

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS  
Y ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

**T E S I S**

VARIACION ESPACIO-TEMPORAL DE  
LA ICTIOFAUNA ASOCIADA A  
ESTRUCTURAS ROCOSAS  
ARTIFICIALES EN EL CANAL  
ESTUARINO DE BOCA DEL CIELO,  
TONALÁ, CHIAPAS.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN **BIOLOGÍA MARINA Y**  
**MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS**

PRESENTA

**EVER EDUARDO PASCACIO PABLO**



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

## T E S I S

VARIACION ESPACIO-TEMPORAL DE  
LA ICTIOFAUNA ASOCIADA A  
ESTRUCTURAS ROCOSAS  
ARTIFICIALES EN EL CANAL  
ESTUARINO DE BOCA DEL CIELO,  
TONALÁ, CHIAPAS.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y  
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

PRESENTA

**EVER EDUARDO PASCACIO PABLO**

Director

Dr. Emilio Ismael Romero Berny.

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Ciencias Biológicas.  
Centro de Investigaciones Costeras.

Asesores

M. en C. Salvador Santamaria Damián.

El Colegio de la Frontera Sur, unidad Tapachula. Asesor

M. en C. Jesus Manuel López Vila

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de ciencias Biológicas.  
Centro de Investigaciones Costeras.



## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios antes que a alguna persona, por brindarme las herramientas necesarias para cumplir mis metas.

Agradezco a mis HEROES, mis padres Eduardo Pascacio Rojas y Aurora Pablo Montejo, por todo lo que me han enseñado en la vida, por ser demasiado buenos conmigo y sobre todo enseñarme el valor de salir adelante en la vida y ayudarme a ser mejor persona día a día.

También agradezco a mi abuelita Doña Lilia por ser mi segunda madre y darme su amor y cariño desde pequeño. También agradezco a mi gordo, Jorge Isaias, el cual siempre con su sonrisa siempre me animaba a terminar.

A mis hermanos, Toño, Ángela y Colocha, por brindarme su amor, comprensión y ayuda siempre que lo necesite, a mis tías, Lilia, Esther, Adriana, Paty, a mi tío Daniel ya que me brindaron su apoyo en la culminación de mi carrera universitaria.

Un especial agradecimiento a mis tías Damaris y Vianeey, por ser las mejores tías que pude haber tenido, también un agradecimiento especial a mi tía Silvia y mi tío Higinio, por brindarme un espacio en su hogar y siempre aconsejarme para salir adelante en esta etapa y agradecer a toda mi familia.

Agradecer también al Dr. Emilio Romero Berny, el cual es mi mentor, un excelente maestro pero sobre todo un amigo el cual me brindo su confianza y tiempo para terminar este pequeño logro.

Agradezco al M. en C. Salvador Santamaría Damián por asesorar mi tesis con sus acertados comentarios, el cual también es un buen amigo y una excelente persona, la cual me brindo consejos para adquirir sabiduría.

De igual manera agradezco al M. en C. Jesús Manuel López Vila, por asesorarme en la elaboración de mi tesis.

Agradecer también al M en C. Delmar Cancino Hernández y al Dr. Francisco Javier López Rasgado por acertados comentarios a este documento.

También agradecer a todos mis compañeros de clases y camaradas que conocí a lo largo de esta etapa. Mi especial agradecimiento a Omar, Michael, Narciso, Bochil, Edgar, Carlos, Laguna, Andrés, Polo, Meme y Eliezer los cuales son mis hermanos de vida y aventura.

Una mención especial a la banda del Hervor: Cesar, Kachi, Lenin, Zayin, Benja, Carolnija, Magali y Erika personas que me brindaron su apoyo y cariño incondicional siempre que lo necesite. También quiero agradecer a Guadalupe, Margy, Andrea, Yasmin, Kitzia, Leyda, las cuales siempre fueron excelentes mujeres conmigo y me brindaron su apoyo cuando lo necesite.

Agradezco también a la familia Suriano de Paz, a la Señora Adali por apoyarme cuando lo necesite y también al buen amigo Ismael.

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a todos aquellos que creyeron en mí, a aquellos que me brindaron su apoyo en cada paso que daba hacia la culminación de mis estudios, a aquellos que nunca duraron de que lograra terminar la carrera, a todos aquellos que apostaban a que no me rendiría a medio camino, a todos los que supusieron que lo lograría, a todos ellos les dedico esta tesis. Especialmente a mis Padres, Abuela, Hermanos, mi gordo y toda mi familia.*

## RESUMEN

La costa chiapaneca se caracteriza por presentar una gran diversidad de ecosistemas, dentro de la cual, se encuentran las lagunas costeras, que ofrecen distintos tipos de servicios ecosistémicos, que favorecen al crecimiento y alimentación de distintas especies, principalmente peces. Los estudios enfocados a la ecología de comunidades de peces, asociados a ambientes rocosos en el Pacífico Sur de México, son escasos o realizados en áreas geográficas pequeñas, lo que hace complicada la interpretación, de los patrones de la estructura de la comunidad y su relación con el hábitat y el ambiente. El objetivo de esta investigación, fue describir la estructura de la comunidad de la ictiofauna asociada a estructuras rocosas artificiales, las cuales tienen diferencias en la complejidad estructural del hábitat. Se realizaron muestreos durante seis meses en tres estructuras distintas, los cuales abarcaron la temporada de lluvias y secas. Se muestrearon 1,044 organismos, agrupados en 30 especies, las cuales se clasificaron en relación con su tolerancia a la salinidad. De estas especies, 21 fueron de afinidad estenohalina, 6 eurihalina y 3 residentes estuarinos. Las familias mejor representadas fueron Gerreidae con tres especies y con dos especies Clupeidae, Eleotridae, Gobiidae, Lutjanidae, Microdesmidae, Pomacentridae y Tetraodontiformes. La mayor abundancia se presentó en las especies *Lutjanus argentiventris*, *Dormitator latifrons* y *Lile gracilis*. Se estimaron los parámetros ambientales (temperatura, salinidad, transparencia, profundidad y rugosidad) y ecológicos (riqueza, abundancia, diversidad y equidad), encontrándose los mayores niveles en la estructura 2, y los mayores índices ecológicos se presentaron en temporada de secas, con una mayor riqueza de especies. Además, la mayoría de las especies de afinidad marina-estenohalina se asociaron a la temporada de secas. Los parámetros ambientales que mejor explicaron el comportamiento ecológico de la ictiofauna fueron; salinidad, temperatura y profundidad. Por último se obtuvieron siete nuevos registros para las costas chiapanecas, esto permite crear una línea base para futuras investigaciones, ya que en Chiapas, al no contar con fondos rocosos de manera natural es fundamental conocer las interacciones del componente íctico asociados a diferentes formas artificiales.

# ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
II.1 Diversidad de los peces costeros.....	4
II.2 Ecosistemas costeros como hábitat para la ictiofauna.....	5
II.2.1 Fondos blandos. ....	6
II.2.2 Fondos rocosos (Arrecifes de Coral) .....	7
II.2.3 Ecosistemas Rocosos.....	7
II.2.4 Ecosistemas Rocosos Artificiales. ....	8
II.2.5 Complejidad estructural del hábitat.....	9
II.3 Variables físico-químicas de importancia para la comunidad de peces. ....	9
II.4 Parámetros ecológicos de importancia de la comunidad de peces.....	10
<b>III. ANTECEDENTES</b> .....	12
III.1 Ictiofauna de México. ....	12
III.2 Ictiofauna de Chiapas. ....	13
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	15
IV.1 Objetivo general.....	15
IV.2 Objetivos específicos.....	15
<b>V. HIPÓTESIS</b> .....	16
<b>VI. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	17
<b>VII. MÉTODO</b> .....	20
VII.1 Características de la complejidad estructural del hábitat.....	21
VII.2 Análisis de los atributos comunitarios.....	22
VII.3 Categorización jerárquica. ....	23
VII.4 Análisis de variables ambientales.....	24
VII.5 Análisis estadísticos. ....	24
<b>VIII. RESULTADOS</b> .....	25
VIII.1 Composición.....	25
VIII.2 Curvas de acumulación de especies por estructura y temporada. ....	28
VIII.3 Categorías ecológicas. (tolerancia de la salinidad).....	29

VIII.4 Dominancia.....	30
VIII.5 Caracterización de las variables ambientales.....	32
VIII.6 Índice de rugosidad. ....	35
VIII.7 Caracterización de variables ecológicas.....	37
VIII.8 Grafico NMDS.....	43
VIII.9 Correlación de Spearman.....	44
VIII.10 Relación entre especies y variables ambientales (Análisis de Correspondencia Canónica).....	44
<b>IX. DISCUSION</b> .....	<b>46</b>
IX.1 Dominancia.....	47
IX.2 Categorías ecológica de los ictiofuna. ....	48
IX.3 Composición.....	48
IX.3.2 Peces de fondos rocosos naturales y artificiales.....	49
IX.4 Estructura de la comunidad. ....	51
IX.5 Caracterización de variables ambientales .....	52
IX.6 Caracterización de variables ecológicas.....	54
IX.6.1 Índices Ecológicos.....	55
IX.7 Descripción de hábitat. ....	58
IX.8 Analisis multivariado no paramétrico (nMDS).....	58
IX.9 Correlaciones.....	58
IX.10 Relación entre especies y variables ambientales. ....	58
IX.11 Curvas de acumulación. ....	59
<b>X. CONCLUSIONES</b> .....	<b>60</b>
<b>XI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>62</b>
<b>XII. REFERENCIAS</b> .....	<b>63</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>77</b>
ANEXO I. EVIDENCIA DE MUESTREO .....	77
ANEXO II. NUEVOS REGISTROS PARA LA COSTA DE CHIAPAS .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización de las estructuras rocosas en el canal estuarino de Boca del Cielo. ....	19
Figura 2. Curva de acumulación de la abundancia especies por estructura. ....	28
Figura 3. Curva de acumulación de la abundancia especies por temporadas. ....	29
Figura 4. Categorías ecológicas de la ictiofauna del Canal estuarino de Boca del Cielo.	30
Figura 5. Clasificación ecológica de los peces del Canal estuarino de Boca del Cielo basada en la prueba de Olmstead-Tukey. ....	31
Figura 6. Variación estructural y mensual de la temperatura del agua en el canal estuarino de Boca del Cielo.....	32
Figura 7. Variación estructural y mensual de la salinidad del agua en el canal estuarino de Boca del Cielo .....	33
Figura 8. Variación estructural y mensual de la profundidad del agua en el canal estuarino de Boca del Cielo.....	34
Figura 9. Variación estructural y mensual de la transparencia del agua en el canal estuarino de Boca del Cielo.....	34
Figura 10. Rugosidad de las estructuras rocosas del canal estuarino de Boca del Cielo. ....	35
Figura 11. Dendograma de agrupamiento y ordenación de los meses de muestreo y unidades de muestreo (estructuras) de las variables ambientales. ....	36
Figura 12. Variación estructural y mensual de la abundancia de la ictiofauna en el canal estuarino de Boca del Cielo.....	37
Figura 13. Especies más abundantes durante el muestro en el canal estuarino de Boca del Cielo. ....	38
Figura 14. Variación estructural y mensual de la riqueza de la ictiofauna en el canal estuarino de Boca del Cielo.....	39
Figura 15. Variación estructural y mensual de la diversidad de la ictiofauna en el canal estuarino de Boca del Cielo.....	40
Figura 16. Variación estructural y mensual de la equitatividad de la ictiofauna en el canal estuarino de Boca del Cielo.....	41
Figura 17 . Dendrograma de similitud de la abundancia íctica en los sitios y meses de muestreo del canal estuarino de Boca del Cielo. ....	42
Figura 18. Análisis nMDS de la composición de especies encontradas por temporada y eventos de muestreo. ....	43
Figura 19. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) entre las especies y las variables ambientales del canal estuarino de Boca del Cielo.....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . Estudios recientes de la ictiofauna costera en Chiapas. ....	14
Tabla 2 ubicación estructuras rocosas .....	20
Tabla 3. Número de familias, géneros y especies registradas por orden en el Canal estuariano Boca del Cielo.....	25
Tabla 4. Listado sistemático de las especies registradas en el sistema estuarino Boca del Cielo. ....	26
Tabla 5. Coeficientes de correlación de Spearman entre las variables ecológicas y las variables ambientales.....	44

# I. INTRODUCCIÓN.

El mar posee una extensión de aproximadamente el 70% de la superficie del planeta. La zona nerítica corresponde a la región marina sobre la plataforma continental. De esta zona, destaca la importancia de la franja litoral que comprende únicamente el 10% de esta región y, sin embargo, posee los ecosistemas con más elevada productividad primaria. Predominan los ecosistemas lagunares-estuarinos (50%), comunidades arrecifales y macroalgas (25%) (Flores-Verdugo *et al.*, 2007).

Con respecto a los sistemas costeros arrecifales, existen diferentes tipos. Desde la perspectiva ecológica, se le conoce como arrecife a cualquier estructura sumergida que sirva como sustrato para el crecimiento de vida marina (Thomson *et al.*, 2000). Los arrecifes más conocidos, probablemente son los arrecifes coralinos, formados mediante procesos bióticos (Lara-Lara, 2008). Por su parte, los arrecifes rocosos están formados por bloques de roca de diferentes tamaños distribuidos en el fondo y que sirven de sustrato a una gran variedad de algas e invertebrados, así como refugio de peces. En México, éstos se encuentran principalmente en la costa peninsular del Golfo de California (Castañeda *et al.*, 2016).

También existen sistemas arrecifales artificiales, los cuales son estructuras construidas por el hombre y colocadas deliberadamente en zonas costeras, con el fin de influenciar de manera física, biológica y socioeconómica los procesos relacionados con los recursos acuáticos (Carr y Hixon, 1997). Los procesos ecológicos producidos en los arrecifes artificiales son o pueden ser funcionalmente equivalentes a aquellos sistemas naturales bentónicos en una área determinada (Seaman, 2001).

Muchos peces se encuentran asociados a fondos rocosos, los cuales son zonas de alimentación, protección, y reproducción (Thomson *et al.*, 2000). La ictiofauna de los sistemas arrecifales y rocosos se divide en dos grupos. Uno de ellos lo componen las especies de peces muy pequeños (no mayores a 10 cm de

longitud), que se refugian dentro o bajo grietas, agujeros o rocas, se les conocen como peces crípticos, los cuales por su tamaño, coloración y comportamiento, presentan dificultad para ser identificados y cuantificados realizando censos visuales (Willis, 2001). Los peces crípticos son un componente de suma importancia en los sistemas rocosos. Se estima que aproximadamente el 40% del total de especies de peces y más del 50% del total peces asociados a los arrecifes son de naturaleza críptica (Depczynski y Bellwood, 2003). Por la relevancia de los peces para estos ecosistemas, es necesario comprender la dinámica de las asociaciones entre ellos y los diferentes hábitats que los cobijan, así como con el ambiente.

La relación de la complejidad estructural de los sistemas rocosos y las asociaciones de peces ha sido evaluada con resultados variables (Tokeshi y Arakaki, 2012). La complejidad estructural estos sistemas rocosos ha sido relacionada con un incremento en el número y la diversidad de micro hábitat, lo cual afecta las relaciones inter e intraespecíficas y modifica directamente los diferentes atributos de la comunidad íctica (abundancia, riqueza de especies y diversidad) (Moreno-Sánchez, 2009; Kovalenko *et al.*, 2012).

Según Whittaker (1970), las asociaciones de peces tienden a formar comunidades que en conjunto conforman un sistema distintivo con su propia composición, estructura, relaciones ambientales, desarrollo y función en un mismo espacio y tiempo determinado. Las comunidades que habitan en zonas rocosas están sujetas a factores tanto físicos como biológicos, los cuales influyen en distintas escalas para determinar la estructura y organización de éstos elencos (Denny, 1988).

Las lagunas costeras se caracterizan por una compleja estructura ecológica favoreciendo a distintos gremios bióticos que utilizan estos sistemas, siendo primordialmente los peces los más representativos por su riqueza y abundancia (Arceo-Carranza *et al.*, 2010), lo cual se explica por la disponibilidad de alimento, tipo de hábitat y gradientes ambientales (Castro- Aguirre, 1999). Se caracterizan por ser ambientes con alta productividad y diversidad de nichos donde poblaciones de varias

especies de origen marino o dulceacuícola aprovechan las condiciones óptimas que presentan estos biotopos (Castro-Aguirre, 1999).

Debido a su función como cuencas de drenaje las lagunas costeras poseen características geomorfológicas específicas. Presentan depósitos de fondos lodosos y arenosos con una relativamente escasa cantidad de hábitats rocosos. Principalmente en la zona del Pacífico Sur de México en donde predominan los fondos blandos, los hábitats rocosos asociados a sistemas costeros son de origen artificial (escolleras, muelles, pilotes, cascajo, hormigón y roca quebrada). Muchas especies típicas de sistemas arrecifales ocasionalmente pueden colonizar este tipo de ambientes (Romero-Bermy *et al.*, 2018).

El litoral de Chiapas se prolonga por 255 km. Se encuentran numerosos sistemas costeros tales como lagunas, humedales, además de playas largas y lagunas costeras. Dentro de la Región Istmo Costa del estado de Chiapas, destaca el sistema estuarino de Boca del Cielo, el cual alberga una notable riqueza íctica.

Debido a que los sistemas rocosos artificiales, en la región de Boca del Cielo son poco conocidos y con elevado potencial ecológico en términos de riqueza y diversidad de peces. En este caso el objetivo de este trabajo fue determinar la variación espacio-temporal de la riqueza y abundancia de la ictiofauna asociada a estructuras rocosas artificiales en el canal estuarino de Boca del Cielo, Chiapas.

## II. MARCO TEÓRICO

### II.1 Diversidad de los peces costeros

Los peces son el grupo de vertebrados más abundantes en el planeta, con una riqueza aproximada de 33 788 especies descritas (Eschmeyer y Fricke, 2016). En México la riqueza de especies de peces también es considerable, en especial si se toma en cuenta que en nuestro país se han descrito 2 628 especies de las cuales el estado de Chiapas cuenta con 311 especies de origen continental (Velázquez-Velázquez, *et al*, 2016) y 379 de origen marino y estuarino (Gonzales-Acosta *et al.*, 2017). Esta diversidad es el producto de una conjunción especial de factores: geológicos, evolutivos y ecológicos que determinan una variedad poco usual de ambientes y tipos climáticos (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2009).

Chiapas es un estado con mayor riqueza de peces continentales en México y el único con la influencia de las dos vertientes de América (separadas por la Sierra Madre); además, forma parte de dos grandes provincias ictiolimnológicas tropicales: Chiapas-Nicaragua y Usumacinta (Rodiles-Hernández, 2005) y dos provincias ictiogeográficas del Pacífico Oriental Tropical: Provincia de Cortés al norte y Panámica al sur (Robertson y Cramer, 2009).

En su vertiente Pacífica, el estado de Chiapas cuenta con una planicie costera muy angosta (271 km de franja costera), cuya amplitud varía entre 15 y 40 km. No obstante, el área se caracteriza por presentar una importante superficie estuarina y lagunar con alta biodiversidad, en la cual predominan los ambientes de agua salobre y en algunas partes se forman pantanos de poca profundidad con una considerable captación de agua dulce proveniente de los ríos de la Sierra Madre Oriental, que aumentan su caudal durante la época de lluvias (Rodiles-Hernández, 2005). A la fecha, se ha documentado la presencia de 563 especies de peces de origen marino que viven en los sistemas costeros-lagunares de México (Castro-Aguirre *et al.*, 1999); de las cuales, el estado de Chiapas posee alrededor del 18% (Rodiles Hernández, 2005).

La clasificación ecológica de peces en México, se describe por (Castro-Aguirre *et al.*, 1999) donde agrupan a las especies estuarinas en base a su tolerancia a la salinidad de la siguiente manera:

- **Componente Dulceacuícola Primario y Secundaria:** Está constituido por especies dulceacuícolas que, ocasionalmente pueden penetrar a los sistemas estuarinos, pero que no soportan la salinidad marina (35 UPS).
- **Componente Residente Estuarino:** Está integrado por peces que viven y se reproducen dentro del estuario; son relativamente escasos en número y por lo general pequeños, y suelen permanecer dentro de un intervalo variable de salinidades intermedias.
- **Componente Marino Estenohalino:** Son peces que visitan ocasionalmente los sistemas estuarinos, con baja tolerancia a amplios cambios de salinidad, por lo que viven entre los 30 y 40 UPS.
- **Componente Marino Eurihalino:** Constituye la mayoría de la ictiofauna estuarino-lagunar. Está conformado por peces típicamente oceánicos, que pueden tolerar varios grados de disminución en la salinidad o bien permanecer cercar de las áreas de franca influencia marina. Los adultos de estas especies residen y se reproducen en el mar y usan a los estuarios como áreas de crianza, en donde los juveniles encuentran un abundante suministro de alimento y protección contra sus depredadores (7 a 35 UPS).

## **II.2 Ecosistemas costeros como hábitat para la ictiofauna**

Los sistemas lagunares-estuarinos tropicales se caracterizan por una compleja estructura ecológica, por su gran variedad de hábitats para numerosas especies de invertebrados (moluscos y crustáceos) y de vertebrados (aves, mamíferos y peces), que utilizan intensamente estos ambientes para alimentación, crecimiento, reproducción y como áreas de refugio y protección (Lara-Domínguez y Yañez-Arancibia, 1999). En los sistemas estuarinos las condiciones ambientales varían considerablemente durante los ciclos estacionales.

La fauna íctica de estos lugares está sometida a variaciones, que ejercen una presión selectiva sobre las especies. Las variaciones en los gradientes ambientales están asociadas al régimen fluvial, aumento de los escurrimientos continentales y al ciclo anual de lluvias y estiaje, lo cual puede disminuir la salinidad durante la temporada de lluvias y presentar un incremento en épocas de secas (De la Lanza, 1994). Particularmente los peces utilizan las lagunas costeras y estuarios en alguna etapa de su ciclo de vida (Díaz-Ruiz *et al.*, 2003), actuando como reguladores energéticos a través de complejas interacciones biológicas entre ellos y los diferentes hábitats del ecosistema.

Dichas interacciones reflejan patrones de utilización de los hábitats lagunares-estuarinos por las comunidades de peces lo que influye en la estacionalidad de la biomasa, diversidad, distribución y frecuencia de las poblaciones de peces relacionadas a la heterogeneidad espacial de estos ecosistemas (Lara-Domínguez y Yáñez-Arancibia 1999; Díaz-Ruiz *et al.*, 2003).

### **II.2.1 Fondos blandos**

Muchas especies de fauna del Pacífico Oriental están asociadas a hábitats de fondos blandos. Los fondos blandos son ecosistemas conformados por la acumulación de partículas sedimentarias (arenas, arcillas, cienos, limos) en un sustrato inestable y de baja complejidad topográfica. (Guzmán y Ardila, 2004).

Los fondos blandos, ofrecen alimento y protección a una gran cantidad de organismos marinos. Las poblaciones de peces tienen una asociación importante con el fondo, en relación al comportamiento reproductivo, patrones de migración y hábitos alimentarios (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988). Por este motivo las relaciones tróficas son un aspecto fundamental de la biología de las especies, ya que constituyen un elemento del nicho ecológico y determinan en gran medida algunos parámetros poblacionales, como la abundancia y la diversidad.

Aunque los fondos blandos, se consideran generalmente como hábitats con baja diversidad de peces en comparación con otros sustratos, la riqueza de especies que

utilizan estos ambientes es relativamente alta, con cerca del 40% de las especies reportadas para el Pacífico Oriental Tropical (Allen y Robertson, 2002).

### **II.2.2 Fondos rocosos (arrecifes de coral)**

Para el caso de los hábitats con fondos o sustratos duros, destacan tres tipos: los arrecifes coralinos, los fondos rocosos y los ecosistemas rocosos artificiales.

De acuerdo a Glynn (1976), los arrecifes coralinos se caracterizan por tener una alta complejidad estructural, con una variedad de hábitats, por lo que constituyen ecosistemas con una gran diversidad de organismos marinos. Los ambientes coralinos, gracias a ser típicos de áreas someras tropicales, por lo general se asocian a fondos rocosos. Los corales generan estructuras calcáreas complejas, que ofrecen a los peces una variedad diversa de refugios, donde también habitan otras especies marinas. Sirven, además, como áreas de alimentación, reproducción y cría, creando fuertes asociaciones entre los peces y el ambiente exterior. En la costa mexicana del Pacífico, encontramos arrecifes frente a las bahías rocosas de los estados de Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco, así como en la península de Baja California.

### **II.2.3 Ecosistemas rocosos**

Los ambientes rocosos son ecosistemas con características muy particulares, que propician el desarrollo de comunidades de organismos, que presentan adaptaciones para sostenerse y sobrevivir en superficies verticales, para resistir periodos prolongados de desecación, para soportar cambios fuertes de salinidad y temperatura, y tolerar el fuerte impacto de las olas (Little y Kitching, 1996). Su fauna típica está constituida por gasterópodos, bivalvos perforadores, quitones (moluscos poliplacóforos) y crustáceos. La flora está constituida básicamente por algas rojas (Rhodophyceae), verdes (Cloroficeae) y pardas (Phaeophyceae). En el caso de los peces, este grupo suele estar asociado a la complejidad estructural del hábitat, así como a otros organismos de los cuales se alimentan (Moreno-Sánchez, 2009; Kovalenko *et al.*, 2012).

La importancia de los litorales rocosos para el hombre radica principalmente en los organismos que de ellos se obtienen para consumo, como es el caso de varias especies de moluscos, crustáceos, algas y peces de importancia económica. A nivel

ecológico son el hábitat exclusivo de muchas especies de invertebrados y algunos peces de hábitos crípticos, y muchas veces se establecen comunidades ricas en especies y abundantes en número de individuos por especie (Aldana-Moreno, 2012).

### **II.2.3.1 Peces crípticos y conspicuos**

Los arrecifes y otros ambientes rocosos, son los ecosistemas marinos costeros más diversos, y dentro de ellos los peces son los animales móviles más prominentes. Por su tamaño, coloración y/o ubicación en zonas rocosas, una buena parte de los peces no presentan serias dificultades para su identificación y conteo en censos visuales, a estos peces se les denomina “conspicuos”. Sin embargo, existe otro componente íctico de estas zonas que incluye a aquellas especies que por su pequeño tamaño, por permanecer ocultos la mayor parte del tiempo, o por mimetizarse con el área circundante no son tan fácilmente observables ni cuantificables; a este grupo se le denomina “críptico”. Es decir, los peces crípticos son aquellos que normalmente pasan desapercibidos y presentan dificultades en su identificación y cuantificación en los censos de asociaciones de peces asociados a zonas rocosas (Ackerman y Bellwood, 2000; Allen *et al.*, 1992).

### **II.2.4 Ecosistemas rocosos artificiales**

Al igual que la mayoría de los fondos rocosos naturales, en condiciones normales las áreas rocosas artificiales son de alta productividad por que proporcionan alimento y refugio a una diversidad de peces. Por lo tanto, muchas estructuras artificiales son construidas para crear nuevos hábitats que pueden ser utilizados por éstas especies y aumentar la productividad de las áreas en donde existan reducidos los niveles de pesca.

Con el crecimiento de estos ecosistemas artificiales se crean refugios y se incrementa la disponibilidad de sustrato, el cual es utilizado para la fijación de algas, pequeños moluscos y crustáceos, que sirven de alimento a muchas especies marinas, que son de importancia económica para muchas de las comunidades que viven en la zona costera, con los cuales se crean áreas que agregan especies juveniles e incrementando la productividad del ecosistema (JICA, 2007).

## II.2.5 Complejidad estructural del hábitat

Las asociaciones de peces, tanto crípticos como conspicuos están influenciadas fuertemente por las características estructurales del hábitat (Aburto y Balart, 2001), pues éstas últimas definen en gran medida el grado de protección contra el stress físico que sufren dichos taxa, además de que modifican la disponibilidad de recursos alimenticios y sus tasas de adquisición. Las observaciones in situ y las comparaciones estadísticas han enfatizado el rol que juega la estructura del hábitat como protección o cobertura (Friedlander y Parrish, 1998). De hecho, se cree que la selección de hábitat de taxa pequeños está definida en términos de tipo de sustrato, relieve físico o profundidad; sin embargo, no se sabe a ciencia cierta la influencia de cada una de estas variables en la estructuración de las asociaciones.

## II.3 Variables físico-químicas de importancia para la comunidad de peces

Las variaciones espacio-temporales de los parámetros físicos y químicos tales como salinidad, temperatura, transparencia, profundidad, pH y Oxígeno Disuelto en los estudios ecológicos, ayudan a entender el funcionamiento de la estructura de las comunidades de peces y su relación con el ambiente.

En general, en muchas áreas tropicales y subtropicales de la costa del Pacífico, las variables físico-químicas durante la época de lluvias, cambian con respecto a la época de sequía, ya que hay un aumento en el área y volumen de agua, se presenta mezcla de aguas previamente estancadas con las de lluvia y las provenientes de ríos y/o cuerpos de agua aledaños, lo que facilita el intercambio de material biótico y abiótico (Machado-Allison, 1993). Así mismo, debido a las lluvias, la profundidad de los cuerpos de agua aumenta, la temperatura disminuye y la salinidad disminuye.

La distribución espacio-temporal de peces adultos y juveniles está fuertemente influenciada por los cambios en los factores ambientales como temperatura y salinidad, (Laroche *et al.*, 1997). Estudios realizados en las costas de Chiapas (Díaz-Ruiz *et al.*, 2006) aseveran que los parámetros fisicoquímicos más influyentes en las comunidades de peces son:

- **Temperatura (C°):** Es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica,

temperatura es uno de los factores ambientales abióticos más importantes para la vida de las especies acuáticas. Debido a que el metabolismo de los organismos es una compleja red de reacciones químicas.

- **Salinidad (UPS):** La salinidad es una condición ambiental que influye en la distribución, la abundancia y el desarrollo de los organismos. Distintas especies del mismo género toleran de forma diferente la concentración de sal. La salinidad en los sistemas lagunares sufren cambios debido a la estacionalidad, ya que en temporadas de lluvias la salinidad baja en contraste con la temporada de estiaje donde aumenta considerablemente. También la salinidad es cambiante en relación al espacio, en donde la distancia con la boca barra y el tiempo de residencia hídrico son determinantes.
- **Oxígeno Disuelto (OD):** Es una de las medidas más usadas, ya que provee información importante sobre las reacciones biológicas y bioquímicas del agua. También el OD es considerado como uno de los factores más importantes que afectan la vida acuática y debido a su correlación con otros factores, se debe medir junto con la temperatura. Las fuentes de oxígeno son la precipitación pluvial, la difusión del aire en el agua, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada (Roldán y Ramírez, 2008).

#### **II.4 Parámetros ecológicos de importancia de la comunidad de peces**

En los estuarios, los peces son una de las comunidades más importantes en términos ecológicos, ya que pueden determinar y modelar la estructura del sistema, mediante diferentes parámetros cuantitativos. El estudio de la estructura de la comunidad se basa en el análisis de patrones que surgen como propiedades medibles de grupos de especies en un mismo espacio y tiempo. Las comunidades de organismos tienen propiedades que son la suma de las propiedades de los habitantes individuales además de sus interacciones y son estas interacciones las que hacen de la comunidad más que la suma de sus partes (Begon *et al.*, 2006).

Las aproximaciones clásicas para entender los cambios en la diversidad analizan la abundancia, la riqueza de especies y los índices de diversidad y equidad. Así, el estudio de las comunidades se ha basado en el análisis de la diversidad taxonómica de

sus componentes. Esta aproximación supone una equivalencia ecológica entre las especies, lo que implica que todas tienen la misma probabilidad de sobrevivir y reproducirse (Chave, 2004).

La necesidad de definir y delimitar la comunidad se da en muchas investigaciones de diversidad (Magurran, 1989) ya que es una característica estructural junto con la abundancia relativa de especies.

- **Diversidad de especies:** Es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas”, además, se compone de dos elementos: la variación y la abundancia relativa de especies (Magurran, 1989).
- **Abundancia de especies:** Se refiere al número de individuos por especie.
- **Abundancia relativa:** Abundancia relativa: porcentaje de individuos de cada especie en relación al total que conforman la comunidad o subcomunidad.
- **Riqueza:** Se refiere al número de especies de un determinado taxón en un ensamblaje escogido; estas medidas de riqueza no hacen distinciones entre especies, dando el mismo valor a especies que son muy abundantes y a las que son muy raras.
- **Equitatividad:** Grado de igualdad de la distribución de la abundancia de las especies.

### III. ANTECEDENTES

Numerosos estudios se han realizado a nivel mundial sobre comunidades de peces en ambientes estuarinos. A escala del Pacífico Oriental destacan los trabajos de (Robertson y Cramer 2009), quienes definen provincias y ecoregiones a partir de la ictiofauna marina y costera. Otros trabajos importantes son los realizados en los grandes complejos lagunares-costeros y estuarinos de América, como el del Río de la Plata, (Rico, 2000), la laguna Dos Patos (Chao *et al.*, 1985) donde analizaron la composición y estructura de la ictiofauna. Otros trabajos a nivel mundial que analizan las comunidades de peces y su diferencia entre fondos duros y blandos, como los realizados en zonas arrecifales (Medina-Valmaseda *et al.*, 2014), de igual manera se realizaron estudios Pacífico Oriental Tropical tales como (Guzmán y Cortés, 1993).

#### III.1 Ictiofauna de México

México es reconocido como un país mega-diverso donde los peces constituyen el grupo de vertebrados con mayor riqueza de especies, gracias a estos numerosos investigadores se han realizado estudios sobre la ictiofauna en México, tal es el caso de (Espinosa, 2014) quien realizó un listado de los peces de México, y un trabajo sobre la diversidad. Los estudios de la fauna ictiológica en México se han venido realizando de manera sistemática, posteriormente se reportan inventarios de importancia ecológica vital dentro del ecosistema marino (Castro-Aguirre, 1978).

Una de las regiones más estudiadas al respecto de las faunas de peces es el Pacífico Oriental tropical. Para la parte norte de dicha región existen numerosos estudios publicados sobre estructura comunitaria de peces de fondos rocosos (Álvarez-Filip *et al.*, 2006; Galván-Villa *et al.*, 2010), en contraste la zona sur cuenta con un menor número de estudio, y dejando de lado la literatura gris, en el margen costero entre los estados de Oaxaca y Colima, solo (Ramírez-Gutiérrez *et al.*, 2007; López-Pérez *et al.*, 2010) han hecho observaciones sobre la estructura comunitaria de la ictiofauna.

### III.2 Ictiofauna de Chiapas

La riqueza ictiofaunística de Chiapas ha sido documentada por pocos autores. Velasco (1976) reportó la primera lista de peces de agua dulce con 74 especies, Rodiles-Hernández *et al.* (2005) enlistaron 207 especies continentales y, recientemente, Lozano Vilano *et al.*, (2007) adicionaron cinco más en el estado y Velázquez-Velázquez *et al.*, (2016) registraron 6 especies nuevas para las costas de Chiapas.

Los estudios realizados en sistemas estuarino-lagunares en Chiapas son escasos y recientes. (Tapia-García *et al.*, 1998), caracterizo a la ictiofauna en el sistema de Mar Muerto, obteniendo como resultados un número mayor de especies en la parte sureste de la laguna donde hay una influencia marina y presencia de bosques de manglar que ayudan al desarrollo de diferentes especies de organismo marinos.

De acuerdo a (Díaz-Ruíz *et al.*, 2006), evaluaron aspectos de la estructura y función de las comunidades de peces en los sistemas lagunares Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra ubicados en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, donde registraron 31 especies y 19 especies respectivamente para cada sistema lagunar, los autores mencionan que la diversidad ya abundancia de especies se relaciona con las variaciones fisicoquímicos y espacio-temporales de los sistemas lagunares.

De igual manera (Velázquez-Velázquez *et al.*, 2008) analizo la variación espacial y temporal de los ensamblajes de peces donde encontró un total de 40. Así mismo, para estos sistemas, (Gómez-González *et al.*, 2012) presenta un listado ictiofaunístico, reportando un total de 153 especies, incluyendo a las lagunas costeras. Romero-Berny, 2018 reporto para la zona costera de Chiapas y el Golfo de Tehuantepec un total de 120 especies.

Tabla 1 . Estudios recientes de la ictiofauna costera en Chiapas.

Autor	Año	Título	N° de especies
Rodiles- Hernández R <i>et al.</i>	2011	Inventario ictiofaunístico de dos regiones marinas prioritarias del Pacífico tropical del estado de Chiapas	100 especies
Adán E. Gómez- González <i>et al.</i>	2012	Lista sistemática de la ictiofauna en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México (A checklist of the ichthyofauna from La Encrucijada Biosphere Reserve, Chiapas, México)	153 especies
Jesus M, Lopez-Vila <i>et al.</i>	2015	Fauna de acompañamiento asociada a la pesca artesanal de camarón en un sistema lagunar de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México	75 especies
Velázquez- Velázquez <i>et al.</i>	2016	Checklist of the continental fishes of the state of Chiapas, Mexico, and their distribution	311 especies
Eduardo J. Urbina-Trejo	2016	Caracterización ecológica de la comunidad íctica en el sistema lagunar-estuarino Los Patos-Sólo Dios, Pijijiapan, Chiapas.	41 especies
Romero- Berny <i>et al.</i>	2018	The fish fauna of three lagoon-estuarine systems in the northeastern Gulf of Tehuantepec, Mexican south Pacific	120 especie
Hernández- Roque <i>et al.</i>	2018	Ictiofauna de descarte en la pesca artesanal de camarones ( <i>Litopenaeus vannamei</i> y <i>L. stylirostris</i> ) en la laguna costera Mar Muerto, Golfo de Tehuantepec	73 especies.

La información recopilada se puede aseverar que los estudios sobre la ictiofauna de Chiapas son escasos, debido a la extensión territorial de Chiapas y a los diferentes ecosistemas presentes en el estado. También se puede inferir que estos estudios se enfocan a la composición de la ictiofauna y su relación espacio-temporal y factores fisicoquímicos.

## **IV. OBJETIVOS**

### **IV.1 Objetivo general**

- Evaluar la variación espacio-temporal de la ictiofauna asociada a estructuras rocosas artificiales en el canal estuarino de Boca del Cielo, Chiapas.

### **IV.2 Objetivos específicos**

- Determinar la composición ictiofaunística asociada a estructuras rocosas artificiales.
- Caracterizar la riqueza, diversidad, abundancia, equitatividad de la ictiofauna asociada a estructuras rocosas artificiales.
- Caracterizar el hábitat de estructuras rocosas artificiales y su relación con la comunidad de peces.

## V. HIPÓTESIS

1. La salinidad es una condición ambiental que influye en la distribución, riqueza y abundancia de peces, por lo que se espera encontrar una mayor riqueza de especies de afinidad marino-estenohalinas en temporada de estiaje, cuando esta variable sufre un aumento significativo.
2. Los sustratos rocosos ofrecen protección, fuentes de alimento, y condiciones óptimas de luz y temperatura para el desarrollo de comunidades ícticas complejas, por lo que se espera encontrar una mayor riqueza de especies en estructuras rocosas de mayor complejidad.

## VI. ÁREA DE ESTUDIO.

La localidad de Boca del Cielo se localiza en la Región Istmo-Costa del estado de Chiapas, municipio de Tonalá a 38 km de la cabecera municipal (CONANP, 2002a), y constituye la boca barra natural del Sistema Lagunar La Joya-Buenvista, que de acuerdo a (Lankford, 1977), geomorfológicamente pertenece al tipo III A de barrera interna, denominada Barrera de Gilbert Beaumont, caracterizada por tener depresiones inundables, protegidas del mar por barreras arenosas generadas por corrientes y olas, y por escurrimientos escasos o muy localizados.

Los límites geográficos de Boca del Cielo son: 15° 44' 0" N - 93° 29' 14" W 15° 56' 0" N - 93° 41' 01" W, con una superficie de 49.56 hectáreas. (CONANP, 2002a). De acuerdo a Morrone (2005) se encuentra en la Provincia 12 Costa Pacífica Mexicana, la cual está incluida en el dominio Mesoamericano y a su vez, dentro de la subregión Caribeña, comprendida dentro de la Región Neotropical, cuyas características son de áreas tropicales húmedas y subhúmedas del sur de México. De igual manera pertenece a la provincia fisiográfica Sierras del sur de Chiapas y a la subprovincia Llanura costera de Chiapas y Guatemala.

El Sistema Estuarino Boca del Cielo se encuentran dentro de la Región Hidrológica de la Costa de Chiapas RH 23 (CNA, 1995).y en la Región Hidrológica Prioritaria Número 32 (CONABIO, 1998), caracterizada por sus recursos hídricos tanto lénticos como lóticos, con alta diversidad de comunidades vegetales, aves migratorias y acuáticas, peces y crustáceos dulceacuícolas.

La barra arenosa que integra la playa tiene una amplitud media y una pendiente de 2 a 4% hacia el sureste (CONANP, 2002a). Es una planicie acumulativa de origen aluvial y palustre, en donde se encuentran tres tipos de materiales: aluvial del cuaternario, en la planicie costera más seca; material lacustre del Cuaternario, en los alrededores del sistema lagunar; y litoral del cuaternario, en el cordón de arena que se interpone entre el sistema lagunar y el mar.

La salinidad del sistema le confiere características mesohalinas (Sistema de Venecia, 1959, citado en Perkins, 1974), con intervalo estacional que oscila entre 15.37 ‰ en el período de lluvias (agosto), a 39.46‰ en la época de secas (marzo). El valor mínimo promedio para todo el sistema es de 21‰. La temperatura del agua de igual manera tiene variación debida al factor de la temperatura ambiental y de los cambios climáticos estacionales Su variación anual, en promedio, va de 29°C en el período más frío (enero) a 34°C en agosto. La temperatura mínima local fue de 28°C y la máxima de 39.5°C. Con base en este factor, la laguna es considerada una de las más cálidas registradas hasta hoy (Contreras y Gutiérrez, 1989). Las cantidades de oxígeno disuelto, así como sus valores de saturación, oscilan entre 0.90 y 9.50 ml/l y el valor promedio es de 3.88 ml/l.

La vegetación predominante es de tipo de dunas y matorral costero, así como algunos elementos de selva baja caducifolia. Boca del Cielo se encuentra fuertemente influenciado por la presencia de la vegetación de Manglar en buen estado de conservación, la cual está representada principalmente por las 4 especies de Mangle *Rhizophora mangle* o mangle colorado, *Laguncularia racemosa* o mangle blanco, *Avicennia germinans* o mangle negro y *Conocarpus erecta* o botoncillo (Tovilla-Hernández y Romero-Berny, 2012; Santamaría- Damián *et al.*, 2016).

El clima corresponde al tipo Aw<sub>2</sub>" (w)i (García, 1973), cálido subhúmedo con lluvias en verano. El estiaje está definido en los meses de noviembre a marzo con menos del 10% de la precipitación anual en el periodo, con una lluvia anual promedio es de 2,310.47 mm de los cuales el 90% del total de lluvia se distribuye de Mayo a octubre en época de lluvias con un comportamiento torrencial para la cuenca alta.

Es considerada como hábitat de una gran cantidad de especies de aves residentes y migratorias (CONANP, 2002b). Así mismo es un área importante para la pesca ribereña, dedicada principalmente a la explotación de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y en menor escala a grupos de peces como lisas (Mugilidae), robalos (Centropomidae) y mojarras dulceacuícolas (Cichlidae) Boca del Cielo ha sido reconocido como sitio RAMSAR No. 1770 (RAMSAR-CONANP, 2013).

## MAPA DE LA LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

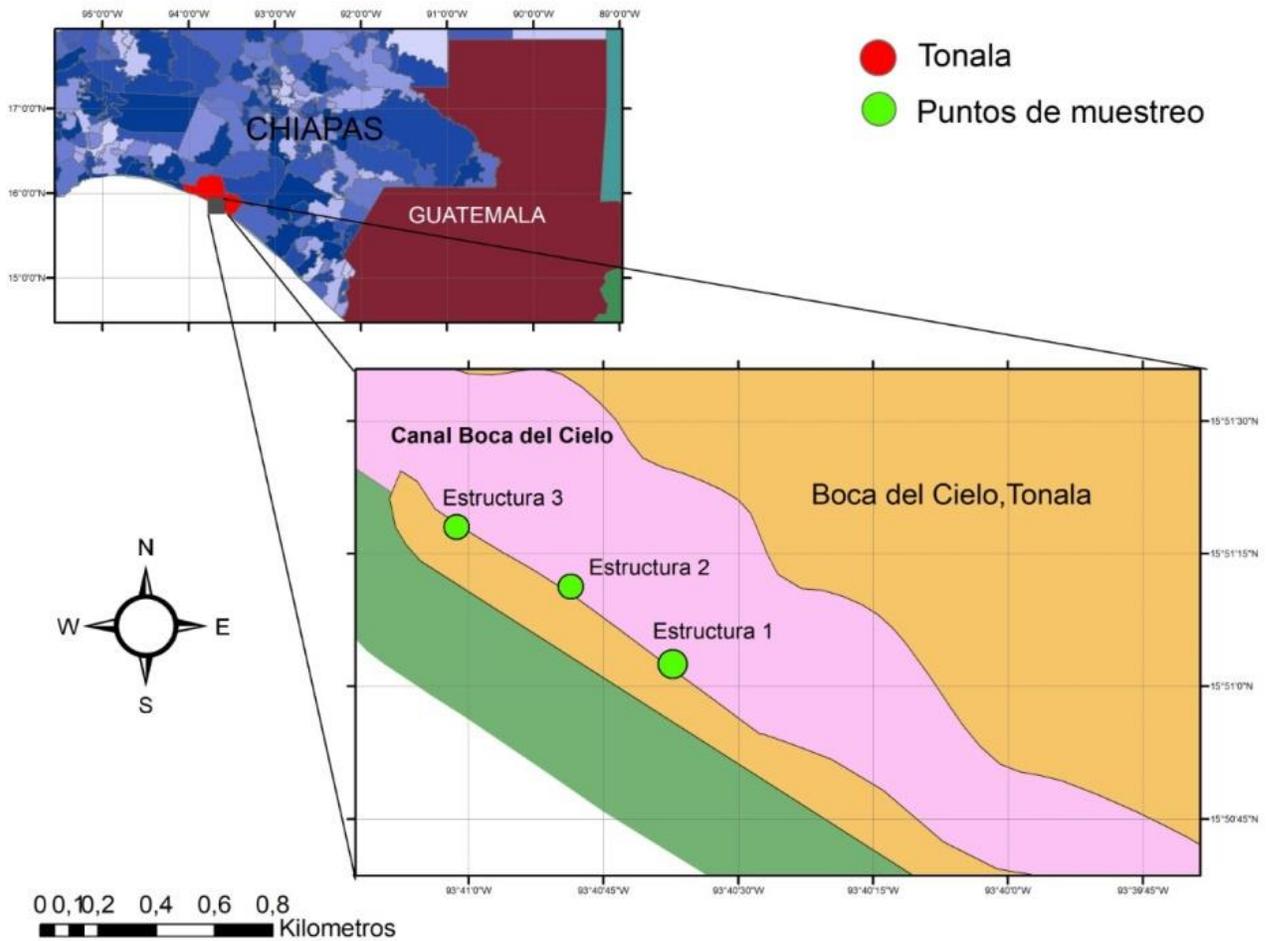


Figura 1. Mapa de localización de las estructuras rocosas en el canal estuarino de Boca del Cielo.

## VII. MÉTODO

Para la realización de las recolectas, se consideraron tres puntos de muestreo ubicados en relación a su distancia con la boca del canal. Cada biotopo fue seleccionado a partir de las siguientes características:

- 1.- Presencia de material sólido artificial (cascajo, roca quebrada o pilotes).
- 2.- Presencia de elementos orgánicos que ofrecieran sitios de refugio y/o alimentación para las especies (troncos sumergidos, camas algales, bancos de moluscos).
- 3.- Tamaño de la estructura artificial.

Los sitios seleccionados se ubicaron en las siguientes coordenadas:

Tabla 2 ubicación estructuras rocosas

Nombre sitios	D. Boca barra	Coordenadas
Estructura 3 Boca barra	150 m	(15°51'33.80"N, 93°41'17.44" O)
Estructura 2 Palapa Selena	720 m	(15°51'21.27"N, 93°41'1.97"O)
Estructura 1 Palapa Charmín	1,650 m	(15°51'3.25"N, 93°40'37.24"O)

Los muestreos se realizaron en los meses de noviembre de 2016, febrero, mayo, junio, julio y agosto de 2017. En cada sitio se estimaron los siguientes parámetros ambientales: temperatura del agua (°C), salinidad (UPS), transparencia (cm), profundidad (cm) e índice de complejidad topográfica. Los parámetros se midieron utilizando un equipo multiparametrico YSI, refractómetro, disco de Secchi. Para determinar la composición ictiofaunística, se recolectaron organismos mediante los siguientes artes de pesca:

1. Atarraya: de 3, 3.5 y 4 de luz de malla, utilizada en las partes someras.
2. Red de cuchara.
3. Colectas manuales.

La abundancia de especies, se cuantificó utilizando un método de conteo puntual, registrando todas las especies de peces asociados a estructuras rocosas artificiales dentro de un cilindro imaginario, durante un período de cinco minutos (Bohnsack y Bannerot, 1986; Samoily, 2000). El cilindro se marcó con una manguera de plástico de 2.0 m de largo sobre el sustrato (radio del círculo).

Los organismos recolectados en campo fueron fijados con una solución formalina al 10% y trasladados al Laboratorio de Ecología de Recursos Pesqueros del Centro De Investigaciones Costeras (CEICO) de la UNICACH, en donde se procedió a su identificación taxonómica. La identificación taxonómica se llevó a cabo con base a claves taxonómicas, (Castro-Aguirre *et al.*, 1999). El orden sistemático para los niveles de orden y familia se realizaron de acuerdo a (Nelson, 2006), nomenclatura y reconocimiento de autor y año en base a (Eschemyer *et al.*, 2016).

Para finalizar los organismos fueron preservados en alcohol al 70% y se depositaron como ejemplares de docencia en el CEICO.

### **VII.1 Características de la complejidad estructural del hábitat**

El Índice de complejidad topográfica (rugosidad), se estimó utilizando una cadena de 7 m de largo con eslabones de 0.5 cm de diámetro. Este proceso se realizó posicionando cada eslabón de la cadena en el borde de cada estructura hasta cubrirla toda, también se utilizó una cinta métrica que se posiciono en el primer eslabón de la cadena hasta el último eslabón de la cadena, los valores obtenidos por la cadena y la cinta se anotaron para obtener el índice de complejidad topográfica. Los valores aproximados a 1 indicaron baja rugosidad, mientras que valores cercanos a 0 una alta rugosidad (McCormick, 1994). Se utilizó la siguiente fórmula:

$$CT = x/Lc^*-1$$

En donde:

x = longitud alcanzada por cadena sobre sustrato.

Lc = longitud de la cadena (en este caso 20 m)

## VII.2 Análisis de los atributos comunitarios

El análisis de la comunidad ictiofaunística únicamente se llevó a cabo con la matriz de abundancias obtenida mediante el método de conteo puntual. Se realizó una curva de acumulación de especies, con objeto de comprobar el esfuerzo de captura, y si fue el adecuado a los propósitos del proyecto en curso. Para la elaboración de dichas curvas, se usó el programa PRIMER 6.

Los parámetros ecológicos se presentaran en forma descriptiva mediante grafica de barras.

### ***La riqueza de especies (S')***

Se obtuvo la riqueza promedio a partir del número de especies.

### ***Diversidad (H')***

La diversidad (H'), se obtuvo a partir del índice de Shannon-Weiner. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Dicho cálculo se estimó a escala diurna e interanual, y está basado en el siguiente algoritmo:

$$H' = -\sum p_1 \ln p_1$$

**H'** = Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

**Σ** = Sumatoria.

**P<sub>1</sub>** = Proporción de individuos hallados en la especie i-ésima con respecto al total de individuos; se calcula mediante la relación **ni/N**.

**ni** = número de individuos o cobertura de la especie i.

**N** = Suma del número total de individuos o de las coberturas de todas las especies.

**ln**= Logaritmo natural.

Varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies.

### **La Equitatividad ( $J'$ )**

La equitatividad considera en qué medida las especies son abundantes por igual. Se calculó con el índice de Pielou, siguiendo la fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

**H'** = índice de Shannon-Wiener.

**H'max** =  $\ln(S)$ .

**ln** = Logaritmo natural.

**S** = número de especies.

Este índice toma valores entre 0 y 1; los valores próximos a 1 indican una alta uniformidad de la muestra, mientras que los próximos a 0 expresan alta dominancia de alguna especie.

### **VII.3 Categorización jerárquica**

La ubicación jerárquica de las especies dentro de la comunidad se determinó por medio de la prueba de Olmstead-Turkey (Sokal y Rohlf, 1969), la cual analiza gráficamente el promedio de la abundancia relativa de cada taxón (eje X), contra el porcentaje de la frecuencia de aparición de cada especie (eje Y). En donde los taxos dominantes serán aquellos cuyos valores de abundancia y frecuencia de ocurrencia rebasen la media aritmética de ambos estimadores. Esta prueba permite establecer una clasificación de la concurrencia espacial de las especies en los sitios de estudio y se clasificaron de la siguiente manera:

- a. Especies ocasionales:** Son aquellas cuyos valores tanto de abundancia como de frecuencia relativa, son mayores a la media aritmética.
- b. Especies frecuentes:** Son aquellas cuyos valores de frecuencia relativa son mayores a la media, pero no lo son en relación a la abundancia relativa.
- c. Especies dominantes:** Son aquellas cuyos valores de abundancia relativa es mayor a la media, pero no lo son en relación a la frecuencia relativa.

**d. Especies raras:** Son aquellos que se caracterizan por tener valores de abundancia y frecuencia relativas por debajo de la media aritmética.

#### **VII.4 Análisis de variables ambientales**

Los parámetros ambientales se presentaron en forma descriptiva mediante histogramas. Para determinar si existen diferencias significativas en las variables físico-químicas entre las estructuras y los meses de muestreo se utilizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) o su alternativa no paramétrico (Kruskal-Wallis). Debido a que los datos de variables físico-químicas no presentan un comportamiento de distribución normal, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis después de verificar la normalidad de los datos con un test de Levene, considerando una significancia de  $p < 0.05$ . Con los valores de los parámetros ambientales por estructura y meses se construyó una matriz de similitud a partir de las distancias euclidianas en el programa PRIMER 6

#### **VII.5 Análisis estadísticos**

Con los valores de abundancia de todas las especies por estructura y meses se construyó una matriz de similitud a partir del coeficiente de Bray-Curtis en el programa PRIMER 6. Los valores se clasificaron en un dendograma de agrupamiento, que considera la distancia promedio no ponderada entre cada sitio para determinar las asociaciones (McCune y Grace, 2002).

Con la misma matriz se realizó un análisis de ordenación denominado escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), que expresa la distancia relativa entre los sitios con base en la abundancia y ocurrencia de las especies. El análisis construyó un espacio matemático (“mapa”) de dos dimensiones definido por los sitios muestreados, y el gráfico hizo evidentes las semejanzas entre la composición comunitaria de los sitios. El coeficiente de correlación de Spearman, se utilizó para examinar relaciones lineales entre las variables ambientales y la abundancia, riqueza, diversidad y equitatividad.

La asociación entre la abundancia de especies y las variables ambientales se determinó mediante un Análisis de Correspondencia Canónico (ACC). Los gráficos descriptivos y pruebas estadísticas se realizaron con los programas PRIMER 6 + PERMANOVA y PAST 3.0. (Hammer *et al.*, 2001).

## VIII. RESULTADOS

### VIII.1 Composición

Se capturaron un total de 1,044, pertenecientes a 30 especies, las cuales representan 9 órdenes, 22 familias y 28 géneros de teleósteos (Actinopterygii).

Las familias mejor representadas fueron Gerreidae. (3 especies), Clupeidae, Eleotridae, Gobiidae, Lutjanidae, Microdesmidae, Pomacentridae Y Tetraodontiformes (2 especies).

El resto de las familias fue representado por 1 especie.

Tabla 3. Número de familias, géneros y especies registradas por orden en el Canal estuariano Boca del Cielo.

<b>Orden</b>	<b>Familias</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>
Atheriniformes	1	1	1
Beloniformes	1	1	1
Clupeiformes	1	2	2
Mugiliformes	1	1	1
Myliobatiformes	1	1	1
Gasterosteiformes	2	2	2
Perciformes	12	16	18
Pleuronectiformes.	1	2	2
Tetraodontiformes	2	2	2
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>30</b>

Tabla 4. Listado sistemático de las especies registradas en el sistema estuarino Boca del Cielo.  
E: Estuarina residente, EU: Marina eurihalina, ES: Marina estenohalina.

Se incluye el nombre para cada familia, autor, año en base a Eschmeyer (2016).	
A. Orden Atheriniformes	
I. Familia Atherinopsidae	
1. <i>Membras gilberti</i> (Jordan y Bollman 1890)	E
B. Orden Beloniformes	
II. Familia Hemiramphidae	
2. <i>Hyporhamphus naos</i> (Banford y Collette 2001)	EU
C. Orden Clupeiformes.	
III. Familia Clupeidae	
3. <i>Lile gracilis</i> (Castro-Aguirre & Vivero 1990)	E
4. <i>Opisthonema libertate</i> (Günther 1867)	ES
D. Orden Mugiliformes	
VI. Familia Mugilidae	
5. <i>Mugil curema</i> (Valenciennes 1836)	EU
E. Orden Myliobatiformes	
V. Familia Potamotrygonidae	
6. <i>Styracura pacifica</i> (Beebe & Tee-van, 1941)	ES
F. Orden Gasterosteiformes	
VI. Familia Syngnathidae.	
7. <i>Hippocampus ingens</i> (Girard, 1858)	ES
VII. Familia Fistulariidae	
8. <i>Fistularia commersonii</i> (Rupell, 1838)	ES
G. Orden Perciformes	
VIII. Familia Acanthuridae	
9. <i>Acanthurus nigricans</i> (Linnaeus, 1758)	ES
IX. Familia Carangidae	
10. <i>Caranx sexfasciatus</i> (Quoy y Gaimard 1825)	ES
X. Familia Chaetodontidae	
11. <i>Chaetodon humeralis</i> (Günther, 1860)	ES
XI. Familia Eleotridae.	
12. <i>Dormitator latifrons</i> (Richardson, 1844)	E
13. <i>Eleotris picta</i> (Kner 1863)	E
XII. Familia Gerreidae.	
14. <i>Eucinostomus currani</i> (Zahuranec 1980)	EU
15. <i>Eucinostomus dowii</i> (Gill, 1863)	EU
16. <i>Gerres simillimus</i> Regan 1907	EU
XIII. Familia Gobiidae.	
17. <i>Bathygobius andrei</i> (Suavage, 1887)	ES

18. <i>Ctenogobius sagittula</i> (Günther, 1862)	<b>EU</b>
XIV. Familia Labridae.	
19. <i>Halichoeres dispilus</i> (Günther, 1864)	<b>ES</b>
XV. Familia Lutjanidae.	
20. <i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters 1869)	<b>ES</b>
21. <i>Lutjanus novemfasciatus</i> (Gill, 1862)	<b>ES</b>
XVI. Familia Microdesmidae	
22. <i>Microdesmus dorsipunctatus</i> (Dawson, 1968)	<b>ES</b>
XVII. Familia Pomacentridae	
23. <i>Abudefduf troschelli</i> (Gill, 1862)	<b>ES</b>
24. <i>Stegastes flavilatus</i> (Gill, 1862)	<b>ES</b>
XIII. Familia Scaridae	
25. <i>Nicholsina denticulata</i> (Evermann & Radcliffe, 1917)	<b>ES</b>
XIX. Familia Serranidae	
26. <i>Epinephelus labriformis</i> (Jenys, 1842)	<b>ES</b>
H. Orden Pleuronectiformes.	
XX. Familia Achiridae.	
27. <i>Achirus mazatlanus</i> (Steindachner 1869)	<b>ES</b>
28. <i>Citharichthys gilberti</i> (Jenkins & Evermann, 1889)	<b>ES</b>
I. Orden Tetraodontiformes	
XXI. Familia Balistidae	
29. <i>Pseudobalistes naufragium</i> (Jordan & Starks, 1895)	<b>ES</b>
XXII. Familia Tetraodontidae	
30. <i>Arothron meleagris</i>	<b>ES</b>

## VIII.2 Curvas de acumulación de especies por estructura y temporada

Se obtuvieron muestras de 3 sitios con un total 1,044 organismos muestreados. De acuerdo a las curvas de acumulación, se observó que las curvas si alcanzaron las asíntotas en las tres estructuras analizadas.

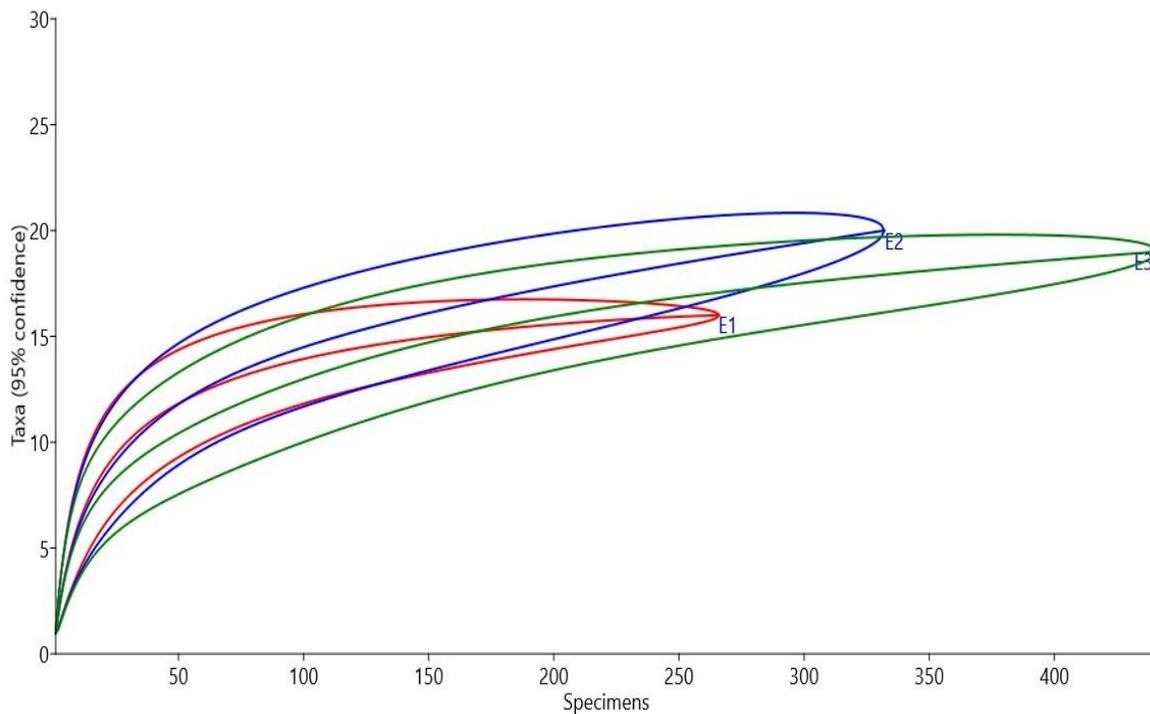


Figura 2. Curva de acumulación de la abundancia especies por estructura.

Este mismo patrón se siguió en cuanto a las temporalidades, donde las curvas también alcanzan las asíntotas, siendo la mejor representada la temporada de lluvias, en donde se encontró un menor número de organismos.

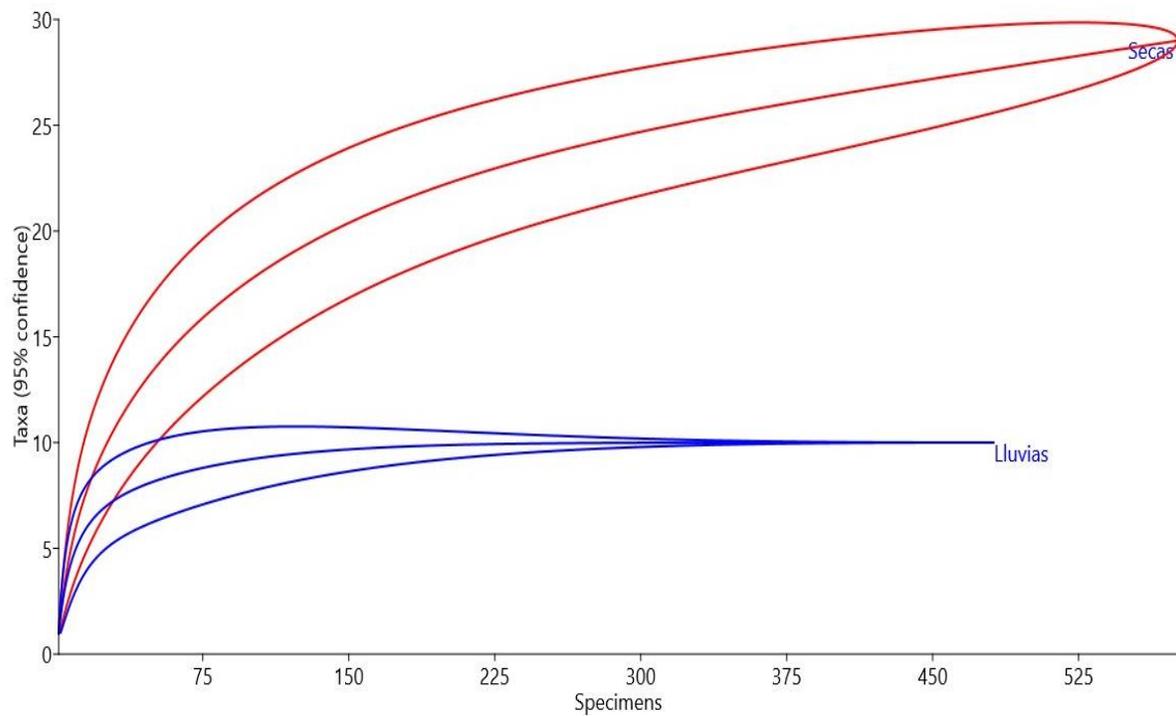


Figura 3. Curva de acumulación de la abundancia especies por temporadas.

### VIII.3 Categorías ecológicas (tolerancia de la salinidad)

En cuanto a la tolerancia a la salinidad se obtuvo que de 30 especies encontradas, 21 especies son de afinidad Marina-Estenohalina (70%), 6 Marina-Eurihalina (30) y 3 Residentes Estuarinos (10%) (Figura 4).

## TOLERANCIA SALINIDAD

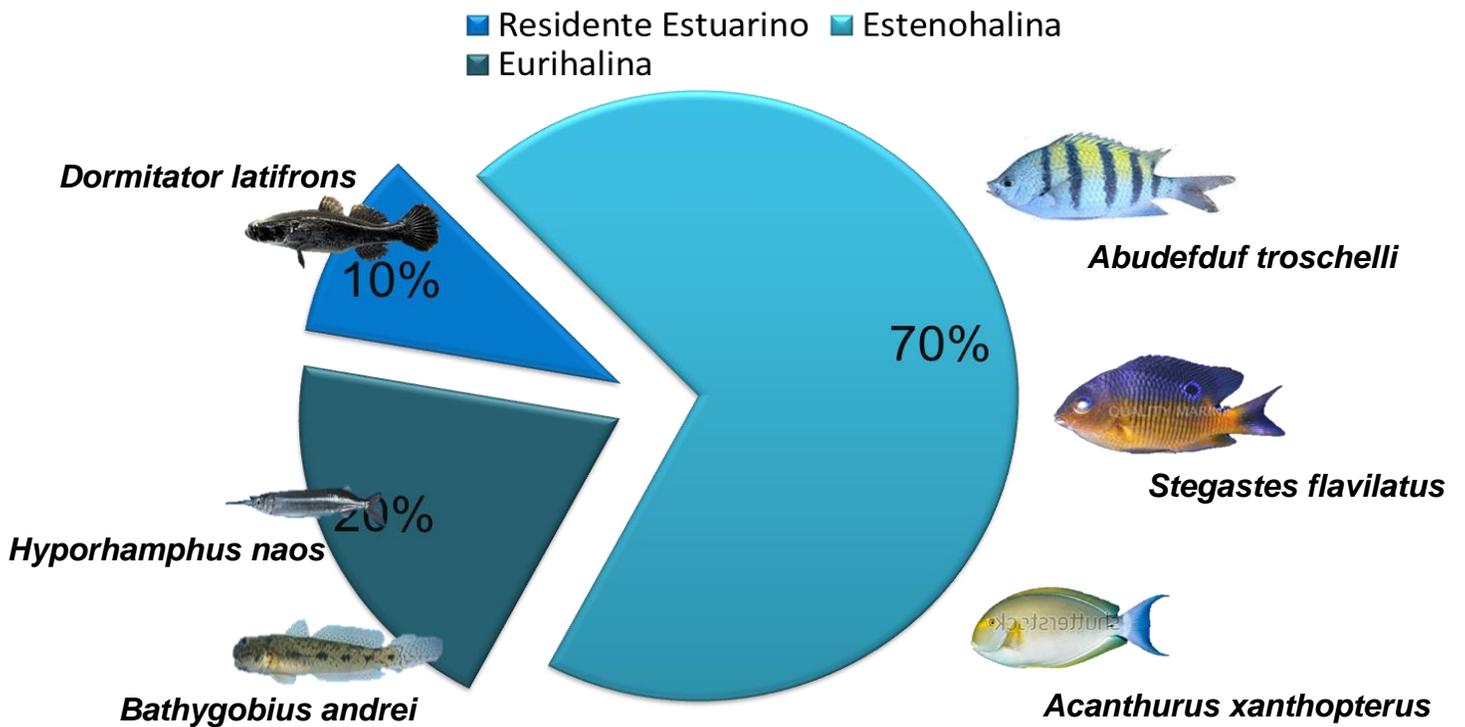


Figura 4. Categorías ecológicas de la ictiofauna del Canal estuarino de Boca del Cielo.

#### VIII.4 Dominancia

De acuerdo a la prueba Olmstead-Tukey (Figura 5), la especie categorizada como ocasional fue *D. latifrons* con el 3.33% del total de las especies.

Las especies dominantes fueron *L. argentiventris*, *E. currani*, *L. gracilis*, *E. dowii*, *L. novemfasciatus* y *M. curema*, obteniendo el (20 %).

Las especies frecuentes fueron *Gerres simillimus*, *Caranx sexfasciatus*, *Abudefduf troschelli*, *Halichoeres dispilus*, *Bathygobius andrei* obteniendo el (16.67%).

Las especies raras fueron *Eleotris picta*, *Membras gilberti*, *Chaetodon humellaris*, *Stegastes flavilatus*, *Acanthurus xanthopterus*, *Epinephelus labriformis*, *Hyporhamphus naos*, *Achirus mazatlanus*, *Citharichthys gilberti*, *Hippocampus ingens*, *Fistularia commersoni*, *Nicholsina denticulata*, *Ctenogobius saggitula*, *Microdesmus dorsipunctatus*, *Pseudobalistes naufragium*, *Arothron meleagris*, *Styracura pacifica* y *Ophistonema libertate* con el (60%) del total de las especies.

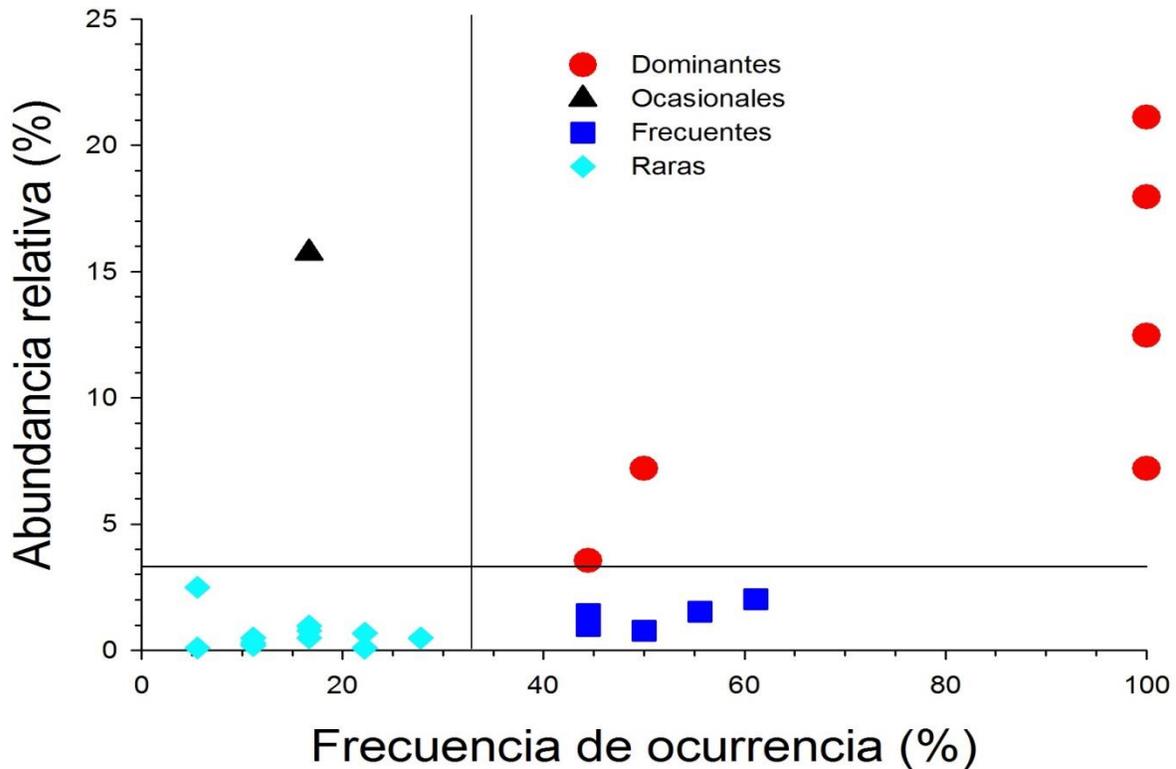


Figura 5. Clasificación ecológica de los peces del Canal estuarino de Boca del Cielo basada en la prueba de Olmstead-Tukey.

### VIII.5 Caracterización de las variables ambientales

La temperatura del agua, durante el periodo de estudio, vario de 26 °C (agosto 2017) a 34.8 °C (noviembre 2016). Espacialmente la variación de la temperatura fue poca, teniendo el promedio más alto en la estructura 2 (30.65 °C, DE= 2.61), y el promedio más bajo en la estructura 3 (29.43 °C, DE= 3.10), aunque a pesar de la poca variación se encontraron diferencias significativas ( $F = 4.672, p < 0.01339$ ). De manera temporal, el promedio más alto se registró durante noviembre de 2016 (32.60 °C, DE= 2.42) y el más bajo en agosto (27.60 °C, DE= 1.97), encontrándose diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los meses de Noviembre perteneciente a la temporada de estiaje y Agosto el cual pertenece a la temporada de lluvias de acuerdo a la prueba de Tukey (Figura 6).

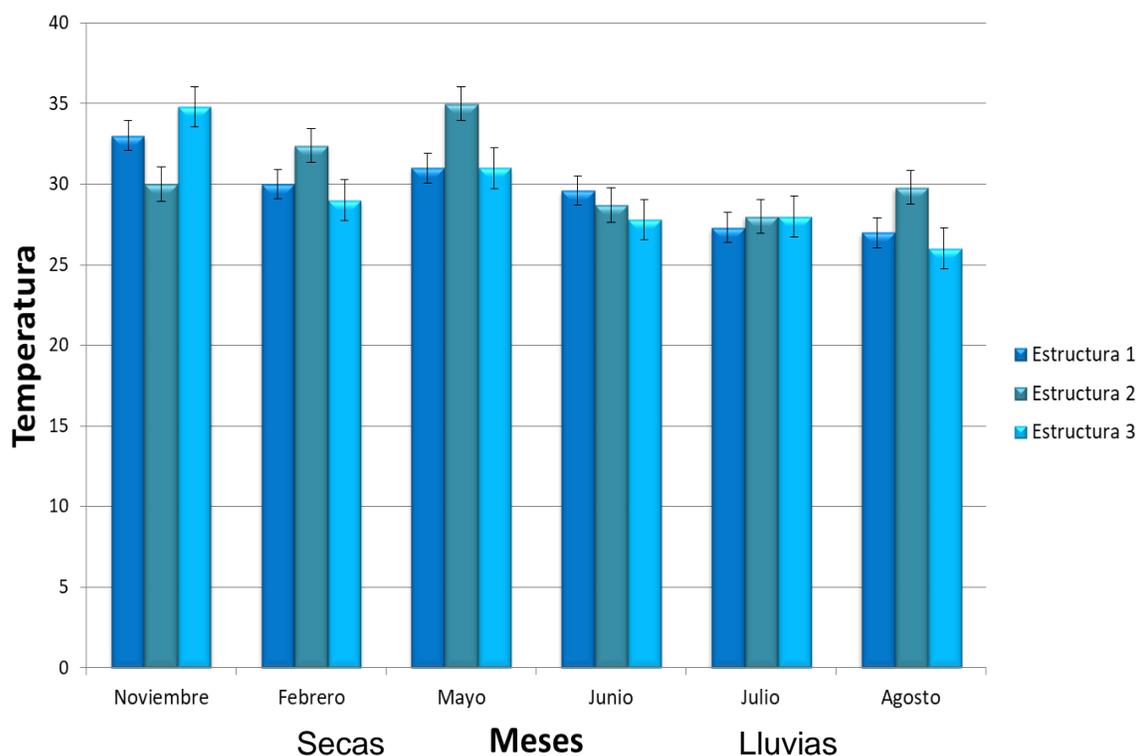


Figura 6. Variación estructural y mensual de la temperatura del agua en el canal estuarino de Boca del Cielo.

La salinidad fluctuó en condiciones polihalinas (35 ups, mayo de 2017) a mesohalinas (25 ups, agosto de 2017). La variación de la salinidad en las estructuras fue baja, los resultados arrojaron que el promedio más alto se encontró en la estructura 2 (30.67 ups, DE= 2.732) y el más bajo en las estructura 3 (27.66 ups, DE= 2.16), en

donde no hubieron diferencias significativas (ANOVA,  $F=2.616$ ,  $p=0.07999$ ). De manera temporal, el promedio más alto se presentó en mayo de 2017 (31.67 ups, DE = 3.51) el cual pertenece a la temporada de estiaje y el más bajo en julio y agosto de 2017 (27.33 ups, DE = 0.58 y 2.08 respectivamente) pertenecientes a la temporada de lluvias, existiendo diferencias significativas entre épocas (ANOVA,  $F=52.61$ ,  $p=0.001918$ ), de acuerdo a la prueba de Tukey (Figura 7).

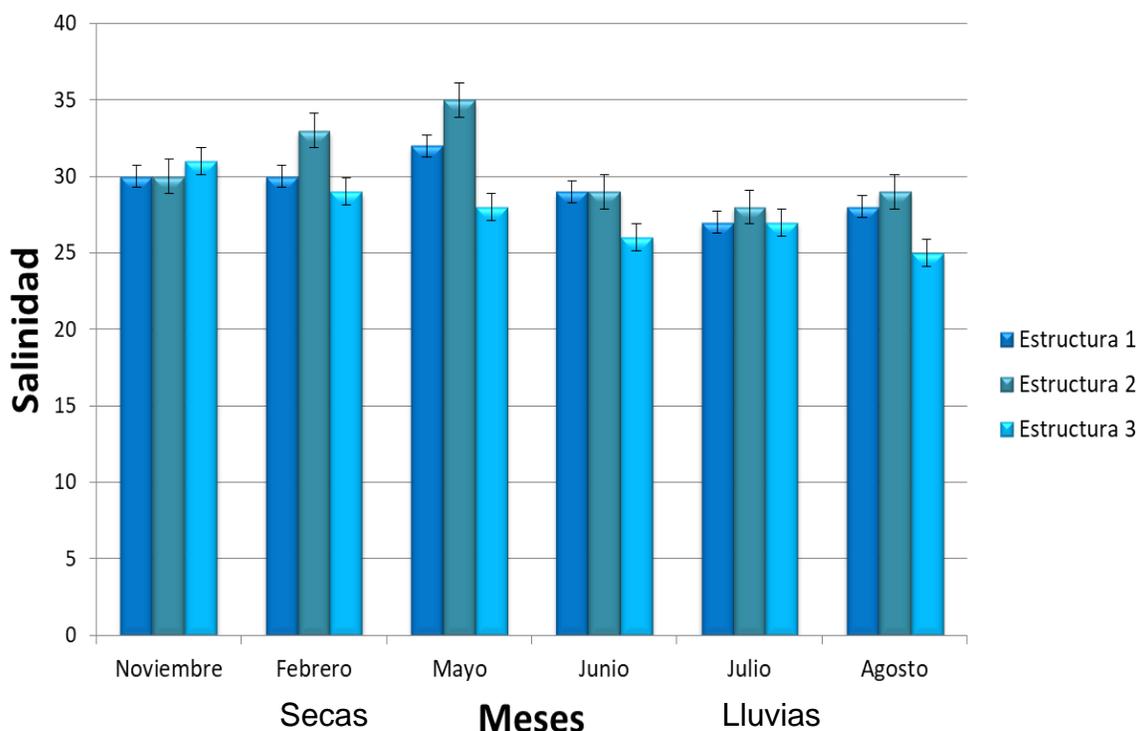


Figura 7. Variación estructural y mensual de la salinidad del agua en el canal estuarino de Boca del Cielo

**La profundidad y transparencia** oscilaron entre 0.20 cm (noviembre 2016) y 0.87 cm (agosto 2017). Espacialmente los promedios más altos se encontraron en la estructura 3 (0.54 cm, DE= 19.44) y los más bajos en la estructura 2 (0.41 cm, DE=17.38), en donde no se encontraron diferencias significativas (Kruskal-Wallis,  $H=5.491$   $p=0.3495$ ). De manera temporal, el promedio más alto se encontró en el mes de agosto (0.63 cm, DE= 32.15) perteneciente a la temporada de lluvias y el promedio más bajo en el mes de noviembre (0.33 cm, DE= 11.27), siendo significativamente diferentes (ANOVA,  $F=8.307$ ,  $p=0.04492$ ) (Figura 8 y 9)

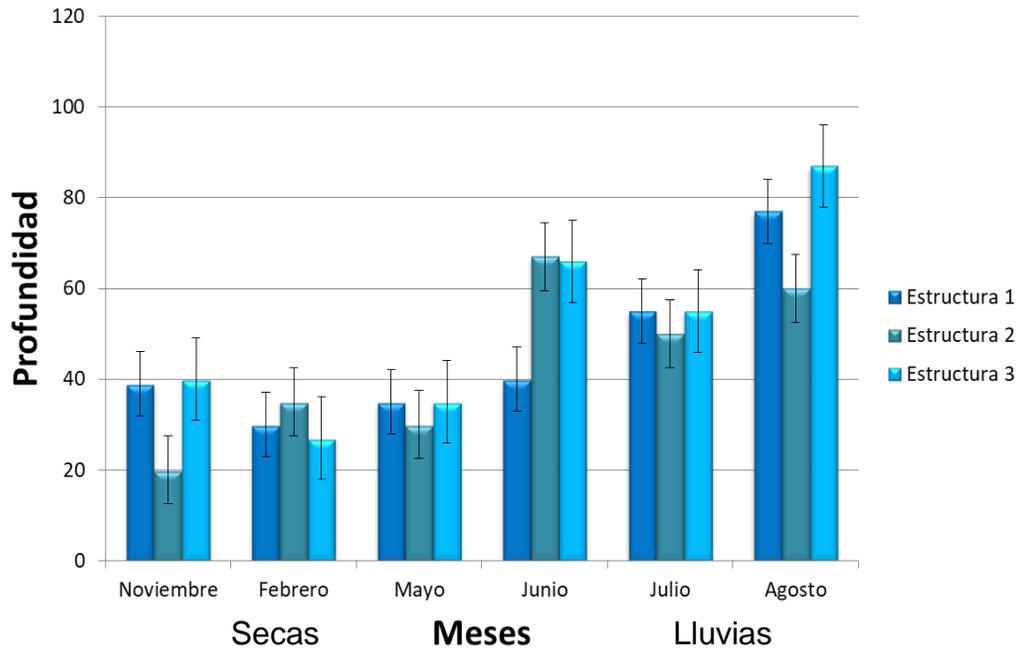


Figura 8. Variación estructural y mensual de la profundidad del agua en el canal estuarino de Boca del Cielo.

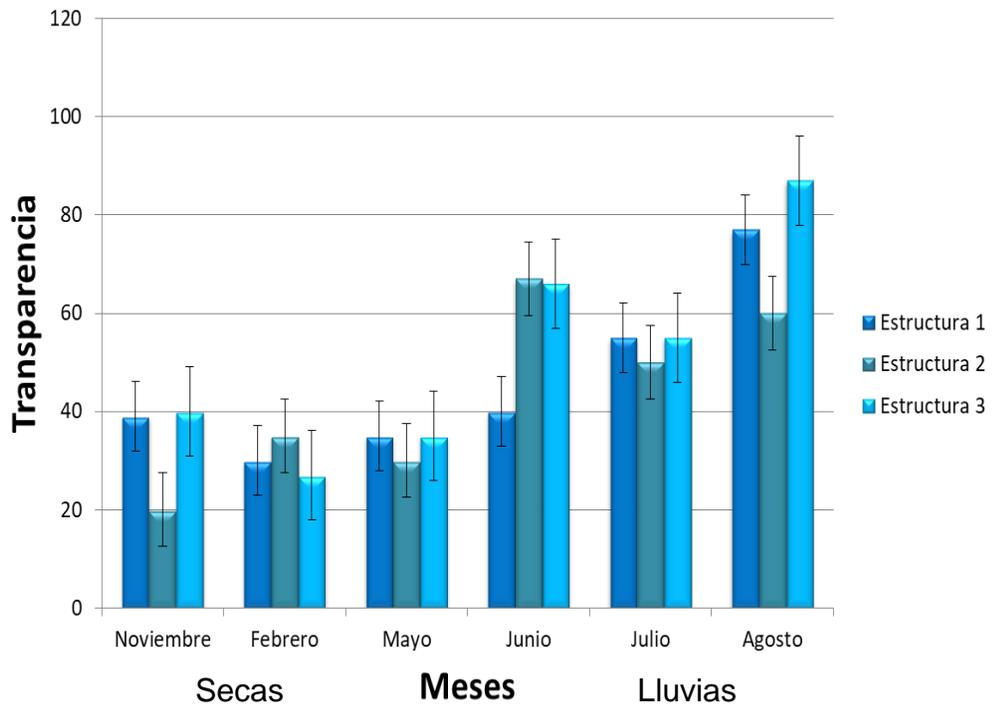


Figura 9. Variación estructural y mensual de la transparencia del agua en el canal estuarino de Boca del Cielo.

### VIII.6 Índice de rugosidad

El índice rugosidad total fue relativamente bajo con un promedio de 0.79, mientras que para las estructuras rocosas, tenemos que la estructura 1 presentó 0.75 de rugosidad, la estructura 2 reportó el valor de 0.66 y la estructura 3 registró un valor de 0.72 (Figura 10).

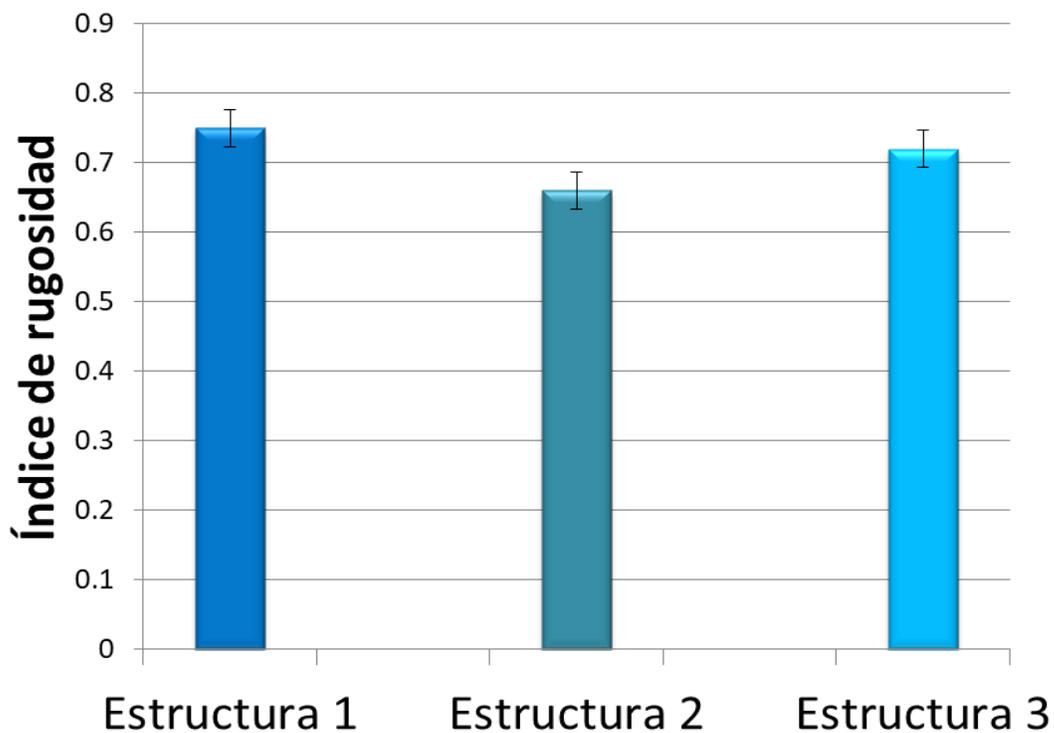


Figura 10. Rugosidad de las estructuras rocosas del canal estuarino de Boca del Cielo.

## Dendograma de similitud

El dendograma de similitud (Figura 11) mostró que las variables se distribuyeron homogéneamente con respecto a los meses y las estructuras, de acuerdo a la prueba SIMPROF se formaron en seis con diferencias significativas entre sí, el primero en la estructura 3-2-Junio, el segundo en la estructura 3-1-Julio, el tercero en la estructura 2-Julio y estructura 1-Febrero, el cuarto en la estructura 2-1-Mayo y estructura 3-Febrero, el quinto en la estructura 3-1-Noviembre, estructura 3-Mayo y estructura 2-Febrero, el último grupo se presenta en la estructura 2-Agosto y estructura 2-noviembre.

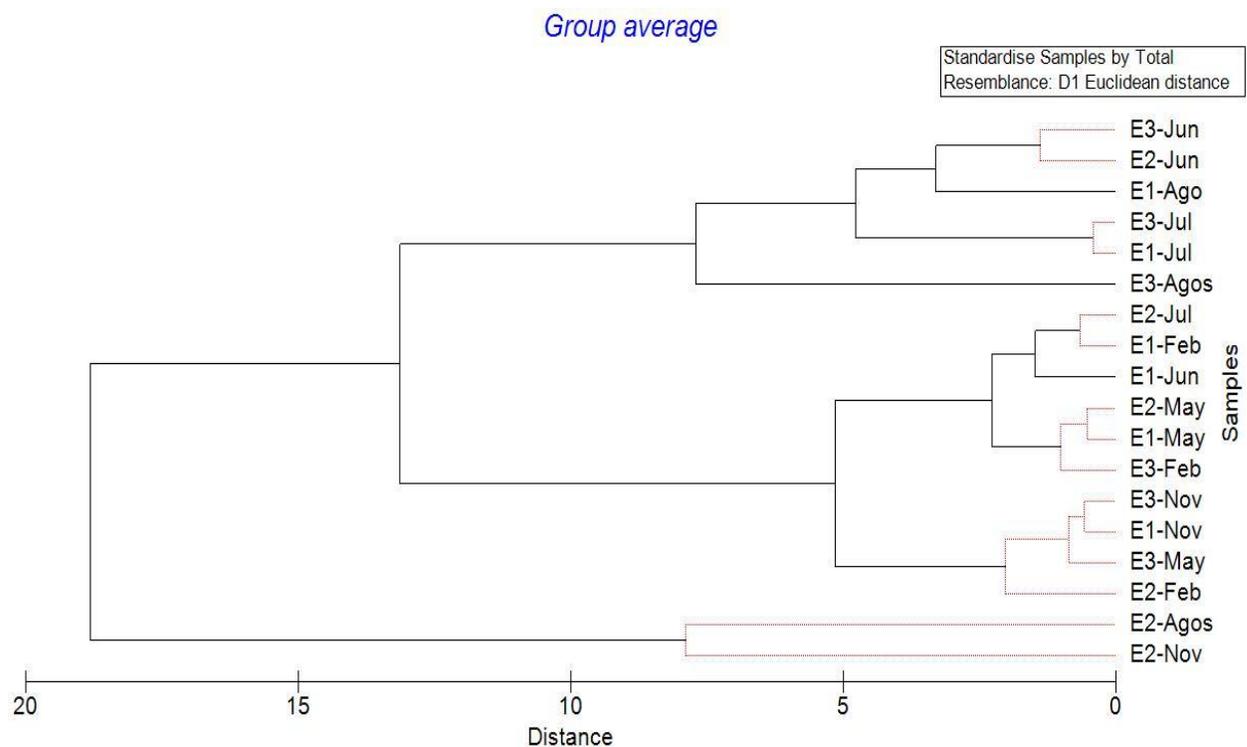


Figura 11. Dendograma de agrupamiento y ordenación de los meses de muestreo y unidades de muestreo (estructuras) de las variables ambientales.

## VIII.7 Caracterización de variables ecológicas

### *Abundancia de especies.*

Temporalmente en los meses de sequía (noviembre, febrero y mayo) se encontró la mayor abundancia (557 organismos) y la menor en los meses de lluvias (junio, julio y agosto) con 448 organismos. Espacialmente, el sitio con el valor más bajo fue la estructura 1 con 251 organismos y el sitio con el más alto fue el 3 con 427 organismos (Figura 12).

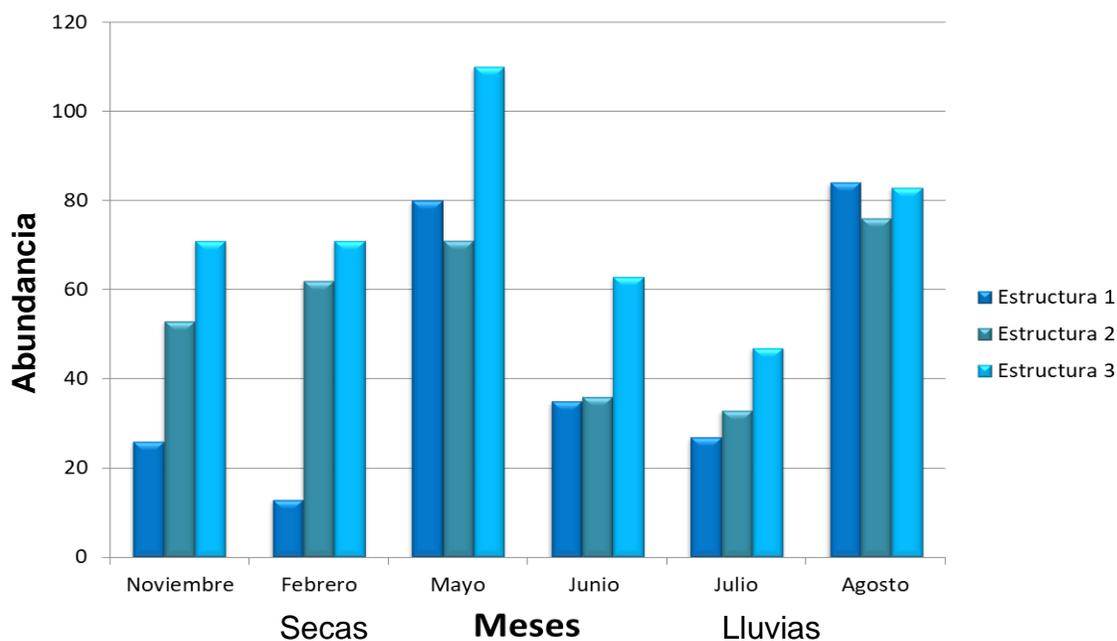


Figura 12. Variación estructural y mensual de la abundancia de la ictiofauna en el canal estuarino de Boca del Cielo.

### Especies más abundantes

De las 30 especies encontradas las más abundantes fueron *Lutjanus argentiventris* (21.11%), *Eucinostomus currani* (17.95%), *Dormitator latifrons* (15.74%), *Lile gracilis* (12.48%) y *Lutjanus novemfasciatus* (7.20%), acumularon el 74.47% de la abundancia total (Figura 13).

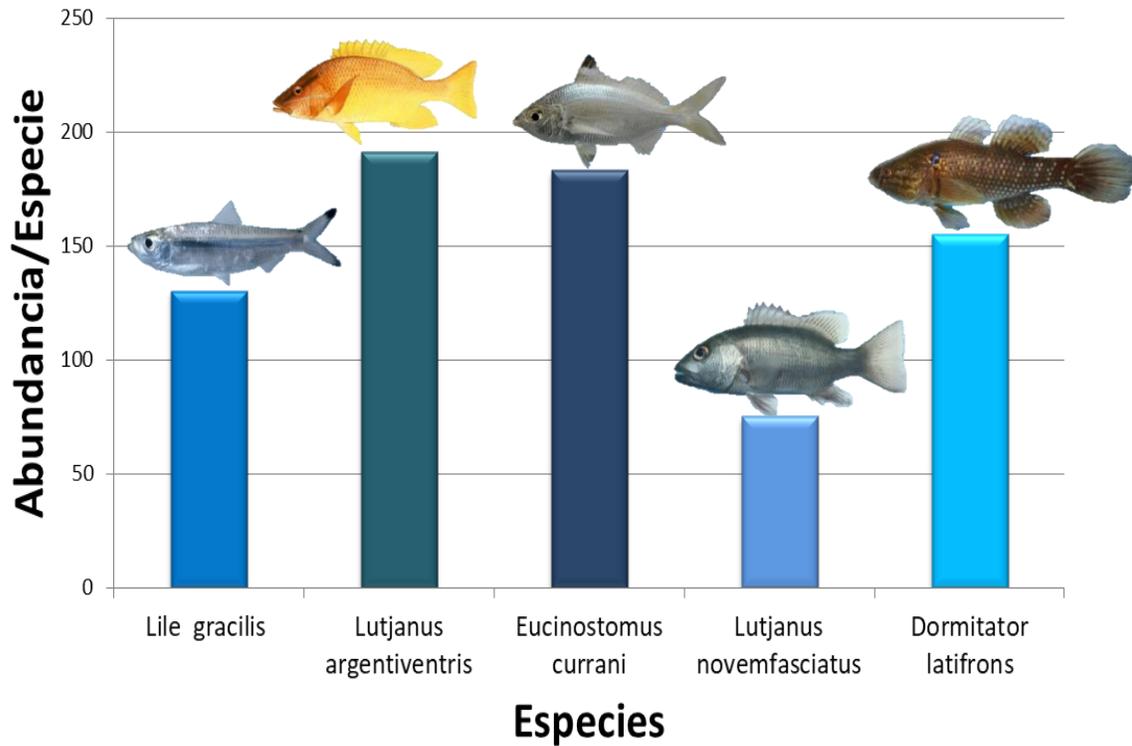


Figura 13. Especies más abundantes durante el muestro en el canal estuarino de Boca del Cielo.

## Riqueza

La riqueza de especies (S) (Figura 14), osciló de 7 (junio y julio de 2017) a 16 especies (febrero de 2017). Espacialmente, se obtuvo que la estructura 1 tuvo la menor riqueza con 17 especies y un promedio de  $S=7.33\pm 2.07$  ( $\pm 1DE$ ), y la estructura 2 obtuvo una mayor riqueza con un total de 19 especies con un promedio de  $S=10.00\pm 3.16$ , en las cuales no hubieron diferencias significativas (Kruskal-Wallis  $H=5.93$ ,  $p=0.2954$ ). Por temporada, el mes con una mayor riqueza fue mayo  $S=12.67\pm 1.53$  perteneciente al estiaje y el más bajo en junio  $S=7.33\pm 0.58$  (lluvias), sin encontrarse diferencias significativas entre temporadas (Kruskal-Wallis  $H=1.714$ ,  $p=0.184$ ).

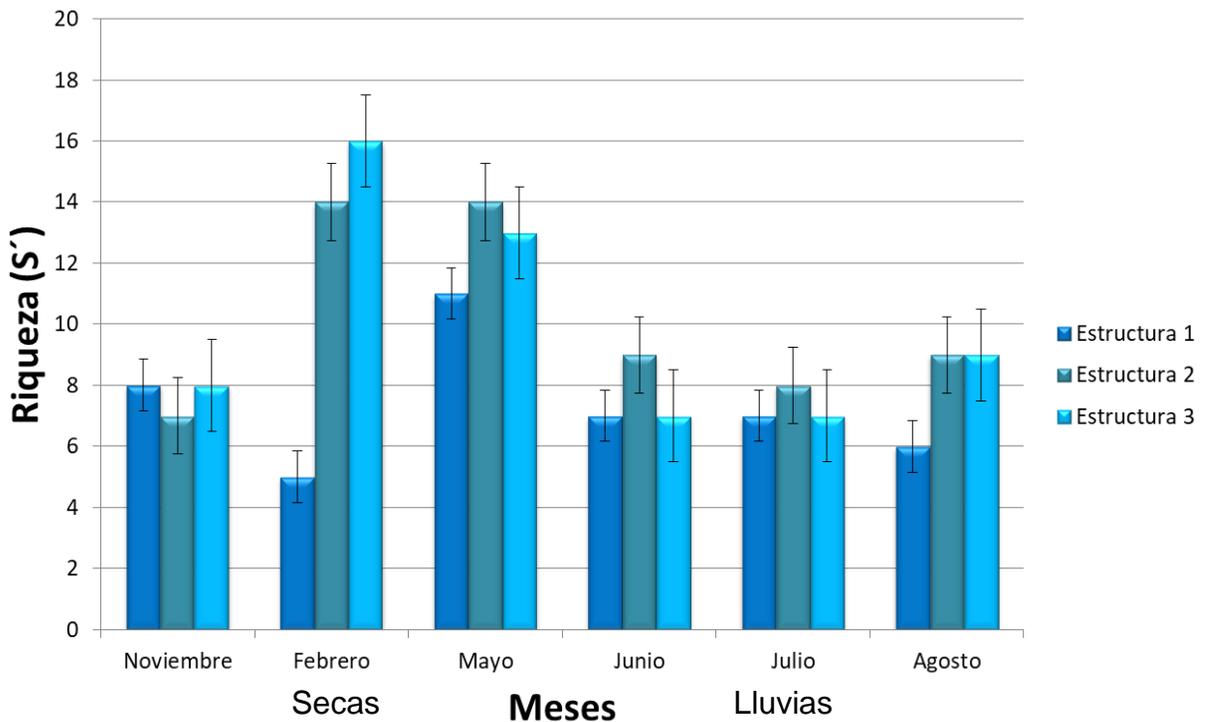


Figura 14. Variación estructural y mensual de la riqueza de la ictiofuna en el canal estuarino de Boca del Cielo.

## Diversidad

La diversidad ( $H'$ ) (Figura 15) osciló de 0.89 (agosto de 2107) a 2.22 (mayo de 2017). Las variaciones espaciales de diversidad fueron pocas, resultando que el sitio más diverso fue la estructura 3 ( $H'=1.82\pm 0.17$ ), encontrándose el menor valor en la estructura 1 ( $H'=1.61\pm 0.38$ ), sin diferencias significativas (Kruskal-Wallis  $H=9.304$ ,  $p=0.09753$ ). Temporalmente, el valor más alto fue en el mes de mayo perteneciente a la temporada de estiaje ( $H'=2.02\pm 0.20$ ) y el valor más bajo en agosto ( $H'=1.16\pm 0.44$ ), en temporada de lluvias sin encontrar diferencias significativas entre ambas temporalidades (Anova,  $F=3.188$ ,  $p=0.1487$ ).

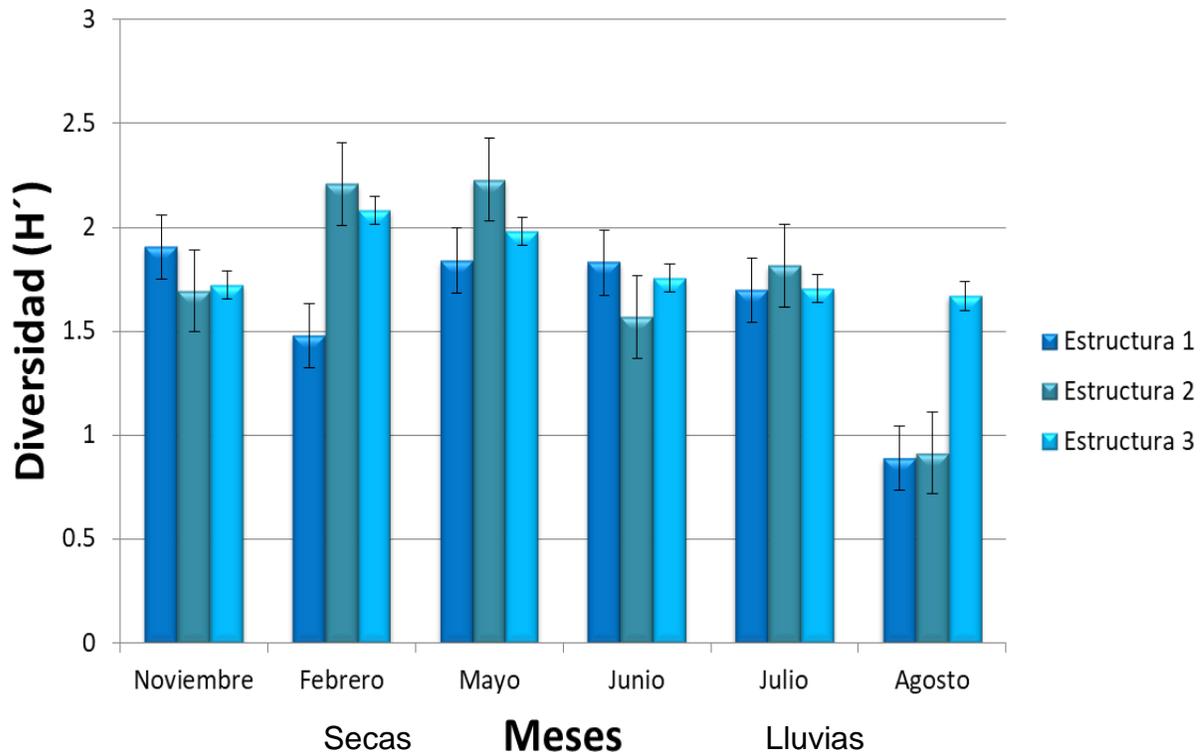


Figura 15. Variación estructural y mensual de la diversidad de la ictiofuna en el canal estuarino de Boca del Cielo.

## Equitatividad

La Equitatividad ( $J'$ ) (Figura 16) varió de 0.41 (agosto de 2017) a 0.94 (junio de 2017). Especialmente los sitios con una mayor equitatividad fueron las estructuras 1 y 3 ( $J'=0.82\pm 0.17$ ) ( $J'=0.82\pm 0.06$ ) respectivamente, el menor valor se encontró en la estructura 2 ( $J'=0.77\pm 0.17$ ), sin encontrarse diferencias significativas (Kruskal-Wallis  $H=9$ ,  $p=0.1091$ ). De manera temporal, el valor más alto se encontró en el mes de junio ( $J'=0.88\pm 0.07$ ) y el más bajo en el mes de agosto ( $J'=0.56\pm 0.18$ ), los dos pertenecientes a la temporada de lluvias, sin encontrarse diferencias significativas entre ambas temporadas (Kruskal-Wallis  $H=0.4286$ ,  $p=0.5127$ ).

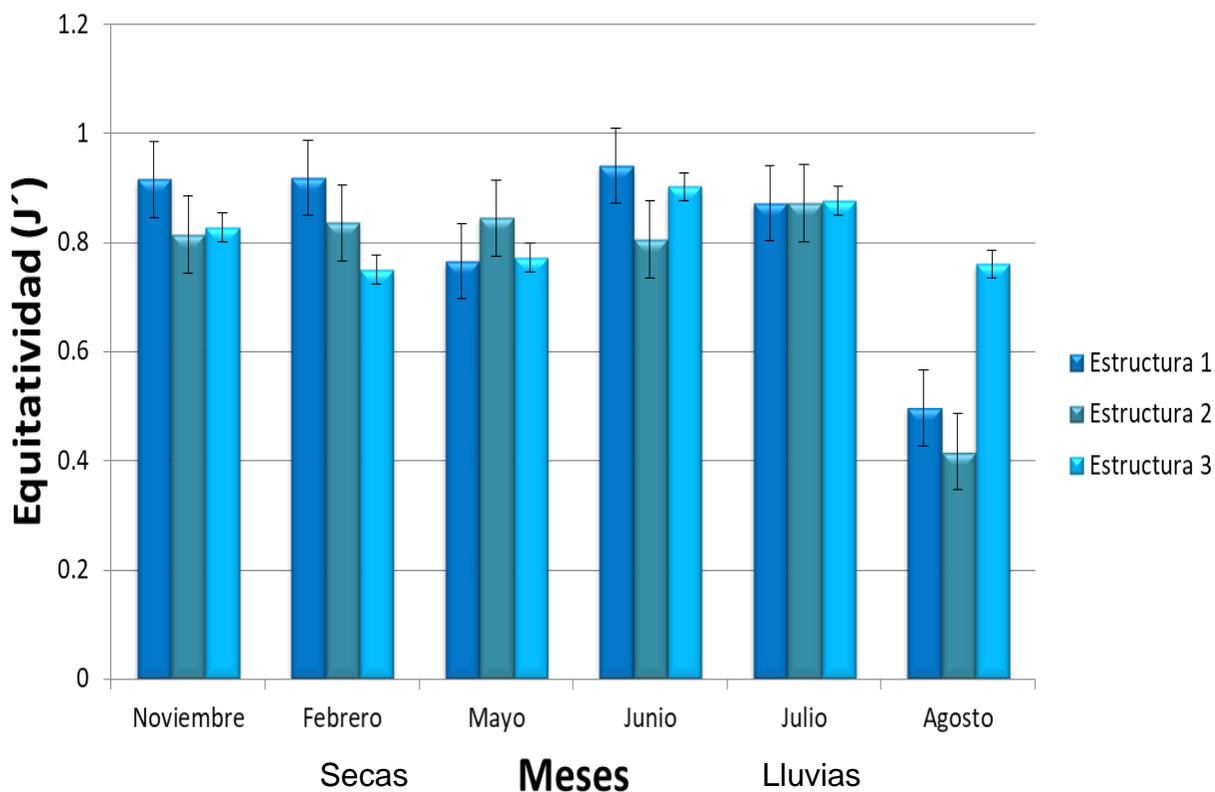


Figura 16. Variación estructural y mensual de la equitatividad de la ictiofauna en el canal estuarino de Boca del Cielo.

## Dendograma de abundancias

El dendograma basado en la abundancia de las especies en sitios y meses de muestreo, de acuerdo a la prueba de SIMPROF conformó 4 grupos, el primero formado por la estructura 1-Mayo y Febrero, el segundo por estructura 2-Agosto, estructura 1-Agosto, estructura 3-Agosto, el tercer grupo constituido por el complejo que forma en las estructura 1, 2 y 3 en los meses de Noviembre, Junio y Julio, y el último grupo compuesto por estructura 2 y 3 febrero y mayo (Figura 17).

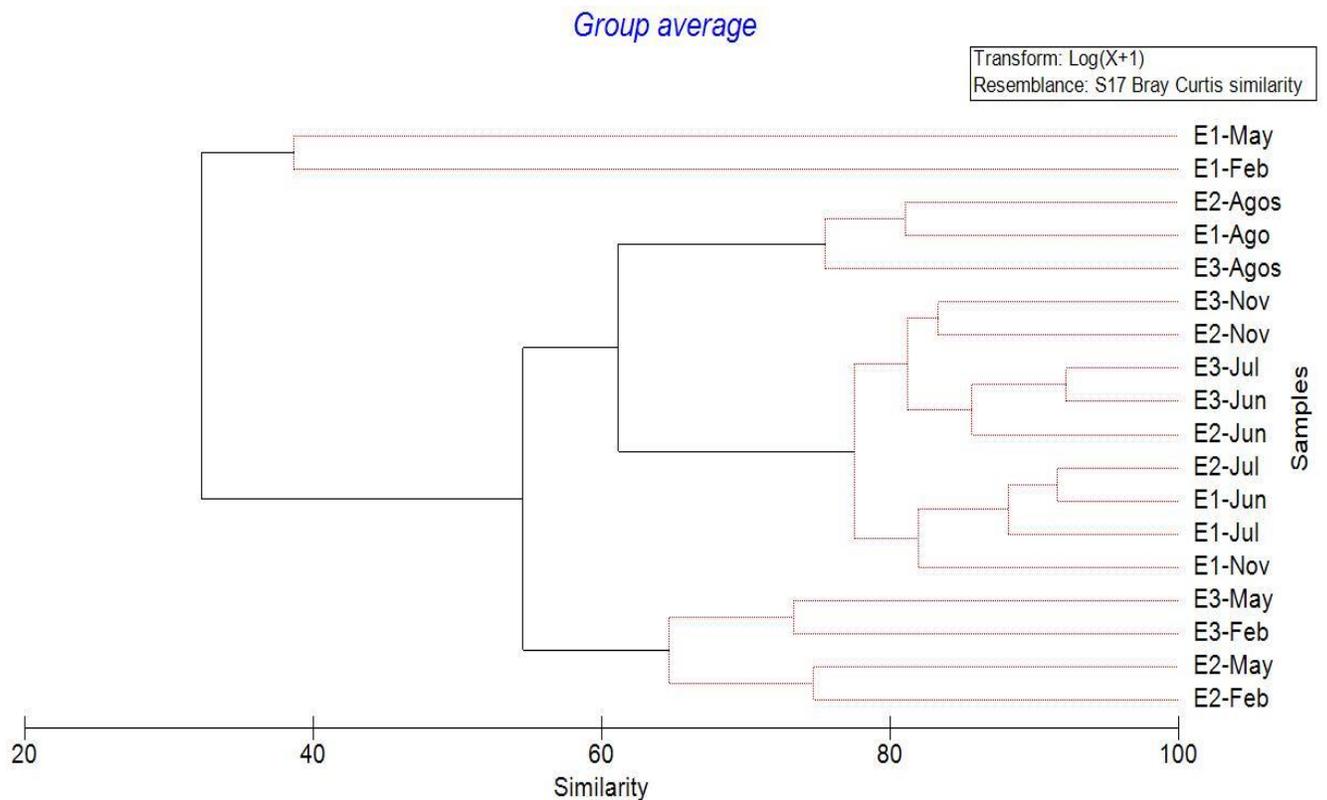


Figura 17 . Dendrograma de similitud de la abundancia íctica en los sitios y meses de muestreo del canal estuarino de Boca del Cielo.

### VIII.8 Grafico NMDS

El análisis de ordenación (nMDS) (Figura 18) de especies encontradas por temporada, mostró un nivel de estrés de 0.08 lo que indica que los resultados del análisis no son producto de azar, en este grafico se muestra que los muestreos en cada estructura se agruparon mejor por temporada, y que las variables como la temperatura y profundidad fueron las que mejor definieron la temporada de estiaje.

La temporada de lluvias se vio afectada por la profundidad ya que fue la variable de mayor influencia para los eventos de muestreo. Cabe mencionar que en la estructura 1 durante los meses de secas fueron los eventos de muestreo que exhibieron una diversidad más distinta.

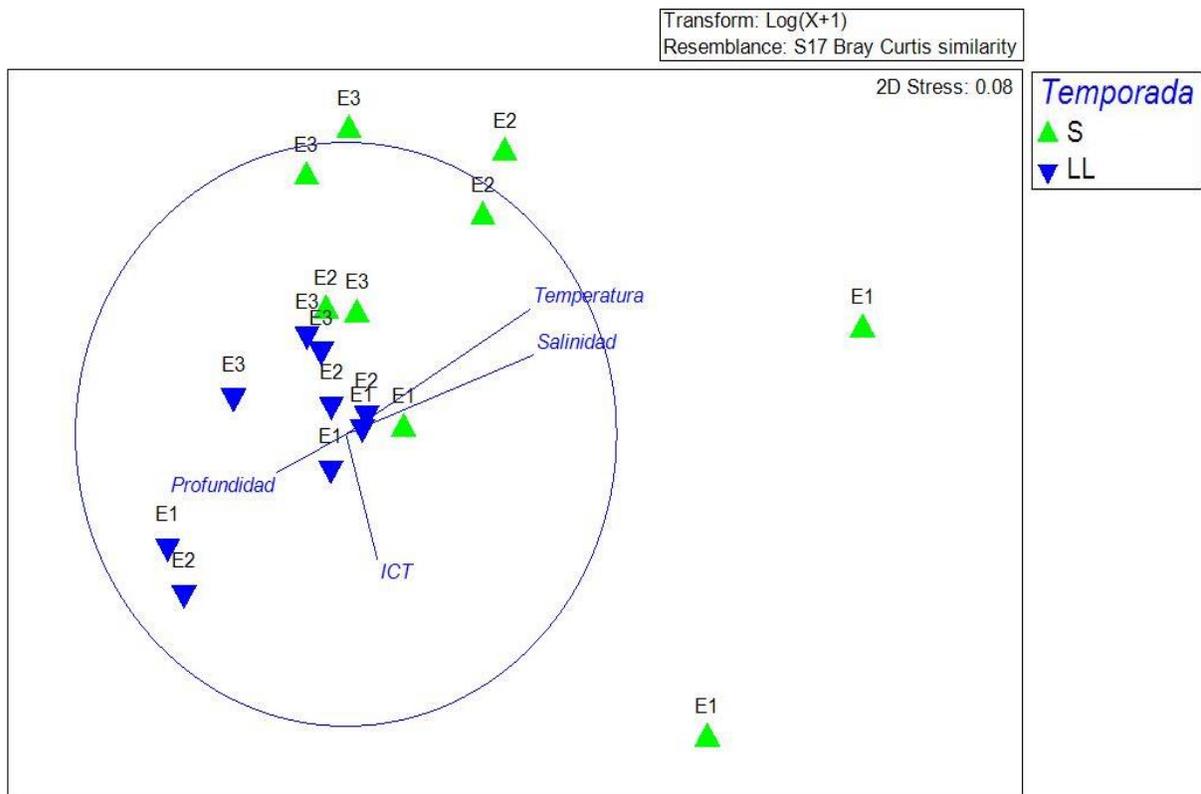


Figura 18. Análisis nMDS de la composición de especies encontradas por temporada y eventos de muestreo.

### VIII.9 Correlación de Spearman

El coeficiente de Spearman (Tabla 4) mostró que la riqueza se relacionó de manera positiva con la temperatura, el mismo patrón siguió la diversidad al relacionarse de manera positiva con la temperatura y salinidad, también mostró que la riqueza se relacionó de manera inversa con el Índice de Rugosidad.

Tabla 5. Coeficientes de correlación de Spearman entre las variables ecológicas y las variables ambientales

Valores en negritas indican valores >0.4.

	Riqueza (S)	Abundancia	Diversidad (H')	Equitatividad (J')
Temperatura	<b>0.47509</b>	-0.012429	<b>0.59638</b>	0.29664
Transparencia	-0.31889	0.13757	-0.26834	-0.14769
Profundidad	-0.31889	0.13757	-0.26834	-0.14769
Salinidad	0.38316	-0.075198	<b>0.44921</b>	0.19073
IR	<b>-0.44012</b>	-0.13142	-0.17049	0.10492

### VIII.10 Relación entre especies y variables ambientales. (Análisis de Correspondencia Canónica)

El ACC (Figura 19) mostró que los dos ejes de ordenación con eigenvalores de 0.19 (ACC1) y 0.074 (ACC2), explicaron el 100% de la varianza acumulada (71.82% y 28.18% respectivamente).

Los parámetros que determinaron la composición, abundancia y distribución de las especies en las estructuras fueron Salinidad, Temperatura, Profundidad e Índice de Rugosidad, en la estructura 2 los factores que determinaron la composición fueron la salinidad, temperatura e índice de rugosidad, en estructura 3 la profundidad fue el factor que influyó más en la composición de especies, diferenciado así de la estructura 1 donde no se asocia ninguna variable ambiental.

En los distintos patrones de asociación entre los organismos y su ambiente, la distribución *H. dispilus* y *H. naos* se asoció a la temperatura.

En cuanto a la salinidad las especies que se vieron afectadas fueron *A. troschelli*, *G. simillimus*, *D. latifrons*, *C. gilberti* y *E. picta*.

El factor que se asoció a la distribución de especies como *A. xanthopterus*, *S. flavilatus* y *C. humeralis* fue la rugosidad. Especies que no se asocian al eje número 1 puede indicar hábitos generalista con respecto al hábitat.

## ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA (ACC)

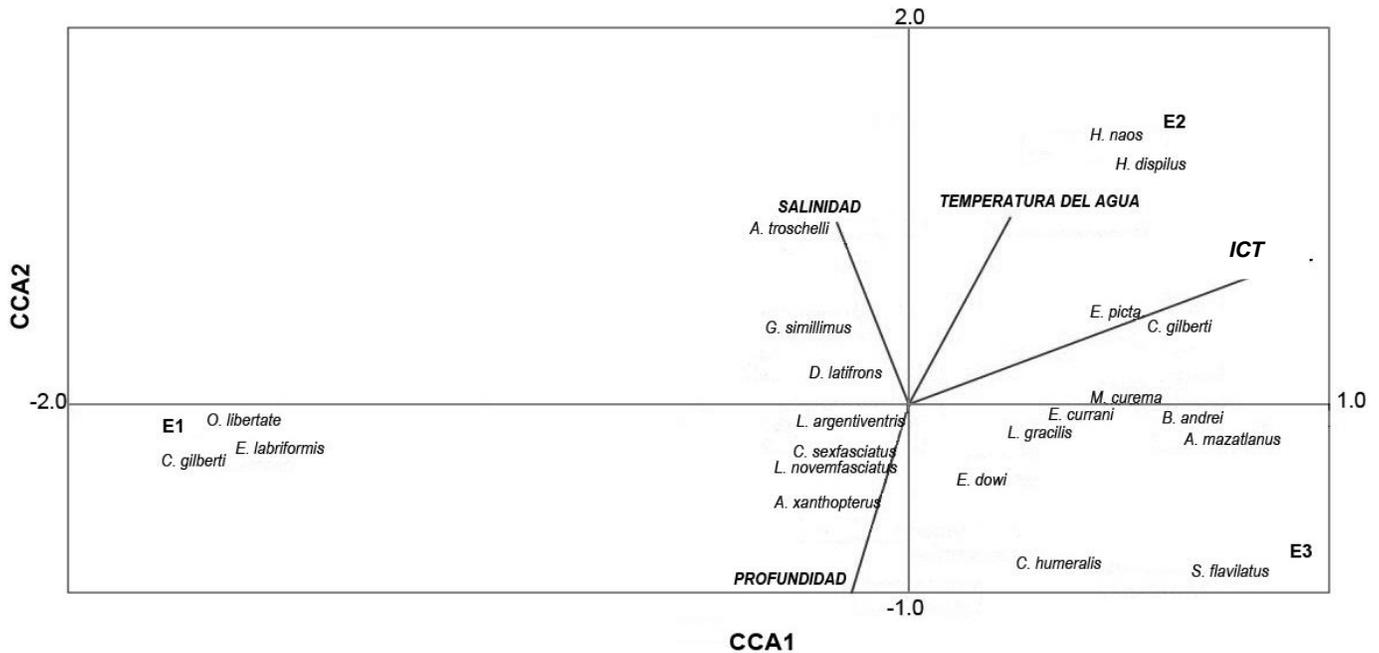


Figura 19. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) entre las especies y las variables ambientales del canal estuarino de Boca del Cielo.

## IX. DISCUSION

De acuerdo a la primera hipótesis planteada, se acepta ya que los resultados mostraron una mayor riqueza de especies marino-estenohalinas en temporada de estiaje, debido a que la salinidad aumento en un rango de 30 a 40 UPS, ya que estas especies son peces que visitan ocasionalmente los sistemas estuarinos, con baja tolerancia a amplios cambios de salinidad, por lo que viven entre los 30 y 40 UPS.

Respecto a la segunda hipótesis también se acepta ya que la estructura rocosa número 2 es la que obtuvo un valor mayor de rugosidad y de riqueza, ya que esta estructura puede ofrecer protección, fuentes de alimento, y condiciones óptimas de luz y temperatura para el desarrollo de comunidades complejas que presentan una alta riqueza de peces.

En las zonas tropicales y subtropicales encontramos la presencia de dos épocas climáticas características: estiaje y lluvias (Alongi, 1998), los constantes cambios de los factores climáticos en ambas temporadas influyen en diversos procesos ecológicos; éstos efectos operan a través de parámetros como la lluvia, descargas fluviales y corrientes marinas de manera que los cambios en las variables ambientales pueden regular a las poblaciones (Sánchez-Santillán *et al.*, 2012) y explicar el comportamiento de éstas mismas en los sistemas estuarinos.

Los estuarios se distinguen por su baja diversidad ictiológica pero alta abundancia de organismos para algunas especies (Whitfield, 1999). Existen diferentes factores que determinan o influyen en la riqueza de peces, los cuales pueden ser agrupados en diferentes grupos: factores regionales, antrópicos, metodológicos y locales. Los factores locales tales como el tamaño de las lagunas, profundidad, nutrientes, temperatura, vegetación, fondos (rocoso, arenoso, presencia de pastos) y la salinidad, así como otros factores vinculados con la naturaleza de los hábitats marinos y dulceacuícolas adyacentes, pueden tener una profunda influencia sobre la riqueza y composición de especies que se desarrollan en estos ecosistemas (Blaber, 1997).

Fraser, (1997) indican que la salinidad, es uno de los parámetros que interviene de mayor manera sobre la diversidad de peces. Conforme a lo planteado en la hipótesis de este estudio, en donde se esperaba encontrar diferencias de diversidad de especies dependiendo de la época climática, se observó que si fue determinante para la estructura de la comunidad de peces. Sin embargo, es necesario ampliar el número de muestreos con la finalidad de comprobar si este modelo es correcto y es constante en el sistema.

### **IX.1 Dominancia**

De acuerdo con la prueba de Olmstead-Tukey, un número de al menos 6 especies se agruparon dentro de la categoría de dominantes, comprendidas por especies residentes estuarinas, eurihalinas y estenohalinas (dulceacuícolas, marinas y visitantes ocasionales) capaces de tolerar las amplias fluctuaciones del ambiente como salinidad y temperatura. En tanto, la mayor parte de las especies fue incluida en la categoría de raras, comprendidas por visitantes ocasionales casi en su totalidad y solo una residente estuarina (*Eleotris picta*).

En el grupo de las frecuentes, se agruparon pocas especies, siendo estas comprendidas por especies estenohalinas y solo una especie eurihalina (*Gerres simillimus*). El grupo con menor representación fue el de las ocasionales en donde sólo se encontró una especie (*Dormitator latifrons*) siendo esta residente estuarino. Esto demuestra que aunque la ictiofauna del sistema está compuesta por 30 especies, el estudio estuvo dominado por un menor número de especies, esto coincide con los resultados encontrados por (Gómez-González, 2010) donde pocas especies fueron dominante.

De acuerdo con Villegas-Sánchez *et al.*, (2009), las especies de peces dominantes en las asociaciones de arrecifes rocosos del Golfo de California pueden permanecer relativamente constantes y homogéneas debido a la alta concentración de recursos alimenticios y a la protección que este tipo de hábitats brinda. Este mismo patrón se encontró en este estudio, donde las especies dominantes encontradas se distribuyeron en las tres estructuras y en todos los meses de muestreo.

## **IX.2 Categorías ecológica de los ictiofuna**

La clasificación ecológica de peces en México, se describe por Castro-Aguirre *et al.*, (1999) donde agrupan a las especies estuarinas con base en su tolerancia a la salinidad. El presente estudio estuvo principalmente constituido por especies de afinidad marina estenohalina o visitantes ocasionales obteniendo el 70% de la ictiofuna total. Gibson, (1999) menciona que la mayoría de las especies visitantes acuden a la zona costera con fines alimenticios, de reproducción o refugio.

Las especies categorizadas como visitantes, mostraron una definida presencia estacional, patrón que ha sido reconocido por estudios precedentes (Gibson, 1999; Grossman, 1982). El efecto de la estacionalidad en la estructura de las comunidades puede ser evidenciada por un incremento en la riqueza y abundancia de las especies, debido al reclutamiento de especies residentes y visitantes (Ritter, 2005). Las siguientes categorías fueron representadas por especies de afinidad eurihalina representado por el 20% y residentes estuarinos con el 10% de la ictiofuna encontrada en el Canal de Boca del Cielo.

La predominancia en abundancia de las especies residentes estuarinas en este estudio, es coincidente con lo reportado por otras investigaciones de peces intermareales en regiones templadas (Grossman, 1982). En su estudio, Ruiz-Campos (1986) encontró que cuatro especies formaron el elenco residente, significando el 86% de abundancia de individuos, mientras que en el presente estudio las tres especies residentes sumaron 28.5% de la abundancia de peces habitantes en las estructuras rocosas.

## **IX.3 Composición**

Los resultados muestran una composición íctica con un relativamente bajo número de especies en el canal estuarino de Boca del Cielo, ya que la cantidad de especies registradas (30), está por debajo de la riqueza de otros sistemas estuarino-lagunares del Pacífico central mexicano, sobresaliendo la laguna costera Guasimas, Sonora donde se registran 95 especies (Padilla-Serrato *et al.*, 2016), de la misma manera la laguna Barra de Navidad, Jalisco donde se encontraron un total de 92 especies (González-Sansón *et*

*al*, 2014), en la isla Socorro, Colima donde se encontraron 83 especies (Chávez-Comparán *et al*, 2010),

La zona costera de Nayarit, contrasta con los resultados encontrados en este estudio, ya que la cantidad de especies registradas 149 (García-Ramírez y Lozano-Vilano, 1992) está muy por encima de las especies reportadas en este trabajo y estudios mencionados anteriormente, de igual manera la región costera de Jalisco y Colima muestran una diferencia significativa ya que se registraron 173 especies (Lucano-Ramírez *et al.*, 2001). Las diferencias encontradas en este de estudio y los estudios mencionados anteriormente, puede deberse a una mayor extensión del área de estudio de dichos trabajos, donde registra una mayor diversidad de especies, además es notable la diferencia de la alta riqueza presentada en dichas investigaciones, debido quizás a los métodos de colecta.

En otros estudios del Pacífico central, se muestran resultados similares a los encontrados en esta investigación, como en el estado Michoacán en el cual se estudiaron 4 estuarios donde se encontraron un total de 31 especies (Sandoval-Huerta *et al.*, 2014), cabe mencionar que dicho estudio se realizó únicamente en la bocanarras de los estuarios. Es importante mencionar que la riqueza encontrada en este trabajo es mayor a la riqueza en los estuarios de Michoacán, ya que la boca donde se encuentra el canal estuarino de Boca del Cielo es efímera y tiende a cambiar temporalmente.

En el estado de Chiapas, se han estudiado diversos sistemas lagunares-estuarinos donde se encontraron una diversidad alta, en contraste con la que se encontró en este estudio, como el sistema Lagunar Carretas-Pereyra con 55 especies (Velázquez-Velázquez *et al.*, 2006), Los Patos-Solo Dios con 41 especies (Urbina-Trejo, 2016), Chantuto-PanzaCola con 143 especies (Gómez-González *et al.*, 2012), la reserva de la Biosfera La Encrucijada siguió el mismo patrón, con 153 especies (Gómez-González, 2010). Mientras que para la zona del Pacífico Oriental-Occidental se muestra que la ictiofauna registrada es relativamente alta en contraste con la encontrada en este estudio, Romero-Berny *et al.*, (2018) reportó para el norte del Golfo de Tehuantepec, Mar Muerto, la Joya Buenavista y los Patos Solo-Dios 120 especies

### **IX.3.1 Peces de fondos rocosos naturales y artificiales**

Los resultados de este estudio, difieren con los encontrados en la zona del Golfo de California, donde predominan los fondos rocosos. De acuerdo a Findley *et al.*, (1996) se han reportado cerca de 281 especies de peces arrecifales en el Golfo de California, esto es, aproximadamente el 32% del total de la ictiofauna de la región. En la región de Punta Perico, Cálapiz- Segura (2004) encontró un total de 86 especies.

El mismo patrón se observó en la zona central de Pacífico, en un complejo de islas de Nayarit y Jalisco, la ictiofauna encontrada supero las 100 especies de acuerdo a Galván-Villa (2015), para la zona costera del estado de Michoacán se registran un total de 80 especies según Ramírez-Ortiz *et al.*, (2011), en la costa de Acapulco, Guerrero, el número de especies fue de 114 especies como lo reporta Palacios-Salgado (2005), en el estado de Colima de acuerdo a Chávez-Comparan *et al.*, (2008) encontraron 89 especies. Para la región de Pacífico Oriental Mexicano, la ictiofauna encontrada superó el número de especies registradas en este estudio, tal es el caso del conjunto de Bahías de Oaxaca: bahías Maguey y Cacaluta, con 42 especies (Juárez-Hernández *et al.*, 2013).

Hay pocos estudios relacionados con la ictiofauna asociada a estructuras rocosas artificiales (muelles, pilotes, etc.). Existen algunos para la zona de norte del país (Zayas-Álvarez, 2016, Sánchez-Alcántara, 2007), y la región central del Pacífico mexicano (Ramírez-Ortiz *et al.*, 2011). La riqueza de especies de los trabajos anteriormente citados no muestra una diferencia ya que el número de especies en dichas investigaciones no supero las 40 especies. El escaso número de estudios realizados en México indica el desconocimiento de la composición y funcionamiento ecológico de especies asociadas a estructuras rocosas artificiales.

En general la diversidad de la ictiofauna criptica encontrada en este estudio es baja, comparada con los sistemas rocosos naturales ya que en estos sistemas existen micro hábitats y refugios disponibles, además de factores como la complejidad estructural (abundancia y riqueza de especies asociadas) que están determinadas por la rugosidad del hábitat (Brokovich *et al.*, 2006).

Además, es importante considerar, que las especies de fondos rocosos exhiben preferencias específicas de hábitat, que están determinadas por una combinación de factores que incluyen la disponibilidad de alimento, refugio y varios parámetros físicos como salinidad, profundidad, claridad del agua, corrientes, efecto de mareas, así como también la naturaleza específica del fondo (Allen y Robertson, 2002). Estas variables juegan un papel importante durante el asentamiento y crecimiento de los organismos, los cuales se relacionan directamente con estos fondos rocosos (Moura *et al.*, 2007). Otro factor importante, es el tamaño del área de estudio, las cuales fueron mayor a la de este trabajo y al tipo de suelo de fondos blandos, los cuales predominan en las costas de Chiapas.

En cuanto a los fondos rocosos artificiales, la ictiofauna encontrada en este estudio no tuvo contrastes con las investigaciones anteriormente mencionadas, ya que la riqueza de especies fue similar. Los sistemas rocosos artificiales favorecen a la conservación, diversidad y riqueza de especies, sin embargo la inestabilidad de los sistemas artificiales no reporta completamente los servicios ecológicos que favorecen al reclutamiento y desarrollo de especies, los cuales existen de manera óptima en los sistemas rocosos naturales (Moura *et al.*, 2007)

#### **IX.4 Estructura de la comunidad**

En cuanto a la temporalidad, los niveles más altos de diversidad, riqueza y equidad estuvieron mejor relacionados con la temporada de estiaje, gracias a que se elevó el nivel de salinidad, lo que permitió un mayor número de especies de afinidad marina-estenohalina. Lo contrario ocurrió en la temporada de lluvias, ya que con un mayor aporte de descarga fluviales, la salinidad desciende ocasionando un menor valor en los parámetros de diversidad, riqueza y equidad, disminuyendo la cantidad de especies estenohalinas y aumentando la cantidad de especies estuarinas. Esta misma tendencia ha sido documentada en trabajos como el de Gómez-González (2010).

Especialmente los valores más altos de todos los indicadores ecológicos se registraron en la estructura 2. En esta había presencia de macroalgas, una mayor

rugosidad y mayor tamaño de la estructura, lo cual se ha relacionado con la disponibilidad de hábitats, refugio y alimentación, que deriva en una mayor diversidad de peces (Moura *et al.*, 2007). Díaz-Ruiz *et al.* (2006) destacaron la importancia de la vegetación sumergida en los valores de riqueza, diversidad y abundancia de la ictiofauna de Chantuto-Panzacola.

A pesar de que boca del cielo es una zona predominante de fondos blandos, la presencia de estas estructuras rocosas permitió la presencia de especies típicas de arrecifes como: *Hippocampus ingens*, *Fistularia commersonii*, *Lutjanus argentiventris*, *Chaetodon humularis*, *Abudefduf troschelli*, *Stegastes flavilatus*, *Halichoeres dispilus*, *Nicholsina denticulata*.

#### **IX.5 Caracterización de variables ambientales**

El canal estuarino de Boca del Cielo, hidrológicamente reflejó cambios en las variables ambientales en cuanto a la temporada climática dominante. La salinidad y temperatura fueron los parámetros que mejor explicaron la variación entre lluvias y secas.

A diferencia de las zonas templadas, en donde se encuentran claramente definidas las temporadas cálidas y frías, en regiones tropicales y subtropicales gran parte de los cuerpos de agua, están sujetos a cambios asociados a las temporadas de estiaje y lluvia que se distinguen claramente (Piet, 1998). En la mayor parte de los cuerpos de agua tropicales, estas temporalidades conllevan a diferentes variaciones ambientales, en temperatura del agua, salinidad, profundidad, transparencia, oxígeno disuelto, los cuales tiene un efecto en las propiedades fisicoquímicas del agua. Las lagunas y estuarios se ubican en un zona latitudinal que influye en la temperatura del agua, comúnmente la mayoría de los cuerpos de agua costeros en México, se encuentran en latitudes tropicales y subtropicales, por lo que normalmente se presentan temperaturas que fluctúan entre los 25° y 30° C (Contreras-Espinosa, 2010).

En cuanto a la temperatura del agua, se observó que los valores variaron con respecto a las temporadas, un patrón similar fue reportado Urbina-Trejo (2016) en el sistema Lagunar los Patos-Solo Dios. Espacialmente no se detectó un gradiente, debido

a las condiciones similares y cercanía de los sitios de muestreo así mismo la profundidad somera afecto los valores de temperatura.

Los cambios en la salinidad del agua influyen en la distribución espacial de las especies (Neves *et al.*, 2011). La riqueza presenta una correlación negativa con la salinidad, pero la distribución de cada especie depende de su tolerancia fisiológica (Vega-Cendejas y Hernández-de Santillana, 2004). La salinidad por debajo de los 40 UPS favorece la presencia de componentes marinos y solamente pocas especies soportan valores arriba de los 70 UPS (Whitfield *et al.*, 2006).

Las diferencias en la salinidad corresponde el régimen climático de lluvias y secas donde tuvo diferencia con respecto a la temporalidad, esto ha sido reportado por Morzaria-Luna *et al.*, (2009). Podemos inferir que en este estudio el sistema se comportó de forma polihalino, de acuerdo al sistema de clasificación de Venecia. Especialmente el canal estuarino presentó condiciones relativamente homogéneas dándose el mayor valor de salinidad en la estructura 2, donde el promedio fue 30 UPS, determinado por la alta intrusión de agua marina como consecuencia de la boca efímera que presenta el canal estuarino. Un patrón semejante se observó en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola (Gómez-González, 2010) con diferencias en áreas cercanas a la descarga fluvial y la zona de influencia marina.

Temporalmente la profundidad tuvo diferencias, obteniendo mayores valores en temporada de lluvias, esto se asocia al aporte de precipitación que existe en esta temporada, diferenciado de la temporada de estiaje donde se observa un decremento en el nivel del agua, este patrón se observa en lagunas costeras donde el comportamiento cíclico de las variaciones están determinadas por la estabilización del régimen pluvial (Márquez *et al.*, 2006). Especialmente, los diferentes niveles de profundidad se deben a la naturaleza de cada sitio, siendo la estructura 3 en donde se encontró mayor profundidad, debido a la cercanía de la boca barra, encontrado las estructuras 1 y 2 más someras, siendo estas más idóneas para la ictiofauna al poseer abundantes recursos alimenticios y proporcionar condiciones favorables para el hábitat (por ejemplo: temperatura, refugio), que mejoran el crecimiento y sobrevivencia de peces (Verdiell-

Cubedo *et al.*, 2013). La transparencia obtuvo un patrón similar a los valores de profundidad, debido a las condiciones someras del sistema.

El análisis de clasificación de las variables ambientales se muestra en 6 grupos, los cuales expresan los diferentes eventos de muestreo, y espacialmente sugieren un comportamiento relativamente homogéneo, en el cual 3 grupos se encuentran separados debido a diferentes niveles de las variables ambientales: el grupo 1 establecido por los eventos de muestreos en la estructura 2 y 3 en junio está separado debido a la profundidad y transparencia, el segundo en la estructura 3-1-julio agrupados por los niveles de temperatura, el tercero en la estructura 2 en los meses de agosto y noviembre establecido por los valores de temperatura y salinidad.

Los otros eventos de muestro restantes son más afines, el cuarto grupo establecido en la estructura 2-Julio y estructura 1-febrero asociados debido a los niveles de salinidad y temperatura, el quinto grupo formado por los eventos de muestro en la estructura 2-1-mayo y estructura 3-febrero asociando la salinidad, profundidad y transparencia, el último grupo en la estructura 3-1-Noviembre, estructura 3-mayo y estructura 2-febrero donde se asocian todas los niveles de las diferentes variables ambientales, este mismo patrón es reportado por Gómez-Gonzales, (2010).

## **IX.6 Caracterización de variables ecológicas**

El canal estuarino de Boca del Cielo se caracterizó por tener una baja diversidad y riqueza, destacando la dominancia de unas cuantas especies, siendo este un patrón típico en zonas tropicales y templadas (González-Solís y Torruco, 2013), lo cual que se ha señalado como característica de estos ambientes (Whitfield, 1999).

El aporte de agua marina y los niveles de salinidad en constante variabilidad, fueron los que afectaron la estructura de la comunidad íctica. La presencia de bocabarras abiertas favorece el aporte de agua marina, lo cual se ha señalado como un factor que incrementa la diversidad íctica, ya que en los sitios cercanos existe una mayor

frecuencia de especies de afinidad marina, tales como Serránidos, Carángidos, Lutjánidos, Escianidos y otros visitantes ocasionales (James *et al.*, 2007).

### **IX.6.1 Índices ecológicos**

Una de las especies más abundantes en el presente estudio fue, *Lutjanus argentiventris*, la cual también han sido reportadas como las principales en la estructura comunitaria de otros sistemas rocosos del sur del Golfo de California (Villegas-Sánchez *et al.*, 2009; Moreno-Sánchez, 2009; Barjau-González, 2012).

Las altas abundancias de esta especie sin duda obedecen a las características ecológicas y biológicas de la misma ya que *Lutjanus. argentiventris* habita sobre fondos rocosos, durante el día forma agregaciones y por la noche prefiere permanecer solitario resguardado en cuevas o grietas. Es un depredador nocturno de peces, crustáceos, cangrejos y moluscos, con una etapa reproductiva durante los meses de julio y noviembre (Hernández-Olalde, 2008).

A nivel regional la riqueza, diversidad y equidad de especies se ve influenciada por la interacción de las condiciones geográficas, físicas y oceanográficas (temperatura, salinidad, profundidad, etc.) así como por la topografía del fondo (Begon *et al.*, 2006). Fundamentalmente la disponibilidad de refugio y alimento, la estructura del hábitat, la complejidad topográfica y las interacciones ecológicas como reclutamiento, depredación y competencia principalmente, modificaron la comunidad (Aburto y Balart 2001, Chávez-Comparan, 2009).

En general la riqueza en este estudio fue baja, a comparación de lo reportado en otros estudios, como por ejemplo en Oaxaca, donde predominan los fondos rocosos naturales (Juárez-Hernández *et al.*, 2013). La riqueza a nivel temporal mostro que los mayores valores se encontraron en la temporada de secas, esto se debe a que los niveles de salinidad y temperatura aumentaron más que en los otros meses. Espacialmente se encontró que la estructura con mayor riqueza fue la estructura 2, debido a que existe una mayor heterogeneidad ambiental, la cual es típica en la línea de costa del Pacífico tropical oriental, (Fernández-Palacios 2004). En esta estructura se

observó que existían oquedades que ayudaban de refugio, y macroalgas el cual al tener características particulares presentan faunas distintas que posiblemente enriquezcan la ictiofauna de la estructura rocosa.

Los resultados encontrados en este estudio, concuerdan con otro hecho en el Pacífico Oriental Tropical (Marie-Fourriere, 2012). En comparación, Pérez-España *et al.*, (1996) determinaron que la riqueza aumento en la época cálida para la zona del Golfo de México, los efectos de la estacionalidad en la comunidad pueden estar enmascarados por la fuerte influencia del ambiente heterogéneo, que es característico de aguas poco profundas y por la variación interanual debida a la influencia del calentamiento del mar (Cálapiz-Segura, 2004).

La diversidad promedio en general del canal estuarino de Boca del Cielo fue baja, en comparación con otros estudios realizados en el Pacifico Mexicano. Para la zona norte de país en el Golfo de California Torres-Esparza (2016) reporta una diversidad de 4.9, para puerto de Acapulco Palacios-Salgado (2005) reportó una diversidad de 3.13 en Isla Isabel, Galván-Villa (2010) encontró una diversidad promedio de 2.7, mientras que para Bahía Maguey y Cacaluta Oaxaca, Juarez-Hernández *et al.* (2013) registraron una diversidad de 2.12, siendo estos sitios predominantes en fondos rocosos.

El aumento de la riqueza de especies en temporada de estiaje se reporta por distintos autores en el Golfo de California para peces de afinidad criptica (Moreno-Sánchez, 2009; Barjau-González, 2012) como lo que ocurrió es este estudio. Esto se debe al aumento de la temperatura y salinidad, las cuales afectaron el valor de la diversidad de especies marinas-estenohalinas las cuales solo entran al canal de Boca del Cielo en determinada época del año, debido a que necesitan zonas cálidas y polihalinas, como se comportó este sistema en temporada de secas.

Espacialmente la mayor diversidad se vio en la estructura número 2 ya que esta es la estructura que cuenta con los las diferentes características de refugio y alimento para las especies. Este mismo patrón se encontró en otros estudios, donde cuentan con una área más extensa presentando una mayor rugosidad (Torres-Esparza, 2016; Juárez-Hernández, *et al.*, 2013).

La equitatividad a nivel espacial y temporal en este estudio fue baja, reportándose valores más altos en la estructura 2. Esto ocurre por el efecto de las proporciones que guardan la riqueza y abundancia de especies. Posiblemente la uniformidad de la comunidad de peces en las zonas de estudio dependa mucho de la topografía del sustrato (Chabanet *et al.*, 1997), permitiendo una distribución más homogénea de las abundancias explicándose así que la equidad en este lugar sea mayor (Ramírez-Ortiz *et al.* 2011). A nivel temporal la mayor equitatividad se encontró durante el estiaje, esto se debe a que se reportó un bajo número de organismos en las especies marinas-estenohalinas que ingresan al sistema en esta época.

El análisis de agrupamiento basado en la abundancia de las especies capturadas en sitios y meses de muestreo, se conformó por 4 grupos. El primero formado en la estructura 1-mayo y febrero agrupando las abundancias de organismo eurihalinas y estenohalinas como, *Eucinostomus dowi* y *Lutjanus argentiventris* respectivamente. Debido al aumento de salinidad durante estos meses, lo cual coincide por lo reportado por El Khattabi-Salazar, (2019).

El segundo grupo se presentó en la estructura 2, 1 y 3 en agosto, siguiendo el mismo patrón de especies de afinidad estenohalina, eurihalina y estuarina, siendo la especie con mayor abundancia *D. latifrons*, que debido a sus hábitos detritofagos, encuentra las condiciones óptimas durante este periodo (Yáñez-Arancibia, 1999).

El tercer grupo formando por el complejo en las estructura 1, 2 y 3 en los meses de Noviembre, Junio y Julio, agrupo las abundancias de especies estuarinas y estenohalinas como, *Lile gracilis* y *Stegastes flavilatus*, lo que refleja una transición temporal encontrándose un mayor aporte de descargas fluviales y agua marina (Urbina-Trejo, 2016).

Finalmente, el cuarto grupo reúne las abundancia de peces en las estructuras 2 y 3 para febrero y mayo, en donde la influencia de agua marina es permanente, y son características las especies de afinidad estenohalina como *Hippocampus ingens*,

*Fistularia commersoni*, *Halichoeres dispilus*, *Acanthurus Xanthopterus*, *Epinephelus labriformis*, *Pseudobalistes naufragium*.

La abundancia y presencia de estas especies, puede deberse a que las estructuras rocosas del canal estuarino de Boca del Cielo tiene un carácter de “sitios de tránsito”, con pocas especies permanentes (Barba-Jacinto, 2015).

### **IX.7 Descripción de hábitat**

La complejidad estructural del hábitat (CEH) nos expresa como está conformado un entorno con características como la rugosidad y tipo de sustrato, lo que aumenta el número de oquedades que incrementan el uso de hábitat por especies cripticas (Piña et al., 2008). Una mayor rugosidad en la estructura 2 favoreció a la riqueza y abundancia de especies estenohalinas.

### **IX.8 Analisis multivariado no paramétrico (nMDS)**

El nMDS muestra que existe una temporalidad marcada, que favorece un cambio entre los elencos icticos de lluvias y secas, y que las variables como la temperatura y profundidad fueron las que definieron la temporada de estiaje, mientras que la temporada de lluvias se vio afectada por la profundidad. Un mismo patrón, se siguió en la zona del Golfo de California, en donde se encontró una variación temporal para el elenco ictico (Aldana-Moreno, 2012; El Khattabi-Salazar, 2019).

### **IX.9 Correlaciones**

La temperatura, la salinidad y la rugosidad, influyeron directamente en los valores de riqueza y diversidad de especies, debido a la marcada estacionalidad que se encontró en el sistema. Así mismo el número de oquedades favorece directamente el desarrollo de comunidades ícticas más diversas (Gratwicke y Speight 2005).

### **IX.10 Relación entre especies y variables ambientales**

El ACC expresó una dominancia íctica, caracterizada por las variables de salinidad, temperatura y rugosidad, lo que coincide con los encontrado por Ross *et al.* (1987), quienes mencionan que son un conjunto de factores que afectan los patrones de reproducción y alimentación, ocurrencia y abundancia (Montesinos-González, 2009).

La temperatura, es un factor determinante en la distribución y la abundancia de algunas especies de peces (Yáñez-Arancibia, 1975), lo cual se observó en el ACC ya que especies como *H. dispilus* y *H. naos*, se asociaron a esta variable debido a su preferencia por ambientes someros en donde las temperaturas suelen mayores (Dominici-Arosemena & Wolff, 2005). Por otro lado especies como *A. troschelli*, *G. simillimus*, *D. latifrons*, se relacionaron con la salinidad debido a los cambios temporales que experimenta su abundancia. Especies como *A. xanthopterus*, *S. flavilatus*, *C. humerallis* se asociaron al hábitat debido a su condición crípticas. Especies que no mostraron asociar definida con alguna variable refleja su condición generalista (Arreola-Robles y Elorduy-Garay, 2002)

### **IX.11 Curvas de acumulación**

En cuanto a la temporalidad se sabe que existen variaciones estacionales a lo largo del año que incrementan el número total de especies (Rodríguez-Romero *et al.*, 2005), como ocurrió en este muestreo. Especialmente los sitios 1 y 2 son los que alcanzan la asíntota con el esfuerzo realizado en este estudio.

El presente trabajo es pionero en la caracterización de peces asociados a fondos rocosos en las costas de Chiapas. Constituye una línea base para futuras investigaciones de la ictiofauna. Hay que destacar que se encontraron 7 registros de peces de hábitos crípticos para la costa Chiapaneca,

1. *Abudefduf troschelli*
2. *Stegastes flavilatus*
3. *Halichoeres dispilus*
4. *Microdesmus dorsipunctatus*
5. *Acanthurus Xanthopterus*
6. *Epinephelus labriformis*
7. *Arothron meleagris*

## X. CONCLUSIONES

- 1.- El elenco de peces de las tres estructuras rocosas, estuvo compuesto por 30 especies, 28 géneros, 22 familias y 9 órdenes. Las familias mejor representadas fueron Gerreidae. (3 especies), Clupeidae, Eleotridae, Gobiidae, Lutjanidae, Microdesmidae, Pomacentridae Y Tetraodontiformes (2 especies). El resto de las familias fue representado por 1 especie. Se encontraron 7 nuevos registros especies para las costas de Chiapas.
- 2.- A lo largo del estudio las especies dominantes fueron *Lile gracilis*, *Lutjanus argentiventris*, *Eucinostomus currani*, *Eucinostomus dowii*, *Abudefduf troschelli*, *Gerres simillimus*, *Caranx sexfasciatus*, *Mujil curema*, *Lutjanus novemfasciatus*, *Dormitator latifrons*.
- 3.- La familia Lutjanidae fue la que aportó la mayor abundancia, con el 28.31% de la muestra total, seguida por Eliotridae, y Guerridae. Las especies más abundantes fueron *Lutjanus argentiventris* (21.11%), *Lutjanus novemfasciatus* (7.20%), *Eucinostomus currani* (17.95%), *Dormitator latifrons* (15.74%) y *Lile gracilis* (12.48%) acumularon el 74.47% de la abundancia total.
- 4.- Se encontró que de las 30 especies reportadas en este estudio, el 70 % son de afinidad Marina-Estenohalina, 20% Marina-Eurihalina y 10 % Residentes Estuarinos.
- 5.- Los valores medio de salinidad, temperatura, profundidad y transparencia, alcanzaron mayores picos en temporada seca y especialmente en la estructura 2. La salinidad y temperatura son los parámetros que mejor se correlacionan con la composición ictiofaunística.
- 6.- La riqueza obtuvo mayores valores en la temporada de estiaje, especialmente alcanzo mayores niveles en la estructura número 2.
- 7.- La diversidad estuvo mejor representada en la temporada de estiaje, especialmente obtuvo picos más altos en sus valores en la estructura número 2.

8.- La equitatividad reflejo que los mayores valores se encontró en la temporada de secas y que espacialmente la estructura número 2 obtuvo mayores.

9.- La estructura 2, alcanzo una mayor complejidad de hábitat basado en la rugosidad al tener un mayor tamaño mientras que las estructuras 3 y 1 mostraron una complejidad media.

10.- La complejidad del hábitat fue el atributo que mayor influencio en la composición, abundancia, riqueza, diversidad y equitatividad.

11.- La distancia entre la boca barra y las estructuras rocosas parece ser un factor general influenciando a la comunidad de peces. Ya que las estructuras más cercanas a la boca barra se asocia con un incremento en la riqueza de especies de afinidad estenohalina.

## **XI. RECOMENDACIONES**

- 1.- La realización del presente estudio indica la utilidad de seguir trabajando con este tipo de estructuras artificiales ya que se ofrece la posibilidad de analizar las comunidades de peces conspicuos y poder hacer una comparación con sistemas naturales.
- 2.- Se recomienda la medición de una mayor cantidad de atributos de la complejidad estructural del hábitat (invertebrados, algas, equinodermos, tipo de coral, exposición al oleaje, etc.)
- 3.- Profundizar en el análisis a nivel poblacional, con estudios de biología reproductiva, ecología trófica y la dinámica de las poblaciones, esto aportaría mayor conocimiento para entender las interacciones de estas comunidades en sistemas artificiales.
- 4.- Se recomienda ampliar la duración del muestreo a varios años y visitas bimestrales para así tener una mayor información de las fluctuaciones estacionales y así poder analizar los factores relacionados.
- 5.- Otra cuestión importante que se ha indicado en esta investigación es el aumento del número de individuos de algunas especies en determinadas épocas del año, por lo cual sería recomendable realizar otros estudios que definieran la variación temporal de la estructura de tallas de la asociación de peces del arrecife, así como las zonas y épocas de reclutamiento.
- 6.- Se requiere la aplicación de otras metodologías de muestreo (capturas) que permitan obtener información sobre otras especies con hábitos diferentes (especies crípticas y nocturnas).

## XII. REFERENCIAS

- Aburto, M.O. y Balart, E. F. 2001. Community structure of reef fish habits of a rocky reef in the Gulf of California. *Marine Ecology*. 22(4): 238-305.
- Ackerman, J. L. y D. R. Bellwood. 2000. Reef fish assemblages: a re-evaluation using enclosed rotenone stations. *Mar Ecol Prog Ser*. 206:227–237.
- Aldana-Moreno, A. 2012. Variación espacial de la estructura comunitaria de peces arrecifales de la costa oeste del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. México.
- Allen, G.R. y D. R. Robertson. 2002. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: un sistema de información. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá ISBN 9962-614-02-3.
- Allen, L.G., L.S. Bouvier y R.E. Jensen. 1992. Abundance, diversity and seasonality of cryptic fishes and their contribution to a temperate reef fish assemblage off Santa Catalina Island, California. *Bull. So. Calif. Acad. Sci.* 91(2): 55-69.
- Alongi, D. M. 1998. Coastal Ecosystem Proceses. CRC Presas. Boca Ratón, USA. 419 p.
- Alvarez-Filip, L., H. Reyes-Bonilla y L.E. Calderón-Aguilera. 2006. Community structure of fishes in Cabo Pulmo Reef, Gulf of California. *Mar. Ecol.* 27: 253-262.
- Arceo-Carranza, D., Vega-Cendejas, M. E. Montero-Muñoz, J. L. y Hernández de Santillana, M. J. 2010. Influencia del hábitat en las asociaciones nictemerales de peces en una laguna costera tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 823-837.
- Arreola Robles J. L. y Elorduy-Garay. J. F. 2002. Reef fish diversity in the region of La Paz, Baja California Sur, México. *Bulletin of Marine Science* 70(1): 1-18.

- Barba-Jacinto, A. D. 2015. Descripción de la Ictiofauna asociada a mantos de Fungia en isla Catalana, Loreto B.C.S., México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Barjau-González, E. 2012. Estructura comunitaria y diversidad taxonómica de los peces en la Bahía de La Paz y la Isla San José, Golfo de California. Tesis, Doctorado en Ciencias, CIBNOR, S. C., La Paz, B.C.S., México. 135 pp.
- Begon M., Townsend C. y Harper J.L. 2006. Ecology from individuals to ecosystems. Fourth Edition. Blackwell publishing. 759p.
- Blaber, S. J. M. 1997. Fish and Fisheries of Tropical Estuaries. London. 367p.
- Brokovich, E., Barranes, A. y Goren, M. 2006. Habitat structure determines coral reef fish assemblages at the northern tip of the Red Sea. Ecological Indicators 6:494-507.
- Cálapiz-Segura, A. 2004. Composición y estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en Punta Perico e Isla Cerralvo, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría en Ciencias Marinas, CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México.
- Carr, M. H. y Hixon, M. A. 1997. Artificial reef. The importance of comparison with natural reefs. Artificial Reef Management. 22 (4): 28-33.
- Castañeda, F. L., Loaiza, V. R. Pérez, V. S. Martínez, T. I. Sánchez, C. A. y Turk, B. P. 2016. Importancia de los arrecifes rocosos del norte del Golfo de California. Pesquerías sustentables. 12p.
- Castro-Aguirre, J. L., Espinosa-Pérez, H. S. y Schmitter-Soto, J.J. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. IPN /LIMUSA, México, D.F. 711 p.
- Castro-Aguirre, J.L. 1978. Catálogo sistemático de los peces que penetran a las aguas continentales de México, con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Dep. Pesca Inst. Nal. Pes., Ser. Cient., México, D. F., 19 + xi 298 pp.
- Chabanet, P., Ralambondrainy, H. Amanieu, M. Faure, G. y Galzin, R. 1997. Relationships between coral reef substrata and fish. Coral Reefs 16: 93–102.

- Chao, I., Pereira, I. y Vieira J. 1985. Estuarine fish community of the Dos Patos Lagoon, Brazil. A baseline study. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed). Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration. UNAM Press, pp. 429-450.
- Chave, J. 2004. Neutral theory and community ecology. *Ecology Letters* 7: 241–253.
- Chávez-Comparán, J. C., Patiño-Barragán, M. CalderónRiveroll, G. Lezama-Cervantes, B. Ibarra Casillas, M. y Bautista-Laureano, S. 2010. Listado de peces generado por censos visuales submarinos en la Isla Socorro, México. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 27(1), 72-78.
- Chávez-Comparan, J. C., Galeana-Lemus, G.G. Manzo-Vargas, I. y Salinas-Sánchez, J.A. 2008. Catálogo de peces de arrecifes rocosos-coralinos de Punta Carrizales. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, Colima, 114 pp.
- CONABIO 1998: Lista de Regiones Hidrológicas Prioritarias de México: RHP 32 Soconusco.
- CONANP, IDESMAC, 2002a. Informe Final del Proyecto Conservación y Manejo Integral de Cuencas en el complejo Reserva de la Biosfera La Sepultura - Sistema Lagunario Mar Muerto - La Joya Buena Vista, Chiapas, México. FASE II. 148 pp.
- CONANP, IDESMAC, 2002b. Monitoreo de aves acuáticas y terrestres del complejo REBISE - humedales costeros. 34 p.p.
- Contreras, E. F. 2010. Ecosistemas costeros mexicanos. Una actualización. México City: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
- Contreras, E. F., y Gutiérrez, F. M. 1989. Temas de Oceanografía Biológica en México. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en lagunas costeras. In: V. J. de la Rosa y F. F. González (Eds.). UABC. pp. 57-78.
- De la Lanza-Espino, G.1994. Química de las lagunas costeras y el litoral mexicano (127-198). In: DE LA LANZA-ESPINO G. & C. CÁCERES M. (EDS.). Lagunas costeras y el litoral mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur, pp. 525.

- Denny, M.W. 1988. *Biology and the mechanics of the wave-swept environment*. Princeton University Press, Princeton. 329 pp.
- Depczynski, M., y D. Bellwood. 2003. The role of cryptobenthic reef fishes in coral reef trophodynamics. *Mar Ecol Prog Ser*. 256:183–191.
- Díaz-Ruiz, S., Aguirre-León, A. y Cano-Quiroga, E. 2006. Evaluación ecológica de las comunidades de peces en dos sistemas lagunares estuarinos del sur de Chiapas, México. *Hidrobiológica*.16: 197-210.
- Díaz-Ruiz, S., Pérez-Hernández, M. A. y Aguirre-León, A. 2003. Characterization of fish assemblages in a tropical coastal lagoon in the north west Gulf of Mexico. *Ciencias Marinas* 29 (4B): 631-644.
- Dominici, A., Arosemena-Wolff, M. 2005. Reef fish community structure in Bocas del Toro (Caribbean, Panama): Gradients in habitat complexity and exposure. *Caribbean Journal of Science*. 41.
- El Khattabi Salazar, S. 2019. Estructura de la comunidad y preferencia de hábitat de peces crípticos en la costa oeste del Golfo de California. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste. La Paz, Baja California Sur.
- Eschmeyer, W. N. y Fricke, R. 2016. *Catalog of fishes*. California Academy of Sciences.
- Espinosa, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 450-459.
- Fernández-Palacios J. M. 2004. Introducción a las islas. Pp.21-55. En: Fernández Palacios J. M. y C. Morici (Eds). *Ecología insular*. AEET, Madrid. 438p.
- Findley, L. T., Torre, J. Nava J. M. Van der Heiden, A. M. Hastings, P. A. 1996. Preliminary ichthyofaunal analysis from a macrofaunal database on the Gulf of California, Mexico. Pp. 138.
- Flores–Verdugo, F. J., C. Agraz-Hernández, D. Benítez-Pardo. 2007. Ecosistemas acuáticos costeros: Importancia, reto y prioridades para su conservación.

- Fraser, T. H. 1997. Abundance, seasonality, community indices, trends and relationships with physicochemical factors of trawled fish in upper Charlotte Harbor, Florida. *Bulletin of Marine Science* 60: 739-763.
- Friedlander, A. M. y J. D. Parrish. 1998. Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian coral reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 224:1-30.
- Galván-Villa C. M., Arreola-Robles, J. L. Ríos-Jara, E. y Rodríguez-Zaragoza, F. 2010. Ensamblajes de peces arrecifales y su relación con el hábitat bentónico de la Isla Isabel, Nayarit, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45: 311–324.
- Galván-Villa, C. 2015. Estructura de los ensamblajes de peces arrecifales de tres áreas marinas protegidas del Pacífico mexicano. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2. 69-86.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, México, D.F.
- García-Ramírez, M. E., y Lozano-Vilano, M. L. 1992. Lista revisada de los peces marinos costeros de Nayarit, México. *Publicaciones biológicas*, 6 (2). pp. 124-132. ISSN 0188-5774.
- Gibson, R. N., y Yoshiyama, R. M. 1999. Intertidal Wsh communities. In: Horn MH, Martin KLM, Chotkowski MA (eds) *Intertidal Wshes: life in two worlds*. Academic Press, San Diego, pp 264–296.
- Glynn, P.W. 1976. Some physical and biological determinants of coral community structure in the eastern Pacific. 46(4):431-456. *Ecological Monographs* Smithsonian Research Institute. Balboa, Canal Zone-Panamá.
- Gómez-González, A. 2010. Comunidad de peces del sistema Chantuto-Panzacola, Reserva de la Biosfera La Encrucijada. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

- Gómez-González, A.E., Velázquez-Velázquez, E., Rodiles-Hernández, R., González-Díaz, A. A., González-Acosta, A. F. y Castro-Aguirre, J. L. 2012. Lista sistemática de la ictiofauna en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.83: 674-686.
- González-Acosta, A. F., Rodiles Hernández, R. y González Díaz, A. Á. 2017. Checklist of the marine and estuarine fishes of Chiapas, Mexico. *Marine Biodiversity*, 48(3): 1439-1454.
- González-Solís, A., y Torruco, D. 2013. Fish assemblage structure in relation to environmental conditions in a tropical estuary. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 48 (3): 553-563.
- Gratwicke, B., y Speight, M. 2005. The relationship between fish species richness, abundance and habitat complexity in a range of shallow tropical marine habitats. *Journal of Fish Biology*. 66. 650 - 667.
- Grossman, G.D. 1982. Dynamics and organization of a rocky intertidal fish assemblage: the persistence and resilience of taxocene structure. *American Naturalist* 119:611-637.
- Guzmán, A., y Ardila, N. E. 2004. Estado de los fondos blandos en Colombia. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, Santa Marta. 322 p.
- Guzmán, H.M., y Cortés, J. 1993. Arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical: Revisión y perspectivas. *Rev. Biol. Trop.*, 41: 535-557.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. y Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*. 4(1): 9 p.
- Hernandez-Olalde, L. 2008. Ecología reproductiva de peces de arrecife rocoso en el suroeste del Golfo de California. Tesis, Doctorado en Ciencias, CICIMARIPN. La Paz, B.C.S., México. 184 pp.

- Hernández-Roque, J., Romero-Berny, E.I y López-Vila, J. 2018. Ictiofauna de descarte en la pesca artesanal de camarones (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*) en la laguna costera Mar Muerto, Golfo de Tehuantepec, México. *Revista Ciencias Marinas Y Costeras*, 10(2), 51-76. <https://doi.org/10.15359/revmar.10-2.3>.
- James, NC., Cowley, P. D. Whitfield, A. K. 2007. Abundance, recruitment and residency of two sparids in an intermittently open estuary in South Africa. *African Journal of Marine Science* 29: 527–538.
- JICA. Guía para la construcción y colocación de arrecifes artificiales. 2007/07/02. [https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/2271029E1/materials/pdf/2007/2007\\_07\\_02.pdf](https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/2271029E1/materials/pdf/2007/2007_07_02.pdf).
- Juárez-Hernández, L. G., Tapia-García, M. y Luna-Monsivais, B. 2013. Estructura de las comunidades de peces de las bahías Maguey y Cacaluta, Huatulco.
- Kovalenko, K. E., Thomaz, S. M. y Warfe, D. M. 2012. Habitat complexity: approaches and future directions. *Hydrobiologia* 685:1–17.
- Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoons of México: their origin and classification. *Estuarine processes* (Wiley, M. Ed.) Academic Press Inc., volume II, 182-215.
- Lara-Domínguez, A.L., y Yáñez-arancibia, A. 1999. Productividad secundaria, utilización del hábitat y estructura trófica. *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología, A.C. México UICN/HORMA, USA. 153-166 pp.
- Lara-Lara, J. R. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México. pp 109–134.
- Laroche, J., Baran, E. y Rasoanandrasana, N. B. 1997. Temporal patterns in a fish assemblage of a semiarid mangrove zone in Madagascar. *Journal of Fish Biology* 51:3-20.
- Little, C. y Kitching, J. A. 1996. *The biology of rocky shores*. Oxford University Press, Nueva York, 240 p.

- López-Pérez, R. A., López Pérez-Maldonado, I. López-Ortiz, A. M. Barranco-Servín, L. M. Barrientos-Villalobos, J. y Leyte-Morales, G. E. 2010. Reef fishes of the Mazunte-Bahías de Huatulco reef track, Oaxaca, Mexican Pacific. *Zootaxa* 2422: 53-62.
- López-Vila, J., Velázquez-Velázquez, E. y Gómez-González, A. 2015. Fauna de acompañamiento asociada a la pesca artesanal de camarón en un sistema lagunar de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México.
- Lozano-Vilano, M. L., García-Ramírez, M. Contreras-Balderas, E. S. y Ramírez-Martínez, C. 2007. Diversity and conservation status of the Ichthyofauna of the Río Lacantún basin in the Biosphere Reserve Montes Azules, Chiapas, México. *Zootaxa* 1410: 43-53.
- Lucano-Ramírez, G., Ruiz-Ramírez, S. Palomino, B. Rojo-Vázquez, J. A. 2001. Listado de las especies de peces de la región costera de Jalisco y Colima, México. *Cienc. Mar.* 5. 13-20.
- Machado-Allison, A. 1993. Los peces de los llanos de Venezuela: Un ensayo sobre su historia natural. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición 89p.
- Magurran, A. E. 1989. Diversidad ecológica y su medición, 1ª edición. Ediciones Vedra, Barcelona- España.
- Marie-Fourriere, M. I. 2012. Comparación de la estructura del ensamblaje de peces entre islas oceánicas del Pacífico Oriental Tropical: el archipiélago de Revillagigedo y el Atolón de Clipperton. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S, México.
- Márquez, B., Marín, B. Zoppi, E. y Moreno, C. 2006. Zooplancton del golfo de Cariaco. *Bol. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 45(1): 61 – 78.
- McComick, M. I. 1994. Comparison of field methods for measuring Surface topography and their associations with tropical reef fish assemblage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 112: 87-96.

- McCune, B., y Grace J. B. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software design. Oregon. 300 p.
- Medina-Valmaseda, A., Blas, J. Silva-Pérez, M. Salvat-Torres, H. y Salvat-Quesada, M. 2014. Diversidad de peces en los arrecifes de coral de la costa sur-central de Cuba. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*. 6. 91-101. 10.15359/revmar.6.6.
- Montesinos-González, M. A. 2009. Aspectos biológicos y ecológicos de tres especies de peces de importancia pesquera y acuícola en la laguna costera Las Guásimas, Sonora, México. Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Guaymas. Guaymas, Sonora.
- Moreno-Sánchez, X. G. 2009. Estructura y organización trófica de la ictiofauna del arrecife de Los Frailes, B.C.S. México. Tesis de Doctorado, CICIMAR, La Paz, B.C.S, México.
- Morrone, J. J. 2005. Hacia una Síntesis Biogeográfica de México.
- Morzaria-Luna, H., Iris-Maldonado, A. y Valdevia-Jiménez, P. 2009. Chap. 5: Physico-Chemical Characteristics of Negative Estuaries in the Northern Gulf of California, México. 201-223 p.
- Moura, A., Boaventura, D. Cúrdia, J. Carvalho, S. Cancela da Fonseca, L. Leitao, F.M. Santos, M.N. y Monteiro, C. C. 2007. Effect of depth and reef structure on early macrobenthic communities of the Algarve artificial reefs (southern Portugal). *Hydrobiologia*. 580: 173-180 pp.
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world, 4ta.edición.Wiley, Nueva York.624 p.
- Neves, L. M., Teixeira, T. P. y Araújo, F.G. 2011. Structure and dynamics of distinct fish assemblages in three reaches (upper, middle and lower) of an open tropical estuary in Brazil. *Marine Ecology*. 32:115-131p.
- Padilla-Serrato, J., Martinez, J. Rodríguez-Romero, J. & Lluch-Cota, D. Galván-Magaña, F. y Acevedo-Cervantes, A. 2016. Composicion y aspectos biogeograficos del

- ensamble de peces de la laguna costera Las Guasimas, Sonora, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 44. 85-98. 10.3856/vol44-issue1-fulltext-9.
- Palacios-Salgado, D. S. 2005. Asociaciones de peces en los arrecifes rocosos de la bahía de Acapulco, Guerrero, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur.
- Pérez-España, H., Galván-Magaña, F. y Abitia-Cárdenas, L. A. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del suroeste del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas* 22: 273-294.
- Perkins, E. J. 1974. Academic Press. *The biology of estuaries and coastal waters*. 678 pp.
- Piet, J.G. 1998. Impact of environmental perturbation on a tropical fish community. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55:1842-1853.
- Piña-Amargos, F., Hernández-Fernández, L. Clero-Alonso, L. y González-Sansón, G. 2008. Características de los hábitats coralinos en Jardines de la Reina Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 29(3): 225-237.
- Ramírez-Gutiérrez, J. M., Tapia-García, M., Ramos-Santiago, E. y Ulloa, R. 2007. Fish community structure in San Agustín Bay, Huatulco, Mexico. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 80 (4): 419-430.
- Ramírez-Ortiz G., Reyes-Bonilla, H. Fourriere, M. Walther-Mendoza, M. y Calderón-Aguilera, L.E. 2011. Estructura comunitaria de la ictiofauna en arrecifes rocosos y artificiales de la costa de Michoacán, México.
- RAMSAR. CONANP. 2013. Designaciones internacionales.
- Ritter, A. F. 2005. The influence of processes at different scales on the population dynamics of intertidal fishes. Tesis de Doctorado. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of California, Santa Cruz, 203 pp.

- Robertson, D. R., y Cramer, K. L. 2009. Shore shes and biogeographic subdivisions of the Tropical Eastern Pacic. *Marine Ecology Progress Series* 380: 1-17.
- Rodiles-Hernández R., González-Acosta, A. González-Díaz, A. A. y Castro-Aguirre, J. L. 2011. Inventario ictiofaunístico de dos regiones marinas prioritarias del Pacífico tropical del estado de Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. Unidad San Cristóbal de las Casas. Informe final. SNIB-CONABIO proyecto No. EJ006. México, D.F.
- Rodiles-Hernández, R. 2005. Diversidad de peces continentales en Chiapas. *Diversidad Biológica de Chiapas*. ECOSUR, COCYTECH. México, pp. 141-160.
- Rodiles-Hernández, R., González-Díaz, A. A. y Chan-Sala, C. 2005. Lista de peces continentales de Chiapas, Méxi-co. *Hidrobiológica* 2 (15): 245-253.
- Rodríguez-Romero, J., Abitia-Cárdenas, L.A. Cruz-Agüero, J. y Galván-Magaña, F. 1992. Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Cienc Mar.* 18: 85-95.
- Roldan, G., y Ramírez, J. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*, 2ª edición. Editorial Universidad de Antioquia. 421 p. ROSTLAC UNESCO. Montevideo.
- Romero-Berny, E. I., Velázquez-Velázquez, E., Anzueto-Calvo, M. J., Urbina-Tre-jo, E. y Schmitter-Soto, J. J. 2018. The fish fauna of three lagoon-es-tuarine systems in the northeastern Gulf of Tehuantepec, Mexican sou-th Pacific. *Rev. Mex. Biodivers.*, 89, 84-98.
- Ross, S.T., McMichael Jr, R.H. y Ruple, D.L. 1987. Seasonal and diel variation in the standing crop of fishes and macroinvertebrates from a Gulf of Mexico surf zone. *Estuar Coast Shelf S.* 25: 391-412.
- Ruiz-Campos, G. 1986. Estructura, composición y dinámica de la comunidad íctica de las pozas de marea durante otoño-invierno en la playa rocosa de Granada Cove, Bahía Todos Santos, B.C., México. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada.

- Sánchez–Alcantara, I. 2007. Comparación de las comunidades de peces asociados a un arrecife natural de La Isla Espíritu Santo y el arrecife artificial “Fang Ming”, en La Paz, 56 Baja California Sur. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S.
- Sánchez-Santillán, N., De la Lanza-Espino, G. y Sánchez- Trejo, R. 2012. Análisis de la climatología dinámica en el NE de la península de Yucatán, México. Recursos acuáticos costeros del sureste. Recorecos. 449 p.
- Sandoval-Huerta, E. Madrigal-Guridi, X. Escalera, L. 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. 1184-1196.
- Santamaría-Damián S, Romero-Berny EI, Tovilla-Hernández C, Gallegos-Martínez ME, De la Presa Pérez JC. 2016. Nuevos registros del mangle centroamericano *Avicennia bicolor* Standl. (Acanthaceae) en la costa pacífica del sureste mexicano con notas sobre su distribución y estatus de conservación. Lacan.10 (2): 19-24.
- Seaman, Jr. W. 2001. Artificial reef evaluation. With application to natural marine habitats. CRC Press. U.S.A. 246 pp
- Sokal, R. R., y Rohlf, F. J. 1969. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. San Francisco.
- Tapia-García, M., Suárez-Núñez, C. Cerdenares, L. De Guevara, G. Macuitl-Montes, M.C. y García-Abad, M. C. 1998. Composición y distribución de la ictiofauna en la laguna del Mar Muerto, Pacífico Mexicano. Revista de Biología Tropical 46: 277-284.
- Thomson, D., L. Findley, A. Kerstitch. 2000. Reef fishes of the Sea of Cortez: The rocky-shore fishes of the Gulf of California. University of Texas Press. Texas, Estados Unidos de América. 353p.
- Tokeshi, M., y Arakaki, S. 2012. Habitat complexity in aquatic systems: fractals and beyond. Hydrobiologia 685:27-47.

- Torres-Esparza, M. R. 2016. Estructura de la comunidad íctica en tres arrecifes rocosos al sur del Golfo de California. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S., México.
- Torres-Orozco B., R. y Pérez-Hernández, M. A. 2009. Riqueza y regionalización de los peces de México. *Ciencia*, 60 (3): 44-53. Julio-septiembre 2009.
- Tovilla-Hernández, C. y Romero-Berny, E. I. 2012. Diagnóstico estructural de los manglares de Chiapas y Oaxaca. In: Sánchez, A. J., Chippa-Carrara, X. y Brito-Pérez, R. (eds.) Recursos acuáticos costeros del sureste. *Recorecos*. 449 p.
- Urbina-Trejo, E. de J. 2016. Caracterización ecológica de la comunidad íctica en el sistema lagunar-estuarino Los Patos-Sólo Dios, Pijijiapan, Chiapas. Tesis, *Biología Marina y Manejo Integral de Cuencas*, Centro de Investigaciones Costeras, UNICACH, Chiapas, México.
- Velasco, C. R. 1976. Los peces de agua dulce del estado de Chiapas. Ediciones del Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 143 pp.
- Velázquez-Velázquez, E., López-Vila, J. H. Gómez-González, A. E. Romero-Berny, E. I. Lievano-Trujillo, J. L. Matamoros, W. A. 2016. Checklist of the continental fishes of the state of Chiapas, Mexico, and their distribution. *ZooKeys* 632: 99-120.
- Velázquez-Velázquez, E., García-Morales, C. y Rivera-Velázquez, G. 2006. Caracterización de la pesca en un sistema estuarino de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Memorias del III Foro Científico de Pesca Ribereña*. Puerto Vallarta, Jalisco, México. 113p.
- Velázquez-Velázquez, E., Vega-Cendejas, M. E. y Navarro-Alberto, J. 2008. Spatial and temporal variation of fish assemblages in a coastal lagoon of the Biosphere Reserve La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical* 56:557-574.
- Verdiell-Cubedo, D., Torralva, M. Ruiz-Navarro, A. Oliva-Paterna, F. J. 2013. Fish assemblages in different littoral habitat types of a hypersaline coastal lagoon (Mar Menor, Mediterranean Sea). *Italian Journal of Zoology* 80:10406.

- Villegas-Sánchez, C. A., Abitia-Cárdenas, L. A. Gutiérrez-Sánchez, F. J. Galván-Magaña, F. 2009. Rocky-reef fish assemblages at San José Island, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 169-179.
- Whitfield, A. K. 1999. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: a South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*.9:151-186.
- Whitfield, A. K., Taylor, R. H. Fox, C. y Cyrus, D. P. 2006. Fishes and salinities in the St Lucia estuarine system - a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 16:1-20p.
- Whittaker, R. H.1970. *Communities and Ecosystems*, Macmillan, New York, U.S.A. 175 p.
- Willis, T. J. 2001. Visual census methods underestimate density and diversity of cryptic reef fishes. *J Fish Biol.* 59 (5):1408–1411.
- Yáñez-Arancibia, A. y Sánchez-Gil, P. 1988. Caracterización ambiental de la Sonda de Campeche frente a la Laguna de Términos, p. 41-50. In A. Yáñez-Arancibia & J.W. Day, Jr. (eds.). *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos*. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol.2 Inst. LSU. Universitaria, México, D.F.
- Zayas- Álvarez, A. J. 2016. Sucesión y diversidad de la estructura comunitaria de peces crípticos en un arrecife artificial de sistema cerrado. Tesis Doctorado en Ciencias Marinas y Costeras. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.

## ANEXOS

### ANEXO I. EVIDENCIA DE MUESTREO

Trabajo de campo.

- Localización de las estructuras rocosas.



**Estructura 1**



**Estructura 2**



**Estructura 3**

- Obtención de parámetros ambientales e índice de rugosidad.



**Salinidad**



**Profundidad y Transparencia**



**Rugosidad**

- Conteo, recolección y fijación de organismos.



**Conteo Puntual**



**Captura de organismos con atarraya y red de cuchara**



**Captura de organismos con red de cuchara**



**Fijación de organismos**

Trabajo de laboratorio.

- Identificación y preservación de organismos.



**Identificación de organismos**



**Preservación de organismo**

## ANEXO II. NUEVOS REGISTROS PARA LA COSTA DE CHIAPAS.

### FAMILIA POMACENTRIDAE

*Abudefduf troschelii*  
(Gill, 1862).



### DESCRIPCION.

**NOMBRE COMÚN** Pintaño amarillo, mulegino, petaca chopá.

**DISTRIBUCIÓN** En el Océano Pacífico Oriental, desde Baja California al Perú. Incluyendo las Islas Revillagigedo. Especie

**BIOLOGÍA** Habitante común de las costas rocosas y de arrecife de coral en profundidades de entre 1 a 12 metros. Se les observa tanto en cardúmenes como en forma solitaria. Los machos son agresivos y territorialistas durante la época de reproducción. Se alimentan de plancton, pequeños invertebrados y algas sobre las rocas durante las horas luz del día.

**TAMAÑO MÁXIMO** 18 centímetros de longitud total.

**IMPORTANCIA** Para acuario.

**PELIGROSIDAD** Ninguna.

**ESTATUS DE AMENAZA** No se encuentra en la lista roja del IUCN y NOM-059-ECOL-2001.

## FAMILIA POMACENTRIDAE

*Stegastes flavilatus*  
(Gill, 1862).



Fase juvenil

## DESCRIPCION.

**NOMBRE COMÚN** Castañeta azul dorada, jaqueta de dos colores.

**DISTRIBUCIÓN** Desde las costas de Baja California hasta el Ecuador.

**BIOLOGÍA** Color café claro con aletas amarillas. La fase juvenil es de color azul en la parte dorsal y amarillo en la ventral con un ocelo negro en la parte trasera de la aleta dorsal. Vive en las zonas rocosas desde el rompiente y hasta los 10 metros de profundidad. Es un pez omnívoro.

**TAMAÑO MÁXIMO** 14 centímetros de longitud total.

**IMPORTANCIA** No tiene importancia comercial.

**PELIGROSIDAD** Ninguna.

**ESTATUS DE AMENAZA** No se encuentra en la lista roja del IUCN y NOM-059-ECOL-2001.

## FAMILIA SERRANIDAE

*Epinephelus labriformis*  
(Jenyns, 1840).



## DESCRIPCION.

<b>NOMBRE COMÚN</b>	Cabrilla, cabrilla piedrera, cabrilla pinta, murique, cabrilla maranguana.
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	Viven en ambiente tropical desde el Golfo de California, México hasta el Perú. Incluyendo las Islas Revillagigedo.
<b>BIOLOGÍA</b>	Color verde claro con distintivas manchas blancas en todo el cuerpo. Vive asociado a ambientes rocosos. Se alimenta sobre peces pequeños en el día y de crustáceos por la noche. Son predadores solitarios y tiende a encuevarse en recovecos de las rocas. Viven a profundidades entre 5 y 30 m.
<b>TAMAÑO MÁXIMO</b>	50 centímetros de longitud total.
<b>IMPORTANCIA</b>	Comercial.
<b>PELIGROSIDAD</b>	Ninguna.
<b>ESTATUS DE AMENAZA</b>	No se encuentra en la lista roja del IUCN y NOM-059-ECOL-2001.

## FAMILIA LABRIDAE

*Halichoeres dispilus*  
(Gunther, 1864).



## DESCRIPCION.

### NOMBRE COMÚN

Señorita cocinera.

### DISTRIBUCIÓN

Pez de ambientes tropicales asociado a arrecifes coralinos, se distribuye desde Golfo de California hasta Perú incluyendo las Islas Revillagigedo y Galápagos.

### BIOLOGÍA

Suele presentar una variedad de colores conforme va creciendo que va a un color blanco en fase inicial a color rojizo en fase terminal. Común en aguas someras donde existen arena y grava cerca de los arrecifes coralinos. Se encuentra normalmente solitario o con pequeños grupos.

### TAMAÑO MÁXIMO

25 centímetros de longitud total.

### IMPORTANCIA

Comestible.

### PELIGROSIDAD

Ninguna.

### ESTATUS DE AMENAZA

No se encuentra en la lista roja del UICN y NOM-059-ECOL-2001.

## FAMILIA ACANTHURIDAE

*Acanthurus xanthopterus*  
(Valenciennes, 1835).



## DESCRIPCION.

<b>NOMBRE COMÚN</b>	Barbero, cirujano, sangrador, lancero, navajero.
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	En el Pacífico Oriental desde la parte Baja del Golfo de California hasta Panamá y las Islas Galápagos incluyendo las Islas Revillagigedo.
<b>BIOLOGÍA</b>	Los juveniles habitan dentro de las aguas someras protegidos por la turbidez del agua algunos adultos, prefieren aguas profundas de las bahías y también en áreas de arrecifes, estas especies comen filamentos de algas, detritus y pequeños peces.
<b>TAMAÑO MÁXIMO</b>	70 centímetros de longitud total.
<b>IMPORTANCIA</b>	Captura comercial y acuarios. Se captura con arpón y almadraba. Especie considerada de tercera clase.
<b>PELIGROSIDAD</b>	Venenosos (Halstead, 1980)
<b>ESTATUS DE AMENAZA</b>	No incluida en la lista roja de la IUCN y NOM-059-ECOL-2001.

## FAMILIA TETRAODONTIDAE

*Arothron meleagris*  
(Lacepede, 1798).



**Variedad negra**



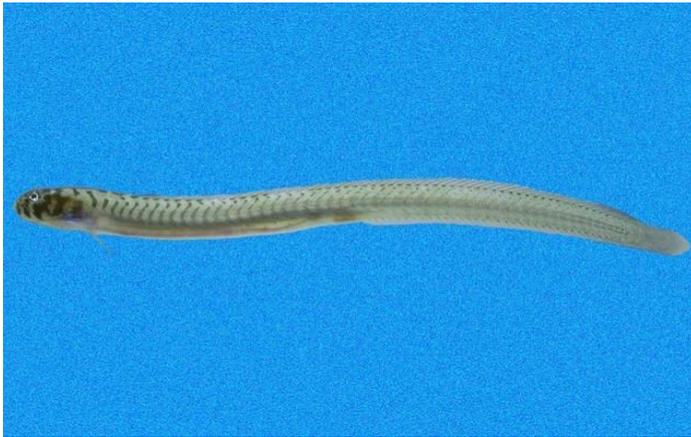
**Variedad amarilla**

## DESCRIPCION.

- NOMBRE COMÚN** Tamboril negro o tamboril de oro, pez globo.
- DISTRIBUCIÓN** Se distribuye en aguas tropicales de todo el mundo. En el Pacífico Oriental desde las costas de Guaymas, México al Ecuador incluyendo las Islas Revillagigedo.
- BIOLOGÍA** Presenta dos variedades de la misma especie, la negra y la amarilla. Habita en áreas con arrecifes de coral, costas rocosas y en estructuras de los barcos hundidos. Se alimenta principalmente de pedazos de coral, esponjas, moluscos, briozoarios, tunicados, foraminíferos, algas y detritus. Son solitarios y se encuentran a una profundidad entre los 3 a 24 metros.
- TAMAÑO MÁXIMO** 50 centímetros de longitud total.
- IMPORTANCIA** Para acuarios.
- PELIGROSIDAD** Venenoso para el consumo humano, contiene tetrodotoxina.
- ESTATUS DE AMENAZA** No se encuentra en la lista roja del IUCN y NOM-059-ECOL-2001.

## FAMILIA MICRODESMIDAE

### **Microdesmus dorsipunctatus** (Dawson, 1968)



## DESCRIPCION.

<b>NOMBRE COMÚN</b>	Gobio-gusano dorso manchado, Pez-gusano dorso manchado, Pez lombriz lomo punteado
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	Fondos lodosos en esteros de manglares, desde el sur de Baja y la boca del Golfo de California a Panamá.
<b>BIOLOGÍA</b>	Blanco a canela, barra detrás del ojo sobre el preopérculo, parche oscuro sobre la parte superior del opérculo, prominente parche oscuro alrededor de la base de cada espina de la aleta dorsal, línea oscura a lo largo de la línea media ventral.
<b>TAMAÑO MÁXIMO</b>	12.5 cm de longitud total.
<b>PELIGROSIDAD</b>	No venenoso
<b>ESTATUS DE AMENAZA</b>	No se encuentra en la lista roja del IUCN y NOM-059-ECOL-2001.