zona de estudio. La diversidad es menor conforme la zona es más alejada de la región Huatulco, donde se encuentra el PNH. Conforme la zona es más alejada de la región Huatulco, se aprecia menor cantidad de zonas rocosas y/o presencia de coral, así como, una mayor abundancia de pescadores (observaciones personales).

Aunque las reservas marinas se usan para proteger aspectos biológicos (Bond *et al.*, 2017), esto no siempre ocurre en toda área natural protegida. La diversidad alfa y la similitud composicional (Diversidad beta verdadera y los índices de similitud Jaccard y Morisita) de Huatulco y Pochutla no es muy diferente; sin embargo, la distribución de las abundancias absolutas (Fig. 5) muestra que existen diferencias entre profundidades para las dos regiones. A nivel de sitios, de los cuatro con mayor valor de diversidad alfa, dos pertenecen a Huatulco (Chachacual y Cacaluta) y los otros dos a Pochutla (Tahueca y Tololote). Nadon *et al.* (2012) y Hepel *et al.* (2009) atribuyen “medianos éxitos” en reservas marinas a factores externos, como la actividad pesquera en zonas aledañas y, factores internos como una ligera protección y pesca dentro del polígono, casi siempre originada en un bajo presupuesto asignado para la vigilancia. Mientras que reservas marinas sumamente exitosas se

caracterizan por ser zonas muy remotas o sin actividad pesquera. El efecto desborde, el cual es la inmigración de adulto y juveniles fuera de los límites de ANP, además de la exportación de larvas y huevos a zonas adyacentes (Ansuategi-Cobo *et al.*, 2006), también debe ser considerado al analizar esta situación. Cual, de esto u otros fenómenos, explica mejor dicha relación y similitud entre regiones es poco preciso, al menos para este trabajo.

Un caso particular es el de Tonameca, ya que presenta una alta abundancia de *R. steindachneri* (n= 56) en el mes de marzo. Sin embargo, es la región con menor diversidad alfa y beta verdadera (Fig 7 y 12, Tabla III y V). Debido a los taxones que registra, tiene los mayores valores de dominancia (Tabla IV). Los índices de similitud Jaccard y Morisita reflejan lo poco parecida que es esta región con las otras dos (Fig. 9 y 10). Los registros de *R. steindachneri* son importantes ya que es una especie con una amplia distribución, abarcando desde la costa de Baja California en México hasta Perú. Es una especie altamente migratoria y transitoria, la cual suele formar grupos de individuos que se mueven de manera sincrónica (Bizarro *et al.*, 2007). Los estudios locales sobre esta especie son nulos, y los pocos estudios realizados en la región del noroeste del Pacífico mexicano, atribuyen a este mes (marzo) como el inicio de un evento reproductivo (Flores-Pineda *et al.*, 2008). La IUCN caracteriza a *R. steindachneri* como Vulnerable y con una población decreciente. Lo registrado en los BRUV sobre esta especie, representan quizá los primeros datos sobre la agregación de la especie en la zona para la actividad reproductiva. Por ello la recomendación de considerarse un evento particular y ajeno a la dinámica que se presenta en las regiones.

Los ensamblajes de condriictios en profundidades someras y mesofóticas

La diversidad alfa de los condriictios que observamos en sitios a profundidades someras, sobre todo dentro del Parque Nacional, como Chachacual y Cacaluta (1er y 3er sitios más diversos respectivamente, Fig. 6), se asemeja a lo reportado por diversos investigadores en algunos trabajos. Quienes mencionan el efecto positivo significativo sobre aspectos biológicos como la abundancia, diversidad, biomasa, permanencia y tamaño de organismos marinos, como los condriictios, con respecto a otras zonas no protegidas. Derivado de un menor impacto pesquero y/o una mayor abundancia de presas (Van-Beek *et al.*, 2012; Espinoza *et al.*, 2015 y Bond *et al.*, 2012, 2017).

Todo esto evita un desplazamiento de organismos a zonas más profundas para su protección, como se hipotetiza que es papel de los sitios mesofóticos (Bongaerts *et al.*, 2010; Lindfield *et al.*, 2015 y Turned *et al.*, 2017).

Las abundancias registradas en Pochutla y Tonameca (Anexo b) son mayores a profundidades mesofóticas, así como Tahueca (2do sitio más diverso, Fig. 6), los cuales son zonas que se encuentran fuera del ANP y experimentan el aprovechamiento local de diversos condriictios. Los pescadores de tiburón de esta zona mencionan que ahora necesitan viajar más lejos para poder capturar tiburones (Moreno Barrientos, 2016). Esta situación podría corresponder a un desplazamiento de estos individuos a zonas más profundas ante una presión pesquera sobre sus poblaciones. Apoyando la teoría de los refugios mesofóticos. Abesamis et al. (2017) y Asher et al. (2017) además de observar un agotamiento de los depredadores de gran tamaño (incluyendo tiburones) en zonas próximas de centros de población humana, registraron una mayor abundancia y tamaño de esos depredadores, incluyendo la presencia de especies de tiburones amenazados (*S. lewini* y *Alopias pelagicus*), así como una diferente estructura taxonómica y trófica en zonas mesofótica.

Los ensamblajes de condriictios en ambientes rocosos y arenosos

Por otro lado, algunos trabajos describen a zonas con ambiente rocoso, similares a los observados en el estudio (Huatulco y Pochutla), como concentradores de diversidad debido a los diferentes servicios ecosistémicos que ofrecen, como: alimentación, reproducción, cría y desove (Moberg y Folke, 1999). Aunque Chachacual y Cacaluta presentan ambientes arenosos, a diferencia de Tololote, que es un ecosistema de ambiente rocoso, los tres presentan un pináculo rocoso en sus proximidades. Estos pináculos son estructuras geomorfológicas que suelen surgir de sustratos blandos y han sido considerados como oasis de diversidad, principalmente por su complejidad tridimensional (Cau *et al.*, 2015). Esto se refleja en la diversidad de obtenida y la similitud basada en Jaccard y, sobre todo, mediante el análisis Morisita obtenido en el estudio (Fig. 9 y 10), Así como en su diversidad alfa (Fig.6).

Los sitios de ambiente arenosos, por ejemplo, Tahueca y Chachacual, han sido descritos como zonas muy dinámicas debido a la poca consolidación de sus sedimentos (Romero-Gonzales, 2018). Esto genera una migración constante de los organismos que habitan dentro o sobre el sustrato, como: crustáceos y moluscos (McLachlan et al., 2013). Debido a esto, suelen ser zonas de alimentación para muchas otras especies, incluidas las del grupo Batoidei (Veléz-Falcones, 2019). Quizá por ello la abundancia de individuos en estos ambientes (Fig. 4 y Anexo a). Además de ser los sitios con mayor diversidad en nuestro estudio (Fig. 6). Algunos estudios han registrado la presencia de algunas especies de tiburones en sustratos arenosos, por ejemplo, *Heterodontus mexicanus* (tiburón perro), *Sphyrna corona* (cornuda coronada), *Scuatina californica* (tiburón ángel) y *Mustelus*

lunulatus (cazón segador) (Rojas y Zapata, 2006). En el caso de las rayas, reportan abundancias importantes en sitios arenosos de algunas de las especies de rayas registradas mediante BRUVs en el presente estudio, por ejemplo, individuos de la familia *Rhinobathidae* que presento abundancias relativas altas en Ventanilla, ya que solo se registró una especie de esa familia en el sitio (Fig. 8). E individuos del género *Hypanus* y *Urotrygon*, que presentan abundancias altas en Tahueca, equitativas en Violín y San Agustín y bajas en Cacaluta (en el caso de *Hypanus*) (Fig. 8).

Algunas de las especies de Batoideos registrados aparecen en categoría de Vulnerable (*H. dipterurus*, *H. dipterurus* y *A. laticeps*) o En Peligro (*M. thurstoni*) (Tabla I), y solo *M. thurstoni* aparece en la NOM-059-SEMARNAT-2010 después de su modificación en el Anexo Normativo II (Lista de especies en categoría de riesgo) en el 2019. Ward-Paige et al. 2012 menciona hasta un 20% de las especies de rayas están presentes en alguna categoría de amenaza. Bonfil (2018), analizó la situación de la especie *M. thurstoni* (especies observada en el estudio en Tahueca y Tololote, Fig. 8) y menciona que es una especie intensamente pescada en las últimas dos décadas, principalmente por sus branquias, que se mandan al mercado asiático. Presenta una población decreciente y hay estados como Sonora y Oaxaca donde se sigue pescando. Es una especie que tiene una cría solo cada 2-3 años y se encuentra en categoría de En Peligro en la IUCN.

Conclusiones

Existe una ausencia casi total de los depredadores ápice cercanas a la costa en las zonas de estudio.

La diversidad de condriictios es mayor en la región de Huatulco y disminuye conforme se aleja de esta zona.

Se observa un gradiente de similitud entre las localidades Huatulco y Pochutla, y esto podría relacionarse con los efectos del Área Natural Protegida sobre las dos regiones.

En Huatulco que es una zona con poca pesca, la mayoría de los individuos se encontraron en zonas someras. Mientras que, en Pochutla que es una zona de pesca intensiva, la mayoría de los organismos se registraron a profundidades mesofóticas.

La mayoría de los individuos se registró en ambientes arenosos.

EL método BRUV demostró ser eficiente en este tipo de estudios y se recomienda realizar lanzamientos en las zonas de pesca (15-30 millas mar adentro).

Referencias

- Abesamis RA, Langlois T, Birt M, Thillainath E, Bucol AA, Arceo HO. y Russ GR. 2017. Benthic habitat and fish assemblage structure from shallow to mesophotic depths in a storm-impacted marine protected area. *Coral Reefs*, 37(1), 81–97pp.
- Alejo-Plata M. del C, Cerdaneres Ladron de Guevara G. & González-Medina G. 2006. La pesca de tiburón en la costa chica de Oaxaca, México, 2000-2003. COASTFISH 2004. 1a Conferencia de Pesquerías Costeras En América Latina y El Caribe. “Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones,” 22–38pp.
- Ansuategui-Cobo J, Escapa-García M y Termansen M. 2006. Las áreas marinas protegidas como instrumento de política ambiental. *Las Áreas Marinas Protegidas Como Instrumento de Política Ambiental*, 71, 94–113pp.
- Asher J, Williams ID y Harvey ES. 2017. An Assessment of Mobile Predator Populations along Shallow and Mesophotic Depth Gradients in the Hawaiian Archipelago. May, 1–18pp.
- Barría C, Navarro J, Coll M, Fernandez-Arcaya U y Sáez-Liante R. 2015. Morphological parameters of abundant and threatened chondrichthyans of the northwestern Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 31(1): 114-119pp.
- Bizarro JJ, Smith WD, Hueter RE, Tyminski J, Márquez-Farías JF, Castillo-Géniz JL, Cailliet GM, y CVillavicencio-Garayzar CJ. 2007. The status of shark and ray fishery resources in the Gula of California: Applied research to improve management and conservation. A report to the David and Lucile Packard Foundation. August 31, 2007. 237 p.
- Bond ME, Babcock EA, Pikitch EK, Abercrombie DL, Lamb NF y Chapman DD. 2012. Reef sharks exhibit site-fidelity and higher relative abundance in marine reserves on the Mesoamerican Barrier reef. *PLoS ONE*, 7(3), 1–14pp.
- Bond ME, Valentin-Albanese J, Babcock EA, Abercrombie D, Lamb NF, Miranda A, Pikitch EK y Chapman DD. 2017. Abundance and size structure of a reef shark population within a marine reserve has remained stable for more than a decade. *Marine Ecology Progress Series*, 576, 1–10pp.
- Bonfil. 2018. Justificación técnica para la inclusión la raya diablo de aleta curva (*Mobula thurstoni*) en la categoría de riesgo Amenazada (A) según el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México. CODERMAR A.C. y Océanos Vivientes A.C. México. 18p.
- Bongaerts P, Ridgway T. y Sampayo EM. 2010. Assessing the ‘deep reef refugia’ hypothesis : focus on Caribbean reefs. 309–327pp.
- Briones Bell-Lloch A, Betancourt CA y González Sansón G. 2016. Rayas y tiburones como fauna acompañante en las pesquerías de camarón. *Investigaciones Marinas*, 36(2), 62–79pp.
- Brooks EJ, Sloman KA, Sims DW y Danylchuk AJ. 2011. Validating the use of baited remote underwater video surveys for assessing the diversity, distribution and abundance of sharks in the Bahamas. *Endangered Species Research*, 13(3), 231–243pp.
- Cau A, Follesa MC, Moccia D, Alvito A, Bo M, Angiolillo M, Canes S, Paliaga EM, Orrù PE, Sacco F y Cannas R. 2015. Deepwater corals biodiversity along roche du large ecosystems with different habitat complexity along the south Sardinia continental margin (CW Mediterranean Sea). *Marine Biology*, 162(9), 1865–1878pp.

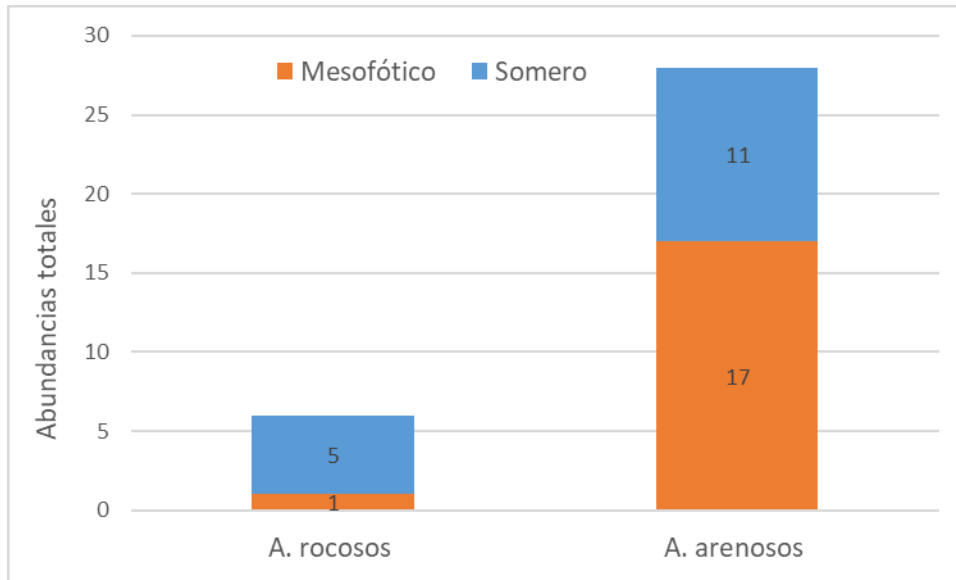
- Chapa-Balcorta C, Hernández-Ayón M, Durazo-Arvizu Reginaldo y Siqueiros-Valencia A. 2015. Flujos de Carbono en el Golfo de Tehuantepec posterior a eventos tehuanos. *Ecosistemas Acuáticos*. 426-432pp.
- Cortés E. 2004. Life history patterns, demography and population dynamics. In: JC Carrier, JA Musick, MR Heithaus (eds.). *Biology of sharks and their relatives*. Press. Boca Raton, USA, 449–470pp.
- Del Moral-Flores LF, Morrone JJ, Alcocer J y Pérez-Ponce de León. 2016. Diversidad y afinidades biogeográficas de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Biología Tropical*, 64: 1469-1486pp.
- Del Moral-flores LF, Anislado-tolentino V, Martínez-ramírez E, De León GP, Ramírez-antonio E y González-medina G. 2017. Ictiofauna marina de Oaxaca, México: listado sistemático y afinidades zoogeográficas. 27(1), 3–25pp.
- Dulvy NK y Reynolds JD. 2002. Predicting extinction vulnerability in skates. *Conservation Biology*, 16(2), 440–450pp.
- Fernández MRG y Pérez RAL. 2008. Sedimentación en comunide arrecifales de Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 56(September), 1179–1187.
- Ferretti F, Myers RA, Serena F. y Lotze HK. 2008. Loss of large predatory sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology*, 22(4), 952–964pp.
- Ferretti F, Worm B, Britten GL y et al. 2010. Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters*. 1055-1071pp.
- Finkelievich S, Fischnaller C y Science CE. 2014. Citizen science in the Information Society . New world trends Susana Finkelievich y Celina Fischnaller * *Ciencia ciudadana en la Sociedad de la Información: nuevas tendencias a nivel mundial. Revista CTS*, 9, 11–31pp.
- Flores-Pineda PA, Villavicencio-Garayzar C y Tovar-Avila J. Biología reproductiva y evaluación de riesgo ecológico del gavilán dorado (*Rhinoptera steindachneri* Evermann y Jenkins, 1891) en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. 2008. *Memorias del III Simposium Tiburones y Rayas de la Sociedad Mexicana de Peces Cartilaginosos (SOMEPEC)*. México. 79-83pp.
- Franco-Arenales I et al. 2016. Monitoreo de la ecología de las especies de rayas y tiburones en el caribe de Guatemala. Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas. Guatemala. 52p.
- Galeana-Villaseñor I, Galván-Magaña F y Santana-Hernández H. 2009. Pesca con anzuelos en barcos palangreros del Océano pacífico mexicano: Efectos en la captura y peso de tiburones y otras especies. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(1), 163–172pp.
- Gladstone W, Lindfield S, M Coleman y Kelaher B. 2012. Optimisation of baited remote underwater video sampling designs for estuarine fish assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 429, 28–35pp.
- Graham R. 2011. Rapid Shark Assessment the Swan islands, Honduras Technical Report. 7p.
- Grigg RW. 2006. Depth limit for reef building corals in the Au'au Channel, S.E. Hawaii. *Coral Reefs* 25, 77–84pp.

- Harvey ES y et al. 2013. The use of BRUVs as a tool for assessing marine fisheries and ecosystems: a review of the hurdles and potential. The University of Western Australia. 203p.
- Heupel M, Williams A, Welch D, Ballagh A, Mapstone B, Carlos G, Davies C y Simpfendorfer C. 2009. Effects of fishing on tropical reef-associated shark populations on the Great Barrier Reef. *Fisheries Research* 95:350–361pp.
- Hinderstein LM, Marr JCA, Martinez FA, Dowgiallo MJ, Puglise KA, Pyle RL, Appeldoorn R. (2010). Theme section on “Mesophotic Coral Ecosystems: Characterization, Ecology, and Management.” *Coral Reefs*, 29(2), 247–251pp.
- INAPESCA. (2012). Integración Y Asistencia Para La Concertación De Políticas Públicas Para La Pesquería De Tiburones Y Rayas Del Pacífico Mexicano. 1–170pp.
- Jaksic F y Marone L. 2007. *Ecología de comunidades*. 2da Ed. Ed. Ediciones Universidad Católica de Chile. 325pp.
- Juárez-Hernández LG, Tapia-García M y Luna-Monsivais B. 2013. Estructura de las comunidades de peces de las bahías Maguey y Cacaluta, Huatulco, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:1243-1257pp.
- Jost L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375pp.
- Jost L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*. Vol. 88: 2427-2439pp.
- Kahng SE, Spalding HL, Brokovich E, Wagner D, Weil E, Hinderstein L., & Toonen, R. J. (2010). Community ecology of mesophotic coral reef ecosystems. 255–275.
- Kobelkowsky A. 2010. Anatomía comparada del Sistema digestivo de las rayas *Urotrygon chilensis* y *Dasyatis sabina* (Myliobatiformes). *Revista Chilena de Historia Natural*. 83: 387-394pp.
- Lindfield SJ, Harvey ES, Halford AR y McIlwain JL. 2015. Mesophotic depths as refuge areas for fishery-targeted species on coral reefs. *Coral Reefs*.
- Levin LA y et al. 2001. Environmental influences on regional deep-sea species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32, 51–93pp.
- Lowry M, Folpp H, Gregson M, y Suthers I. 2012. Comparison of baited remote underwater video (BRUV) and underwater visual census (UVC) for assessment of artificial reefs in estuaries. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 416–417, 243–253pp.
- López-Pérez A, Granja-Fernandez R y Aparicio-Cid C. 2014. Corales pétreos, equinodermos y peces asociados a comunidades y arrecifes coralinos del Parque Nacional Huatulco, Pacífico sur mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Vol. 85: 1145-1159pp.
- McLachlan A, Defeo O, Jaramillo E y Short A D. 2013. Sandy beach conservation and recreation: Guidelines for optimising management strategies for multi-purpose use. *Ocean and Coastal Management*, 71, 256–268pp.
- McLean DL, Langlois TJ, Newman SJ., Holmes TH, Birt MJ, Bornt KR, Bond T, Collins DL, Evans SN, Travers MJ, Wakefield CB, Babcock RC y Fisher R. 2016. Distribution, abundance, diversity and habitat associations of fishes across a bioregion experiencing rapid coastal development. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 178, 36–47pp.

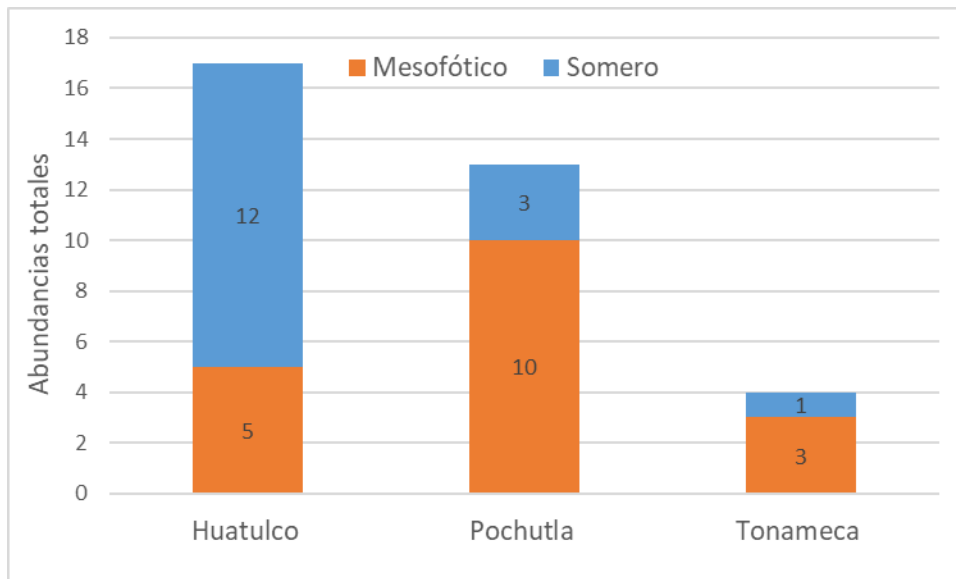
- Moberg F y Folke C. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics*, 29(2), 215–233pp.
- Monge-nájera J. 2015. ¿Existen realmente los ensamblajes ecológicos?. 63(September), 575–577pp.
- Morales-de la Garza EA y Carranza-Edwards A. Sedimentos fosfatados en el Golfo de Tehuantepec. *Hidrobiológica*. 25-36pp.
- Moreno CE, Barragan F, Pineda E y Numa PP. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Rev. Mex. De Biod.* 82: 1249-1261 pp.
- Myers et al. 2007. Cascading Effect of the Loss of Apex Predatory Shark from a Coastal Ocean. *Science*
- Nadon et al. 2012. Re-creating missing population baseline for pacific reef sharks. *Conservation Biology*. 26(3): 493-503pp.
- Núñez-orozco AL, Labastida-che A y Alfonso J. 2013. Composición y abundancia de la ictiofauna en la franja sublitoral del Golfo de Tehuantepec , Oaxaca / Chiapas , México. 21, 29–40pp.
- Ojeda MA. y De R. 2012. Pesca Artesanal en Mexico (1). 612, 189–204pp.
- Padilla-Serrato J, López-Martínez J, Rodríguez-Romero J, Acevedo-Cervantes A, Galván-Magaña F y Lluch-Cota D. 2017. Changes in fish community structures in a coastal lagoon in the Gulf of California, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(3), 567–579pp.
- Pérez-Castro M. En preparación. Distribución y caracterización de Ecosistemas Mesofóticos en el Pacífico Oriental Tropical: Costa central de Oaxaca. Tesis de Doctorado. Instituto Nacional Politécnico. México.
- Pérez-Jiménez JC, Peña A, Méndez I, Giard A, Flores E y López F. 2016. Las pesquerías artesanales de elasmobranchios como parte de sistemas pesqueros complejos en el sur del Golfo de México. *Ciencia Pesquera*, 24(Número especial), 113–124pp.
- Ramírez A y Gutiérrez-Fonseca PE. 2016. Sobre ensamblajes ecológicos - Respuesta a Monge-Nájera. *Revista de Biología Tropical*, 64(2), 817–819pp.
- Ramos-Cruz S, Sánchez-Meráz B, Carrasco-Ayuso F & Cervantes-Hernández P. 2006. Estimación de la tasa de mortalidad natural de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) y *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) en la zona costera del Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41 (2): 221- 229pp.
- Rezende EL, Albert EM et al. 2009. Compartments in a marine food web associated with phylogeny, body mass, and habitat structure. *Ecology Letters* 12(8):779-788pp.
- Ritchie EG y Johnson CN. 2009. Predator interactions, mesopredator release and biodiversity conservation. *Ecology letters*, 12(9): 982-998pp.
- Rojas-M PA y Zapata-P AL. 2006. Peces demersales del Parque Nacional Natural Gorgona. *Atlantic*, 7(2), 211–244pp.
- Sandoval-Huerta ER, Madrigal-Guridi X, Escalera-Vázquez LH, Medina-Nava M y Domínguez-Domínguez O. 2014. Estructura de la comunidad de peces en cuatro estuarios del Pacífico mexicano central. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(4), 1184–1196pp.
- Sármiendo-Nafete S. Alternativas para reducir la captura incidental en la pesca de arrastre del camarón, en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Nayarit. México. 84p.

- Soriano-Velázquez SR, Acal-Sánchez DE, Castillo-Géniz E, Vázquez-Gómez N y Ramírez-Santiago CE. 2006. Tiburón de Golfo de Tehuantepec. INAPESCA. 323-364pp.
- Spalding M, Burke L, Wood SA, Ashpole J, Hutchinson J, zu Ermgassen P. 2017. Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Mar. Policy* 82, 153-166pp.
- Tapia-García M, et al. 2007. Environmental characterization of the continental shelf of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Geofísica Internacional*. Vol. 46 (4): 249-260pp.
- Turner et al. 2017. Deep thinking: a systematic review of mesophotic coral ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*. 12p.
- Tovar-Ávila J, Walker TI y Day RW. 2009. Reproduction of *Heterodontus portusjacksoni* in Victoria, Australia: evidence of two populations and reproductive parameters for the eastern population. *Mar Freshwat Res* 58:956–965 pp.
- Van-BEEK IJM, Debrot AO y De Graaf M. 2012. Elasmobranchs in the Dutch Caribbean: Current Population Status, Fisheries, and Conservation. 65 *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. 147-155pp.
- Ward-Paige CA, Mora C, Lotze HK, Pattengill-Semmens C, Arias-castro E y Myers RA. 2010. Large-Scale Absence of Sharks on Reefs in the Greater- Caribbean : A Footprint of Human Pressures. 5(8).10p.
- Ward-Paige CA, Keith DM, Worm B, Lotze HK. 2012. Recovery potential and conservation options for elasmobranchs. *Journal of Fish Biology* 80(5): 1844-1869pp.
- Willis TJ, Millar RB y Babcock RC. 2000. Detection of spatial variability in relative density of fishes: comparison of visual census, angling, and baited underwater video. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 198, 249–260pp.
- Winter HV y de Graaf M. 2019. Diversity, abundance, distribution and habitat use of reef-associated sharks in the Dutch Caribbean. In *Wageningen Marine Research report: Vol. C105/18*.
- Weigmann S. 2016. Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. *Journal of Fish Biology*. Vol 88: 837-1037pp.
- Zintzen V, Anderson MJ, Roberts CD, Harvey ES, Stewart AL y Struthers CD. 2012. Diversity and Composition of Demersal Fishes along a Depth Gradient Assessed by Baited Remote Underwater Stereo-Video. *PLoS ONE*, 7(10). 14p.

Anexos



Anexo a. Abundancias totales de los condrictios de las tres regiones según sus distribuciones en Ambientes rocosos (Roca dispersa pequeña y Roca dispersa grande) y Ambientes arenosos (Arena plana y Arena con relieve) a profundidades someras (azul) y mesofóticas (naranja). Esta grafica no contempla las abundancias de *R. steindachneri* y refleja mejor la dinámica de los individuos durante todo el periodo de muestreo.



Anexo b. Distribución de las Abundancias relativas de condrictios en cada una de las tres regiones del área de estudio. Se presentan las abundancias relativas a profundidades someras (azul) y mesofóticas (naranja). Esta grafica al igual que en el Anexo a, no contempla las abundancias de *R. steindachneri* y refleja mejor la dinámica de los individuos durante todo el periodo de muestreo.

Anexo c. Resultados SIMPER (% de contribución) de disimilitud entre los factores (Especies, Ecosistemas y Profundidad) de muestreo de los diferentes grupos.

Huatulco-Pochutla		Huatulco-Tonameca		Pochutla-Tonameca	
Taxon	Contrib. %	Taxon	Contrib. %	Taxon	Contrib. %
H. longus	16.15	R. steindachneri	32.63	R. steindachneri	31.03
U. halleri	15.95	Urobatis. sp.	23.14	Urobatis. sp.	26.11
H. dipterurus	11.32	U. halleri	14.83	H. longus	11.04
Urotrygonidae	10.39	H. dipterurus	9.647	Rhinobathidae	8.528
Rhinobathidae	8.566	Urotrygonidae	8.419	M. thurstoni	7.026
M. thurstoni	8.417	Rhinobatos. sp.	4.824	U. halleri	4.818
Rhinobatos. sp.	5.662	H. longus	2.699	A. laticeps	4.818
Hypanus. sp.	5.661	Rhinoptera. sp.	1.907	Hypanus. sp.	4.416
A. laticeps	5.586	Mobula. sp.	1.907	N. vermiculatus	2.208
Urobatis. sp.	4.732	Rhinobathidae	0	Urotrygonidae	0
N. vermiculatus	2.83	Hypanus. sp.	0	Rhinoptera. sp.	0
Rhinoptera. sp.	2.366	M. thurstoni	0	Mobula. sp.	0
Mobula. sp.	2.366	N. vermiculatus	0	Rhinobatos. sp.	0
R. steindachneri	0	A. laticeps	0	H. dipterurus	0