



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE, S.C.

---

---

Programa de Estudios de Posgrado

**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES  
EN LA LAGUNA COSTERA DE NAVACHISTE,  
SINALOA, MÉXICO**

**TESIS**

Que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias**

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales  
(Orientación en Biología Marina)

P r e s e n t a

**Isadora Jy'asu Moreno Pérez**

Guaymas, Sonora, septiembre de 2019

## ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 13:00 horas del día 25 del Mes de junio del 2019, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

### "ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES DE LA LAGUNA COSTERA DE NAVACHISTE, SINALOA, MÉXICO"

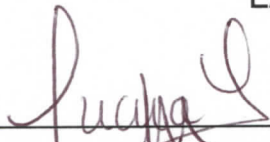
Presentada por el alumno:


#### ISADORA JY'ASU MORENO PÉREZ

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN BIOLOGÍA MARINA

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

#### LA COMISIÓN REVISORA

  
Dra. Juana Lopez Martínez  
Director de Tesis

  
Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Co-Tutor

  
Dr. Jesús Guadalupe Padilla Serrato  
Co-Tutor

  
Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra,  
Directora de Estudios de Posgrado y  
Formación de Recursos Humanos

## **Conformación de Comités**

### **Comité Tutorial**

Dra. Juana López Martínez  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Unidad Guaymas, Sonora.  
Director

Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Unidad La Paz, BCS.  
Co-tutor

Dr. Jesús Guadalupe Padilla Serrato  
Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco, Guerrero.  
Co-tutor

### **Comité Revisor de Tesis**

Dra. Juana López Martínez  
Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Dr. Jesús Guadalupe Padilla Serrato

### **Jurado de Examen**

Dra. Juana López Martínez  
Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Dr. Jesús Guadalupe Padilla Serrato

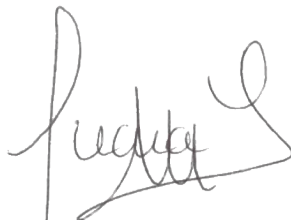
### **Suplente**

Dr. Felipe Galván Magaña

## Resumen

La laguna costera de Navachiste, Sinaloa, México, fue decretada en 2008 sitio RAMSAR y a pesar de su importancia ecológica, son pocos los estudios existentes sobre la comunidad de peces y nulos los que evalúan el papel de la laguna en el desarrollo de los ciclos de vida de estas especies. Por ello, el objetivo del presente estudio fue caracterizar la estructura de la comunidad de peces en esta laguna, así como identificar su importancia como área de crianza y reproducción. Se llevaron a cabo cuatro campañas de muestreos de manera estacional (2016-2017), utilizando embarcaciones menores y para la recolecta de las muestras se utilizaron tres artes de pesca: chinchorro de línea, atarraya y red de arrastre. Los peces recolectados se identificaron taxonómicamente y se estableció su afinidad biogeográfica. Se caracterizó físicamente el ecosistema tomando como referencia las variables de temperatura superficial del mar y salinidad. Se determinaron los índices ecológicos de abundancia, biomasa, riqueza específica, diversidad de Margalef, diversidad de Shannon-Weaver, equidad y la dominancia con el índice de valor biológico. Así mismo, se definió si la laguna es usada como área de crianza y reproducción, identificando los organismos juveniles y adultos, utilizando la talla de primera madurez y el periodo reproductivo de las especies. Se identificaron 95 especies, con una amplia distribución, pertenecientes a la provincia biogeográfica del Pacífico Oriental Tropical (POT). La riqueza de especies y diversidad aumentaron durante el verano, presentando una equidad alta. Las especies dominantes fueron Mojarra aleta amarilla (*Diapterus brevirostris*), la Mojarra manchita (*Eucinostomus dowii*), Ronco brillante (*Haemulopsis nitidus*) y Raya redonda común (*Urolophus halleri*). La laguna presentó mayor abundancia de organismos juveniles y/o inmaduros, encontrándose mayor presencia en otoño e invierno, con lo que se establece como una zona importante de crianza. Durante el verano se presentó el mayor porcentaje de adultos, pero pocos con estadio de madurez avanzada, por lo que todas las especies de peces presentes en la laguna, usan la misma con fines de crianza, pero no de reproducción. Por lo anterior se concluye que la laguna costera de Navachiste, Sinaloa, es un área de gran importancia para los ciclos biológicos de las especies de peces aquí estudiados.

**Palabras clave:** Comunidad de peces, variación estacional, crianza, dominancia.



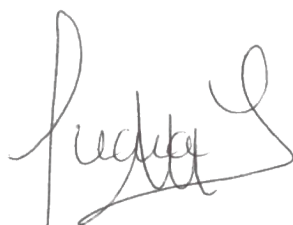
---

Vo.Bo. Dra. Juana López Martínez

## Summary

The coastal lagoon of Navachiste, Sinaloa, México, was decreed RAMSAR site in 2008, despite their ecology importance, there are few studies regarding the community of fish and none that evaluate the role of the lagoon in the development of their entire life-cycles. Therefore, this study aims to characterize the structure of the fish community in this lagoon, as well as to recognize its importance as a breeding and reproduction area. Four sampling campaigns were conducted seasonally (2016-2017); using small boats and employing three different fishing gears, for the collection of samples: gillnet, castnet and trawlnet. The collected fishes were identified taxonomically and their biogeographic affinity was established. The ecosystem was physically qualified on behalf of sea surface temperature and salinity rates. In addition to determining the ecological indices of abundances, biomass, species richness, Margalef diversity, Shannon diversity, equitability and dominance through the biological value index (BVI). Furthermore, it was defined if the lagoon is used as a breeding and reproduction area, due to the identification of young and adult organisms with the size first maturity and the reproductive period of the species is defined. A total 95 species were identified, which mostly had a wide distribution in the Eastern Tropical Pacific (ETP). Species richness and diversity were higher during the summer, with a high equity. The dominant species were Shortnose mojarra (*Diapterus brevirostris*), Pacific spotfin mojarra (*Eucinostomus dowii*), Silver grunt (*Haemulopsis nitidus*) and Round stingray (*Urolophus halleri*). The coastal lagoon presented a greater abundance of young and/or immature organisms, founding more presence in autumn and winter, which establishes it as an important nursery area. During the summer the highest percentage of adults appears, however the amount of matures organisms were low, so, all species of fish present in the lagoon are used for breeding purposes, but not for reproductive. All in all, it is concluded that the coastal lagoon of Navachiste, Sinaloa, is an area of great importance for the biological cycles of the fish species studied here.

**Keywords:** *Fishes community, seasonal variation, nursery, dominance.*



---

Vo.Bo. Dra. Juana López Martínez

## **Dedicatoria**

En cada logro, siempre hay personas que impulsan, alientan y ayudan. Este trabajo es para y gracias a ustedes:

### **A mis padres:**

Armando, María Emilia, Efraín y María Dolores.

### **A mis hermanos:**

Nahuel, Guillermina, Mariana y Celeste.

### **A mi novio:**

Edgar Arzola.

En memoria de mis abuelas Nélide y Carmela.

Y al querido maestro y amigo Dr. José Eduardo Valdez Holguín.

## **Agradecimientos**

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR, Campus Guaymas, Sonora), por la experiencia y el apoyo brindado, para realizar mi Maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de posgrado a través de la beca número 635621.

A los proyectos CB-2015-256477 Respuestas Poblacionales de Algunas Especies Marinas del Golfo de California al Cambio Climático Global y SEMARNAT-2014-1-249464 Cambio Climático y la población de la medusa *Stomolophus meleagris*. Impacto en la estructura y funcionamiento del ecosistema marino y en las pesquerías del Golfo de California, de los cuales forma parte esta tesis.

Agradezco de manera muy especial a la Dra. Juana López Martínez, por brindarme su excelente dirección de tesis, dedicación, paciencia y apoyo, con lo cual puede cumplir con una meta más, profesionalmente ¡Muchas Gracias!

Mi sincero agradecimiento a mi comité de tesis al Dr. Jesús Rodríguez Romero y Dr. Jesús Guadalupe Padilla Serrato, por ser parte fundamental en mi comité tutorial. Muchas gracias por sus consejos a lo largo de estos años.

Al personal del Laboratorio de Pesquerías del CIBNOR, Unidad Guaymas, Sonora, a la Dra. Eloísa Herrera Valdivia y Dr. Rufino Morales Azpeitia, por su apoyo logístico, ayuda en los análisis de muestras y muestreos en campo. Al M. C. Javier Álvarez Tello y M. C. Edgar Arnoldo Arzola Sotelo por su apoyo en campo, laboratorio y análisis de datos.

Al M.C. Edgar Alcántara Razo técnico titular del Laboratorio de Ecología Aplicada y Pesquerías, por su ayuda, paciencia y dedicación.

A Xicoténcatl Galicia García del CIBNOR Guaymas y Horacio Sandoval Gómez del CIBNOR La Paz por su apoyo logístico, en el centro de informática, atenciones para la impresión del documento y en la biblioteca.

A la Lic. Guillermina Urrutia Pérez en su apoyo en la edición y corrección del abstract.

A mis maestros de la Maestría por las enseñanzas y clases, que me ayudaron en mi desarrollo profesional y académico.

Por todos los momentos y consejos a mis compañeros de posgrado en Guaymas: Aurora, Nathaly, Viviana, Claudia M., Leobardo, Edgardo, Mayra y Claudia E.

A mis padres y hermanos, por todo su amor, enseñanza, fortaleza, buenos deseos y palabras de ánimo me inspiran a seguir adelante. ¡Gracias por todo!

A mi familia y amigos, por siempre acompañándome, aunque sea en la distancia, en un proceso más de crecimiento.

Y, por último, un especial agradecimiento por todo el amor, consejos, motivación, a Edgar A. Arzola Sotelo, muchas gracias por acompañame.



## Contenido

<b>Resumen</b>	i
<b>Summary</b>	ii
<b>Dedicatoria</b>	iii
<b>Agradecimientos</b>	iv
<b>Contenido</b>	vi
<b>Listado de figuras</b>	viii
<b>Listado de tablas</b>	xi
<b>Glosario</b>	xii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. ANTECEDENTES</b>	4
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	8
<b>4. HIPÓTESIS</b>	9
<b>5. OBJETIVO</b>	9
5.1 Objetivo general	9
5.2 Objetivos particulares	9
<b>6. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	10
6.1 Área de estudio	10
6.2 Muestreo	11
6.3 Afinidad biogeográfica	14
6.4 Análisis de la información	15
6.5 Variables ambientales	16
6.6 Índices de abundancia	16
6.6.1 Abundancia relativa	16
6.6.2 Biomasa relativa	17
6.6.3 Frecuencia relativa	17
6.7 Componentes comunitarios	17
6.8 Índices ecológicos	18
6.8.1 Riqueza específica	18
6.8.2 Índice de diversidad de Margalef	18
6.8.3 Índice de diversidad de Shannon- Weaver	18
6.8.4 Índice de equidad de Pielou	19
6.8.5 Índice de similitud de Bray-Curtis	19
6.8.6 Curva de acumulación de especies	19
6.8.7 Índice de Valor Biológico (IVB)	20
6.9 Utilización de la laguna	21
6.9.1 Crianza y Reproducción	22
<b>7. RESULTADOS</b>	23

7.1 Composición específica	23
7.2 Afinidad Biogeográfica	30
7.3 Variables ambientales	31
7.4 Abundancia relativa	33
7.4.1 Abundancia relativa invierno	33
7.4.2 Abundancia relativa primavera	34
7.4.3 Abundancia relativa verano	34
7.4.4 Abundancia relativa otoño	35
7.5 Biomasa relativa	36
7.5.1 Biomasa relativa invierno	36
7.5.2 Biomasa relativa primavera	37
7.5.3 Biomasa relativa verano	37
7.5.4 Biomasa relativa otoño	38
7.6 Componentes comunitarios	39
7.7 Índices ecológicos	41
7.7.1 Riqueza específica	41
7.7.2 Índice de diversidad de Margalef	41
7.7.3 Índice de diversidad de Shannon-Weaver	41
7.7.4 Índice de equidad de Pielou	41
7.7.5 Índice de similitud de Bray-Curtis	43
7.7.6 Curva de acumulación de especies	44
7.7.7 Índice de Valor Biológico (IVB)	45
7.8 Utilización de la laguna costera Navachiste	46
7.8.1 Talla de primera madurez sexual	46
7.8.2 Periodo reproductivo	48
7.8.3 Crianza	53
7.8.3 Reproducción	55
7.8.4 Ciclo de vida	58
<b>8. DISCUSIÓN</b>	61
8.1 Composición taxonómica y afinidad biogeográfica	61
8.2 Variables ambientales	68
8.3 Abundancia y biomasa	70
8.4 Componentes ecológicos	70
8.5 Uso de la laguna	73
<b>9. CONCLUSIONES</b>	78
<b>10. LITERATURA CITADA</b>	81
<b>11. ANEXOS</b>	93

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b>	Área de estudio laguna costera de Navachiste, Sinaloa, México.	11
<b>Figura 2.</b>	Provincias biogeográficas del Pacífico según Boschi (2000); Robertson y Cramer (2009) (Padilla-Serrato, 2016).	15
<b>Figura 3.</b>	Familias más representativas de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	23
<b>Figura 4.</b>	Frecuencia porcentual de (a) vulnerabilidad y (b) resiliencia de las especies de peces en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	29
<b>Figura 5.</b>	Atributos ecológicos de la comunidad de peces de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017). a) Nivel trófico, b) Gremio de alimentación, c) Posición en la columna de agua y d) Profundidad.	29
<b>Figura 6.</b>	Porcentaje de la afinidad biogeográfica de la comunidad de peces de la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	30
<b>Figura 7.</b>	Temperatura superficial del mar y salinidad estacional promedio de la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	31
<b>Figura 8.</b>	Temperatura superficial del mar de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa del 2006 al 2018, (a) Climatología (°C) y (b) Anomalías.	32
<b>Figura 9.</b>	Abundancia relativa de las especies capturadas en de la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	33
<b>Figura 10.</b>	Abundancia relativa de las especies de invierno en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	34
<b>Figura 11.</b>	Abundancia relativa de las especies de primavera en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	34
<b>Figura 12.</b>	Abundancia relativa de las especies de verano en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	35
<b>Figura 13.</b>	Abundancia relativa de las especies de otoño en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	35
<b>Figura 14.</b>	Biomasa relativa de las especies capturadas de la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	36
<b>Figura 15.</b>	Biomasa relativa de las especies de invierno en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	37
<b>Figura 16.</b>	Biomasa relativa de las especies de primavera en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	37
<b>Figura 17.</b>	Biomasa relativa de las especies de verano en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	38
<b>Figura 18.</b>	Biomasa relativa de las especies de otoño en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	38

<b>Figura 19.</b>	Clasificación de las especies de acuerdo a su abundancia y frecuencia relativa siguiendo el método de Olmstead-Tukey.	39
<b>Figura 20.</b>	Riqueza específica estacional en la comunidad íctica en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017) e Índice de diversidad de Margalef.	42
<b>Figura 21.</b>	Diversidad estacional en la comunidad íctica en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017), obtenida a través del Índice de Shannon-Weaver y Equidad de Pielou.	42
<b>Figura 22.</b>	Dendograma de agrupamiento entre estaciones del año en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	43
<b>Figura 23.</b>	Curva de acumulación de las especies de peces en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	44
<b>Figura 24.</b>	Índice de Valor Biológico de las especies de peces presentes en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	45
<b>Figura 25.</b>	Talla de primera madurez sexual estimada para (a) <i>Diapterus brevirostris</i> , (b) <i>Eucinostomus dowii</i> , (c) <i>Haemulopsis nitidus</i> , (d) <i>Opisthonema libertate</i> , (e) <i>Oligoplites refulgens</i> y (f) <i>Urolophus halleri</i> .	47
<b>Figura 26.</b>	Porcentaje estacional de especies maduras e inmaduras en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	49
<b>Figura 27.</b>	Estructura de tallas, talla de primera madurez sexual (línea roja) y proporción de organismos sexualmente maduros (negro) e inmaduros (gris) de las especies (a) <i>Diapterus brevirostris</i> , (b) <i>Eucinostomus dowii</i> y (c) <i>Haemulopsis nitidus</i> en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	50
<b>Figura 28.</b>	Estructura de tallas, talla de primera madurez sexual (línea roja) y proporción de organismos sexualmente maduros (negro) e inmaduros (gris) de las especies (d) <i>Opisthonema libertate</i> , (e) <i>Oligoplites refulgens</i> , (f) <i>Urolophus halleri</i> y (g) <i>Etropus crossotus</i> en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	51
<b>Figura 29.</b>	Estructura de tallas, talla de primera madurez sexual (línea roja) y proporción de organismos sexualmente maduros (negro) e inmaduros (gris) de las especies (h) <i>Eugerres lineatus</i> , (i) <i>Selene peruviana</i> , (j) <i>Lile stolifera</i> , (k) <i>Eucinostomus gracilis</i> y (l) <i>Eucinostomus entomelas</i> en laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	52
<b>Figura 30.</b>	Frecuencia porcentual estacional de juveniles y adultos de la especie (a) <i>Diapterus brevirostris</i> , dentro y afuera de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	53
<b>Figura 31.</b>	Frecuencia porcentual estacional de juveniles y adultos de las especies (b) <i>Eucinostomus dowii</i> , (c) <i>Haemulopsis nitidus</i> y (d) <i>Opisthonema libertate</i> , dentro y afuera de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	54

- Figura 32.** Frecuencia porcentual estacional de juveniles y adultos de las especies (e) *Oligoplites refulgens* y (f) *Urolophus halleri*, dentro y afuera de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017). 55
- Figura 33.** Frecuencia porcentual estacional de los organismos maduros (estadios III-IV) y desovados (estadio V) de las especies (a) *Diapterus brevirostris* y (b) *Eucinostomus dowii*, dentro y afuera de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017). 56
- Figura 34.** Frecuencia porcentual estacional de los organismos maduros (estadios III-IV) y desovados (estadio V) de las especies (c) *Haemulopsis nitidus*, (d) *Opisthonema libertate* y (e) *Oligoplites refulgens*, dentro y afuera de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017). 57
- Figura 35.** Ciclo de vida de *Diapterus brevirostris* en la laguna costera de Navachiste. TPM: talla de primera madurez sexual; Al: Alimentación; Cr: Crianza; A: Adultos; J: Juveniles; A/R: Adulto reproductor; D: Desove. 59
- Figura 36.** Ciclo de vida de *Eucinostomus dowii* en la laguna costera de Navachiste. TPM: talla de primera madurez sexual; Al: Alimentación; Cr: Crianza; A: Adultos; J: Juveniles; A/R: Adulto reproductor; D: Desove. 59
- Figura 37.** Ciclo de vida de *Haemulopsis nitidus* en la laguna costera de Navachiste. TPM: talla de primera madurez sexual; Al: Alimentación; Cr: Crianza; A: Adultos; J: Juveniles; A/R: Adulto reproductor; D: Desove. 60
- Figura 38.** Ciclo de vida de *Opisthonema libertate* en la laguna costera de Navachiste. TPM: talla de primera madurez sexual; Al: Alimentación; Cr: Crianza; A: Adultos; J: Juveniles; A/R: Adulto reproductor; D: Desove. 60

## Lista de tablas

<b>Tabla I.</b>	Escala de madurez gonádica propuesto por Nikolsky (1963).	12
<b>Tabla II.</b>	Composición de especies de peces en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (arreglo taxonómico según Nelson, 2016). Afinidad biogeográfica: PO= Provincia Oregoniana, PCA= Provincia de California, PC= Provincia de Cortés, PP= Provincia Panámica, AN= Anfiamericanas, CT= Circumtropicales, CO= Cosmopolitas, POT= Pacífico Oriental Tropical. Gremio de uso: MO= especies marinas ocasionales, MED= especies marinas-estuarinas dependientes, MEO= especies marinas-estuarinas oportunistas.	24
<b>Tabla III.</b>	Clasificación del componente comunitario de las especies de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).	40
<b>Tabla IV.</b>	Índice de similitud de Bray-Curtis (%).	43
<b>Tabla V.</b>	Riqueza estimada y eficiencia promedio del muestreo por cada estimador de riqueza.	44
<b>Tabla VI.</b>	Proporción de sexo y madurez gonádica de las 12 especies más abundantes en el periodo de estudio. n: número de organismos, PP: proporción hembra-macho, %inm: porcentaje de inmaduros (estadios I y II), %m: porcentaje de maduros (estadios II, IV y V), TPM: talla de primera madurez sexual.	48

## Glosario

**Abundancia absoluta:** Número de individuos de una especie o cantidad de organismos presentes en un área dada.

**Abundancia relativa:** Proporción de individuos de una especie dada entre el número total de peces observados en un área dada.

**Anti estuario:** Cuerpo de agua costero que no cuenta con aporte de agua dulce y la evaporación incrementa la salinidad en el interior del sistema (aumentando la densidad del agua), por lo que el agua proveniente del interior fluye por el fondo y el agua de mar penetra por la superficie.

**Alevines o postlarva:** Larva de pez sin el saco vitelino.

**Biomasa:** Cantidad total en peso de organismos en un área y tiempo determinados.

**Captura por unidad de esfuerzo (CPUE):** Cantidad de captura obtenida por unidad de esfuerzo de pesca. La CPUE normalizado se usa como índice de abundancia relativa, utilizando varias técnicas estadísticas para eliminar los efectos de dichos factores que se sabe que no están relacionados con la abundancia.

**Capturabilidad:** Probabilidad que tiene un pez de ser capturado por determinado arte de pesca.

**Ecotono:** La zona de transición entre dos ecosistemas diferentes o fronteras ecológicas.

**Esfuerzo pesquero:** La medida de la intensidad de las operaciones de pesca. La definición del esfuerzo depende del tipo de pesquería y arte de pesca y con frecuencia, del tipo y la cantidad de información disponible. Es la cantidad de artes de pesca de un tipo específico utilizadas en áreas de pesca durante una determinada unidad de tiempo.

**Esfuerzo nominal:** Refleja el total simple de las unidades de esfuerzo ejercidas sobre una población en un período de tiempo dado. Está en relación con las medidas de esfuerzo pesquero o de capacidad de transporte del barco que no han sido estandarizadas.

**Especie endémica:** Especies con área de distribución restringida o limitada a una localidad o región específica.

**Especies marinas ocasionales:** Las especies que aparecen en sistema estuarino/lagunar de manera ocasional, sin patrón definido.

**Especies marino-estuarino dependiente:** Especies que dependen de los sistemas estuarino/lagunar para sobrevivir en una etapa crítica de su ciclo de vida, principalmente como juvenil.

**Especies marino-estuarino oportunistas:** Especies que tiende a entran a sistemas estuarino/lagunar en grandes cantidades en alguna parte de su ciclo de vida, típicamente de juveniles.

**Especie migratoria:** Aquellas especies que se mueven periódicamente de un lugar a otro en forma altitudinal o latitudinal.

**Especie ocasional:** Especies que penetran en la laguna de forma esporádica por algún proceso biológico. Suelen aparecer como individuos aislados o en grupos muy reducidos.

**Especies residentes permanentes:** Aquellas especies que permanecen todo el año en el mismo lugar, es decir, que completan su ciclo biológico en la laguna, encontrándose tanto organismos adultos y juveniles.

**Especies residentes temporales:** Especies que visitan periódicamente la laguna, principalmente en fase juvenil.

**Estandarización:** La minimización del sesgo entre pescas, donde se identifican las variaciones en cuanto a tiempo efectivo de pesca, poder de pesca o distribución de la flota, llevando a cabo el ajuste a la misma unidad de esfuerzo, permitiendo la comparación directa del impacto de la pesca.

**Estuario:** Cuerpo de agua costero cuyo eje principal está perpendicular a la línea de costa y cuenta con un aporte de agua dulce constante. El agua de mar (más densa) penetra por el fondo, formando una estratificación vertical y el agua dulce (menos densa) fluye por superficie.

**Laguna costera:** Cuerpo de agua costero cuyo eje principal está paralelo a la línea de costa.

**Poder de pesca:** Captura que produce una unidad de esfuerzo sobre una cierta densidad de peces, en un tipo particular de embarcación y tiempo. Es el producto del área de influencia del arte de pesca efectiva durante una operación y la eficiencia del equipo durante esa operación.

**Unidad de esfuerzo:** Refleja el esfuerzo dirigido a conseguir la captura correspondiente.

**Normalización:** El proceso en que se ordena o normalizan los datos, por medio de un índice, con el objetivo de que el resultado sea entendible y comparable con otros informes o estados de la pesquería.



## 1. INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras y estuarios presentan diferencias en sus características hidrológicas y geomorfológicas, sin embargo, con similitudes en sus funciones ecológicas y económicas (Arreola-Lizárraga, 2003; Kjerfve, 1994).

Según Kjerfve (1994) las lagunas costeras son cuerpos de agua poco profundos, generalmente orientados paralelamente a la orilla, separado del océano por una barrera, con conexiones por una o más bocas y que presentan variación de salinidad dependiendo del balance hidrológico. Exhiben tres clasificaciones geomorfológicas, donde el intercambio de agua con el océano va de menor a mayor: obstruidas, restringidas y de barreras múltiples.

Desde el punto de vista geomorfológico las lagunas costeras, según Lankford (1977) son un cuerpo acuático semi-cerrado y situado por debajo del nivel máximo de las mareas más altas, separado del mar por algún tipo de barrera y con el eje mayor paralelo a la línea de costa. Además, la comunicación con el mar puede ser permanente o efímera y son el resultado del encuentro de dos masas de agua de diferentes características, lo que causa peculiares fenómenos en su comportamiento físico, químico y biológico.

Dado que son ecosistemas transicionales entre la tierra y el mar, son particularmente susceptibles a variaciones ambientales de diferentes escalas temporales (días, estaciones, años o épocas). Dichas variaciones van a influir en la dinámica de nutrientes y en la estructura de las comunidades (Arreola-Lizárraga, 2003).

Estas zonas costeras generalmente se encuentran bajo estrés como resultado de actividades humanas tales como: pesca, turismo, desarrollo urbano, agricultura y acuicultura, las cuales producen impactos generalmente adversos, donde la falta de información confiable sobre los componentes comunitarios del sistema, es uno de los principales problemas para su manejo y conservación (Martínez-Guevara 2008).

Las lagunas costeras son conocidos como ecotonos costeros (Soria *et al.*, 2009), con un gran valor debido a sus características ambientales, alta diversidad, alta productividad, heterogeneidad de hábitat, estrecha relación con el mar (Ramírez-Villaruel, 1994), siendo

áreas de importancia para diversas especies de peces e invertebrados ya sean residentes o dependientes en alguna fase de su ciclo de vida (Gutiérrez-Mendieta *et al.*, 2006; Murphy, 2005), además de alguna de estas especies sostiene pesquerías, acuacultura y otras actividades productivas (Castro-Aguirre *et al.*, 1994; Gutiérrez-Mendieta *et al.*, 2006).

Se ha planteado que cumplen el mismo papel ecológico para diversas especies de peces en todo el mundo, en tres puntos principales, que son: 1) proveer alimento para los peces, 2) constituir áreas de reproducción, crianza y protección y 3) funciona como áreas que muestran ciertos patrones de migración (Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1988).

La comunidad íctica de un sistema estuarino-lagunar presenta la capacidad de osmorregular para habitar estos ambientes dinámicos, de modo estacional, ocasional y algunos, muy pocos, permanentemente, debido principalmente a la protección y alimento (Castro-Aguirre *et al.*, 1994), es por ello que el más comúnmente mencionado es que constituye un importante hábitat de crianza en etapas juveniles (Gurdek-Bas, 2012; Padilla-Serrato, 2016).

De los diferentes grupos taxonómicos presentes en las lagunas costeras, los más sobresalientes son los peces, los cuales lograron adaptarse de manera efectiva (Castro-Aguirre *et al.*, 1999). El mayor éxito biológico de la ictiofauna se debe a que presentan estrategias reproductivas, adaptaciones morfológicas, fisiológicas, alimenticias y patrones de migración integrados a los procesos físicos y la heterogeneidad de la zona costera (Moreno-Sánchez, 2004). Por ello, la estructura de la comunidad es razonablemente estable, mostrando patrones más o menos predecibles en cuanto a su distribución y abundancia, teniendo un papel ecológico y económico de suma importancia (Arrieta-Vera y De la Rosa Muñoz, 2003).

Las medidas de la diversidad cumplen una función importante en la evaluación de los cambios estructurales de una comunidad en los sistemas ecológicos y han sido utilizados como un indicador del estado general del ecosistema (Padilla-Serrato, 2016), siendo esta información altamente deseable en un ambiente tan cambiante como el que actualmente se presenta a nivel mundial.

Es evidente el papel de los sistemas estuarino-lagunar en el ciclo de vida de los peces, por lo tanto, es necesario conocer la ictiofauna de cada sistema estuarino-lagunar en particular, debido a que el cambio de área geográficas (latitudinal), incide en el régimen hidroclimático del ecosistema y en los requerimientos bioecológicos de cada especie (Castro-Aguirre *et al.*, 1994), por lo que no es adecuado generalizar en el uso y ciclo de vida de los peces en estos sistemas.

México cuenta con más de 10 mil kilómetros de litoral, de los cuales 1, 600,000 hectáreas pertenecen a superficies estuarinas donde 12,500 km<sup>2</sup> son lagunas costeras, que representan del 30 al 35 % de la zona costera (Acevedo-Cervantes, 1997). En la zona costera del noroeste de México (Sinaloa, Sonora, Baja California y Baja California Sur) existen 75 sistemas lagunares, representando un total de 6,650 km<sup>2</sup>, que es el 42% de la superficie nacional (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2009). En muchas de estas lagunas costeras, la información existente sobre composición íctica, estructura de la comunidad, papel de las lagunas en el ciclo de vida de los peces, es escaso o nulo.

Es por ello que es necesario determinar la composición de la comunidad de peces, su diversidad, abundancia y como utilizan la laguna costera, tomando como referencia la laguna costera de Navachiste, Sinaloa.

## 2. ANTECEDENTES

Las lagunas costeras son ecosistemas dinámicos (Barman *et al.*, 2016), donde los peces son más representativos por su riqueza y abundancia (Padilla-Serrato *et al.*, 2016). La comunidad de peces juega un papel ecológico importante en la dinámica de los ecosistemas ya que son funcionales en todos los niveles tróficos, por su amplia distribución geográfica, plasticidad en conducta y alta abundancia de las especies (Palacios-Salgado, 2011), por lo que esta comunidad es considerada como un indicador de la sensibilidad del ecosistema a la variación ambiental (Ferreira *et al.*, 2017).

Los peces utilizan las lagunas costeras en diferentes momentos de su ciclo de vida, donde se destaca la etapa juvenil (Solari *et al.*, 2015). La ictiofauna de dichos cuerpos lagunares se caracterizan por una diversidad relativamente baja, pero una gran abundancia de las pocas especies dominantes, la mayoría de los cuales exhiben amplios límites de tolerancia a las condiciones fluctuantes encontradas dentro de estos sistemas (Whitfield, 1999).

La investigación de la ictiofauna en las lagunas costeras ha tenido un fuerte impulso en los últimos años, debido al alto valor ecológico y económico que tienen estos ecosistemas (Ordoñez-López *et al.*, 2005). Existen estudios de la comunidad de peces en lagunas costeras, que coinciden en que son ecosistemas que constituyen importantes áreas de crianza, de desove y alimentación para peces de zonas templadas y subtropicales (Gurdek Bas, 2012), destacando que son áreas de refugio para diversas especies de peces de gran valor económico y/o ambiental (Elliott y Hemingway, 2002). Ocaña-Luna y Sánchez-Ramírez (2016) relacionaron la reproducción con las variaciones ambientales, reportando el uso de la laguna de Tamiahua con fines reproductivos, en las estaciones de verano y transicionales.

Las lagunas costeras experimentan grandes variaciones ambientales, por lo que existen cambios abruptos de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y turbidez, que influyen en la estructura de la comunidad, es por ello que las especies abundantes presentan una amplia tolerancia a los cambios en variables ambientales como la salinidad y temperatura, las cuales afectan la distribución y abundancia de los peces (Harrison *et al.*, 2006; Whitfield, 1999).

Estudios que relacionan a los peces en lagunas costeras con cambios estacionales, se enfocan en temperatura y salinidad. Acuña-Plavan *et al.* (2010) mostraron que la abundancia de las especies está asociada a la salinidad, en una laguna templada de Uruguay. Por su parte, Gurdek-Bas (2012) sostiene que existe una variabilidad estacional de riqueza específica y diversidad, asociando la variabilidad biológica entre estaciones de invierno-otoño versus primavera-verano y consecuentemente con los ciclos biológicos de las especies de peces que usan las lagunas costeras (Greenwood *et al.*, 2007).

Elliott *et al.* (2007) realizaron una calificación de especies de peces que se localizan en las lagunas costeras, tomando en consideración principalmente el uso que le dan a las lagunas donde habitan; de tal forma que las especies pueden ser: lagunares o residentes; especies transicionales (anádromos y catádromos, destacando el uso reproductivo por las especies); y las especies ocasionales o que se presentan particularmente en alguna etapa de su ciclo de vida, en las cuales se encuentran especies en estadios juveniles. Posteriormente se expandiendo y estandarizando los detalles de la guía por Potter *et al.* (2015), presenta una nueva definición de las categorías globales del uso de las lagunas, que son: marinos, estuarinos, transicionales y de agua dulce, cada una con sus múltiples clases.

Siendo de gran importancia la información biológica para ubicar a cada especie en su respetiva clasificación en las lagunas costeras, dado que incluso la variación latitudinal influye en el comportamiento (Castro-Aguirre *et al.*, 1994).

En México, existen aproximadamente 124 lagunas costeras (Lankford, 1977) en las que durante las últimas décadas se han realizado numerosos trabajos, debido a la gran diversidad y abundancia de peces. Estos estudios incluyen la descripción de la ictiofauna (Castro-Aguirre *et al.*, 1994; 1999), la estructura de la comunidad de peces y los grupos ecológicos funcionales, definiendo la redundancia, frecuencia de aparición, dominancia y persistencia (Yáñez-Arancibia y Nuget, 1977).

Si bien los estudios de peces en lagunas costeras se han enfocado en la descripción biológica, existen investigaciones que aportan información sobre la variabilidad ambiental relacionada con la abundancia, riqueza y diversidad de la comunidad de peces (Ayala-Pérez *et al.*, 2003).

Así mismo, la influencia de la temperatura y salinidad sobre la riqueza y diversidad (Castillo-Rivera *et al.*, 2003), donde además de obtener los patrones espaciales de la riqueza de peces se relacionan con los cambios ambientales estacionales (Avilés-Torres *et al.*, 2001).

Los trabajos realizados para el Pacífico y el Golfo de California, se han enfocado principalmente en la Península de Baja California, donde se tiene el mayor número de estudios, que se han enfocado en la obtención de listados taxonómicos, estudios biológicos, ecológicos y tróficos, tales como los de Acevedo-Cervantes (1997); Barjau-González (2003); Bocanegra-Castillo *et al.* (2000); Castro-Longoria *et al.* (2002); Cruz-Escalona *et al.* (2000; 2004); De la Cruz-Agüero *et al.* (1996); Galván-Magaña *et al.* (2000); Grijalva-Chon *et al.* (1996); Martínez-Guevara (2008); Moreno-Sánchez (2004); Rodríguez-Romero *et al.* (1992; 1994); Sandoval-Huerta *et al.* (2014).

Abitúa-Cárdenas *et al.* (1994) reportaron el elenco sistemático de Bahía de La Paz, BCS, que es el ecosistema costero más grande de la porción occidental del Golfo de California, integrado por 390 especies, si bien actualmente se han reportado 533 especies de peces, considerando a este ecosistema como una zona de transición para las especies templadas y tropicales (González-Acosta *et al.*, 2018).

González-Acosta *et al.* (2005) mostraron para un sistema de manglar en La Paz, la variación a través del tiempo de la riqueza, dominancia, diversidad y equidad de la comunidad de peces. Asimismo, Rodríguez-Romero *et al.* (2011) relacionaron la estructura de la comunidad de peces con la temperatura y demostraron que a mayor temperatura existe una mayor riqueza y diversidad específica. Dentro del Golfo, Ontiveros-Granillo (2011) determinó la variabilidad diaria, estacional e interanual de los peces demersales en Las Guásimas Sonora y concluyó que la temperatura es un factor que impacta directamente a esta variabilidad. González-Sansón *et al.* (2014), presentaron la ictiofauna de la laguna de Barra de Navidad y su composición de tallas, con lo que demostraron que es un sitio de crianza importante. Por otro lado, Padilla-Serrato *et al.* (2016) describieron la composición y los aspectos biogeográficos de la comunidad de peces de la laguna costera de Guásimas.

En cuanto a las lagunas costeras de Sinaloa, existen estudios de Álvarez-Cadena *et al.* (1984; 1988) quienes identifican larvas de peces en la laguna Huizache-Caimanero, siendo la composición de las larvas más abundante y diversa en la época de lluvias de julio a octubre. Amezcua (1977) identifica 60 especies de peces en sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, mostrando mayor abundancia de julio a octubre; Balart *et al.* (1992) quienes reportan 109 especies de peces en el complejo lagunar Ohuira, Topolobampo y Santa María la Reforma, donde solamente nueve especies son las dominantes; Gutiérrez-Barrera (1999) obtiene la composición íctica de Topolobampo, de 77 especies; Manjarrez-Acosta (2001) consigue determinar 94 especies de peces en el estero de Teacapán, presentando más abundancia en la estación de verano; Amezcua *et al.* (2006) evaluaron el efecto de tres artes de pesca sobre la ictiofauna, reportando 173 especies en la laguna Santa María la Reforma.

Para la laguna costera de Navachiste, Sinaloa, existen estudios de la ictiofauna tales como Vicencio (1979) reportando 30 especies capturadas con atarraya; Ramsar (2008) reconoce el sistema lagunar como un área importante de crianza y alimentación para peces, registrando 23 especies; Hernández-Covarrubias *et al.* (2014) reportaron 58 especies de peces capturados por red de arrastre. Aun con los antecedentes anteriores, hace falta información biológica y ecológica, por lo que en la presente investigación se analizan los cambios estructurales de la comunidad de peces, tomando como indicadores la abundancia, biomasa, riqueza, diversidad y equidad, además de evaluar la utilización que hacen de una laguna costera del Golfo de California las diversas especies de peces presentes, tomando como referencia la laguna costera de Navachiste, Sinaloa.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

A pesar de la importancia ecológica por ser sitio RAMSAR, son pocos los estudios existentes sobre la comunidad de peces de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa y nulos los que evalúan el papel de la laguna como área de reproducción y crianza. Es por esto, que es necesario integrar información de la estructura comunitaria de peces en esta laguna, tales como: listado sistemático, abundancia relativa, diversidad, riqueza y uso de la laguna, así como las posibles variables ambientales que afectan a su estructura estacional.



#### **4. HIPÓTESIS**

La estructura estacional de la comunidad de peces de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa, variará de acuerdo con el ciclo de vida de las diferentes especies componentes; no obstante, serán pocas las especies dominantes. Adicionalmente la laguna funcionará como área de crianza y reproducción para varias de estas especies.

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1 Objetivo general**

Caracterizar la estructura de la comunidad de peces y su variación estacional en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa.

##### **5.2 Objetivos particulares**

- a) Determinar el elenco sistemático de la ictiofauna en la laguna de Navachiste y su composición biogeográfica.
- b) Determinar la abundancia relativa y dominancia de las especies.
- c) Evaluar la riqueza específica, diversidad, equidad de la comunidad de peces y su variación estacional en la laguna.
- d) Identificar la utilización que le da la comunidad de peces a la laguna.

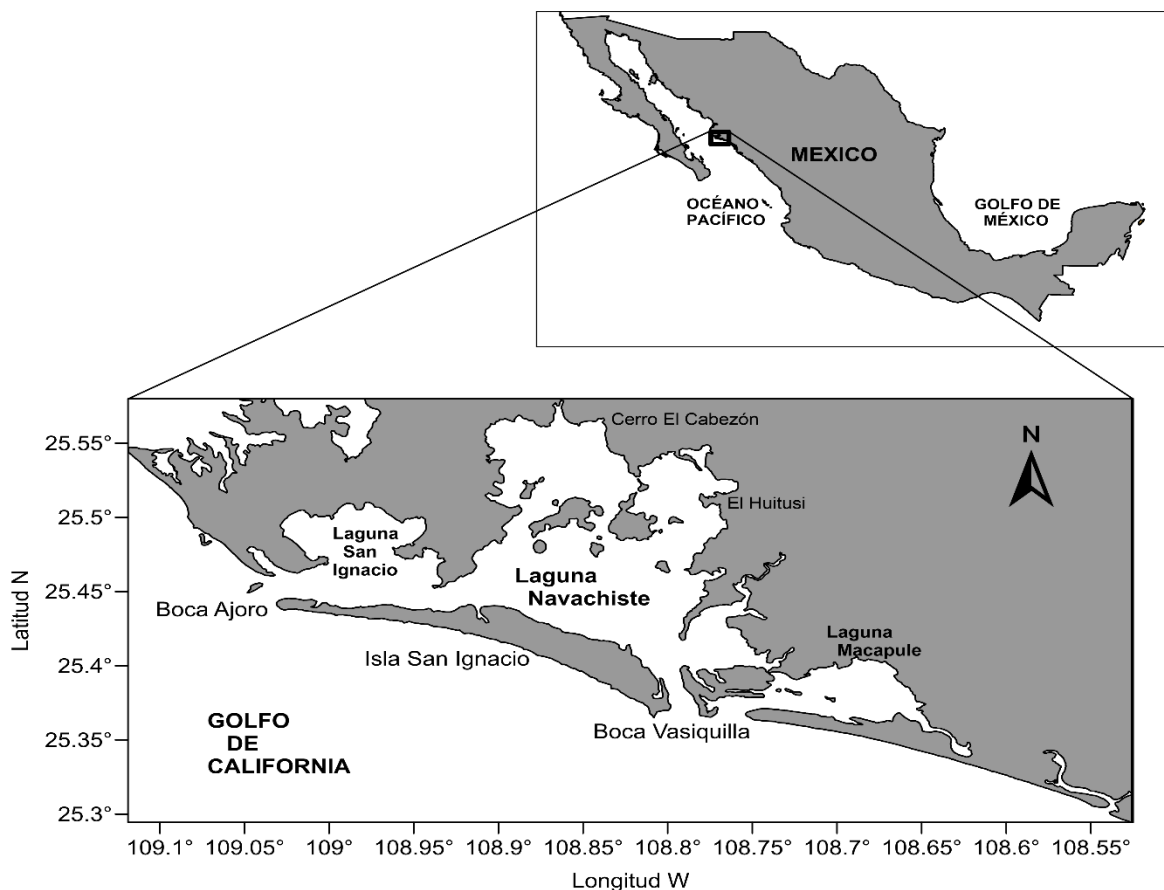
## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

### 6.1 Área de estudio

El Sistema Lagunar de Navachiste, situado en el norte del estado de Sinaloa, México, entre los 25° 30' y 25° 60' de latitud norte y los 108° 45' y 109° 05' de longitud oeste (Fig. 1), se sitúa entre los municipios de Ahome y Guasave, tiene una superficie aproximada de 195 km<sup>2</sup>. Es un sistema semi-cerrado por la Isla San Ignacio, de aproximadamente 23 km de longitud, la comunicación con el Golfo de California es por dos bocas orientadas paralelamente a la costa: la de Ajoro al norte y la de Vasiquilla al sur (Zavala-Norzagaray, 2006).

El sistema presenta sedimento de arena fina a muy fina, variando el tipo de fondo desde fangoso en las áreas centrales hasta arenoso hacia las zonas de comunicación con el mar abierto (Vicencio, 1979); con una profundidad desde 0.5 a 5 metros. El clima de la región es muy cálido y seco, del tipo Bw (h') hw (e) (De Silva-Dávila *et al.*, 2006), siendo la precipitación escasa, con un promedio anual de 300 mm y un patrón de lluvias que se presenta entre verano y otoño, con una temperatura media anual de 25.1°C (H. Ayuntamiento, 2017). Las mareas son del tipo mixto predominantemente semidiurno con dos pleamares y dos bajamares y un patrón de circulación general del agua que muestra un flujo de entrada por la boca de Ajora y un flujo de salida por la boca de Vasiquilla (Sánchez-Lindoro *et al.*, 2017).

Las islas de la laguna costera de Navachiste están catalogadas como Áreas Naturales Protegidas Islas del Golfo de California por decreto, en el DOF del 2 de agosto de 1978 (CONANP 2010) y desde el año 2008 registrado como sitio RAMSAR. Adicionalmente este sistema costero es considerado uno de los más importantes de Sinaloa por ser de los más extensos (Jiménez-Estrada, 2013).



**Figura 1.** Área de estudio laguna costera de Navachiste, Sinaloa, México.

## 6.2 Muestras

La recolecta de los peces de la laguna de Navachiste se realizó durante cuatro campañas: invierno (febrero 2017); primavera (marzo 2016); verano (septiembre 2017) y otoño (diciembre 2016). En cada campaña se efectuó un muestreo de 24 horas a bordo de embarcaciones pesqueras menores (pangas). En la extracción de los ejemplares se buscó conseguir un mayor número de especies, para ello se utilizaron diferentes métodos y artes de captura como: chinchorro, atarraya y red de arrastre (también conocido como chango). Los puntos de extracción variaron en cada muestreo, en función de las actividades de los pescadores de la localidad.

Las artes de pesca presentaron diferentes características, dependiendo de las necesidades del pescador, por lo que el chinchorro de línea presentó longitudes que variaron entre los 200 y 600 metros, con una altura de 1.9 y 4.5 metros con luces de malla de 5.4, 5.7, 7.6 y 8.9 centímetros; en el caso de la red de arrastre (chango), una longitud de relinga de 20 metros con una luz de malla de 2.5, 3.8, 5.1 y 6.4 centímetros; y la atarraya tuvo un diámetro de 3 metros con una luz de malla de 1.2 centímetros. Todas estas características en las artes de pesca se consideraron importantes en el objetivo de capturar el mayor número de especies, para representar mejor toda la comunidad de peces en la laguna y permitir ampliar la información. Es importante mencionar que los muestreos se realizaron tanto en la parte interna como en la parte externa de la laguna, esto para poder contar con información de los peces considerando el aspecto espacial en el ecosistema.

Las muestras se recolectaron en bolsas de plástico con su respectiva etiqueta, para su posterior transporte y procesamiento en el Laboratorio de Pesquerías del CIBNOR, Campus Guaymas. En el laboratorio, se identificaron las especies mediante las claves y descripción de Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez (1996); Castro-Aguirre *et al.* (1999); Eschmeyer *et al.* (1983); Fischer *et al.* (1995); Froese y Pauly (2017); Jordan y Evermann (1896-1900); Meek y Hildebrand (1923- 1928); Miller y Lea (1976); Nelson (2016); Robertson y Allen (2015). De los individuos de cada especie se obtuvo información biológica como: de longitud total (LT), longitud patrón (LP), peso total (PT), además de sexo y madurez sexual, que se determinó de acuerdo a la escala morfocromática propuesta por Nikolsky (1963) (Tabla I).

**Tabla I.** Escala de madurez gonádica propuesto por Nikolsky (1963).

<b>Estadio</b>	<b>Características</b>
<b>I</b>	Las gónadas son indiferenciadas
<b>II</b>	Las gónadas empiezan a diferenciarse de tal forma que tienen color
<b>III</b>	Las gónadas ocupan más de un medio de la cavidad abdominal
<b>IV</b>	Las gónadas ocupan tres cuartas partes de toda la cavidad abdominal
<b>V</b>	Las gónadas son flácidas

Los atributos ecológicos de las especies, se obtuvieron de Froese y Pauly (2017); Robertson y Allen (2015), estos consistieron en:

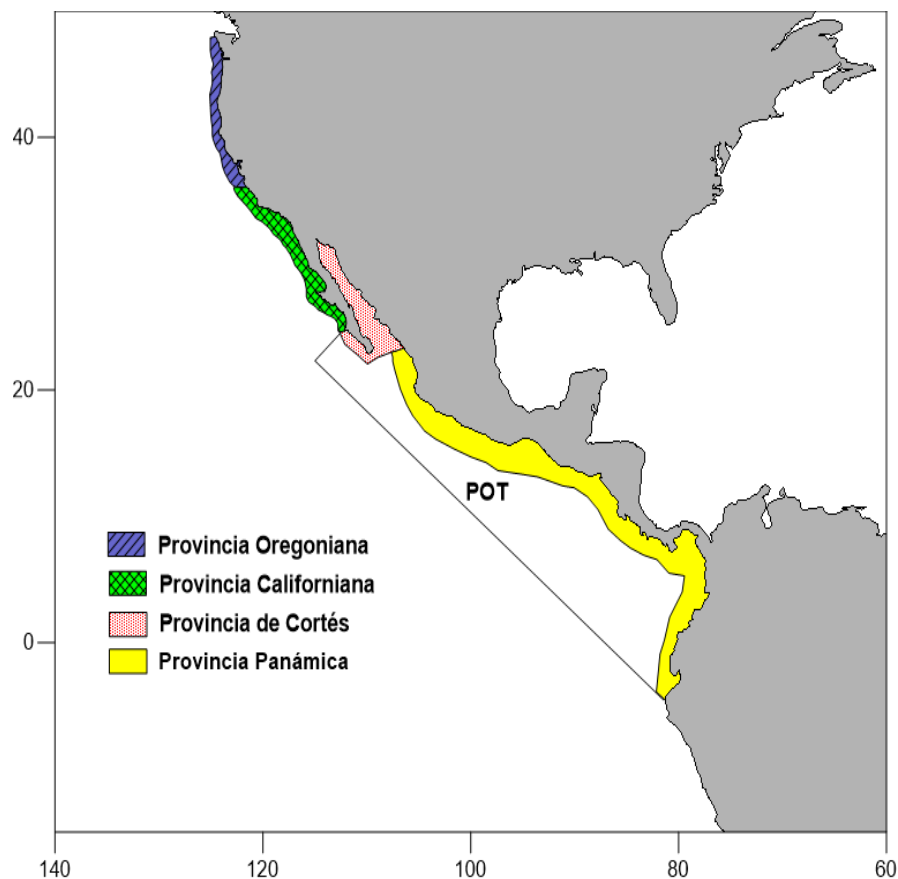
- a) El hábitat se detalla el espacio donde se encuentran las condiciones fundamentales para que la especie habite (Mitchell, 2005) y el medio ambiente se define las condiciones de salinidad que la especie puede encontrarse y adaptarse.
- b) El gremio de uso, se asignó considerando la abundancia, distribución espacial, rango de tallas, madurez sexual y hábitat. Se agruparon en tres categorías; especies marinas ocasionales (MO), son las especies que aparecen en la laguna de manera ocasional, sin patrón definido; especies marino-estuarino dependientes (MED), especies que entran en grandes cantidades como juveniles para protección y crianza, por lo que dependen del hábitat para su ciclo de vida; especies marino-estuarino oportunistas (MEO), especies que entran a la laguna tanto juveniles como adultos, usando el sistema por la cercanía a la costa para crianza, protección o alimentación (Potter *et al.*, 2015).
- c) La posición en la columna de agua, es el hábitat donde la especie desarrolla su ciclo biológico, que corresponden a: pelágicos, asociados a la parte superior del agua; demerso-pelágicas, se localizan en el fondo y en toda la columna de agua y demersales, se asocian al fondo.
- d) El nivel trófico, este nos indica la posición del organismo en la red trófica, la clasificación consta de cinco categorías cada una abarcando un intervalo trófico, estas son: nivel trófico 2 - 2.49; 2.5 - 2.99; 3 - 3.49; 3.5 - 3.99; 4 - 4.49; 4.50-4.99 y  $\geq 5$ . La clasificación se obtuvo de la sección de pirámides tróficas de la página de FishBase (Froese y Pauly, 2017).
- e) El gremio de alimentación, se clasificó en tres categorías: los carnívoros los cuales se subdividieron en invertívoros, que se alimentan principalmente de invertebrados bentónicos; los ictio-invertívoros que se alimentan de invertebrados bentónicos e incluyen una proporción de peces; los piscívoros cuya dieta está compuesta principalmente por peces e incluyen una proporción de invertebrados. Los

plancívoros que se alimenta primordialmente de zooplancton y los omnívoros que se alimenta tanto de materia animal como vegetal.

- f) La distribución batimétrica, se clasifica en base a los límites de profundidad máximos en que se reporta la especie; se dividió espacialmente en somera hasta los 30 metros, intermedia de 31 a 50 metros, profunda de 51 a 120 metros y muy profunda más de 120 metros.
- g) La resiliencia es la habilidad de la especie de seguir funcionando y recuperarse después de un cambio (se clasifican en alta, media, baja y muy baja) y la vulnerabilidad es la capacidad de responder y adaptarse a las nuevas condiciones (se clasifican de muy alto, alto, moderado, bajo y muy bajo) (Padilla-Serrato *et al.*, 2016).

### 6.3 Afinidad biogeográfica

El análisis biogeográfico se realizó de acuerdo al esquema propuesto por Boschi (2000) y Robertson y Cramer (2009) donde la provincia Mexicana y Panámica forman una sola provincia, de tal manera que las divisiones son las siguientes: PO: Provincia Oregoniana, considerada como templada-fría que va de 48 a 36°N; PCA: Provincia Californiana, presenta peces que se encuentran en la zona templada-cálida, cuyos límites son de 36 a 23°N; PC: Provincia de Cortés que incluye el sector sur de Baja California y el sector central y sur del Golfo de California, zona templado-cálida y subtropical, en la costa este del Golfo, la provincia se extiende hasta el norte de Mazatlán, Sinaloa; PP: Provincia Panámica, se extiende desde el sur de Mazatlán hasta el sur de El Salvador, entre 23°N y 6°S, (Fig. 2); POT: Pacífico Oriental Tropical, esta región incluye la costa oeste del continente americano entre 25°N en el sector sur de Bahía Magdalena, hasta 5°S en Cabo Blanco en la zona norte de Perú, en esta se incluyen especies de amplia distribución; AN: Anfiamericanas, especies con distribución a ambos lados del istmo centroamericano, POT y Atlántico occidental; CT: Circumtropicales, son las especies con amplia distribución en mares tropicales y CO: Cosmopolitas, especies que se distribuyen en mares tropicales, subtropicales y templados.



**Figura 2.** Provincias biogeográficas del Pacífico según Boschi (2000); Robertson y Cramer (2009) (Padilla-Serrato, 2016).

#### 6.4 Análisis de la información

Los análisis se realizaron por separado, con el fin de determinar las diferencias en la composición de la comunidad de peces en las estaciones del año. Dado que la recolección de los organismos se hizo con diferentes artes y esfuerzo de pesca, se realizó una estandarización del esfuerzo. El primer paso fue igualar el esfuerzo en las mismas artes, por lo que se estandariza la captura de cada especie por lance en 600 metros de longitud a 30 minutos de operación para el chinchorro, para el chango a 45 minutos de operación y la atarraya fue la única con características constantes, por lo que no hubo necesidad de estandarizar, posteriormente se hizo una equivalencia entre el esfuerzo de las artes, utilizando el chinchorro por ser el arte usada en todos los muestreos. Por último, se calculó la captura por

unidad de esfuerzo normalizada (CPUE), que es ampliamente utilizada como un índice de abundancia relativa (Gatica y Hernández, 2003). Con la CPUE normalizado se obtuvo la abundancia relativa por estaciones, con el fin de evitar sesgos en relación al esfuerzo de captura.

## 6.5 Variables ambientales

Para analizar los cambios de las variables ambientales estacionalmente en la laguna Navachiste, se tomaron registros de la temperatura superficial del mar (TSM) y la salinidad dentro de la laguna, para lo cual se utilizó un sensor multiparámetro YSI y se registró la posición geográfica (GPS).

Adicionalmente y con el fin de evaluar potenciales cambios fuertes en la TSM en los años analizados, se obtuvo la TSM del periodo del 2006 a 2017 por medio de imágenes satelitales del sensor Aqua MODIS Sea Surface Temperature (11 $\mu$  daytime), en períodos de composiciones mensuales y una resolución de 4 km. Posteriormente, las imágenes de los sensores satelitales fueron visualizadas y analizadas por medio del software Windows Image Manager (WIM) para obtener los valores numéricos de la TSM en el área de estudio. Con dicha información se determinó la climatología de la laguna, se obtuvo la media y desviación estándar de cada mes y se obtuvieron las anomalías estandarizadas mensuales, restando la TSM de cada mes con la media del mes y dividiendo por la desviación estándar del mes. Las anomalías pueden ser positivas (cálido) o negativas (frio).

## 6.6 Índices de abundancia

### 6.6.1 Abundancia relativa

Este índice permite detectar las especies más importantes en la estructura de la comunidad en número (mediante porcentaje), se expresa de la siguiente manera:

$$Ar = \frac{n}{NT} (100) \quad (1)$$

Donde  $n$  : número de los organismos de cada especie.  $NT$  : número total de organismos.



### 6.6.2 Biomasa relativa

Este índice es una relación aritmética que, de manera porcentual, expresa las especies más importantes en la comunidad en pesos, se expresa de la siguiente manera:

$$Br = \frac{p}{PT} (100) \quad (2)$$

Donde  $p$ : peso de los organismos de cada especie,  $PT$ : peso total de los organismos.

### 6.6.3 Frecuencia relativa

Este índice nos muestra una medida de la frecuencia de aparición de la especie por lance, se expresa de la siguiente manera:

$$Fr = \frac{Li}{LT} (100) \quad (3)$$

Donde  $Li$ : lances en que aparece la especie,  $LT$ : número total de lances realizados.

## 6.7 Componentes comunitarios:

La comunidad de peces está integrada por diversos componentes, que están determinados por su abundancia relativa y frecuencia relativa de aparición en los muestreos (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1980). Utilizando el gráfico de Olmstead-Tukey (Sokal y Rohlf, 1969) se estableció una clasificación ecológica de las especies que consistió en graficar los valores de abundancia relativa para cada taxón (eje x) contra el valor porcentual de su frecuencia relativa de cada especie (eje y). De acuerdo a estos criterios, las especies se clasifican de la siguiente forma:

- a) Especies Comunes (C) son aquellas cuyos valores relativos tanto de abundancia como de frecuencia, son mayores a la media aritmética.
- b) Especies Frecuentes (F) son aquellas que tienen valores de frecuencia relativa por arriba de su promedio y una abundancia relativa por debajo de su media aritmética.

c) Especies Ocasionales (O) son aquellas que su abundancia relativa está por arriba de su valor promedio y una frecuencia relativa por debajo de su media aritmética.

d) Especies Raras (R) son aquellas cuyos valores relativos tanto de frecuencia como de abundancia se encuentran por debajo de su media aritmética.

## 6.8 Índices ecológicos:

### 6.8.1 Riqueza específica

Es el número de especies presentes en un ecosistema. Por lo que se analizó la riqueza de especies de manera estacional, esto con el fin de poder observar y definir si existe cambio a través del tiempo.

### 6.8.2 Índice de diversidad de Margalef

Se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, aplicando logaritmo natural, se analizó en PRIMER 6. Este índice se expresa de la siguiente manera:

$$R = \frac{S - 1}{\ln(N)} \quad (4)$$

Donde  $S$  : número de especies.  $n$  : número total de organismos en la muestra.

### 6.8.3 Índice de diversidad de Shannon-Weaver

Este índice está basado en la teoría de la información y se mide en bits/individuo utilizando la escala logarítmica base 2, se analizó en PRIMER 6. Es comúnmente utilizado para calcular la diversidad. Conforme se incrementa el número y equidad de los taxos (diversidad biótica) dentro de la comunidad se incrementa el valor de  $H'$ . Este índice se expresa de la siguiente manera:

$$H' = \sum_{i=1}^n p_i \ln_2 p_i \quad (5)$$

Donde  $p_i$ : cociente del número de organismos de la especie  $i$  entre el número total de la muestra,  $n_i/NT$ .

#### 6.8.4 Índice de equidad de Pielou

Expresa la diversidad relativa ( $H'$ ) al máximo valor que  $H'$  puede tener cuando todas las especies en la muestra tienen igual número de individuos, se analizó con PRIMER 6. Su valor va de 0 a 1 de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes. Este índice se expresa de la siguiente manera:

$$E = \frac{H'}{H'max} \quad (6)$$

Donde  $H'max$ : igual al  $\ln(S)$ ,  $S$ : número de especies.

#### 6.8.5 Índice de similitud de Bray-Curtis

El índice es un estadístico utilizado en ecología, que considera la presencia/ausencia y su abundancia. Posteriormente se realizó un dendograma de agrupamiento entre estaciones con PRIMER 6.

$$S_B = 1 - \left[ \frac{\sum |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum |X_{ij} + X_{ik}|} \right] \quad (7)$$

Donde  $S_B$ : similitud del método de Bray-Curtis,  $X_{ij}$  y  $X_{ik}$  número de individuos de la especie  $i$  en la muestra  $j$  y en la muestra  $k$ .

#### 6.8.6 Curva de acumulación de especies

Para evaluar la eficacia del muestreo y determinar su representatividad, se utilizó las curvas de acumulación, obtenidas mediante los métodos no paramétricos, estimadores que se basan en presencia/ausencia: Chao1, Chao2, Jackknife2, los cuales se analizaron en PRIMER 6.

**Chao1** se expresa de la siguiente manera:

$$Chao1 = S + \frac{a^2}{2b} \quad (8)$$

Donde  $S$ : es el número de especies en una muestra,  $a$ : número de especies que están representados solamente por un único individuo en esa muestra y  $b$ : número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra.

**Chao2** se expresa de la siguiente manera:

$$Chao2 = S + \frac{L^2}{2M} \quad (9)$$

Donde  $L$ : número de especies que ocurren solamente en una muestra y  $M$ : número de especies que ocurren en exactamente dos muestras.

**Jackknife 2** se expresa de la siguiente manera:

$$Jackknife2 = S + \frac{L(2m - 3)}{m} - \frac{M(m - 2)^2}{m(m - 1)} \quad (10)$$

Donde  $L$ : número de especies que ocurren solamente en una muestra,  $M$ : número de especies que ocurren en exactamente dos muestras y  $m$ : número de muestras.

### 6.8.7 Índice de Valor Biológico (IVB)

Para definir las especies dominantes de manera estacional se utilizó el índice de valor biológico (IVB) de Sanders (1960), lo cual se expresa de la siguiente manera:

$$IVB_i = \sum_{j=1} pu_{ij} \quad (11)$$

Donde  $i$ : corresponde a cada especie,  $j$ : a la estación de muestreo y  $pu_{ij}$ : es el puntaje de la especie de la muestra  $i$  en la muestra  $j$ .

## 6.9 Utilización de la laguna

Con la finalidad de establecer si la laguna se utiliza por los peces para crianza y/o reproducción, se analizaron las especies más abundantes en el periodo de muestreo, de las cuales se obtuvieron la talla de primera madurez sexual y el periodo reproductivo.

### 1) Talla de primera madurez sexual:

Con los datos de madurez gonádica asignados utilizando la escala morfocromática propuesta por Nikolsky (1963) (Tabla I), se calculó el porcentaje de hembras inmaduras (estadios I y II) y maduras (estadios III, IV y V) agrupadas en intervalos de 5 mm longitud total.

A partir de estas frecuencias se obtuvo la proporción de las hembras maduras en cada talla, se obtuvo una proporción acumulada ( $P$ ) sumando la proporción ( $p$ ) de una de las tallas más la proporción anterior (donde  $P_1=p_1$ ;  $P_2=p_2+P_1$  hasta  $P_n= p_n+ P_{n-1}$ ). Donde se obtuvo el  $\ln\left(\frac{1-P}{p}\right)$  por cada talla y se graficó vs longitud total, de la cual se obtuvieron los parámetros  $r$  y  $L_{50}$ , a partir de los valores  $b$  y  $a$  de la ecuación de la recta mediante una regresión lineal, considerando que  $r = -b$ ;  $L_{50} = \left(\frac{a}{r}\right)$ .

Con la obtención de la relación entre la longitud total versus proporción acumulada de madurez, se utilizó el modelo logístico descrito por King (1995):

$$P = \frac{1}{1 + e^{(-r(LT-L_{50}))}} \quad (12)$$

Dónde:  $P$ : proporción de hembras maduras por talla;  $r$ : pendiente de la curva;  $LT$ : longitud total correspondiente a cada dato de frecuencia acumulada;  $L_{50}$ : longitud donde el 50% de las hembras son sexualmente maduras.

Se calculó la proporción de hembras maduras para cada talla según el modelo logístico, se restaron las proporciones acumuladas y se elevaron al cuadrado. Aplicando el criterio de mínimos cuadrados a los residuos se volvió a calcular el valor de  $L_{50}$  por medio de iteraciones con solver Excel-Microsoft Office.

## 2) Periodo reproductivo:

Para establecer el periodo reproductivo de las especies más abundantes, se obtuvieron los porcentajes de los individuos en estadios inmaduros (I y II) y estadios maduros (III, IV y V) durante las estaciones climáticas, posteriormente se obtuvo las estructuras de tallas de cada especie, misma que fueron comparadas con la talla de primera madurez sexual estimada, para determinar si son juveniles o adultos y obtener las variaciones estacionales de la abundancia de los organismos reproductores (estadio III, IV y V) e inmaduros (estadio I y II), definiendo de esta manera los picos reproductivos.

**6.9.1 Crianza y Reproducción:** con base en la información de la talla de primera madurez sexual y el periodo reproductivo, se determinó el uso como sitio de crianza y reproducción por parte de las especies de peces.

La talla de primera madurez sexual es uno de los parámetros reproductivos básicos ya que permite separar a la fracción de organismos maduros, por lo que considerando la talla de primera madurez se puede dividir en dos fases (Abadia-Chanona *et al.*, 2015), cuando están por debajo de la talla de primera madurez son juveniles y los que presentan igual o mayor talla se clasifican como adultos (reproductores), con esto se establece la proporción de juveniles y adultos en los muestreos, así distinguimos si la laguna de Navachiste es un sitio de crianza.

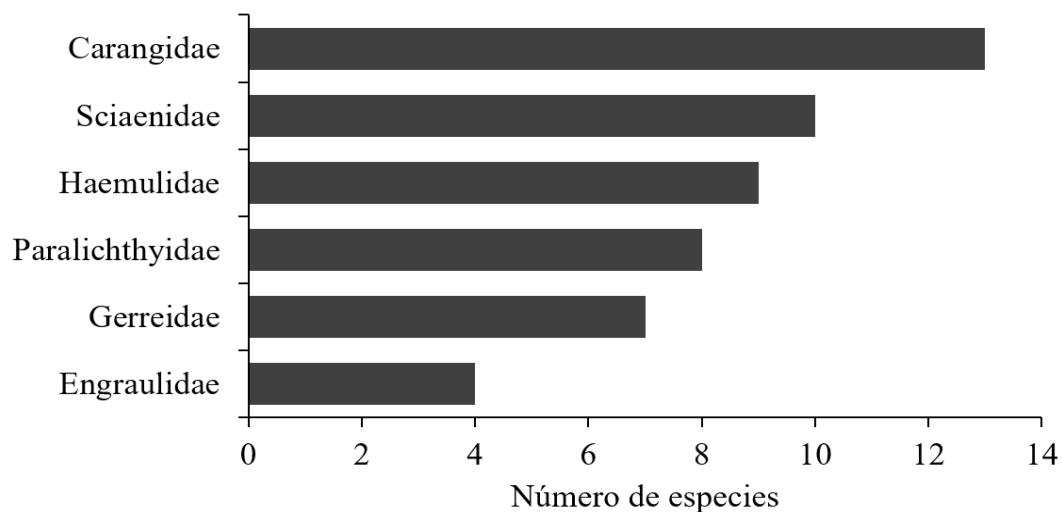
Conociendo la información de periodo reproductivo, separamos los estadios III y IV (especie madura y en reproducción) y V (desovados), con lo que se determina el porcentaje de organismos con actividad reproductiva de manera estacional, permitiéndonos demostrar la utilización de la laguna con fines reproductivos.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Composición específica

Se colectaron un total de 4,446 peces durante las cuatro campañas en el interior y exterior de la laguna costera de Navachiste. El elenco sistemático estuvo integrado por dos clases, 14 órdenes, 35 familias, 62 géneros y 95 especies (Tabla II). La Clase Chondrichthyes (elasmobranquios) estuvo representada por 3 órdenes, 4 familias, 4 géneros y 4 especies. La Clase Actinopterygii (teleósteos) fue representada por 11 órdenes, 31 familias, 58 géneros y 91 especies.

El orden Perciforme fue el más diverso con 7 familias, 15 géneros, 25 especies, seguida del orden Pleuronectiformes con 3 familias, 7 géneros y 11 especies. Las familias que estuvieron conformadas por el mayor número de especies fueron Carangidae con 13 especies y Sciaenidae con 10 especies, seguido de Haemulidae con 9 especies, Paralichthyidae con 8 especies, Gerreidae con 7 especies y Engraulidae con 4 especies (Fig. 3). Los géneros más representativos en número de especies fueron *Eucinostomus* con cuatro especies, seguido de *Caranx*, *Cynoscion*, *Haemulon*, *Haemulopsis*, *Oligoplites* y *Sphoeroides* con tres especies.



**Figura 3.** Familias más representativas de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

**Tabla II.** Composición de especies de peces en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (arreglo taxonómico según Nelson, 2016). Afinidad biogeográfica: PO= Provincia Oregoniana, PCA= Provincia de California, PC= Provincia de Cortés, PP= Provincia Panámica, AN= Anfiamericanas, CT= Circumtropicales, CO= Cosmopolitas, POT= Pacífico Oriental Tropical. Gremio de uso: MO= especies marinas ocasionales, MED= especies marinas-estuarinas dependientes, MEO= especies marinas-estuarinas oportunistas.

<b>Especie</b>	<b>Afinidad biogeográfica</b>	<b>Gremio de uso</b>
FILO CHORDATA		
CLASE CHONDRICHTHYES		
SUBCLASE ELASMOBRANCHII		
SUBDIVISION SELACHII		
ORDEN CARCHARHINIFORMES		
FAMILIA SPHYRNIDAE		
<i>Sphyrna lewini</i> (Griffith y Smith, 1834)	CT	MO
ORDEN PRISTIFORMES		
FAMILIA RHINOBATIDAE		
<i>Pseudobatos glaucostigmus</i> (Jordan y Gilbert, 1883)	PC-PP	MEO
ORDEN MYLIOBATIFORMES		
FAMILIA UROLOPHIDAE		
<i>Urolophus halleri</i> (Cooper, 1863)	PCA-PC-PP	MED
FAMILIA UROTRYGONIDAE		
<i>Urotrygon chilensis</i> (Günther, 1872)	PC-PP-PCH	MEO
CLASE OSTEICHTHYES		
SUBCLASE ACTINOPTERYGII		
DIVISION TELEOSTEI		
ORDEN ALBULIFORMES		
FAMILIA ALBULIDAE		
<i>Albula gilberti</i> (Pfeiler y van der Heiden, 2011)	PCA-PC	MO
<i>Albula pacifica</i> (Beebe, 1942)	PC-PP	MEO
<i>Albula esuncula</i> (Garman, 1899)	PP	MEO
ORDEN ANGUILLIFORMES		
SUBORDEN MURAENOIDEI		
FAMILIA MURAENIDAE		
<i>Gymnothorax equatorialis</i> (Hildebrand, 1946)	PC-PP	MO
SUBORDEN CONGROIDEI		
FAMILIA OPHICHTHIDAE		
<i>Ophichthus zophochir</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PCA-PC-PP	MO
FAMILIA MURAENESOCIDAE		
<i>Cynoponticus coniceps</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PC-PP	MO
ORDEN CLUPEIFORMES		



<b>Especie</b>	<b>Afinidad biogeográfica</b>	<b>Gremio de uso</b>
<b>FAMILIA ENGRAULIDAE</b>		
<i>Anchoa ischana</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PC-PP	MEO
<i>Anchoa lucida</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PC-PP	MEO
<i>Anchovia macrolepidota</i> (Kner, 1863)	PC-PP	MEO
<i>Cetengraulis mysticetus</i> (Gunther, 1867)	PC-PP	MEO
<b>FAMILIA CLUPEIDAE</b>		
<i>Lile stolifera</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PC-PP	MEO
<i>Opisthonema libertate</i> (Günther, 1867)	PC-PP	MED
<b>ORDEN SILURIFORMES</b>		
<b>FAMILIA ARIIDAE</b>		
<i>Ariopsis guatemalensis</i> (Günther, 1864)	PC-PP	MEO
<i>Ariopsis seemanni</i> (Günther, 1864)	PC-PP	MEO
<i>Bagre panamensis</i> (Gill, 1863)	PCA-PC-PP	MEO
<i>Bagre pinnimaculatus</i> (Steindachner, 1876)	PC-PP	MEO
<i>Occidentarius platypogon</i> (Günther, 1864)	PC-PP	MEO
<b>ORDEN AULOPIFORMES</b>		
<b>SUBORDER SYNOSONTOIDEI</b>		
<b>FAMILIA SYNODONTIDAE</b>		
<i>Synodus scituliceps</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PC-PP-PCH	MO
<b>ORDEN MUGILIFORMES</b>		
<b>FAMILIA MUGILIDAE</b>		
<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	CO	MEO
<b>ORDEN ATHERINIFORMES</b>		
<b>SUBORDEN ATHERINOPSOIDEI</b>		
<b>FAMILIA ATHERINOPSIDAE</b>		
<i>Colpichthys regis</i> (Jenkins y Evermann, 1889)	PC	MEO
<b>ORDEN CARANGIFORMES</b>		
<b>FAMILIA NEMATISTIIDAE</b>		
<i>Nematistius pectoralis</i> (Gill, 1862)	PCA-PC-PP	MO
<b>FAMILIA CARANGIDAE</b>		
<i>Caranx caballus</i> (Günther, 1868)	PCA-PC-PP	MEO
<i>Caranx caninus</i> (Günther, 1867)	PCA-PC-PP	MEO
<i>Caranx vinctus</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PCA-PC-PP	MEO
<i>Chloroscombrus orqueta</i> (Jordan y Gilbert, 1883)	PCA-PC-PP	MEO
<i>Hemicaranx leucurus</i> (Günther, 1864)	PC-PP	MO
<i>Hemicaranx zelotes</i> (Gilbert, 1898)	PC-PP	MO
<i>Oligoplites altus</i> (Günther, 1868)	PC-PP	MEO
<i>Oligoplites refulgens</i> (Gilbert y Starks, 1904)	PC-PP	MEO
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch y Schneider, 1801)	AN	MEO

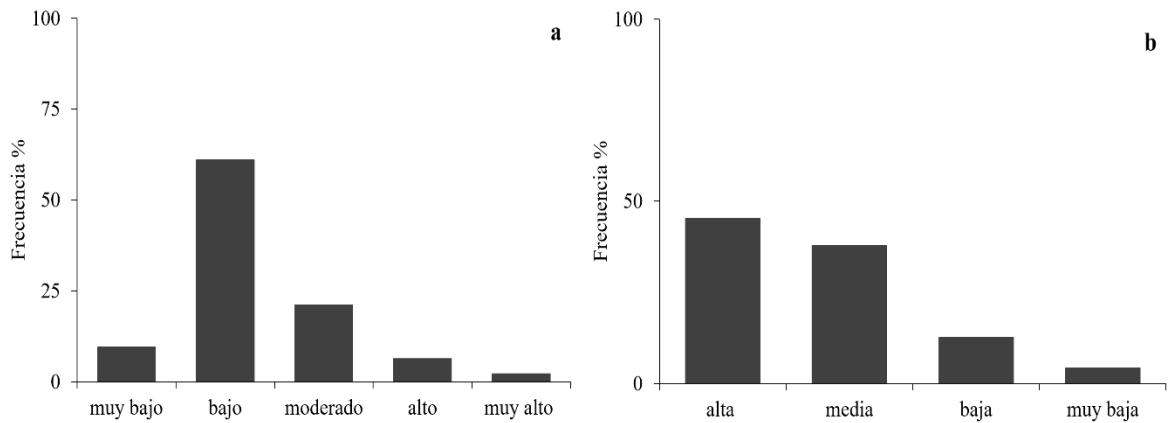
<b>Especie</b>	<b>Afinidad biogeográfica</b>	<b>Gremio de uso</b>
<i>Selene brevoortii</i> (Gill, 1863)	PC-PP	MO
<i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866)	PCA-PC-PP	MED
<i>Trachinotus kennedyi</i> (Steindachner, 1876)	PCA-PC-PP	MEO
<i>Trachinotus paitensis</i> (Cuvier, 1832)	PCA-PC-PP	MO
<b>ORDEN ISTIPHORIFORMES</b>		
<b>FAMILIA SPHYRAENIDAE</b>		
<i>Sphyraena ensis</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PCA-PC-PP	MO
<b>ORDEN SCOMBRIFORMES</b>		
<b>SUBORDEN SCOMBROIDEI</b>		
<b>FAMILIA SCOMBRIDAE</b>		
<i>Scomberomorus sierra</i> (Jordan y Starks, 1895)	PCA-PC-PP	MO
<b>SUBORDEN STROMATEOIDEI</b>		
<b>FAMILIA STROMATEIDAE</b>		
<i>Peprilus medius</i> (Peters, 1869)	PC-PP	MO
<b>ORDEN PERCIFORMES</b>		
<b>SUBORDEN PERCOIDEI</b>		
<b>FAMILIA CENTROPOMIDAE</b>		
<i>Centropomus robalito</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PC-PP	MEO
<b>FAMILIA GERREIDAE</b>		
<i>Diapterus brevirostris</i> (Sauvage, 1879)	PC-PP	MED
<i>Eucinostomus currani</i> (Zahuranec, 1980)	PCA-PC-PP	MEO
<i>Eucinostomus dowii</i> (Gill, 1863)	PCA-PC-PP	MED
<i>Eucinostomus entomelas</i> (Zahuranec, 1980)	PC-PP	MED
<i>Eucinostomus gracilis</i> (Gill, 1862)	PCA-PC-PP	MED
<i>Eugerres lineatus</i> (Humboldt, 1821)	PC-PP	MEO
<i>Gerres simillimus</i> (Reagan, 1907)	PC-PP	MEO
<b>FAMILIA MULLIDAE</b>		
<i>Pseudupeneus grandisquamis</i> (Gill, 1863)	PC-PP-PCH	MEO
<b>FAMILIA SERRANIDAE</b>		
<i>Diplectrum macropoma</i> (Günther, 1864)	PC-PP	MO
<i>Diplectrum pacificum</i> (Meek y Hildebrand, 1925)	PC-PP	MO
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (Steindachner, 1868)	PCA-PC-PP	MO
<b>FAMILIA HAEMULIDAE</b>		
<i>Haemulon maculicauda</i> (Gill, 1862)	PC-PP	MO
<i>Haemulon scudderii</i> (Gill, 1862)	PC-PP	MO
<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	AN	MEO
<i>Haemulopsis elongatus</i> (Steindachner, 1879)	PC-PP	MEO
<i>Haemulopsis leuciscus</i> (Günther, 1864)	PC-PP	MO
<i>Haemulopsis nitidus</i> (Steindachner, 1869)	PC-PP	MED

<b>Especie</b>	<b>Afinidad biogeográfica</b>	<b>Gremio de uso</b>
<i>Orthopristis reddingi</i> (Jordan y Richardson, 1985)	PC-PP	MO
<i>Pomadasys macracanthus</i> (Günther, 1864)	PC-PP	MEO
<i>Pomadasys panamensis</i> (Steindachner, 1876)	PC-PP	MO
FAMILIA LUTJANIDAE		
<i>Hoplopagrus guentherii</i> (Gill, 1862)	PC-PP	MO
<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869)	PC-PP	MEO
<i>Lutjanus guttatus</i> (Steindachner, 1869)	PC-PP	MEO
FAMILIA POLYNEMIDAE		
<i>Polydactylus opercularis</i> (Gill, 1863)	PCA-PC-PP	MO
ORDEN SCORPAENIFORMES		
SUBORDEN SCORPAENOIDEI		
FAMILIA SCORPAENIDEA		
<i>Scorpaena sonora</i> (Jenkins y Evermann, 1889)	PC-PP	MO
SUBORDEN PLATYCEPHALOIDEI		
FAMILIA TRIGLIDAE		
<i>Prionotus birostratus</i> (Richardson, 1844)	PC-PP	MO
<i>Prionotus ruscarius</i> (Gilbert y Starks, 1904)	PC-PP-PCH	MO
ORDEN MORONIFORMES		
FAMILIA EPHIPPIDAE		
<i>Chaetodipterus zonatus</i> (Girard, 1858)	PCA-PC-PP	MEO
ORDEN ACANTHURIFORMES		
FAMILIA SCIAENIDAE		
<i>Bairdiella icistia</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PC-PP	MEO
<i>Cynoscion nannus</i> (Castro-Aguirre y Arvizu-Martinez, 1976)	PC-PP	MO
<i>Cynoscion reticulatus</i> (Günther, 1864)	PC-PP	MO
<i>Cynoscion stolzmanni</i> (Steindachner, 1879)	PC-PP	MO
<i>Larimus acclivis</i> (Jordan y Brisol, 1898)	PC-PP	MO
<i>Menticirrhus panamensis</i> (Steindachner, 1875)	PC-PP	MO
<i>Menticirrhus nasus</i> (Günther, 1868)	PC-PP	MO
<i>Micropogonias ectenes</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	PC-PP	MEO
<i>Paralonchurus rathbuni</i> (Jordan y Bollman, 1890)	PC-PP	MO
<i>Umbrina xanti</i> (Gill, 1862)	PC-PP	MO
ORDEN PLEURONECTIFORMES		
SUBORDEN PLEURONECTOIDEI		
FAMILIA PARALICHTHYIDAE		
<i>Citharichthys gilberti</i> (Jenkins y Evermann, 1889)	PC-PP	MEO
<i>Citharichthys platophrys</i> (Gilbert, 1891)	PC-PP	MO
<i>Cyclopsetta panamensis</i> (Steindachner, 1876)	PC-PP	MEO
<i>Cyclopsetta querna</i> (Jordan y Bollman, 1890)	PC-PP	MEO

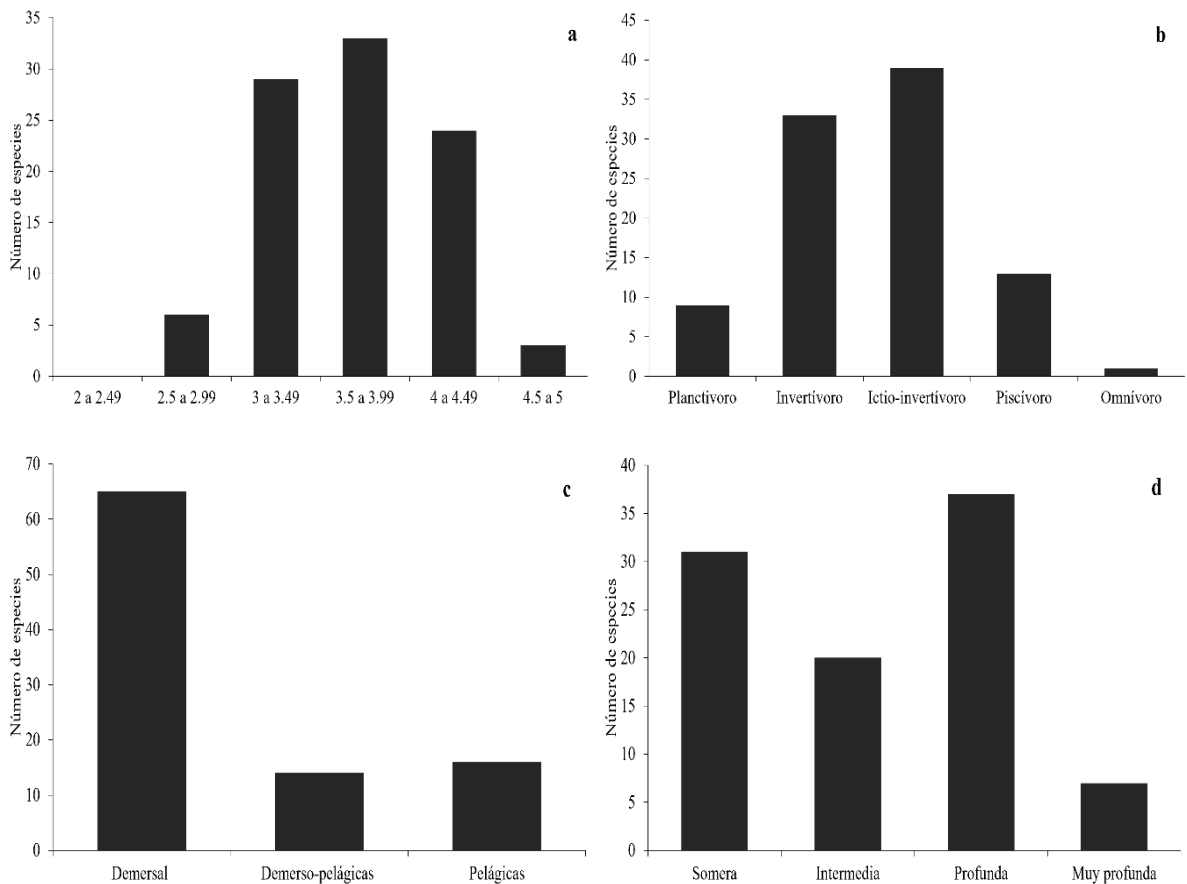
<b>Especie</b>	<b>Afinidad biogeográfica</b>	<b>Gremio de uso</b>
<i>Etropus crossotus</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	AN	MED
<i>Paralichthys aestivalis</i> (Gilbert y Scofield, 1898)	PC-PP	MEO
<i>Syacium maculiferum</i> (Garman, 1899)	PP	MO
<i>Syacium ovale</i> (Günther, 1864)	PC-PP	MO
<b>FAMILIA ACHIRIDAE</b>		
<i>Achirus mazatlanus</i> (Steindachner, 1869)	PCA-PC-PP	MEO
<i>Achirus scutum</i> (Günther, 1862)	PC-PP	MO
<b>FAMILIA CYNOGLOSSIDAE</b>		
<i>Symphurus chabanaudi</i> (Mahadeva y Munroe, 1990)	PC-PP	MEO
<b>ORDEN TETRAODONTIFORMES</b>		
<b>FAMILIA BALISTIDAE</b>		
<i>Balistes polylepis</i> (Steindachner, 1876)	PO-PCA-PC-PP	MEO
<b>FAMILIA TETRAODONTIDAE</b>		
<i>Sphoeroides annulatus</i> (Jenyns, 1842)	PO-PCA-PC-PP	MEO
<i>Sphoeroides lispus</i> (Walker en Walker y Bussing, 1996)	PC-PP	MO
<i>Sphoeroides lobatus</i> (Steindachner, 1870)	PC-PP-PCH	MO

De las 95 especies capturadas en la laguna costera de Navachiste, el 47.4% son especies marino-estuarino oportunistas, 43.2% son especies marinas ocasionales y 9.5% son especies marino-estuarino dependientes (Tabla II). El 59% son especies que se pueden encontrar en lagunas costeras y el 70% se adaptan a los cambios de salinidad (eurihalinas). Esto muestra la capacidad de las especies para ocupar diversos hábitats y soportar las variaciones de salinidad (Anexo A).

El 61.1% de las especies de la comunidad son de vulnerabilidad baja, 21.1% moderada, 9.5% muy baja, 6.3% alta y 2.1% muy alta (Fig. 4a). En términos de resiliencia el 45.3% son especies de resiliencia alta, 37.9% media, 12.6% baja y solo el 4.2% muy baja (Fig. 4b). La mayor parte de la ictiofauna de la laguna pertenecen a los niveles tróficos intermedios (3 a 3.49 y 3.5 a 3.99) y altos (4 a 4.49) (Fig. 5a), donde las especies invertívoros e ictioinvertívoros representan más de la mitad (Fig. 5b), la mayoría de las especies están asociadas al fondo y en áreas someras e intermedias (0 a 30 metros) (Figs. 5c, d) (Anexo B).



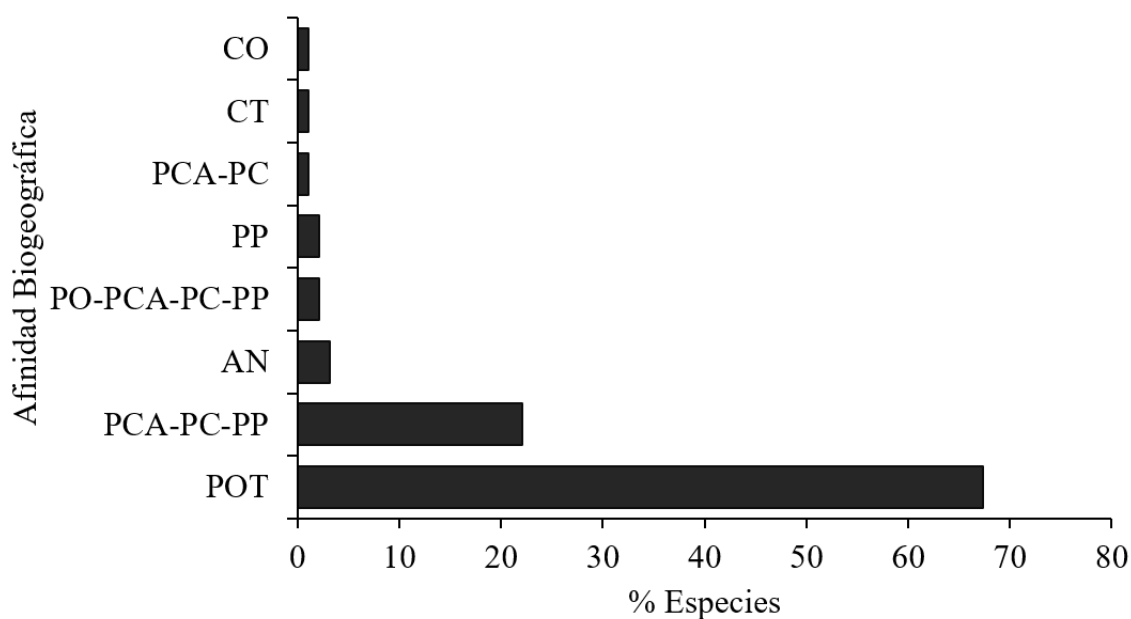
**Figura 4.** Frecuencia porcentual de (a) vulnerabilidad y (b) resiliencia de las especies de peces en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).



**Figura 5.** Atributos ecológicos de la comunidad de peces de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017). a) Nivel trófico, b) Gremio de alimentación, c) Posición en la columna de agua y d) Profundidad.

## 7.2 Afinidad biogeográfica

La comunidad de peces en la laguna de Navachiste está conformada por especies de amplia distribución pertenecientes a la región del Pacífico Oriental Tropical (POT) (64 especies, 67.37%), adicionalmente se observaron 21 especies con una distribución que incluye desde la Provincia Californiana, Provincia de Cortés y Provincia Panámica (PCA-PC-PP) (22.11%). El resto pertenecen a cuatro especies anfiamericanas que representan el 3.16%, dos especies con afinidad desde la Provincia Oregoniana, Provincia Californiana, Provincia de Cortés y Provincia Panámica (PO-PCA-PC-PP) (2.11%), dos especies con afinidad a la Provincia Panámica (2.11%), una especie cosmopolita (1.05%), una circumtropical (1.05%) y una especie perteneciente a la Provincia Californiana y Provincia de Cortés (PCA-PC) (1.05%) (Fig. 6).

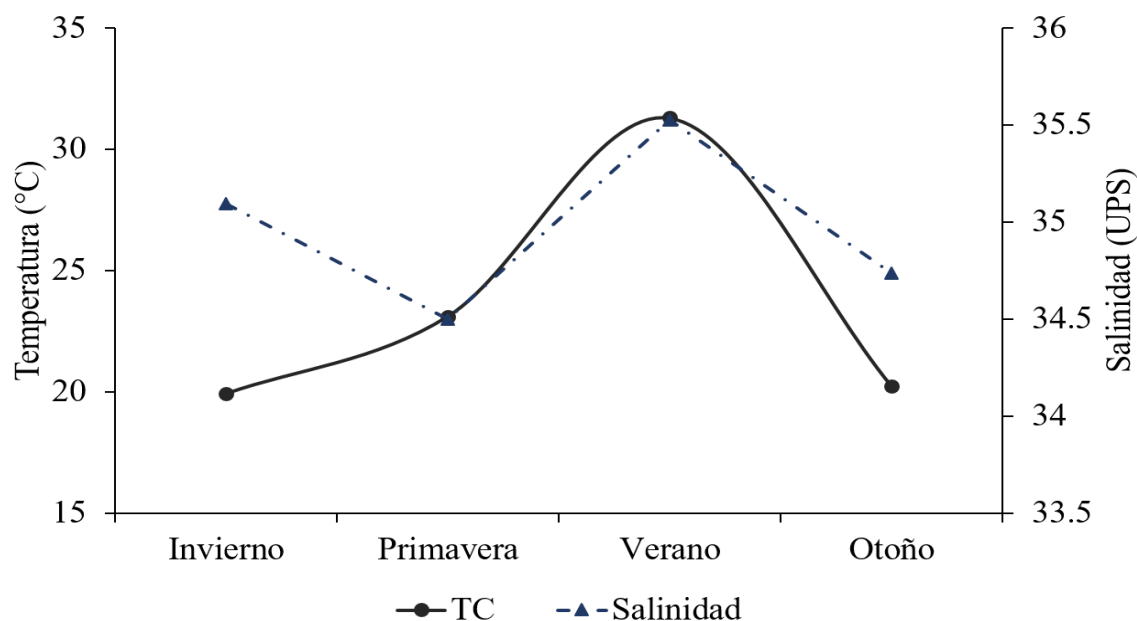


**Figura 6.** Porcentaje de la afinidad biogeográfica de la comunidad de peces de la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

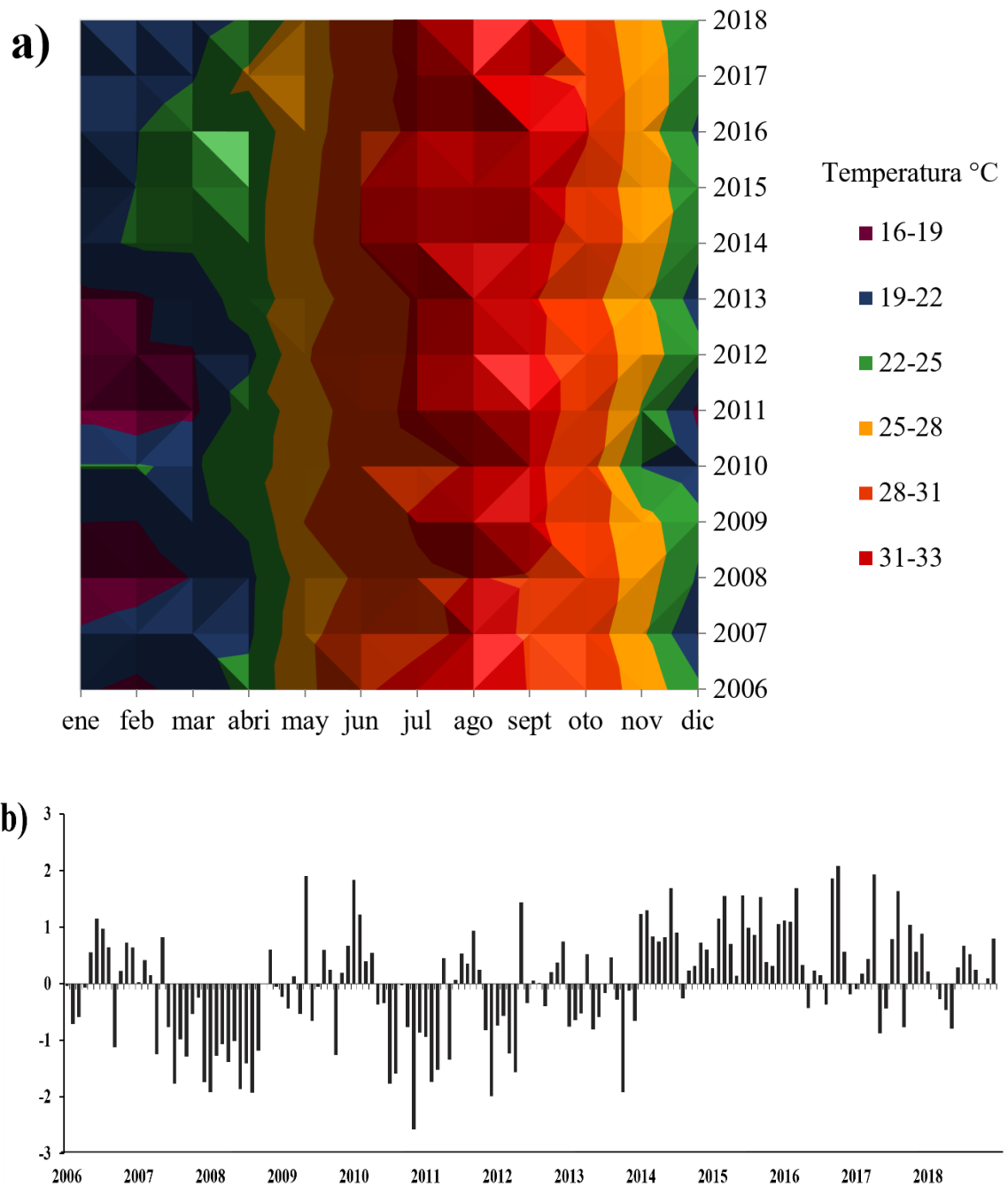
### 7.3 Variables ambientales

La temperatura mostró una temperatura superficial promedio de 23.37 °C y estacionalmente se observó una variación marcada, con la mayor temperatura en verano (31.30 °C) y la menor en invierno (19.93 °C) (Fig. 7), siendo otoño y primavera estaciones transicionales entre el periodo cálido y frío del año. La salinidad mostró menor variación entre los periodos, con un promedio de 34.93 ups, el valor máximo en verano (35.52 ups) y el mínimo en primavera (34.41 ups) (Fig. 7). Los valores de la temperatura y salinidad fueron similares tanto dentro como fuera de la laguna, mostrando una fuerte interacción entre ambas zonas.

Históricamente durante el periodo 2006 a 2017 en la laguna costera de Navachiste las menores temperaturas se presentaron en los meses de diciembre a febrero, mientras que los máximos de julio a septiembre (Fig. 8a), mostrando un patrón estacional con anomalías positivas en primavera-verano y anomalías negativas en otoño-invierno (Fig. 8b). Se destaca que la temporada cálida del 2015 a 2017 fue más marcada y se extendió la temporada cálida a los meses junio a octubre.



**Figura 7.** Temperatura superficial del mar y salinidad estacional promedio de la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

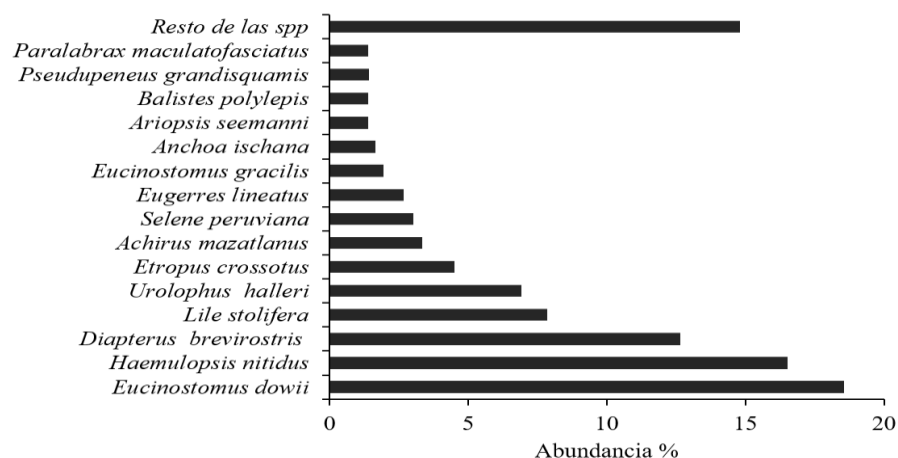


**Figura 8.** Temperatura superficial del mar de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa del 2006 al 2018, (a) Climatología (°C) y (b) Anomalías.



## 7.4 Abundancia relativa

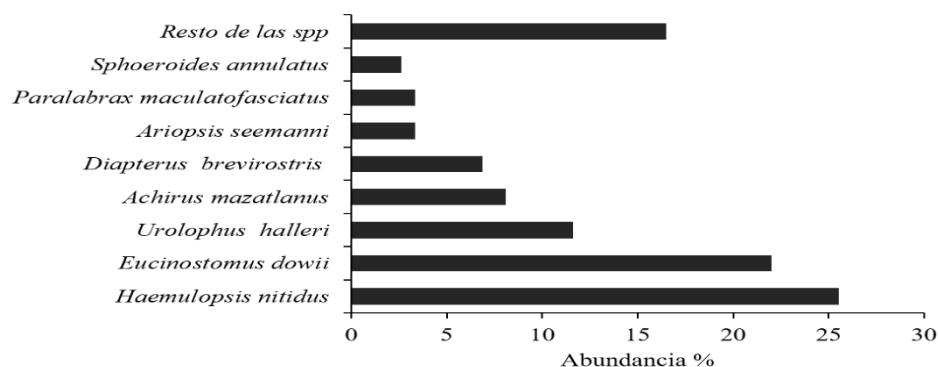
Del total de especies registradas, 15 de ellas representaron el 85.2% de la abundancia relativa, las cuales son *Eucinostomus dowii* (18.6%), *Haemulopsis nitidus* (16.5%), *Diapterus brevirostris* (12.6%), *Lile stolifera* (7.9%), *Urolophus halleri* (6.9%), *Etropus crossotus* (4.5%), *Achirus mazatlanus* (3.3%), *Selene peruviana* (3.00%), *Eugerres lineatus* (2.7%), *Eucinostomus gracilis* (1.90%), *Anchoa ischana* (1.70%), *Ariopsis seemanni* (1.40%), *Balistes polylepis* (1.40%), *Pseudupeneus grandisquamis* (1.40%) y *Paralabrax maculatofasciatus* (1.40%) (Fig. 9).



**Figura 9.** Abundancia relativa de las especies capturadas en de la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

### 7.4.1 Abundancia relativa invierno

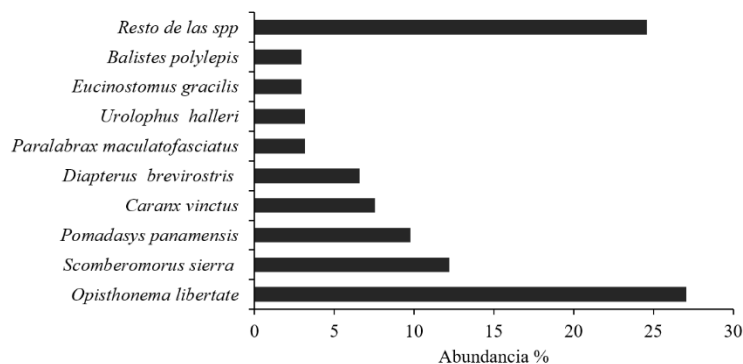
Se colectaron 34 especies, de las cuales 8 de ellas conformaron el 83.5%, las especies que obtuvieron el mayor valor porcentual lo fueron *Haemulopsis nitidus* con 25.5%, *Eucinostomus dowii* 22.0%, *Urolophus halleri* 11.6%, *Achirus mazatlanus* 8.1%, *Diapterus brevirostris* 6.98%, *Ariopsis seemanni* 3.3%, *Paralabrax maculatofasciatus* 3.3%, *Sphoeroides annulatus* 2.6% (Fig. 10).



**Figura 10.** Abundancia relativa de las especies de invierno en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

#### 7.4.2 Abundancia relativa primavera

Contamos con 26 especies presentes en total, 9 de ellas representaron el 75.4%, siendo en orden de importancia *Opisthonema libertate* 27.1%, *Scomberomorus sierra* 12.2%, *Pomadasys panamensis* 9.8%, *Caranx vinctus* 7.6%, *Diapterus brevirostris* 6.6%, *Paralabrax maculatofasciatus* 3.2%, *Urolophus halleri* 3.2%, *Eucinostomus gracilis* y *Balistes polylepis* 2.9% (Fig. 11).

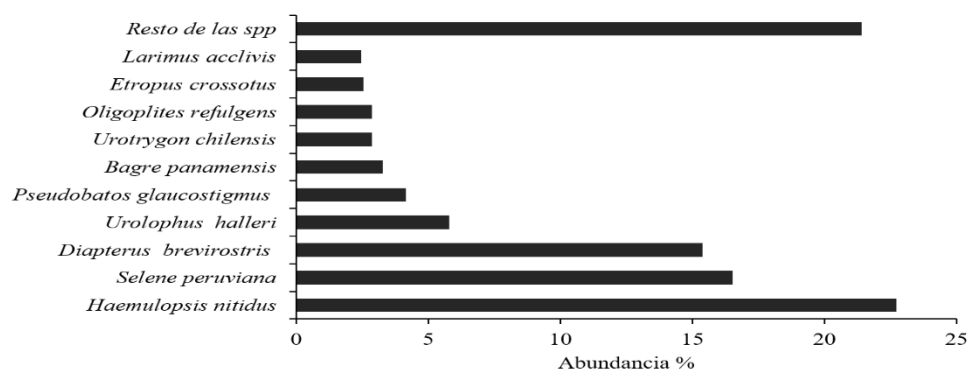


**Figura 11.** Abundancia relativa de las especies de primavera en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

#### 7.4.3 Abundancia relativa verano

En esta estación se presentó un total de 59 especies, 10 de ellas, representaron la mayor abundancia (78.6%), *Haemulopsis nitidus* con 22.7%, *Selene peruviana* 16.5%, *Diapterus*

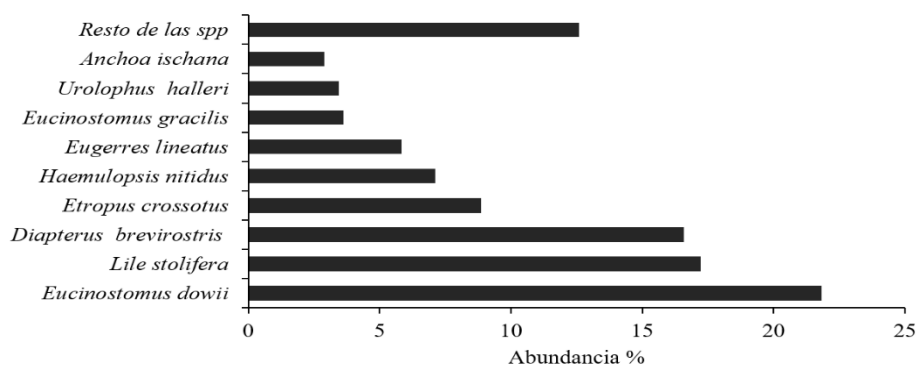
*brevirostris* 15.4%, *Urolophus halleri* 5.8%, *Pseudobatos glaucostigmus* 4.2%, *Bagre panamensis* 3.3%, *Urotrygon chilensis* 2.9%, *Oligoplites refulgens* 2.9%, *Etropus crossotus* 2.5% y *Larimus acclivis* 2.5% (Fig. 12).



**Figura 12.** Abundancia relativa de las especies de verano en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

#### 7.4.4 Abundancia relativa otoño

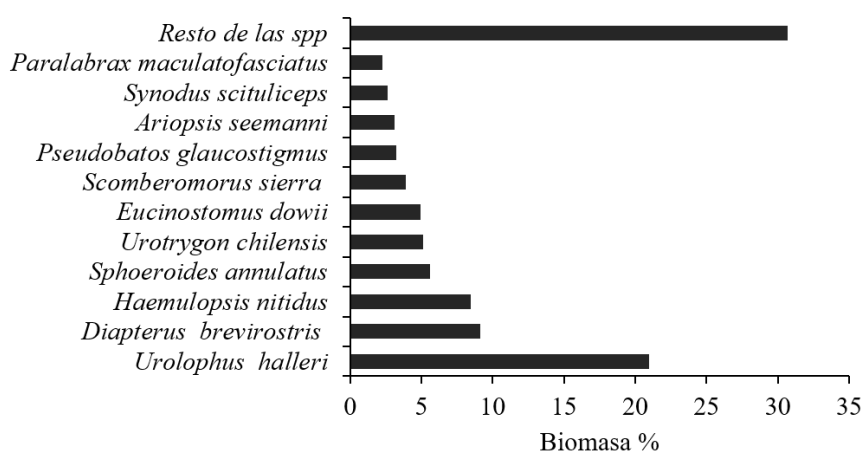
Se presentaron 53 especies, 9 representaron el 87.4%, *Eucinostomus dowii* 21.8%, *Lile stolifera* 17.2%, *Diapterus brevirostris* 16.6%, *Etropus crossotus* 8.9%, *Haemulopsis nitidus* 7.1%, *Eugerres lineatus* 5.8%, *Eucinostomus gracilis* 3.6%, *Urolophus halleri* 3.4% y *Anchoa ischana* 2.9% (Fig. 13).



**Figura 13.** Abundancia relativa de las especies de otoño en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

## 7.5 Biomasa relativa

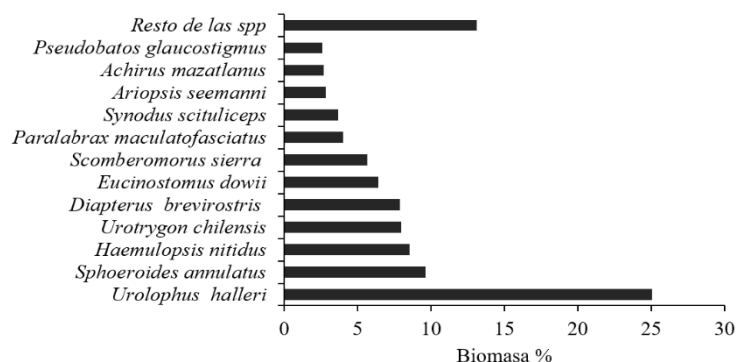
Fueron 11 especies las que acumularon el 69.30% de la biomasa, de las cuales las más representativas en orden decreciente fueron *Urolophus halleri* (21.0%), *Diapterus brevirostris* (9.1%) *Haemulopsis nitidus* (8.4%), *Sphoeroides annulatus* (5.6%), *Urotrygon chilensis* (5.1%), *Eucinostomus dowii* (4.9%), *Scomberomorus sierra* (3.9%), *Pseudobatos glaucostigmus* (3.2%), *Ariopsis seemanni* (3.1%) *Synodus scituliceps* (2.6%) y *Paralabrax maculatofasciatus* (2.3%) (Fig. 14).



**Figura 14.** Biomasa relativa de las especies capturadas de la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

### 7.5.1 Biomasa relativa invierno

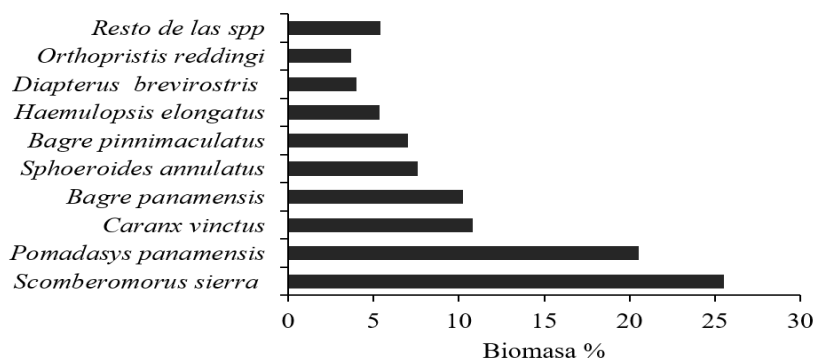
12 especies representaron el 86.9% de la biomasa relativa en este periodo, siendo *Urolophus halleri* (25.1%), *Sphoeroides annulatus* (9.6%), *Haemulopsis nitidus* (8.5%), *Urotrygon chilensis* (8.0%), *Diapterus brevirostris* (7.9%), *Eucinostomus dowii* (6.4%), *Scomberomorus sierra* (5.7%), *Paralabrax maculatofasciatus* (4.0%), *Synodus scituliceps* (3.7%), *Ariopsis seemanni* (2.8%) y *Pseudobatos glaucostigmus* (2.6%) (Fig. 15).



**Figura 15.** Biomasa relativa de las especies de invierno en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

### 7.5.2 Biomasa relativa primavera

13 especies representaron el 94.6% de la biomasa relativa, siendo *Scomberomorus sierra* (25.5%), *Pomadasys panamensis* (20.6%), *Caranx vinctus* (10.8%), *Bagre panamensis* (10.2%), *Sphoeroides annulatus* (7.6%), *Bagre pinnimaculatus* (7.0 %), *Haemulopsis elongatus* (5.44%), *Diapterus brevirostris* (4.0%) y *Orthopristis reddingi* (3.7%) (Fig. 16).

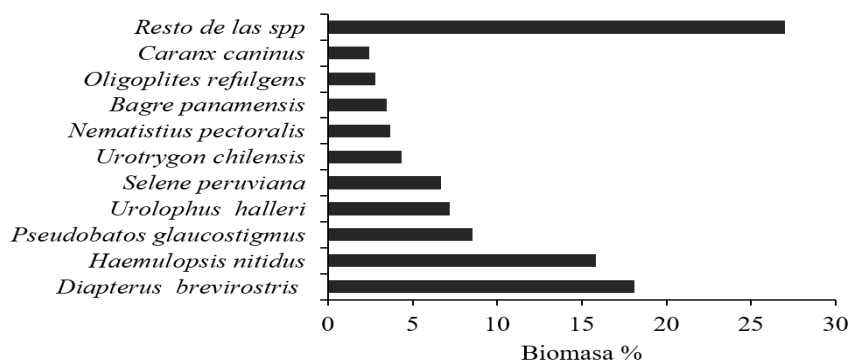


**Figura 16.** Biomasa relativa de las especies de primavera en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

### 7.5.3 Biomasa relativa verano

10 especies reportaron el 73.0% de la biomasa relativa, las cuales fueron *Diapterus brevirostris* (18.1%), *Haemulopsis nitidus* (15.9%), *Pseudobatos glaucostigmus* (8.5%), *Urolophus halleri* (7.2%), *Selene peruviana* (6.7%), *Urotrygon chilensis* (4.4%), *Nematistius*

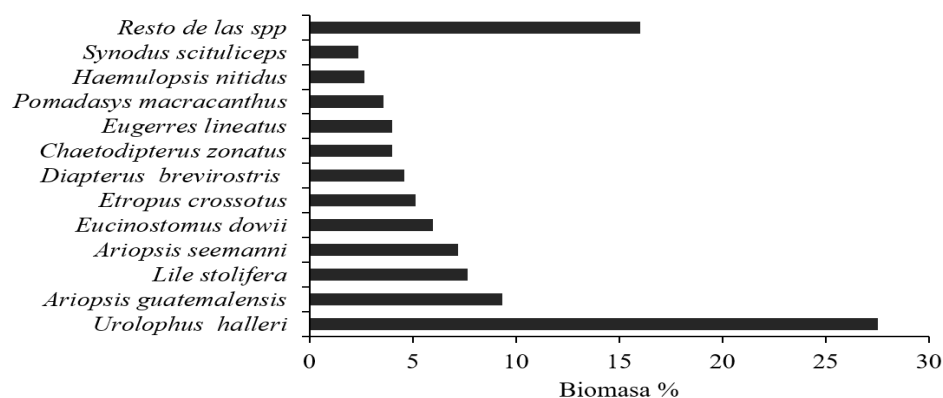
*pectoralis* (3.7%), *Bagre panamensis* (3.5%), *Oligoplites refulgens* (2.8%) y *Caranx caninus* (2.4%) (Fig. 17).



**Figura 17.** Biomasa relativa de las especies de verano en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

#### 7.5.4 Biomasa relativa otoño

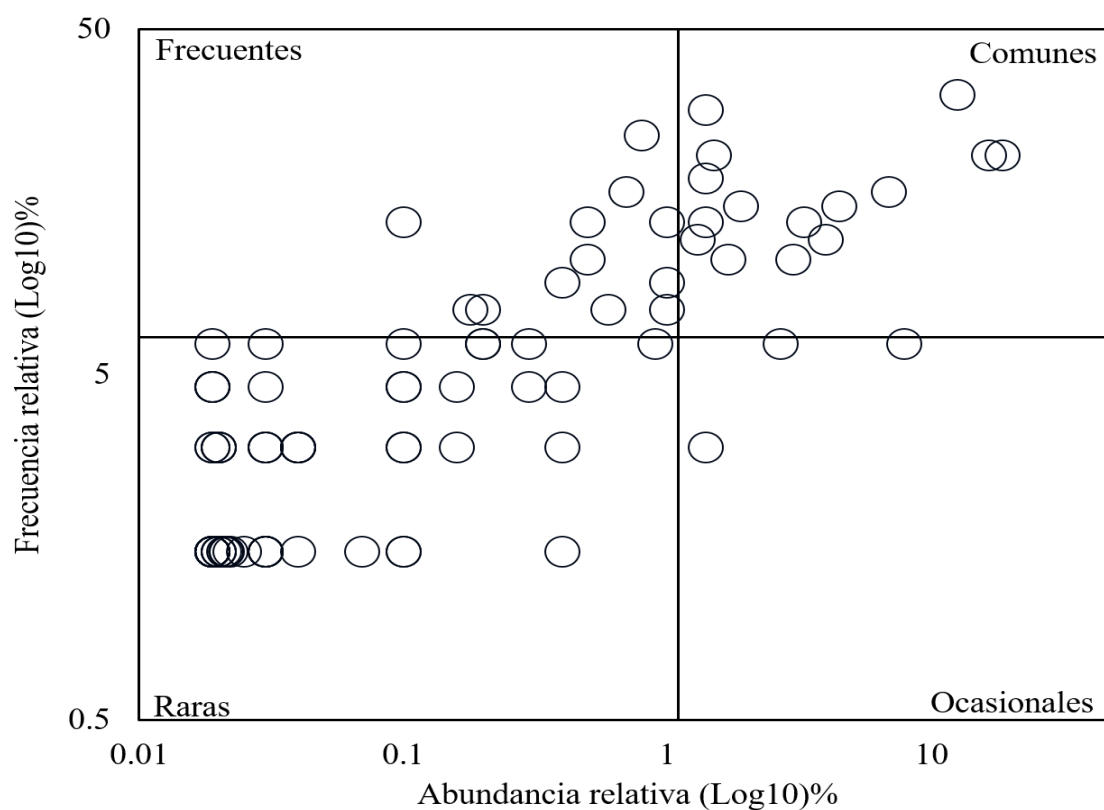
12 especies representaron el 84% de la biomasa relativa, siendo en orden decreciente de importancia *Urolophus halleri* (27.5%), *Ariopsis guatemalensis* (9.3%), *Lile stolifera* (7.7%), *Ariopsis seemanni* (7.2%), *Eucinostomus dowii* (6.0%), *Etropus crossotus* (5.2%), *Diapterus brevirostris* (4.6%), *Chaetodipterus zonatus* (4.0%), *Eugerres lineatus* (4.0%), *Pomadasys macracanthus* (3.6%), *Haemulopsis nitidus* (2.6%) y *Synodus scituliceps* (2.4%) (Fig. 18).



**Figura 18.** Biomasa relativa de las especies de otoño en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

## 7.6 Componentes comunitarios

De las 95 especies capturadas en la laguna costera, 15 fueron las especies comunes (15.6%), 12 frecuentes (12.6%), tres ocasionales (3.1%) y 65 raras (68.4%) (Fig. 19). Las especies comunes presentaron abundancia relativa de 1.30 a 18.6% y frecuencias relativas entre 10.77 a 24.62%. Las especies frecuentes presentaron una abundancia de 0.10 a 1.00% y frecuencia de 7.69 a 24.62%. Las ocasionales mostraron una abundancia de 1.40 a 7.90% y frecuencia de 1.05 a 6.15% y las especies raras presentaron una abundancia de 0.019 a 0.90% y frecuencia de 1.54 a 6.15% (Tabla III).



**Figura 19.** Clasificación de las especies de acuerdo a su abundancia y frecuencia relativa siguiendo el método de Olmstead-Tukey.

**Tabla III.** Clasificación del componente comunitario de las especies de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

<b>Comunes</b>	<b>Frecuentes</b>	<b>Ocasionales</b>
<i>Achirus mazatlanus</i>	<i>Bagre panamensis</i>	<i>Ariopsis seemanni</i>
<i>Anchoa ischana</i>	<i>Caranx caballus</i>	<i>Eugerres lineatus</i>
<i>Balistes polylepis</i>	<i>Diplectrum pacificum</i>	<i>Lile stolifera</i>
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	<i>Eucinostomus entomelas</i>	
<i>Diapterus brevirostris</i>	<i>Haemulopsis elongatus</i>	
<i>Etropus crossotus</i>	<i>Nematistius pectoralis</i>	
<i>Eucinostomus dowii</i>	<i>Oligoplites refulgens</i>	
<i>Eucinostomus gracilis</i>	<i>Pomadasys macracanthus</i>	
<i>Haemulopsis nitidus</i>	<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	
<i>Opisthonema libertate</i>	<i>Syacium ovale</i>	
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	<i>Synodus scituliceps</i>	
<i>Pseudupeneus grandisquamis</i>	<i>Trachinotus kennedyi</i>	
<i>Selene peruviana</i>		
<i>Sphoeroides annulatus</i>		
<i>Urolophus halleri</i>		
<b>Raras</b>		
<i>Achirus scutum</i>	<i>Cyclopsetta querna</i>	<i>Orthopristis reddingi</i>
<i>Anchoa lucida</i>	<i>Diplectrum macropoma</i>	<i>Ophichthus zophochir</i>
<i>Anchovia macrolepidota</i>	<i>Eucinostomus currani</i>	<i>Paralichthys aestuarius</i>
<i>Albula vulpes</i>	<i>Gerres simillimus</i>	<i>Paralonchurus rathbuni</i>
<i>Albula pacifica</i>	<i>Gymnothorax equatorialis</i>	<i>Polydactylus opercularis</i>
<i>Albula gilberti</i>	<i>Haemulon maculicauda</i>	<i>Pomadasys panamensis</i>
<i>Ariopsis guatemalensis</i>	<i>Haemulon scudderii</i>	<i>Prionotus birostratus</i>
<i>Bairdiella icistia</i>	<i>Haemulon steindachneri</i>	<i>Prionotus ruscarius</i>
<i>Bagre pinnimaculatus</i>	<i>Haemulopsis leuciscus</i>	<i>Peprilus medius</i>
<i>Caranx caninus</i>	<i>Hemicaranx leucurus</i>	<i>Scomberomorus sierra</i>
<i>Caranx vinctus</i>	<i>Hemicaranx zelotes</i>	<i>Scorpaena sonorae</i>
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	<i>Hoplopagrus guentherii</i>	<i>Selene brevoortii</i>
<i>Centropomus robalito</i>	<i>Larimus acclivis</i>	<i>Sphoeroides lispus</i>
<i>Citharichthys gilberti</i>	<i>Lutjanus guttatus</i>	<i>Sphoeroides lobatus</i>
<i>Citharichthys platophrys</i>	<i>Lutjanus argentiventris</i>	<i>Sphyraena ensis</i>
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	<i>Menticirrhus panamensis</i>	<i>Sphyrna lewini</i>
<i>Colpichthys hubbsi</i>	<i>Menticirrhus nasus</i>	<i>Syacium maculiferum</i>
<i>Cynoponticus coniceps</i>	<i>Micropogonias ectenes</i>	<i>Symphurus chabanaudi</i>
<i>Cynoscion nannus</i>	<i>Mugil cephalus</i>	<i>Trachinotus paitensis</i>
<i>Cynoscion reticulatus</i>	<i>Oligoplites altus</i>	<i>Umbrina xanti</i>
<i>Cynoscion stolzmanni</i>	<i>Oligoplites saurus</i>	<i>Urotrygon chilensis</i>
<i>Cyclopsetta panamensis</i>	<i>Occidentarius platypogon</i>	



## **7.7 Índices ecológicos**

### **7.7.1 Riqueza específica**

La riqueza específica fue mayor durante el verano con 59 especies, seguido de otoño con 54 especies, invierno con 34 especies y primavera con 26 especies (Fig. 20). Fue evidente el incremento en el número de las especies en la estación climática cálida (verano).

### **7.7.2 Índice de diversidad de Margalef ( $D\alpha$ )**

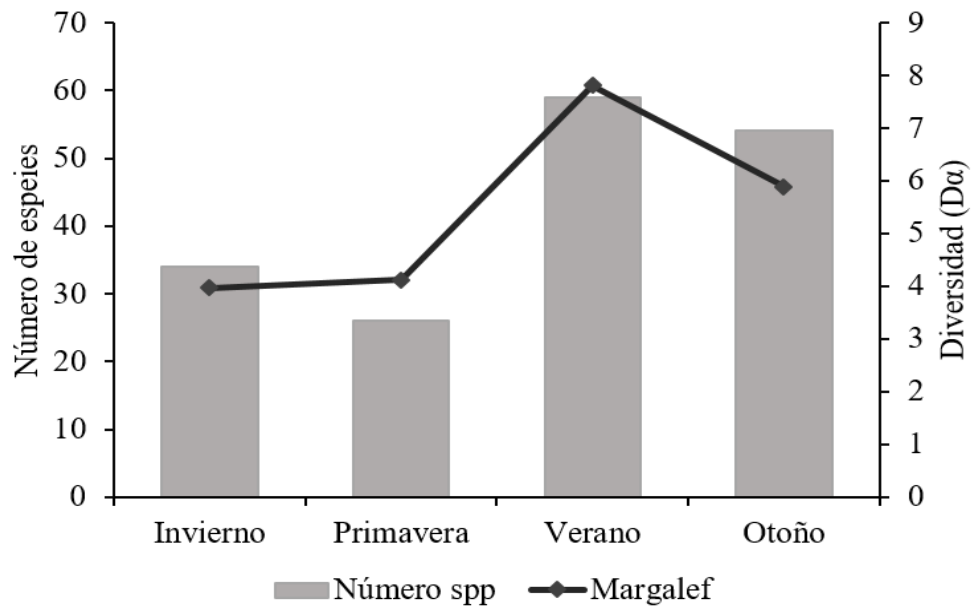
Los valores de este índice mostraron que la laguna presenta una alta diversidad (mayores a 5), con valores máximos de diversidad en verano (7.8) y disminuyendo paulatinamente conforme enfrió el agua en otoño (5.88) y alcanzando el mínimo en invierno (3.97). Posteriormente se vuelve a incrementar la diversidad en primavera (4.12) (Fig. 20).

### **7.7.3 Índice de diversidad de Shannon-Weaver ( $H'$ )**

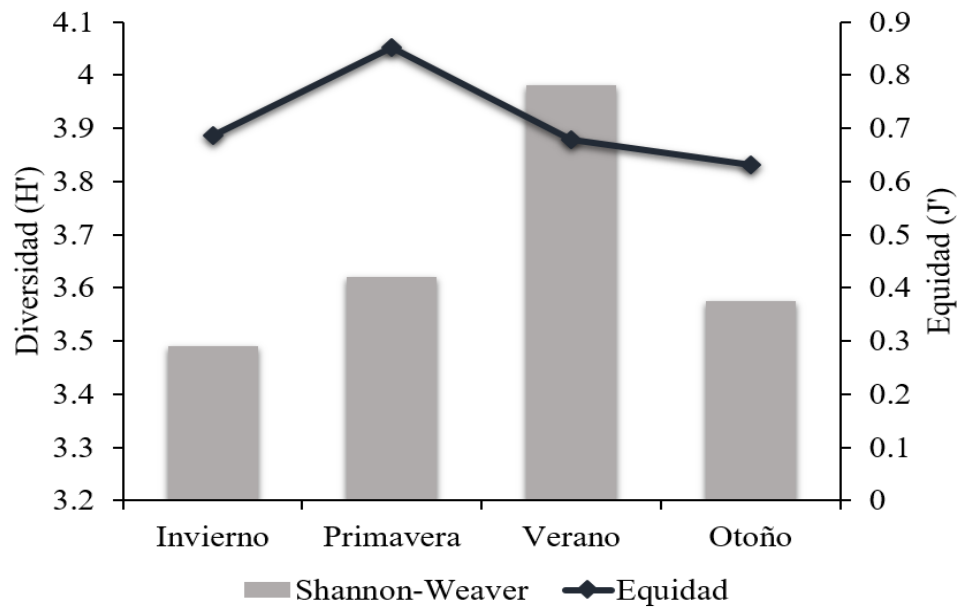
El mismo patrón estacional del índice de Margalef se obtuvo con el índice  $H'$  máxima diversidad en verano (4.08 bit/ind<sup>-1</sup>), seguida de otoño (3.57 bit/ind<sup>-1</sup>), mínima en invierno (3.49 bit/ind<sup>-1</sup>) y elevándose nuevamente en primavera (3.62 bit/ind<sup>-1</sup>), exhibiendo una alta diversidad en las cuatro estaciones (Fig. 21).

### **7.7.4 Índice de equidad de Pielou ( $J'$ )**

La equidad presentó un valor promedio de 0.71, por lo tanto, las abundancias de las especies están distribuidas homogéneamente (Fig. 21). Aunque el valor de primavera (0.85) nos muestra que presenta una distribución más homogénea, en comparación a los valores de invierno (0.68), verano (0.67) y otoño (0.63), lo que nos indica que es menor el número de especies que dominan en relación a su abundancia.



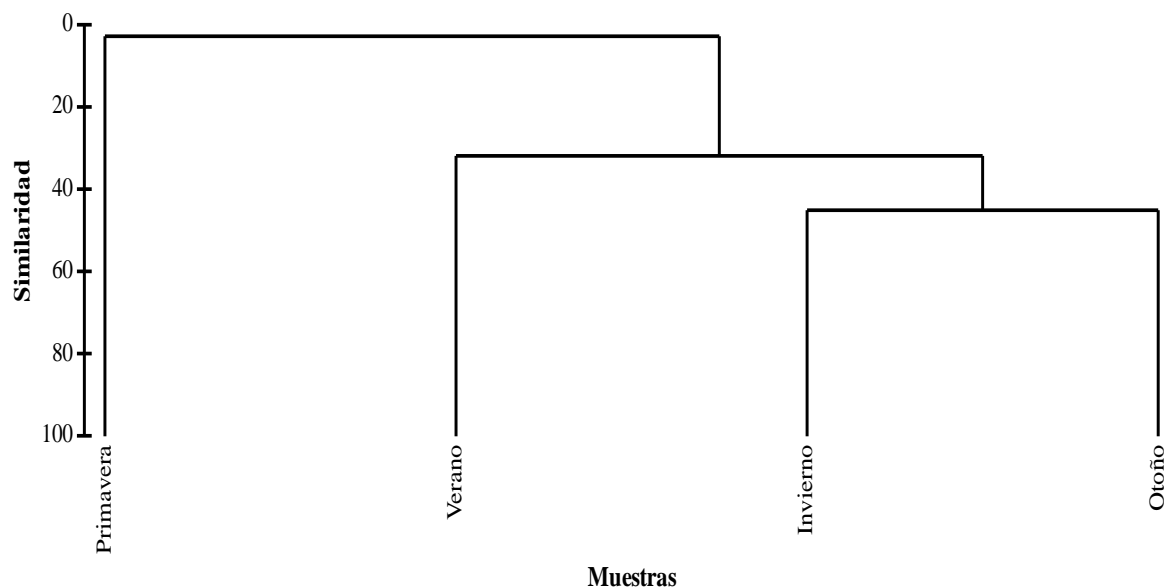
**Figura 20.** Riqueza específica estacional en la comunidad íctica en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017) e Índice de diversidad de Margalef.



**Figura 21.** Diversidad estacional en la comunidad íctica en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017), obtenida a través del Índice de Shannon-Weaver y Equidad de Pielou.

### 7.7.5 Índice de similitud de Bray-Curtis

Se evaluó la similitud en composición de especies entre estaciones. El dendograma muestra que existe similitud entre las estaciones de verano, otoño e invierno, pero presentan menor similitud con la primavera (Tabla IV). Por lo que se puede observar que existe una semejanza de especies en el periodo de muestreo de verano, otoño e invierno (Fig. 22).



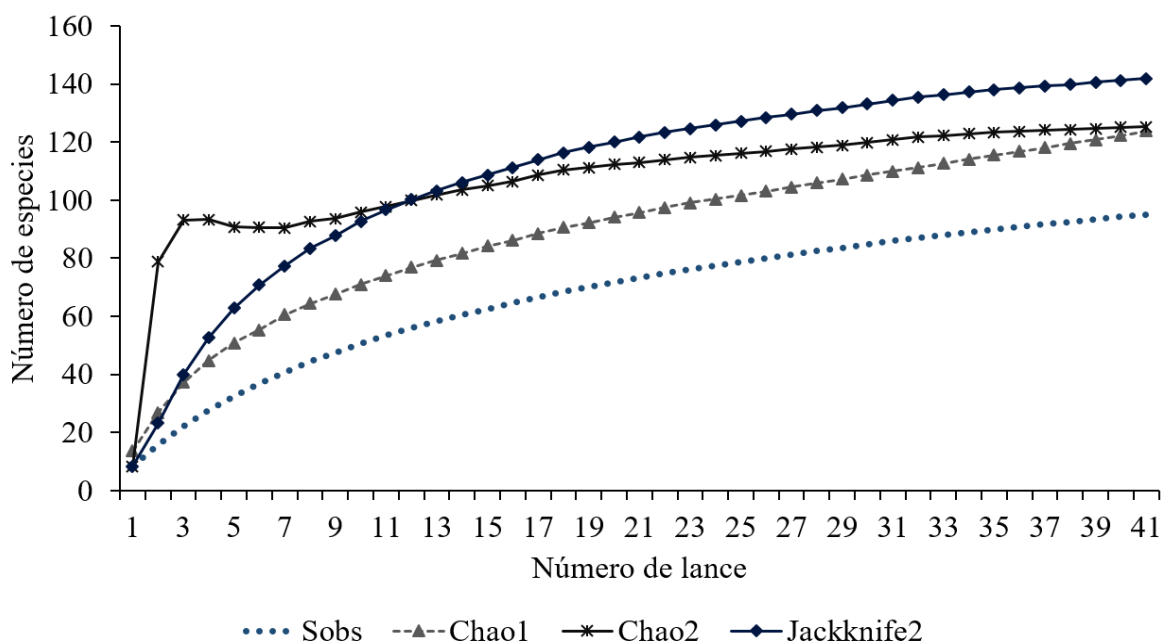
**Figura 22.** Dendograma de agrupamiento entre estaciones del año en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

**Tabla IV.** Índice de similitud de Bray-Curtis (%).

Muestreo/ Muestreo	Invierno	Primavera	Verano
Invierno			
Primavera	2.80		
Verano	35.51	4.52	
Otoño	45.06	1.04	28.23

### 7.7.6 Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies que fue obtenida por medio de estimadores no paramétricos Chao1, Chao2 y Jackknife2, no alcanzó la asíntota, lo cual muestra que aún faltan especies de reportar ya que estimaron 123, 125 y 141 especies respectivamente (Fig. 23), lo cual indica que faltan por encontrar de entre 28 y 46 especies en la laguna costera de Navachiste. La eficiencia promedio del muestreo fue de 73.53%, con base en esto podemos decir que se caracterizó confiablemente la diversidad de la comunidad de peces en la laguna de Navachiste (Tabla V).



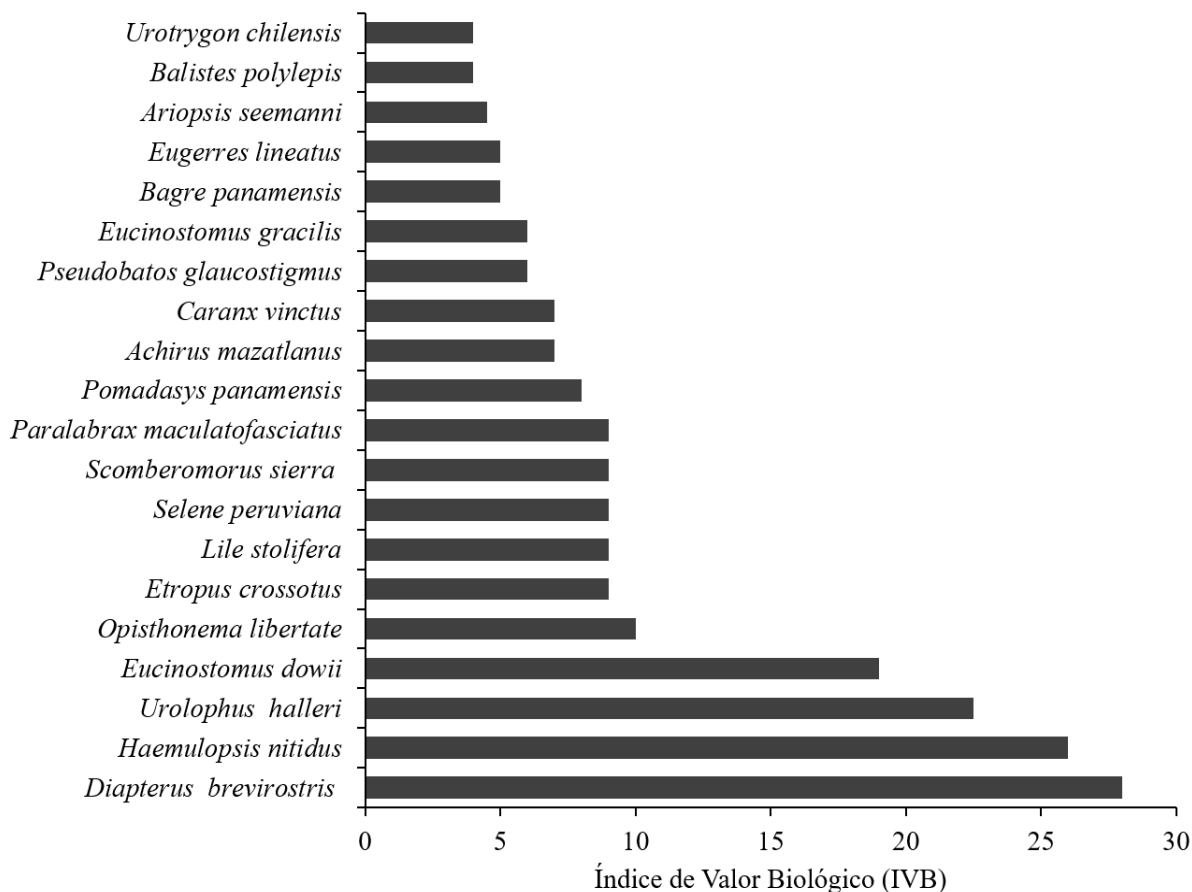
**Figura 23.** Curva de acumulación de las especies de peces en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

**Tabla V.** Riqueza estimada y eficiencia promedio del muestreo por cada estimador de riqueza.

Estimador	Riqueza estimada	Eficiencia del muestreo (%)	Promedio
SObs	95		<b>73.5%</b>
Chao-1	123	77.2	
Chao-2	125	76.0	
Jackknife2	141	67.4	

### 7.7.7 Índice de Valor Biológico (IVB)

Utilizando la ocurrencia y abundancia, se determinó la importancia jerárquica de las especies durante el periodo de estudio, siendo 19 especies las más importantes: *Diapterus brevirostris* (28), *Haemulopsis nitidus* (26), *Urolophus halleri* (22.5), *Eucinostomus dowii* (19), *Opisthonema libertate* (10), *Etropus crossotus* (9), *Lile stolifera* (9), *Selene peruviana* (9), *Scomberomorus sierra* (9), *Paralabrax maculatofasciatus* (9), *Pomadasys panamensis* (8), *Achirus mazatlanus* (7), *Caranx vinctus* (7), *Pseudobatos glaucostigmus* (6), *Eucinostomus gracilis* (6), *Bagre panamensis* (5), *Eugerres lineatus* (5), *Ariopsis seemanni* (4.5), *Balistes polylepis* (4) y *Urotrygon chilensis* (4) (Fig. 24).



**Figura 24.** Índice de Valor Biológico de las especies de peces presentes en la laguna costera Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

## 7.8 Utilización de la laguna costera Navachiste

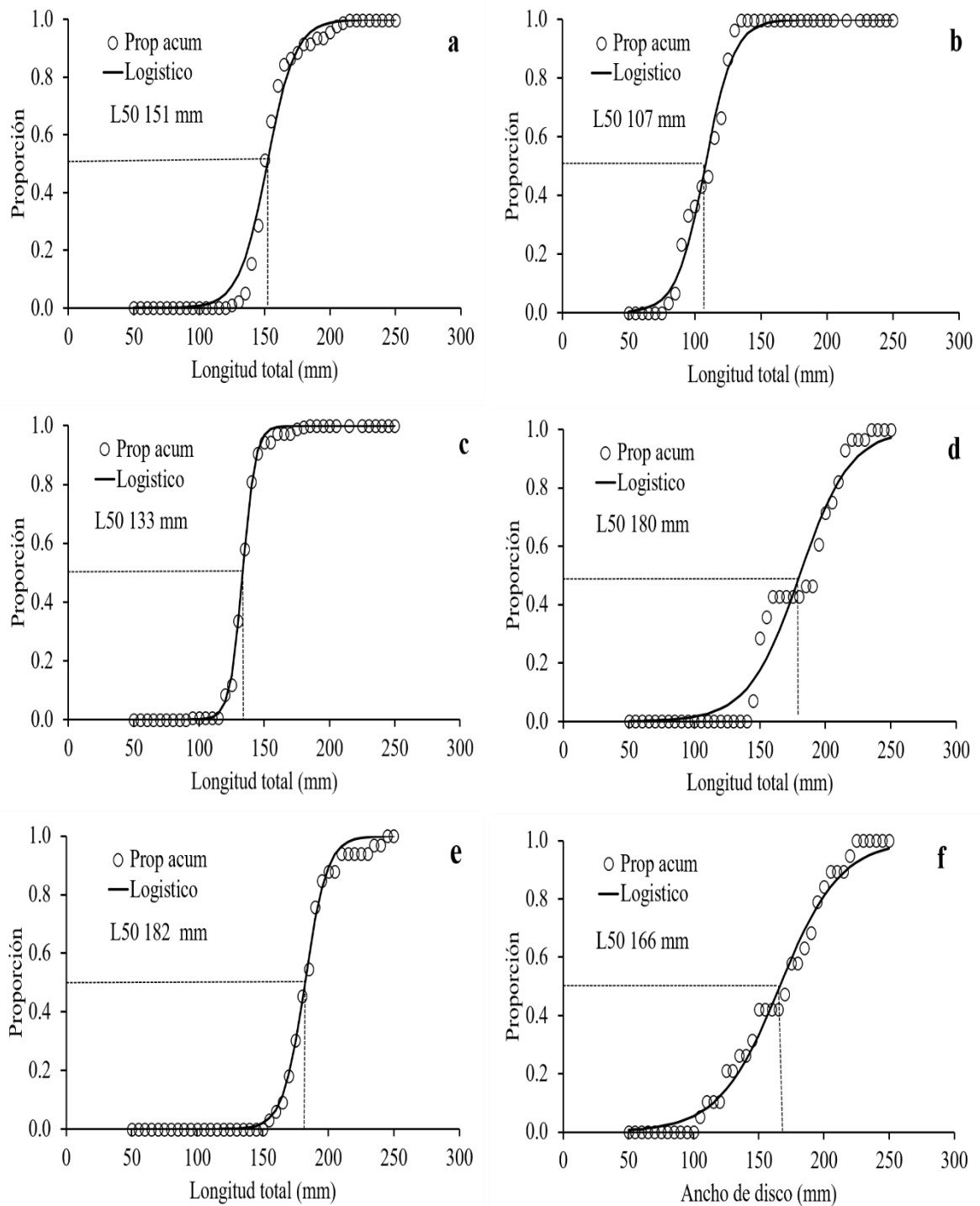
Para este análisis se consideraron las especies más abundantes del periodo de estudio, que representaron el 76.8% de la abundancia relativa: *Diapterus brevirostris*, *Eucinostomus dowii*, *Haemulopsis nitidus*, *Opisthonema libertate*, *Oligoplites refulgens*, *Urolophus halleri*, *Etropus crossotus*, *Eugerres lineatus*, *Selene peruviana*, *Eucinostomus gracilis*, *Eucinostomus entomelas* y *Lile stolifera*, de las cuales en aquellas con las que pudo estimar la talla de primera madurez sexual, en aquellas que no se obtuvieron bibliográficamente y periodo reproductivo.

### 7.8.1 Talla de primera madurez sexual y proporción de sexos

Debido a que solo seis especies presentaron una mayor proporción de hembras maduras, se les estimó la talla de primera madurez sexual ( $L_{50}$ ) a las siguientes especies: *D. brevirostris*  $L_{50}$  = 151 mm de LT; *E. dowii*  $L_{50}$  = 107 mm LT; *H. nitidus*  $L_{50}$  = 133 mm LT; *O. libertate*  $L_{50}$  = 180 mm LT, *O. refulgens*  $L_{50}$  = 182 mm LT y *U. halleri*  $L_{50}$  = 166 mm AD (Fig. 25).

Las especies *Etropus crossotus*, *Eugerres lineatus*, *Selene peruviana*, *Eucinostomus gracilis*, *Eucinostomus entomelas* y *Lile stolifera*, al no presentar hembras maduras, no se pudieron estimar estos parámetros y fueron obtenidos de literatura (Tabla VI).

La proporción hembra-macho se presenta en la tabla VI, la madurez gonádica de las diversas especies mostro altos porcentajes de hembras maduras de *O. refulgens* (64.4%), *H. nitidus* (48.9%), *D. brevirostris* (21.9%) y *O. libertate* (27%). Por otra parte, *L. stolifera* (100%), *E. lineatus* (98.1%), *S. peruviana* (97.3%) y *E. crossotus* (94.6%) registraron altos valores de individuos inmaduros (Tabla VI).



**Figura 25.** Talla de primera madurez sexual estimada para (a) *Diapterus brevirostris*, (b) *Eucinostomus dowii*, (c) *Haemulopsis nitidus*, (d) *Opisthonema libertate*, (e) *Oligoplites refulgens* y (f) *Urolophus halleri*.

**Tabla VI.** Proporción de sexo y madurez gonádica de las 12 especies más abundantes en el periodo de estudio. n: número de organismos, PP: proporción hembra-macho, % inm: porcentaje de inmaduros (estadios I y II), %m: porcentaje de maduros (estadios II, IV y V), TPM: talla de primera madurez sexual.

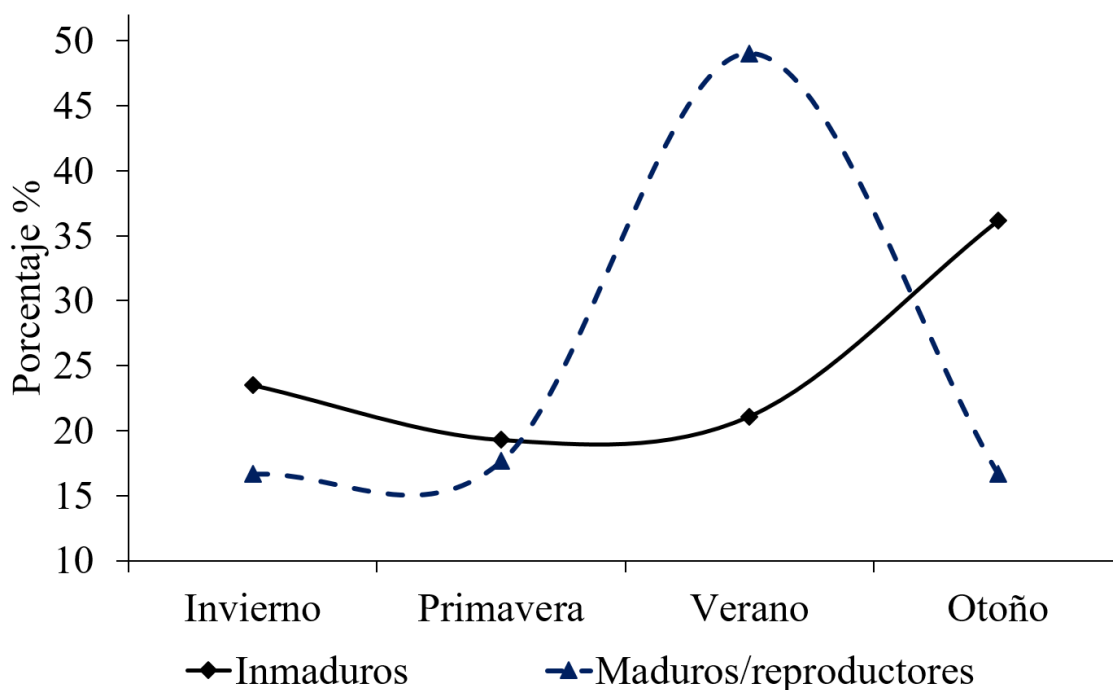
<b>Especie</b>	<b>n</b>	<b>PP H:M</b>	<b>% inm</b>	<b>% m</b>	<b>TPM (mm)</b>
<i>Diapterus brevirostris</i>	626	2:1	78.1	21.9	151
<i>Eucinostomus dowii</i>	519	2:1	84.3	15.6	107
<i>Haemulopsis nitidus</i>	617	2:1	51.1	48.9	133
<i>Oligoplites refulgens</i>	59	3:1	33.9	64.4	182
<i>Opisthonema libertate</i>	141	3:1	73.0	27.0	180
<i>Urolophus halleri</i>	241	1:1	86.7	13.3	166
<i>Etropus crossotus</i>	185	2:1	94.6	5.4	100
<i>Eugerres lineatus</i>	108	1:1	98.1	1.9	140
<i>Selene peruviana</i>	221	2:1	97.3	2.7	130
<i>Lile stolifera</i>	360	-	100	0.0	99
<i>Eucinostomus gracilis</i>	86	3:1	86.0	14.0	135
<i>Eucinostomus entomelas</i>	57	1:1	57.8	42.1	118

### 7.8.2 Periodo reproductivo

Considerando a los organismos como inmaduros (estadios I y II) y organismos maduros (estadio III, IV y V), la comunidad de peces presentó organismos inmaduros (sin reproducción) en las estaciones de invierno, primavera y otoño principalmente y verano es la estación que destacó por presentar principalmente organismos maduros (Fig. 26). La actividad reproductiva del ensamblaje de peces mostró un patrón definido aumentando las especies en reproducción en la estación de verano.

*D. brevirostris* se presentó en un rango de tallas de 65 a 217 mm de LT, predominando los organismos juveniles (73%), se observaron organismos maduros en primavera y verano (Fig. 27a). *E. dowii* presentó un rango de tallas de 45 a 205.5 mm de LT, integrada principalmente juveniles (86 %), con organismos maduros en verano (Fig. 27b). *H. nitidus* presentó tallas desde 45 a 185.5 mm de LT, siendo más abundantes los juveniles (53%) y para verano se observó la mayor abundancia de maduros (Fig. 27c).





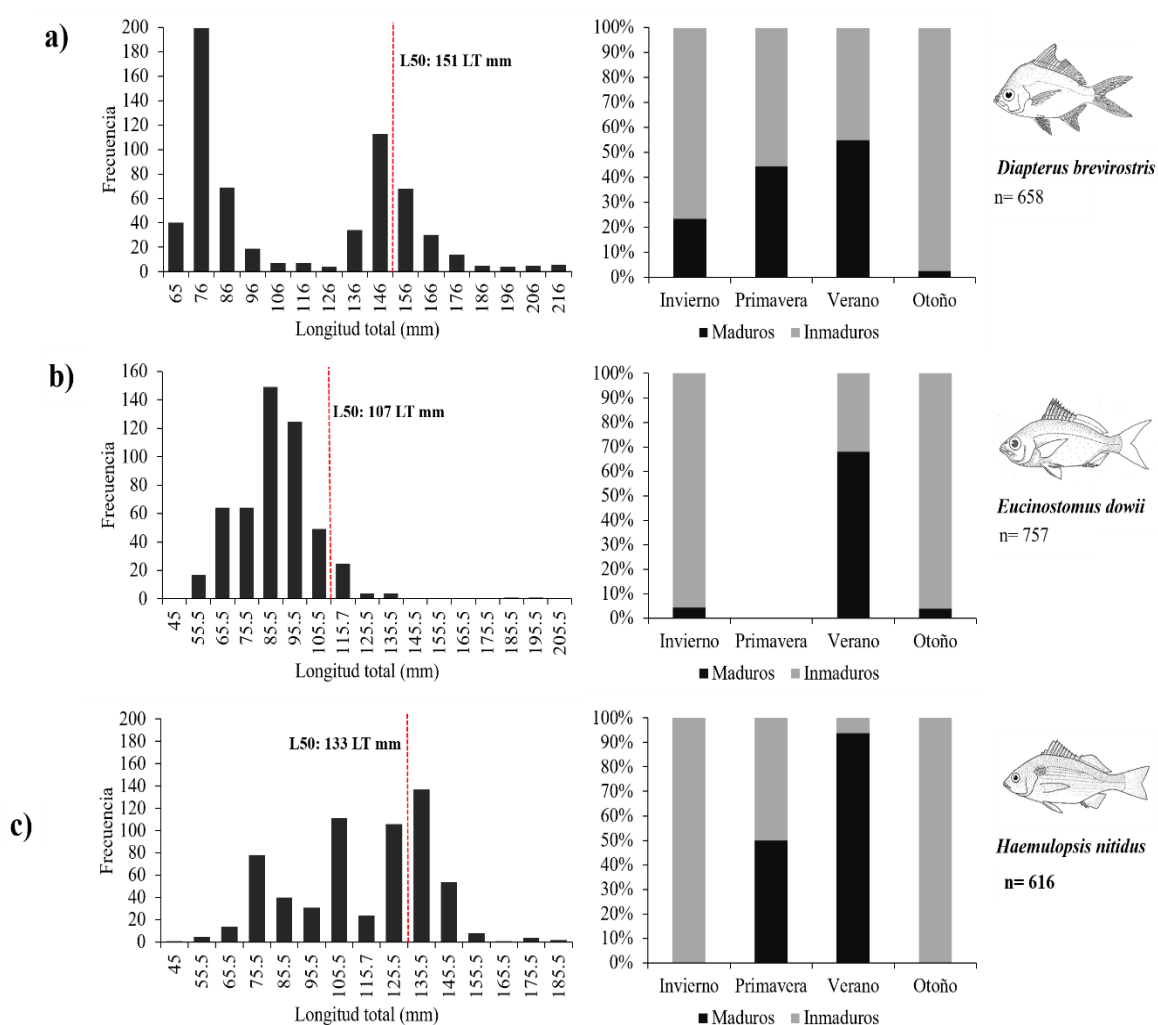
**Figura 26.** Porcentaje estacional de especies maduras e inmaduras en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

En el caso de *O. libertate* se presentó un rango de tallas de 115 a 245 mm de LT, predominando los juveniles (67%), presentándose los organismos maduros en primavera y verano (Fig. 28d). *O. refulgens* presentó tallas de 152.5 a 243 mm de LT, prevaleciendo los organismos juveniles (47%), en verano se muestra la mayor proporción de maduros (Fig. 28e).

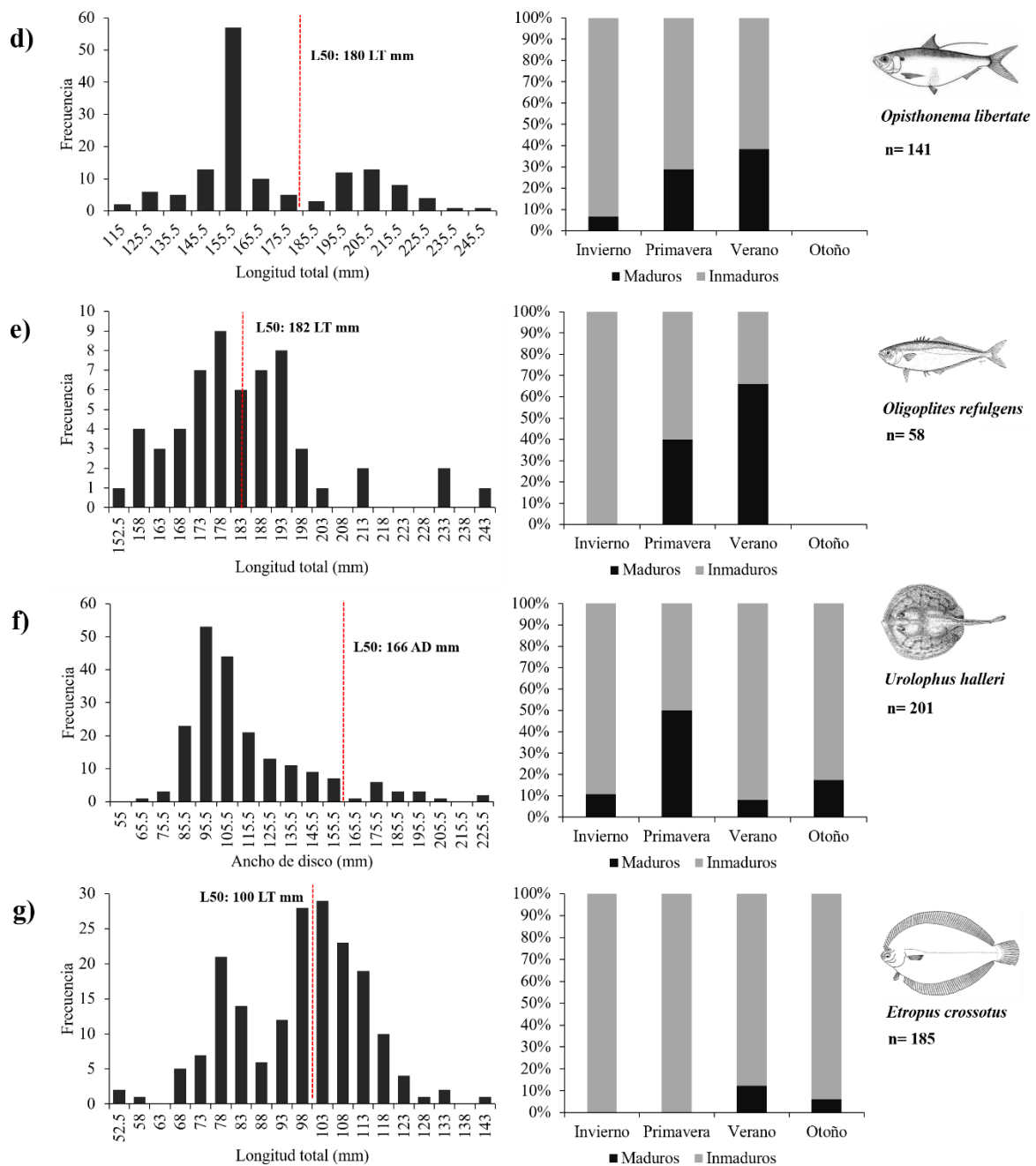
Por otra parte *U. halleri* se capturó de 65.5 a 225.5 mm de AD, siendo principalmente organismos juveniles (76%) la mayor parte de las estaciones del año, excepto primavera, cuando también hubo organismos adultos maduros (Fig. 28f). *E. crossotus* mostró tallas de 52 a 143 mm de LT, donde los juveniles representaron el 74%, con pocos organismos maduros en verano (Fig. 28g).

Por otro lado *E. lineatus* fue capturado en otoño, tallas de 75 a 215 mm de LT, esencialmente organismos inmaduros (Fig. 29h). *S. peruviana* se mostró de 55 a 175 mm de LT,

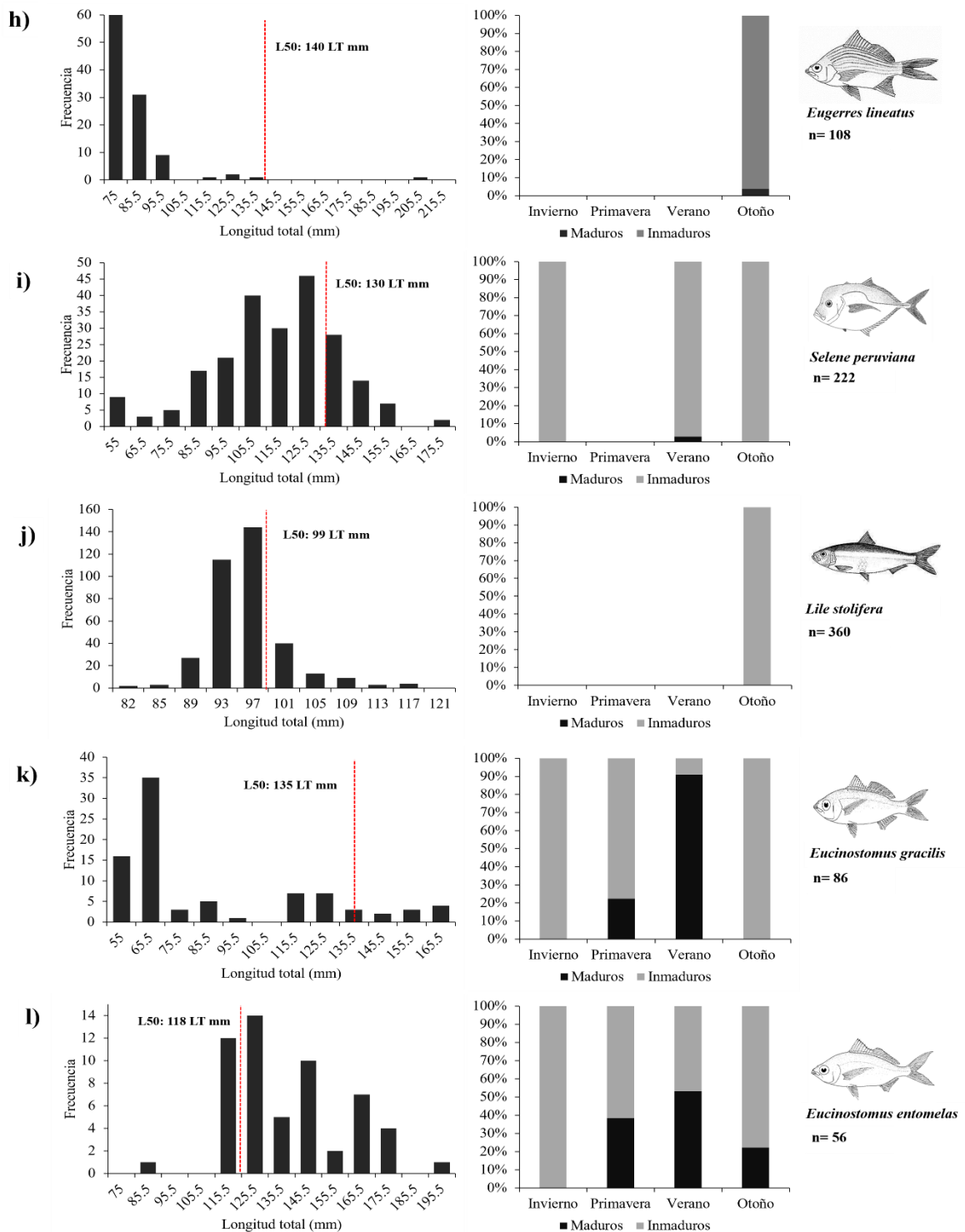
mayormente juveniles (71%), con pocos organismos maduros en verano (Fig. 29i). *L. stolifera* se capturó en otoño, con un rango de tallas de 82 a 117 mm de LT, representado especialmente por juveniles (85%), sin organismos maduros (Fig. 29j). *E. gracilis* con tallas de los 55 a 135 mm de LT, presentando principalmente organismos juveniles (85%), en verano se observaron organismos maduros (Fig. 29k). *E. entomelas* presentó tallas de 85 a 195 mm de LT, siendo los juveniles el 15%, con organismos maduros en verano (Fig. 29l).



**Figura 27.** Estructura de tallas, talla de primera madurez sexual (línea roja) y proporción de organismos sexualmente maduros (negro) e inmaduros (gris) de las especies (a) *Diapterus brevirostris*, (b) *Eucinostomus dowii* y (c) *Haemulopsis nitidus* en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).



**Figura 28.** Estructura de tallas, talla de primera madurez sexual (línea roja) y proporción de organismos sexualmente maduros (negro) e inmaduros (gris) de las especies (d) *Opisthonema libertate*, (e) *Oligoplites refulgens*, (f) *Urolophus halleri* y (g) *Etropus crossotus* en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

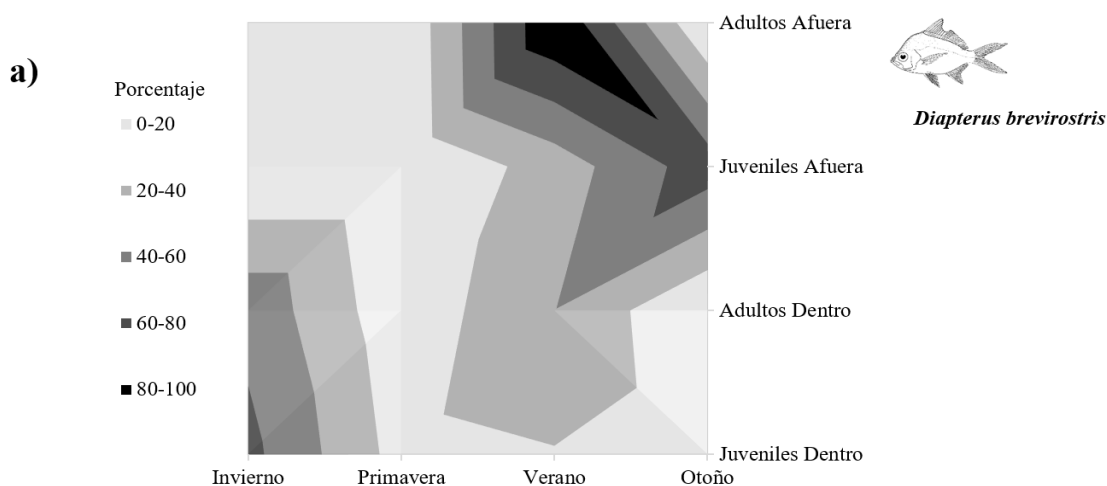


**Figura 29.** Estructura de tallas, talla de primera madurez sexual (línea roja) y proporción de organismos sexualmente maduros (negro) e inmaduros (gris) de las especies (h) *Eugerres lineatus*, (i) *Selene peruviana*, (j) *Lile stolifera*, (k) *Eucinostomus gracilis* y (l) *Eucinostomus entomelas* en laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

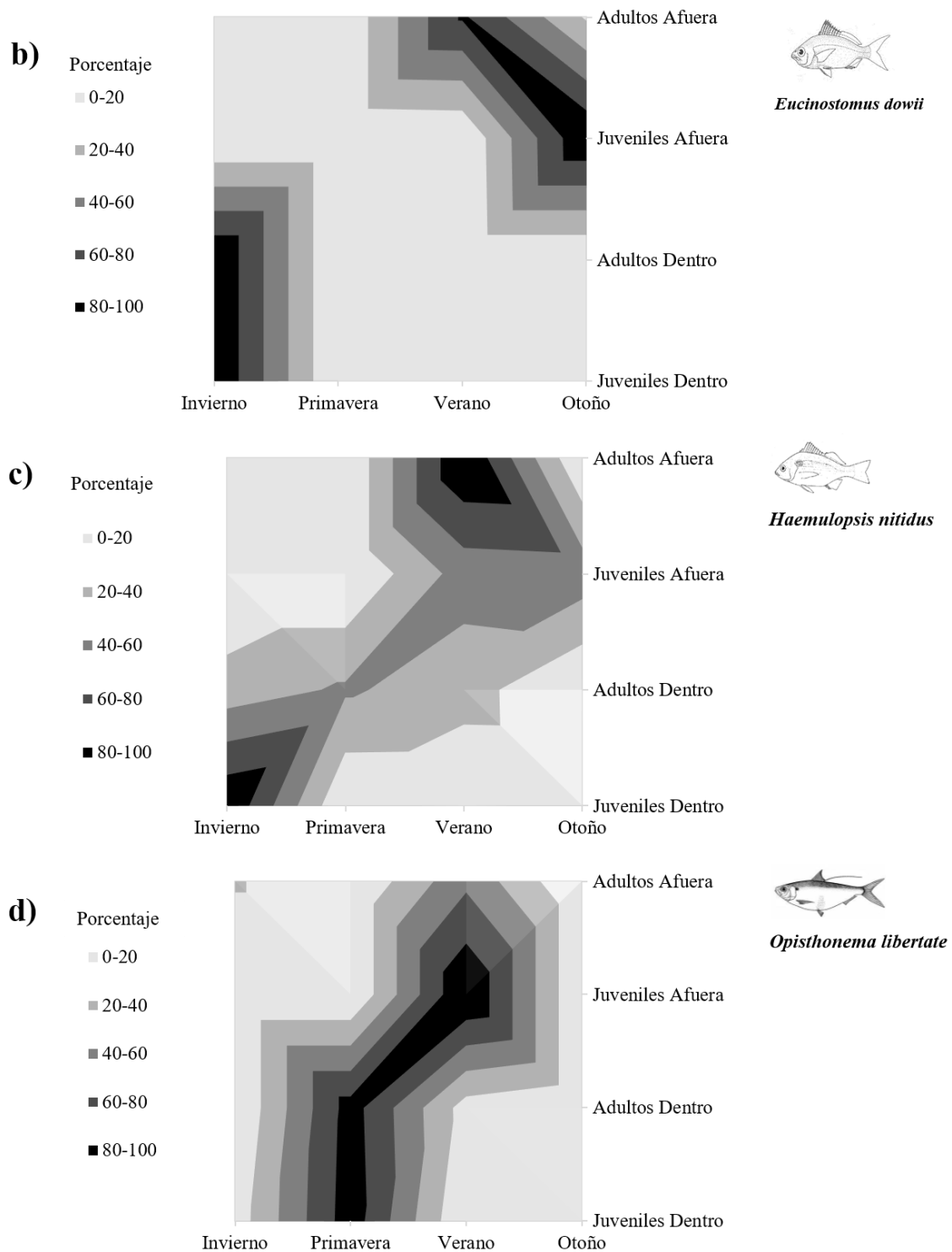
### 7.8.3 Crianza

Se separaron a los organismos juveniles que son los encontrados por debajo de la talla de primera madurez sexual y a los adultos por encima o igual de la talla, de igual manera se diferenciaron los organismos capturados dentro y fuera de la laguna, lo que permitió determinar estacionalmente cómo se comportan las especies. La ictiofauna está compuesta principalmente por juveniles dentro de la laguna, especialmente en invierno y otoño, aumentando el porcentaje de adultos para verano fuera de la misma.

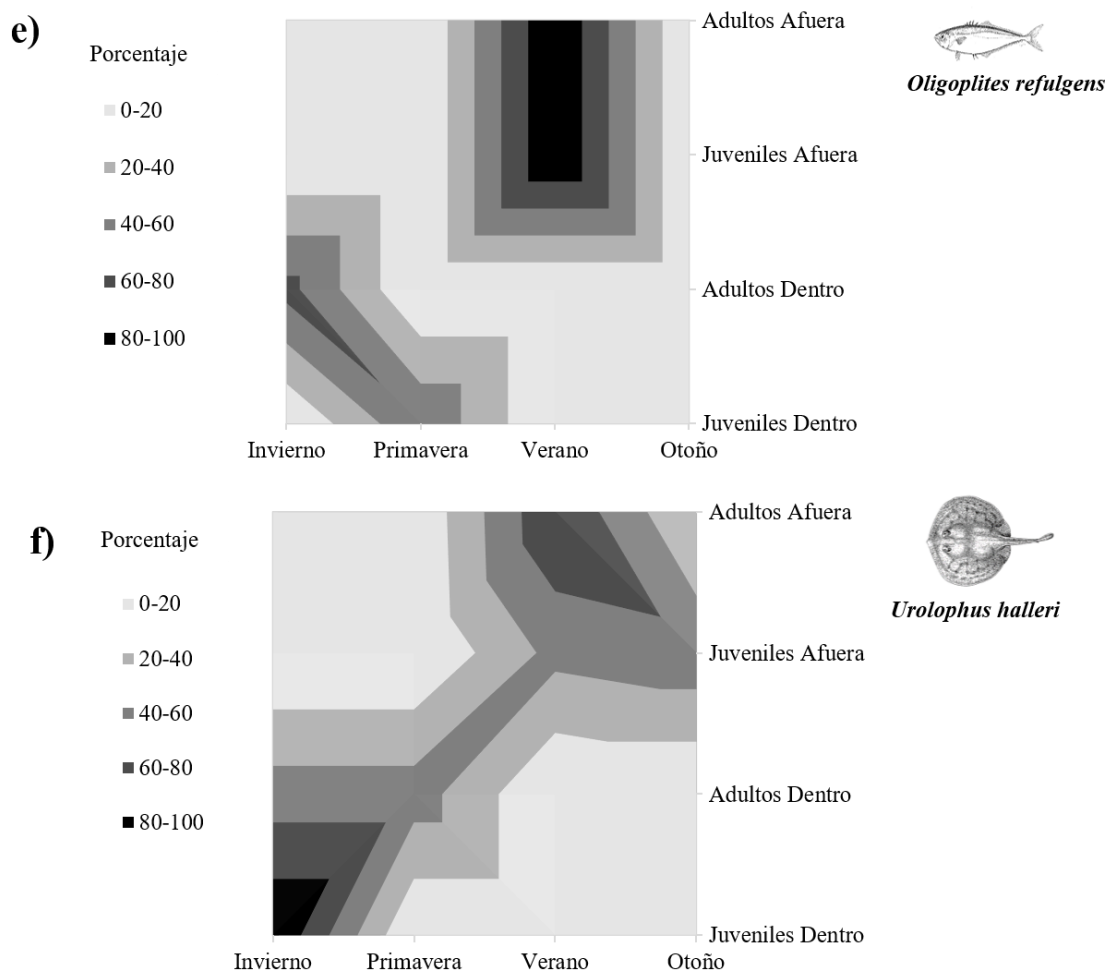
*D. brevirostris* predominó en estadio juvenil en todas las estaciones dentro de la laguna, principalmente en invierno y otoño, los adultos solo se encontraron en verano afuera de la laguna (Fig. 30a). *E. dowii* se presentó en estadio juvenil en otoño e invierno dentro de la laguna y en verano en estadio adulto afuera de la laguna (Fig. 31b). Por su parte, *H. nitidus* mayormente juveniles dentro y afuera de la laguna en otoño e invierno, en verano se presentan más adultos afuera de la laguna (Fig. 31c). Por otro lado, *O. libertate* mostró igualdad en el porcentaje de juveniles y adultos en primavera, invierno y verano dentro y afuera de la laguna (Fig. 31d). *O. refulgens*, presenta en verano tanto juveniles como adultos afuera de la laguna (Fig. 32e). *U. halleri* presentó juveniles tanto dentro como afuera de la laguna, mayormente adultos en verano afuera de la misma (Fig. 32f).



**Figura 30.** Frecuencia porcentual estacional de juveniles y adultos de la especie (a) *Diapterus brevirostris*, dentro y afuera de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).



**Figura 31.** Frecuencia porcentual estacional de juveniles y adultos de las especies (b) *Eucinostomus dowii*, (c) *Haemulopsis nitidus* y (d) *Opisthonema libertate*, dentro y afuera de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).



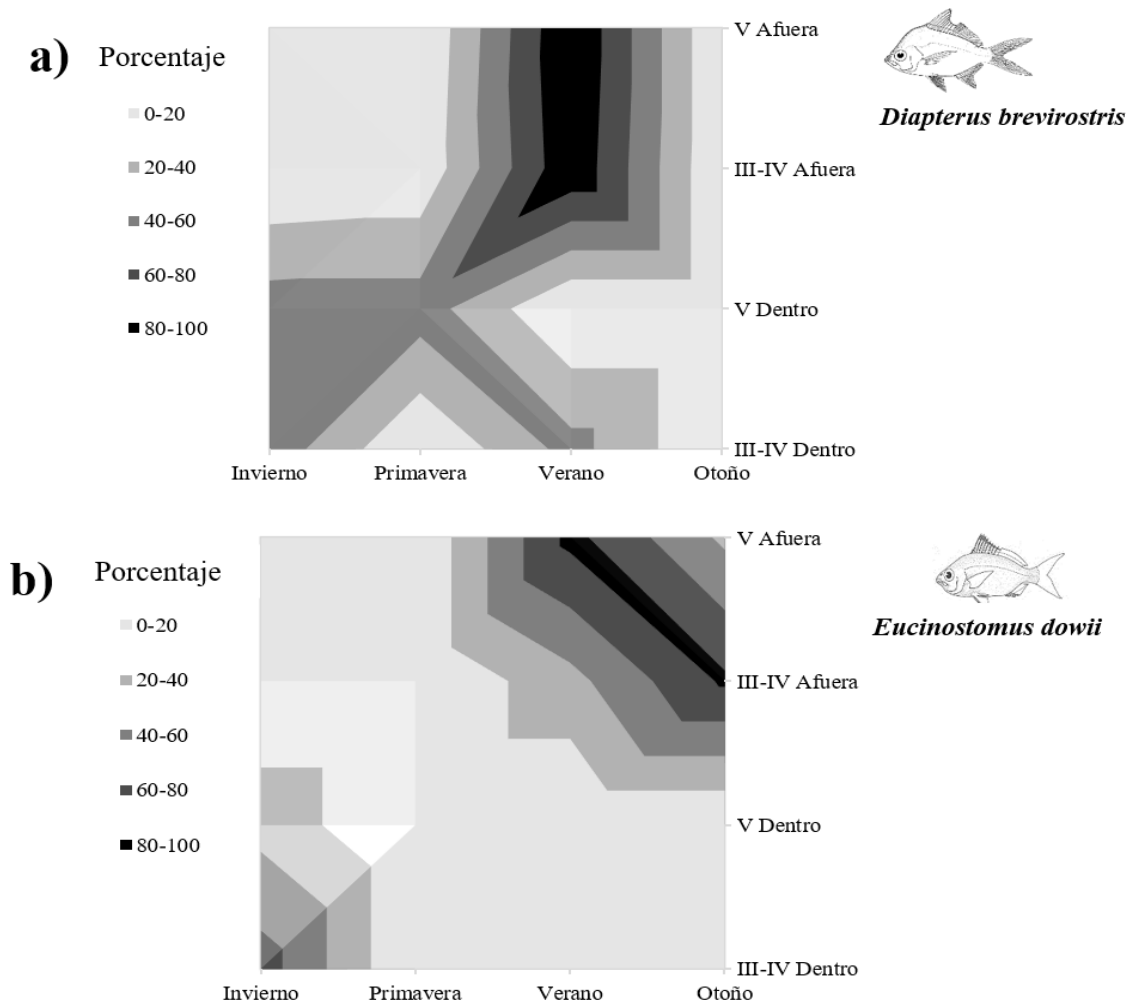
**Figura 32.** Frecuencia porcentual estacional de juveniles y adultos de las especies (e) *Oligoplites refulgens* y (f) *Urolophus halleri*, dentro y afuera de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

#### 7.8.4 Reproducción

Las especies tuvieron presencia de organismos reproductores en primavera y verano, pero el mayor porcentaje de organismos maduros estuvo afuera de la laguna, indicando que la laguna costera de Navachiste no es usada para el desove, sino que las especies llevan a cabo dicho proceso en la zona costera.

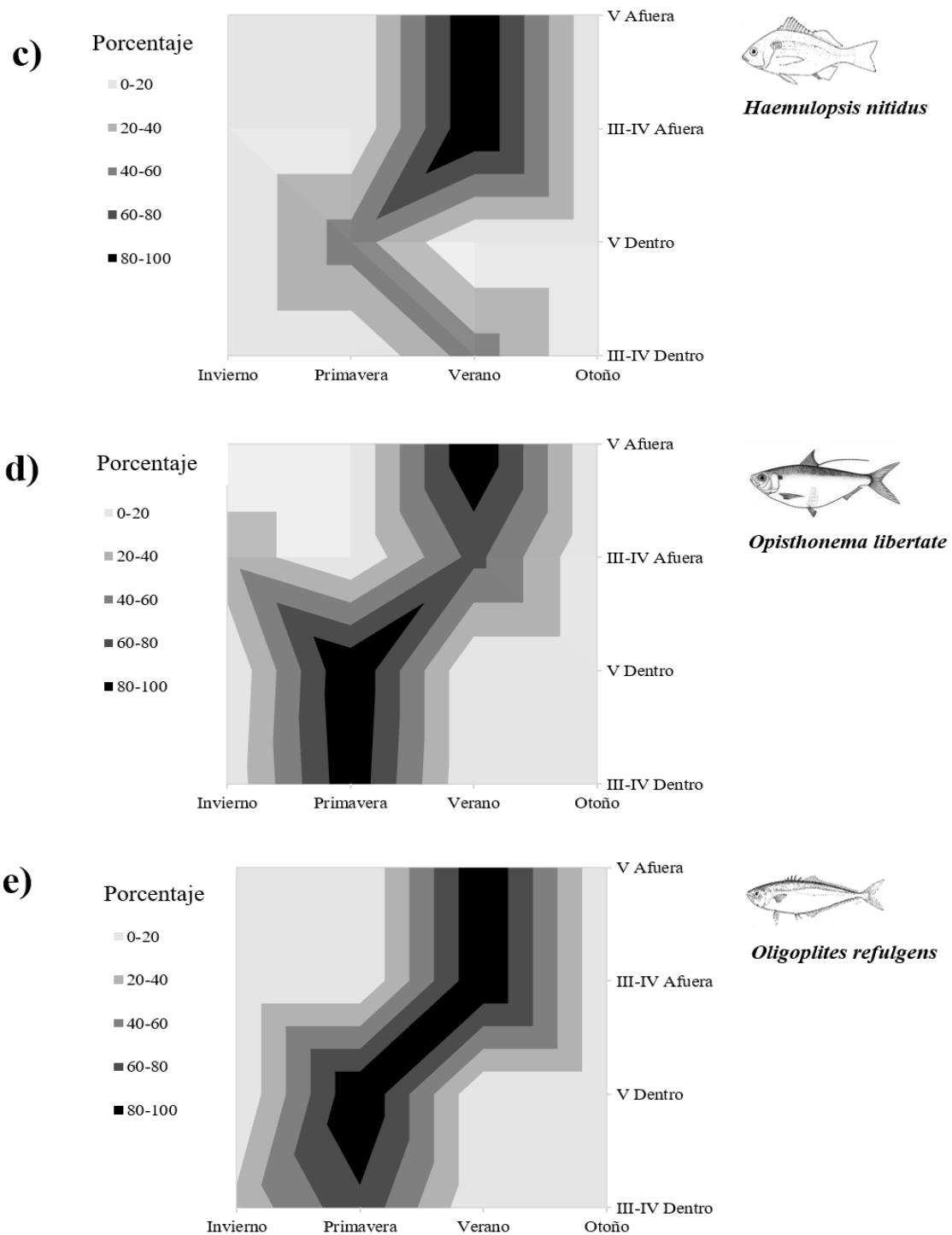
*D. brevirostris*, mostró la mayor proporción de organismos maduros y desovados afuera de la laguna durante el verano (Fig. 33a). *E. dowii* presentó organismos maduros durante

invierno, estando los organismos desovados en verano por fuera de la laguna (Fig. 33b). *H. nitidus* mostró organismos maduros y desovados tanto dentro como afuera de la laguna durante primavera y verano, con un máximo en verano (Fig. 34c). En *O. libertate* inició la madurez de los ovocitos en invierno, encontrándose dentro y fuera de la laguna organismos maduros y desovados, lo que sugiere que desovan en primavera y verano, sin embargo, no existe evidencia de que usar la laguna para el desove (Fig. 34d). *O. refulgens* predominaron los organismos maduros y desovados en verano por fuera de la laguna (Fig. 34e).



**Figura 33.** Frecuencia porcentual estacional de los organismos maduros (estadios III-IV) y desovados (estadio V) de las especies (a) *Diapterus brevirostris* y (b) *Eucinostomus dowii*, dentro y afuera de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).





**Figura 34.** Frecuencia porcentual estacional de los organismos maduros (estadios III-IV) y desovados (estadio V) de las especies (c) *Haemulopsis nitidus*, (d) *Opisthonema libertate* y (e) *Oligoplites refulgens*, dentro y afuera de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa (2016-2017).

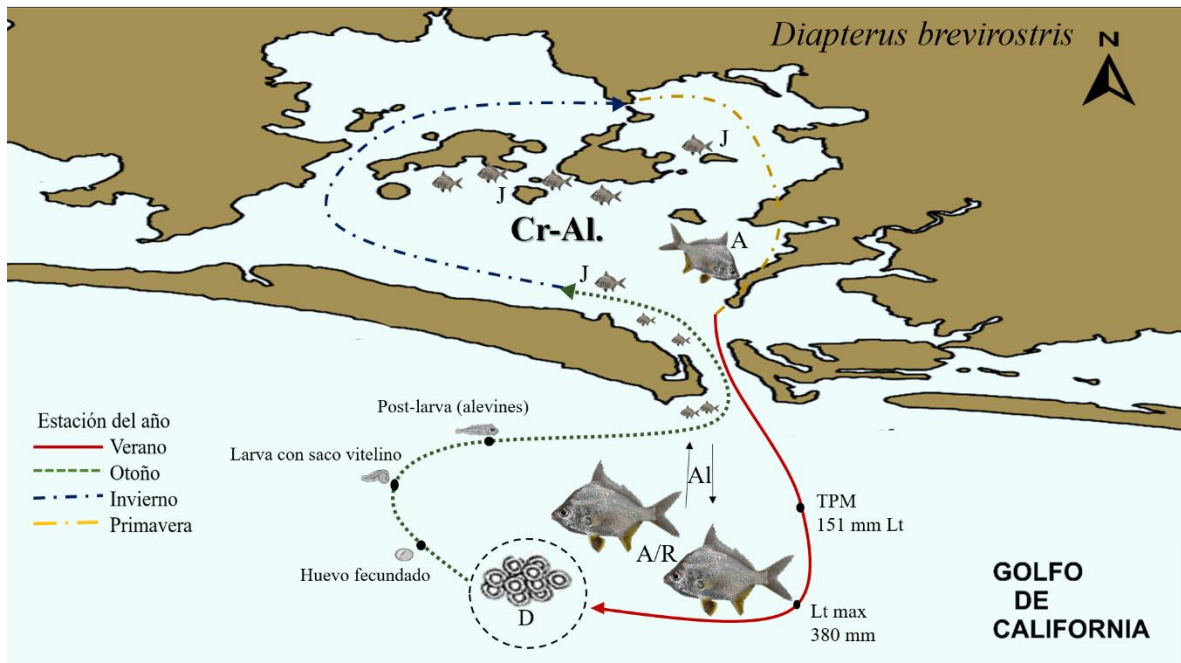
#### 7.8.4 Ciclo de vida

*Diapterus brevirostris*: en otoño e invierno, se encuentran principalmente representadas por organismos juveniles, las cuales utilizan la laguna costera de Navachiste, como área de crianza y alimentación. Para primavera se ve un incremento de organismos adultos (mayores a la talla de primera madurez) pero con pocos organismos maduros (estadios III, IV y V), hacia verano su población está representada por adultos/reproductores en áreas adyacentes de la laguna, donde se reportan organismos desovados (estadio V), por lo que el desove se realiza en mar abierto cerca de la costa. Los adultos se encuentran tanto dentro como fuera de la laguna donde también es utilizada la zona para alimentación (Fig. 35).

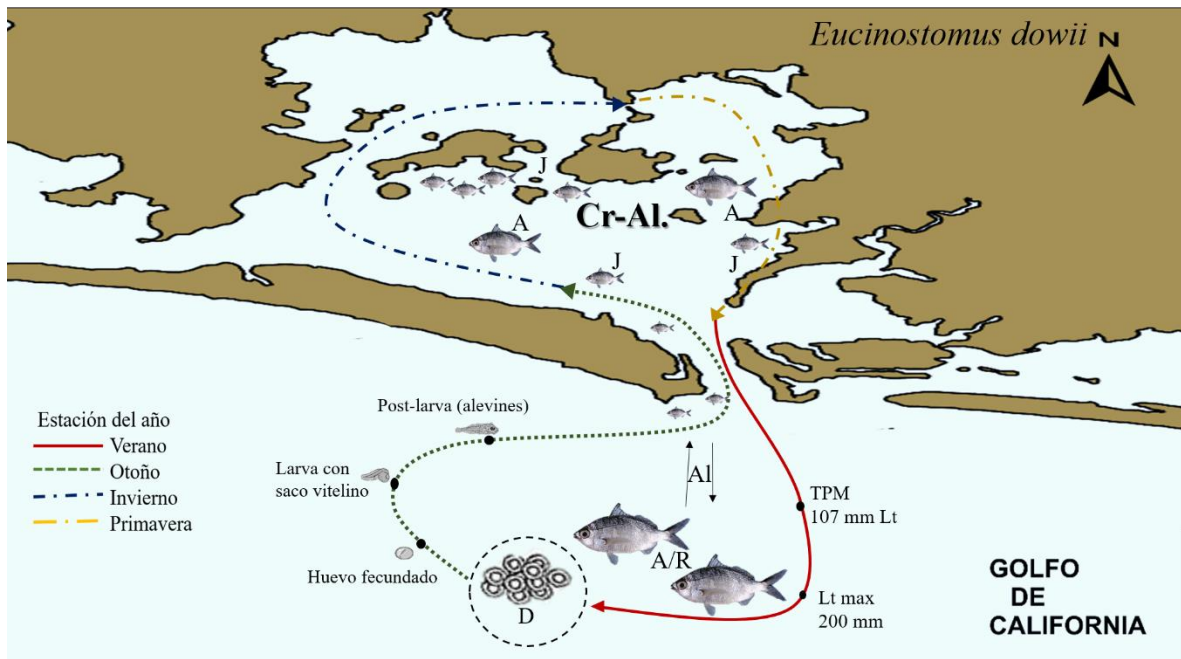
*Eucinostomus dowii*: se capturan principalmente juveniles en otoño e invierno, sin embargo, se reportan algunos organismos adultos mas no maduros, por lo que utilizan la laguna como área de crianza y alimentación, en primavera se presentan más adultos y para verano es cuando están especialmente representados por adultos/reproductores en áreas adyacentes de la laguna costera, se capturaron también organismos desovados, lo que sugiere que el desove es en mar abierto cerca de la costa. Los adultos también utilizan la laguna para alimentación, por lo que podemos capturarlo dentro y fuera de ella (Fig. 36).

*Haemulopsis nitidus*: se encuentran juveniles en las estaciones de otoño e invierno principalmente, por ello es un área de crianza y alimentación, siendo primavera la estación donde se presenta un aumento de adultos, sin embargo, no resaltan organismos maduros; hacia verano se capturan afuera de la laguna costera esencialmente adultos/reproductores, donde se realiza el desove. Se encuentra que los adultos realizan la alimentación dentro y fuera de la laguna costera (Fig. 37).

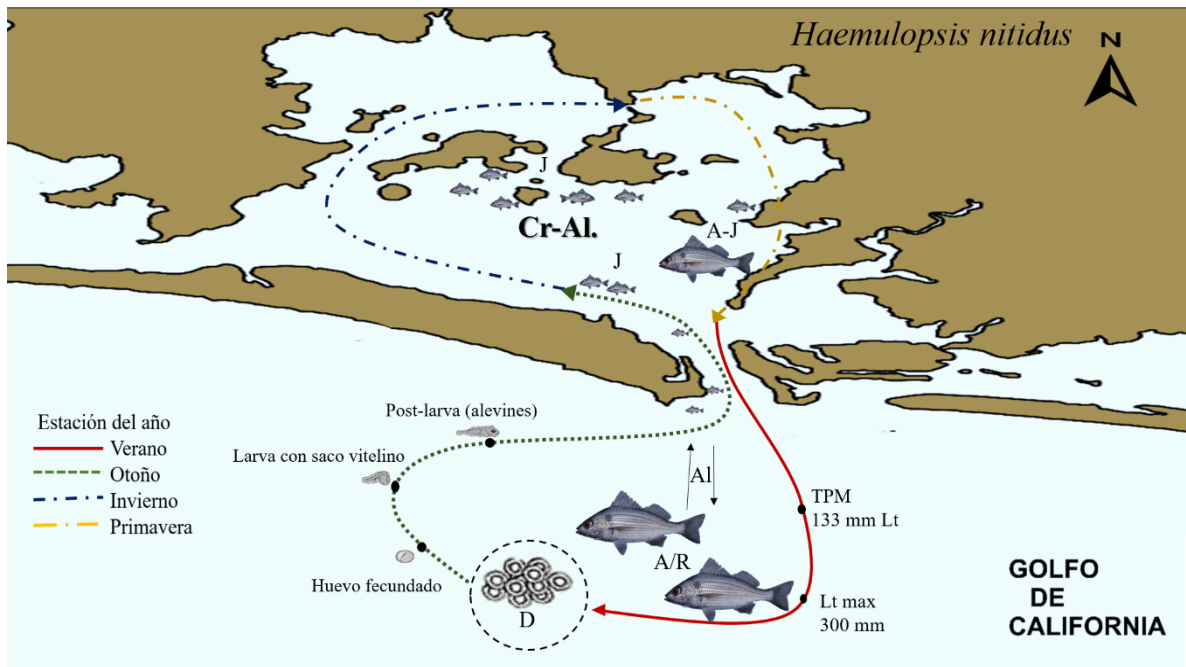
*Opisthonema libertate*: se captura en cardúmenes de adultos/reproductores en las estaciones de primavera y verano, con pocos organismos desovados, dado que presenta maduración asincrónica de los ovocitos, esta especie realizan múltiples desoves, por ello se considera que entraron por alimentación. De igual manera se capturaron cardúmenes de juveniles en invierno, primavera y menor en verano, entran para protección, crianza y alimentación. Esta especie utiliza la laguna costera y áreas adyacentes, de manera oportunista (Fig. 38).



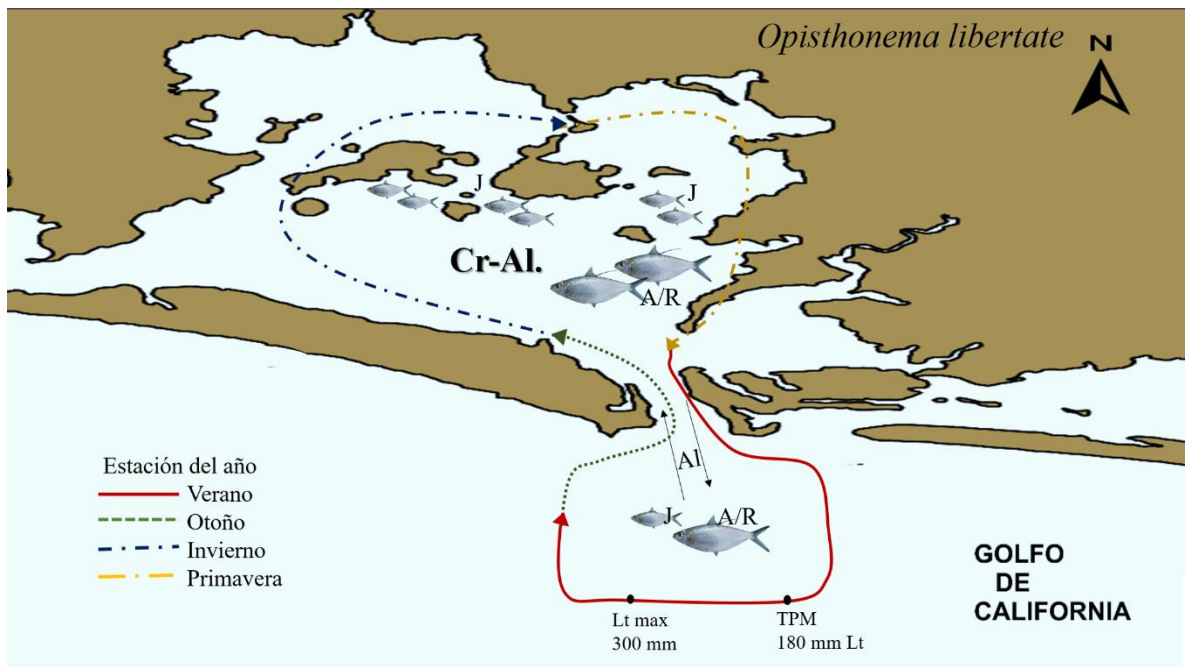
**Figura 35.** Ciclo de vida de *Diapterus brevirostris* en la laguna costera de Navachiste. TPM: talla de primera madurez sexual; Al: Alimentación; Cr: Crianza; A: Adultos; J: Juveniles; A/R: Adulto reproductor; D: Desove.



**Figura 36.** Ciclo de vida de *Eucinostomus dowii* en la laguna costera de Navachiste. TPM: talla de primera madurez sexual; Al: Alimentación; Cr: Crianza; A: Adultos; J: Juveniles; A/R: Adulto reproductor; D: Desove.



**Figura 37.** Ciclo de vida de *Haemulopsis nitidus* en la laguna costera de Navachiste. TPM: talla de primera madurez sexual; Al: Alimentación; Cr: Crianza; A: Adultos; J: Juveniles; A/R: Adulto reproductor; D: Desove.



**Figura 38.** Ciclo de vida de *Opisthonema libertate* en la laguna costera de Navachiste. TPM: talla de primera madurez sexual; Al: Alimentación; Cr: Crianza; A: Adultos; J: Juveniles; A/R: Adulto reproductor; D: Desove.

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1 Composición taxonómica y afinidad biogeográfica

Las 95 especies de peces presentes en la laguna costera de Navachiste para el periodo de estudio, muestra la alta riqueza de especies que existen en el ecosistema, siendo el mayor registro para la laguna. Trabajos previos habían reportado 23 especies (Acosta-Velázquez *et al.*, 2009), 30 (RAMSAR 2008; Vicencio, 1979) y registraron 58 especies (Hernández-Covarrubias *et al.*, 2014).

Si se compara con lagunas costeras de Sinaloa tales como Huizache-Caimanero con 60 especies (Amezcuca, 1977), Topolobampo con 77 especies (Gutiérrez-Barreras, 1999), algunos esteros del sur de Sinaloa con 83 especies (Álvarez León, 1980), estero de Teacapán con 94 especies (Manjarrez-Acosta, 2001), el número de especies en la laguna Navachiste es mayor, no así con el sistema lagunar de Ohuira-Topolobampo-Santa María que identificaron 109 especies (Balart *et al.*, 1992), ni la laguna Santa María de la Reforma donde Amezcuca *et al.* (2006) reportaron 173 especies. Si se considera lo anterior, la laguna costera de Navachiste ocuparía el tercer lugar de Sinaloa en riqueza de especies que componen la ictiofauna, solo superada por el sistema lagunar Ohuira-Topolobampo-Santa María y Santa María de la Reforma.

En otras lagunas del noroeste de México, como La Cruz, Sonora se documentan 96 especies (Grijalva-Chon *et al.*, 1996), en Ojo de liebre y Guerrero Negro (BC y BCS) se incluyen 59 especies (De la Cruz-Agüero *et al.*, 1996), en Rancho Bueno en la costa occidental de BCS se reportó 62 especies (Rodríguez-Romero *et al.*, 2011) y en Guásimas, Sonora 95 especies (Padilla-Serrato *et al.*, 2016). Esto muestra la alta riqueza de especies que habitan en las lagunas costeras del Golfo de California, las cuales muestran diferentes características fisiográficas y ecológicas de suma importancia para el mantenimiento de la alta riqueza de especies (Castro-Longoria *et al.*, 2002).

La diferencia de especies reportadas en este trabajo con respecto a los registros previos en la laguna costera Navachiste pudo ser debida a diferentes causas, entre ellos factores

ambientales, época climática, el tipo de muestreo (el arte de pesca, luz de malla de las redes usadas, etc.). El usar tres artes de pesca abarcando desde el fondo a la superficie de la laguna en el presente estudio generó un mayor número de especies, lo que confirma la relevancia de utilizar diversas artes de captura para estudios de estructura comunitaria. Las artes de muestreo, presentan una cierta selectividad de tallas, una forma de operación de fondo a superficie, etc., además de la capacidad de evasión de las especies hacia cada arte de pesca. En los trabajos anteriores de la laguna de Navachiste, se utilizó un solo arte de pesca ya sea la atarraya o la red de arrastre, con lo que solo representan una parte de la comunidad de peces.

La utilización de diferentes artes permite recolectar organismos que habitan en toda la columna de agua y obtener un elenco sistemático más completo. Sin embargo, el uso de diversas artes genera un potencial sesgo, debido a que cada arte tiene una selectividad y eficacia diferentes. Como ejemplo, la atarraya opera desde la superficie al fondo, capturando organismos pelágicos y demersales y abarcando un radio de acción limitado al diámetro de la red. El chinchorro por otra parte, opera en la columna de agua, específicamente en la altura donde se ubique, si es superficie captura organismos pelágicos y si es media agua o profundidad organismos demersales que presentan una mayor movilidad, su eficiencia depende en gran medida del material del que está hecho, el calado de la red y la longitud del chinchorro. La red de arrastre por otra parte captura organismos bentónicos de menor movilidad. Para minimizar dicho sesgo, es necesario llevar a cabo una estandarización del esfuerzo, lo que permite realizar de forma adecuada las comparaciones.

En los trabajos de Amezcua *et al.* (2006); Castro-Longoria *et al.* (2002); Grijalva-Chon *et al.* (1996), utilizaron diferentes artes de pesca y se realizaron análisis del efecto del arte en la comunidad de peces y compararon las especies capturadas por cada arte. Para el presente estudio, las artes de captura no se utilizaron en todos los muestreos, a excepción de otoño, por lo tanto, no se pudo comparar la composición de peces por artes.

Considerando la riqueza de la ictiofauna del Golfo de California que de acuerdo a Hastings *et al.* (2010) es de 911 especies de peces, en la laguna costera de Navachiste se encuentran

presentes el 10.42%. Por otra parte, considerando la riqueza de la región del Pacífico Oriental Tropical que es de 1358 especies de acuerdo con Robertson y Allen (2015), en Navachiste se encuentran presentes un 6.99% de todas las especies, representando una zona de alta diversidad de especies y de importancia ecológica.

Hernández-Covarrubias *et al.* (2014), reportaron 29 especies que no se encontraron en este trabajo, que, si se suman a las aquí reportadas para la localidad, daría un total de 124 especies. Con esta consideración sería uno de los reportes más grandes de especies, anteponiendo al de Amezcua *et al.* (2006), quienes reportaron 173 especies en Santa María de la Reforma, en las lagunas costeras del Golfo de California.

El orden Perciforme es el grupo más dominante, representado con 25 especies, que es una característica de este orden en todos los mares del mundo (Nelson, 2016). Las familias Carangidae y Sciaenidae, presentan el mayor valor de dominancia específica, esto debido al ciclo de vida de algunas de sus especies, que usan las lagunas costeras para crianza, alimentación, protección, etc., tanto en etapa juvenil como de adultos (Castro-Aguirre *et al.*, 1999). De igual manera las familias con mayor número de especies, fueron Paralichthyidae, Haemulidae y Gerreidae, esto debido a la permanencia o ausencia que exhiben las especies en diferentes etapas de su vida (Rodríguez-Romero *et al.*, 2008), en lagunas costeras de las regiones tropicales y subtropicales y que de manera ocasional llegan a penetrar en agua dulce (Fischer *et al.*, 1995). Dichas familias se caracterizan por habitar fondos blandos arenosos y lodosos (Robertson y Allen, 2015) característica presente en la laguna costera de Navachiste (Rodríguez-Meza *et al.*, 2015). Se observaron coincidencias con las familias representativas en lagunas costeras de Sinaloa, Gutiérrez-Barreras (1999) que distingue a las familias Gerreidae y Carangidae; Manjarrez-Acosta (2001) a las familias Carangidae, Sciaenidae y Haemulidae; Amezcua *et al.* (2006) a las familias Haemulidae, Gerreidae y Sciaenidae. Que nos permite corroborar la presencia de familias típicas de los ambientes estuarino-lagunares.

Como las especies en la laguna costera de Navachiste suelen habitar fondos arenosos y lodosos, de ambientes tropicales y subtropicales, el manglar es de gran importancia para el desarrollo de alguna de las etapas del ciclo de vida de peces y otros taxones (Castro-Aguirre

*et al.*, 1999; Nelson, 2016). La falta de ambientes rocosos en la laguna de Navachiste, crean un filtro faunístico para el asentamiento de especies de ámbitos rocosos y coralinos (Castro-Aguirre *et al.*, 1995), como las poblaciones de las familias Labrisomidae y Blennidae.

La composición biogeográfica de las especies capturadas en Navachiste, representa un reflejo de la posición geográfica del Golfo de California, la cual es considerada una zona transicional templado-tropical (Castro-Aguirre y Balart, 1996; Galván-Magaña *et al.*, 2000), es por ello que se manifiestan especies de afinidades tanto templadas, tropicales y de transición templado-cálidas (Robertson y Allen, 2015).

Tomando en consideración los estudios taxonómicos y biogeográficos de Castro-Aguirre *et al.*, (1995); Briggs (1974); Walker (1960), la comunidad de peces presente en el Golfo de California está constituida por especies con una amplia distribución pertenecientes a la fauna de la Provincia Panámica y de la Provincia de Cortés o también conocida como la región del Pacífico Oriental Tropical (POT); debido a su diversidad topográfica, batimétrica, climática, etc., proporciona un gran número de hábitats (Castro-Aguirre *et al.*, 1995). Es por ello que en el presente estudio la mayoría de la ictiofauna pertenece al POT. Aunque también son relevantes los aportes de especies de distribuidos desde la Provincia Oregoniana hasta la Provincia Panámica, que fueron: el cochito (*Balistes polylepis*) y el botete (*Sphoeroides annulatus*), presentando mayor afinidad al clima templado, por lo que se muestran con mayor abundancia en otoño e invierno.

Las familias que se encuentran restringidas por los hábitats de fondos arenosos y lodosos son: Sciaenidae, Rhinobatidae, Urolophidae, Clupeidae, Engraulidae, Achiridae, Mugilidae, Gerreidae y Centropomidae (Castro-Aguirre *et al.*, 1995) lo cual explica las familias dominantes en el presente estudio. Dado que los fondos arenosos y lodosos presentan menos elementos endémicos que los fondos rocosos, no se registraron especies endémicas del Golfo de California en la laguna costera de Navachiste. Esto se debe a que las áreas estuarino-lagunares no son sitios propicios para la formación de nuevas especies, dado que son zonas ecotonaes con un alto dinamismo y por la distribución de los peces en estos sistemas es amplio y continuo (Castro-Aguirre *et al.*, 1994; 2005).



Las divisiones biogeográficas utilizadas en el estudio, son propuestas por Briggs (1974), quien documenta que el Golfo de California es una provincia independiente denominada Provincia de Cortés, por las características particulares del área que forma conjuntos ictiofaunísticos muy singulares, tanto en su origen como en su composición continental (Castro-Aguirre *et al.*, 1995). Pero la unificación de la Provincia Mexicana y Panámica, por la eliminación de los filtros faunísticos es propuesto por Robertson y Cramer (2009), argumentando que algunos subconjuntos de la ictiofauna están vinculados tanto en la Provincia de Cortés y como en la Panámica y debido a las pocas especies endémicas de la Provincia Mexicana.

Los listados taxonómicos son de gran utilidad dado que proporcionan información de la composición específica a nivel de comunidad en el ecosistema, lo que permite hacer comparaciones con otras áreas de interés (Aguilar-Palomino *et al.*, 2001; Rodríguez-Romero *et al.*, 1994). Es por ello que el elenco sistemático de peces de la laguna costera de Navachiste (Tabla II) aporta conocimiento de la riqueza específica de las especies que la habitan, herramienta importante para conocer la comunidad íctica y evaluar las variaciones de las especies en el ecosistema (Padilla-Serrato, 2016). Dado que la laguna está catalogada como sitio RAMSAR, es de vital importancia contribuir y generar la información del ecosistema, considerando que el enfoque de los sitios RAMSAR corresponde a mantener humedales de importancia para la conservación de la diversidad y para sustento del ser humano, a través del mantenimiento de los componentes, procesos y servicios de sus ecosistemas (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013).

A pesar de la importancia de los listados faunísticos, estos están incompletos, debido a la imposibilidad de registrar el total de especies durante los muestreos, generando un inconveniente, porque la riqueza de especies es una de los principales indicadores para describir la biodiversidad de un área determinada (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Es por ello que es recomendable utilizar la curva de acumulación de especies, la cual nos permite estimar las especies que se encuentran en el ecosistema y con lo que podemos medir que tan confiable es el muestreo.

Para el presente trabajo se reporta el 73.5% del 100% de especies posibles estimadas en el ecosistema, donde el porcentaje mínimo es de 70% de especies esperadas para que sea válido el muestreo (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003), con lo que se puede decir que sí se determinó confiablemente la riqueza de especies de peces en la laguna costera de Navachiste. Aun así, el porcentaje nos indica que es posible que falten especies por reportar, por lo que es recomendable utilizar las tres artes de pesca en las cuatro estaciones, normalizando el esfuerzo de muestreo. El análisis de la curva de acumulación de especies presenta valiosa información del ecosistema, a pesar de ello existen escasos trabajos que utilizan estos estimadores, tales como Galván-Villa *et al.* (2010) y Padilla Serrato *et al.* (2016).

Las especies comunes tuvieron la característica de ser euritermas, eurihalinas, lo cual las faculta para resistir condiciones ambientales cambiantes, lo que es un rasgo común en las lagunas costeras.

Las especies frecuentes (12) y ocasionales (3), que presentan una baja abundancia o frecuencia. Presentan pocas especies en estas categorías lo cual es común en estos sistemas, son especies que penetran a la laguna por alimentación, refugio o son especies transitorias (González-Acosta, 1998). Caso contrario de las especies raras (65), presentan baja abundancia y frecuencia, son especies transicionales, las cuales entran a la laguna esporádicamente por algún proceso biológico como la alimentación, habitualmente esa categoría es la más abundante (González-Acosta, 1998).

El estudio de una comunidad se refiere al conjunto de especies que coexisten en un momento y lugar dados, donde las especies presentan rasgos fenotípicos y comportamientos que determinan cuándo y dónde sobreviven y cómo interactúan con individuos de otras especies (McGill *et al.*, 2006). Con base en esto aparece la diversidad funcional, que tiene como objetivo incorporar las características funcionales de cada una de las especies dentro de la dinámica de los ecosistemas, el cual está formado por grupos basados en rasgos morfológicos, atributos ecológicos, fisiológicos o fenológicos (Córdova-Tapia y Zambrano, 2015).

Considerando lo anterior, se analizaron los atributos ecológicos de las especies de peces, siendo predominantes los niveles intermedios y altos (3-3.49 y 3.5-3.99), con especies que se alimentan de invertebrados bentónicos y peces en el ecosistema, es una comunidad formada por especies con afinidad a fondos blandos, con rangos de profundidad amplios de hasta 120 metros, donde los sedimentos son homogéneos. Resultados similares se han sido reportados por Herrera-Valdivia *et al.* (2016); Padilla-Serrato (2016); Palacios-Salgado (2011).

Los sistemas estuarino-lagunar, son área de gran importancia debido a que proveen de protección y alimentación a especies residentes y ocasionales (Whitfield, 1999), por lo que numerosas especies de peces utilizan estos sistemas de diferentes maneras, por ello se estandarizaron las categorías de uso de hábitat (Elliott *et al.*, 2007). La composición en cuanto a los gremios para utilización del estuario para el presente trabajo muestra una dominancia por las especies marinas estuarinas oportunistas (MEO), estas especies pueden usar la laguna como zona de crianza opcional, alimentación, refugio o migración y de las especies marinas ocasionales (MO) que son especies que entran de manera esporádica. Se ha señalado que las especies marinas ocasionales y marinas estuarino oportunistas son invariablemente representadas en los sistemas estuarino-lagunar del mundo, en cambio las especies marinas estuarino-dependientes son representadas por menos especies, las cuales pueden depender de manglares en alguna etapa de su ciclo de vida (Potter *et al.*, 2015).

Asimismo, la comunidad estuvo compuesta por especies con una alta a media resiliencia y baja vulnerabilidad, lo cual es un indicador general del funcionamiento de la comunidad y del estado de salud de la comunidad (Arribas *et al.*, 2012; Cuevas-Reyes, 2010). Además, de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se encuentran 83 especies catalogadas como preocupación menor, una especie casi amenazada (pejerrey charal *Colpichthys regis*) y una especie en peligro (tiburón martillo común *Sphyrna lewini*); de igual manera el tiburón martillo común es la única especie que se capturo y está catalogada por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) en el apéndice II (figuran especies que no están

necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio) (Anexo B).

Considerando la composición taxonómica y los atributos ecológicos, se sugiere que la comunidad íctica de la laguna costera de Navachiste presenta una alta elasticidad y capacidad de adaptación a cambios ambientales. Además, este tipo de información puede ser usada en futuras comparaciones de la salud de la laguna ante diversas presiones ambientales y antrópicas (Sheaves *et al.*, 2012).

## **8.2 Variables ambientales**

La temperatura superficial del mar de la laguna costera de Navachiste, presentó una marcada diferencia estacionalmente, donde las mayores temperaturas se presentan en la temporada cálida de verano (julio a septiembre, con temperaturas entre 31 y 32 °C), mientras que la menor en temporada fría de invierno (diciembre a marzo, con temperaturas que varían entre 19 a 22 °C), tal comportamiento ha sido reportado para la laguna por De Silva-Dávila *et al.* (2006); Jiménez-Estrada (2013) y Valenzuela-Quiñónez *et al.* (2004).

Dado esta condición, la temperatura es el principal factor de cambio estacional y es la variable más importante en las lagunas costeras, por su estrecha interrelación con otras variables ambientales (Zavala-Norzagaray, 2006). El marcado cambio estacional de la temperatura se debe a que la laguna está en una región subtropical con influencia de clima semidesértico y árido (Padilla-Serrato, 2016).

El fenómeno del Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno oceánico-atmosférico que se origina en las aguas ecuatoriales del Océano Pacífico, que presenta dos fases: la fase cálida o El Niño y la fase fría o La Niña, lo cual se refiere respectivamente a un aumento o disminución considerable de la temperatura superficial del océano respecto de los valores normales (Galván *et al.*, 2018). La temperatura superficial del mar en los años del 2015 y 2016 presentó un aumento influenciado por un evento El Niño fuerte (llamado el Niño Godzilla por su intensidad), con un promedio de anomalía superior a los 2°C, que se mantuvo presente hasta mayo 2016 en el Ecuador. Para octubre 2016 a enero 2017 y septiembre 2017

a marzo 2018 disminuyó la temperatura, presentándose un evento contrario conocido como La Niña de intensidad débil, con un promedio de anomalía de  $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , estos cambios también fueron observados en la temperatura superficial del mar en la laguna costera de Navachiste, aunque desfasados en tiempo.

La salinidad (Fig. 7) presentó el mismo patrón de variación estacional que la temperatura, si bien se encuentra dentro de los rangos reportados por Rodríguez-Quiroz *et al.* (2016), donde la máxima salinidad se presenta en verano, posiblemente debido a que la evaporación supera a la precipitación, lo cual es común en las lagunas costeras del noroeste de México (Escobedo-Urías *et al.*, 1999).

Para la laguna costera de Navachiste se ha reportado que la salinidad varía de 33 a 40 ups (Jiménez-Estrada, 2013; Valencia-Martínez, 2013), constituyendo un sistema antiestuarino la mayor parte del año, dado que la salinidad media se ubica por encima de los 36 ups (Ulloa-Pérez, 2005), esto debido a los escasos aportes de agua dulce, que recibe en época de lluvia y las altas tasas de evaporación que se presentan por su baja profundidad media y fuerte insolación (Escobedo-Urías *et al.*, 2003). Caso contrario en la época de lluvias, en la cual se comporta como un sistema estuarino (Martínez-Álvarez, 2007).

La distribución, frecuencia y la abundancia de las especies de peces están determinados por variables ambientales como a temperatura y salinidad (Castro-Aguirre *et al.*, 1995; Yáñez-Arancibia, 1975), siendo la temperatura la que más influye en la riqueza de especies, tanto en regiones templadas, tropicales y subtropicales (Ontiveros-Granillo, 2011).

La variabilidad de la composición de la comunidad de peces en la laguna puede ser explicada por los cambios estacionales de la temperatura, dado que el área de estudio se encuentra ubicada en una región tropical-subtropical, en donde se tiene mayor efecto de la estacionalidad (Padilla-Serrato, 2016). La presencia de organismos varió en los muestreos, donde la mayor composición y abundancia específica se encontró en la estación de verano, siendo la época del año con mayor registro de temperatura (Figs. 7, 8), por lo que se infiere que la temperatura es la variable principal que determina la abundancia y diversidad de las especies de peces. En particular la salinidad, genera condiciones de sistema anti-estuarino,

por lo que se refleja en su gran mayoría masas de agua marina, lo cual permite la presencia sin restricciones de las especies netamente marinas.

### **8.3 Abundancia y biomasa**

La abundancia permite reconocer las especies que aportan la mayor proporción de individuos y la biomasa permiten identificar a las especies que contribuyen con el mayor peso en el ecosistema. Estos atributos están directamente relacionados a las condiciones ambientales que caracterizan al área (Acevedo-Cervantes, 1997; Campos-Dávila, 1998), donde los peces poseen la capacidad de tolerar los cambios ambientales extremos, siendo una característica fundamental, que limita tanto la distribución como la abundancia a las poblaciones (Campos-Dávila *et al.*, 2005).

En la laguna costera de Navachiste, Sinaloa, tres especies aportaron el 50% de la abundancia y el 22.5% de la biomasa (*Diapterus brevirostris*, *Eucinostomus dowii* y *Haemulopsis nitidus*), en cambio *Urolophus halleri* aportó el 21% de biomasa total, pero representa el 6.9% de la abundancia. Por lo que las especies que son numerosas, no siempre son importantes en peso, cabe mencionar que la contribución de cada especie presenta diferencia estacional, debido a los cambios ambientales y a los procesos biológicos de las especies (Acevedo-Cervantes, 1997).

Estas mismas especies fueron abundantes en otras lagunas (Amezcuca *et al.*, 2006; López-González, 2004; Manjarrez-Acosta, 2001; Martínez-Guevara, 2008; Moreno-Sánchez, 2004; Ontiveros-Granillo 2011; Padilla-Serrato, 2016; Rodríguez-Romero *et al.*, 2011), lo que muestra la dominancia de estas especies en los ecosistemas lagunares en el Golfo de California.

### **8.4 Componentes ecológicos**

La diversidad de especies de peces de una laguna costera, está relacionada con la disponibilidad de alimento, el tipo de hábitat, poca presencia de depredadores, menos competencia y los gradientes ambientales (Arceo-Carranza *et al.*, 2010), una alta diversidad

es reflejo de una comunidad madura, con pocas perturbaciones o bien adaptada, es decir, que presente resiliencia (Odum, 1972). Por lo que en estudios de comunidades los índices de diversidad, permiten describir la composición de las especies y su estado.

Se ha señalado que un ambiente determina la diversidad (Alcocer *et al.*, 2016), existiendo una relación muy fuerte entre la complejidad estructural del hábitat y el valor de la diversidad, de tal manera que conforme más compleja sea la localidad, la diversidad se incrementa (Roberts y Ormond, 1987).

Las medidas de diversidad nos permiten evaluar los cambios y variaciones de la comunidad, son los análisis que se centran en el número de especies y sus abundancias (Capetillo-Piñar, 2016). La diversidad se caracteriza generalmente por dos componentes: el número de especies (riqueza) y la manera en cómo está distribuida la abundancia de cada una con respecto a la abundancia total (equidad) (Moreno-Sánchez, 2004). Es de vital importancia ya que proporciona información de la comunidad, la cual sirve como indicador del estado de salud del ecosistema, sobre posibles cambios ambientales o alteraciones antropogénicas (Sheaves *et al.*, 2012).

La riqueza específica mostró una marcada dominancia estacional, el valor máximo se presentó en la estación de verano y disminuyó en el invierno. No obstante, en primavera se registraron menor número de especies, una posible explicación es porque es una temporada de veda, lo cual limitó la actividad de pesca. En cuanto a la diversidad, la comunidad mostro ser más diversa en la temporada cálida del año y menos diversa en la temporada fría. La equitatividad presentó valores altos, lo cual indica que la distribución de la abundancia de las especies es similar entre estaciones, por lo que existen pocas especies dominantes, lo que sugiere cierta estabilidad y homogeneidad de la comunidad de peces en la laguna (Fig. 21).

Los patrones de diversidad, riqueza y abundancia de la ictiofauna de la laguna costera de Navachiste se encontraron asociadas a las oscilaciones estacionales de las condiciones ambientales, coincidiendo con lo que ha sido previamente reportado para otras regiones donde las comunidades de peces de estuarios y lagunas costeras se caracterizan por cambios

estacionales en abundancia y diversidad que se ven influenciados por la salinidad y la temperatura (Rodríguez-Romero *et al.*, 1994; 2008).

La diversidad reportada en la laguna presenta una variación estacional, influenciada por la presencia de especies ocasionales en el área. De manera general algunas especies se tipifican en ciertas épocas del año o localidades y otras se encuentran distribuidas en toda el área, esto es lo que proporciona la evidente estacionalidad (Acevedo-Cervantes, 1997), observado de igual manera en la laguna costera de Navachiste.

El comportamiento estacional de la diversidad, fue similar a lo reportado para otras comunidades de peces en otros sistemas lagunares del Golfo de California, donde se ha reportado que, a mayor temperatura, mayores valores de diversidad (Castro-Longoria *et al.*, 2002; González-Acosta *et al.*, 2005; Grijalva-Chon *et al.*, 1996; Gutiérrez-Barreras, 1999; Manjarrez-Acosta, 2001; Martínez-Guevara, 2008; Moreno-Sánchez, 2004). La similitud de los resultados se debe a que, biogeográficamente, el Golfo de California es una zona transicional con mayor diversidad de especies marinas tropicales, templadas y de transición templado-tropical, las cuales presentan características similares en cuanto a composición y variación (López-González, 2004; Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1988).

El índice de valor biológico (IVB) o índice de Sanders (1960) es el más utilizado para caracterizar a las especies dominantes a nivel de comunidad de peces ya que es un indicador que combina dos atributos importantes, el valor numérico y la frecuencia de aparición de las especies, o en su caso la constancia espacio-temporal. A través de la asignación de puntajes, en términos de la abundancia numérica en cada muestra, se evita la ordenación de las especies con base en datos puntuales dominantes, pero no representativos (Loya y Escofet, 1990). Dado que la laguna costera de Navachiste, comprende especies templadas-tropicales, la dominancia será influenciada por los siguientes factores: la abundancia numérica, la medida de distribución y la frecuencia de aparición de especies en la comunidad (Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1988).

A partir de los valores del IVB, 10 especies presentaron la mayor importancia biológica, siendo coincidentes con las especies reportadas por Gutiérrez-Barreras (1999), identificando



a *D. brevis*, *E. dowii* y *P. maculatofasciatus* como dominantes. Manjarrez-Acosta (2001), mencionó a *E. dowii* y *E. crossotus* y Ontiveros-Granillo (2011), a *P. maculatofasciatus*. A pesar de compartir especies dominantes, es probable que la diferencia en número se deba a que ellos utilizaron solo la red de arrastre en sus muestreos.

Es evidente que las especies dominantes presentan estrategias biológicas eficaces, las cuales les permiten tener un mayor éxito a nivel de interacción y permanencia que otras (Moreno-Sánchez, 2004; Rodríguez-Romero *et al.*, 1992). Que especies dominan en un ecosistema dependerá de la tolerancia ambiental que presenten, la capacidad de evasión a sus depredadores, la capacidad reproductiva, su espectro trófico y su aprovechamiento del ambiente (Padilla-Serrato, 2016).

Algunas de las características de las especies dominantes en Navachiste son: alta tolerancia a las variaciones ambientales (salinidad y temperatura), un amplio espectro alimenticio (invertebrados a peces), una alta tasa de duplicación poblacional, baja vulnerabilidad, todo ello se traduce en una alta resiliencia (Anexo A, B; Castro-Aguirre *et al.*, 1999; Froese y Pauly, 2017; Nelson, 2016; Robertson y Allen, 2015). Por otra parte, son en su mayoría componentes de una amplia región biogeográfica.

## **8.5 Uso de la laguna**

Además de analizar la estructura de la comunidad y sus variaciones estacionales, en el presente trabajo, se analizó si la laguna costera de Navachiste era utilizada con fines de crianza y reproducción. Al respecto existen investigaciones que mencionan que muchas especies de peces dependen de las lagunas costeras en alguna etapa de su vida, considerándolas como zonas de protección, reclutamiento, crianza, reproducción y alimentación, principalmente para organismos de origen marino y es por ello que estos ecosistemas son considerados de gran valor para el mantenimiento de las pesquerías locales y regionales (Sandoval-Huerta *et al.*, 2014). El uso de estos ecosistemas está influenciado por diferentes mecanismos, los procesos bióticos tales como la competencia y depredación,

de gran importancia para definir la ocurrencia de las especies; al igual que los procesos abióticos tales como la salinidad, temperatura y turbidez (Akin *et al.*, 2005).

En la laguna costera de Navachiste la mayor abundancia de peces fue de organismos en estadio juvenil, siendo mayor su abundancia en otoño e invierno. Los adultos reproductores se presentaron principalmente en verano, con lo que se determinó que en verano es la temporada de reproducción en muchas especies.

Claramente existe una relación entre la reproducción con la temperatura del mar, al ser la temperatura un factor directriz del metabolismo, controla muchos procesos fisiológicos, entre ellos el inicio de la madurez de los gametos (Pitcher y Hart, 1982), es por ello que en temporada cálida del año se encuentran un mayor número de organismos maduros, aunque su presencia es mayor fuera de la laguna que dentro de ella.

Otro factor de gran importancia a tener en cuenta en Navachiste, es la presencia de una boca de conexión al mar y que las bocas de los sistemas estuarino/lagunares permiten el intercambio de agua marina y el ingreso de especies, es por ello que una boca permanentemente abierta, al permitir el ingreso frecuente de especies mantiene una riqueza y diversidad alta en la localidad (Ocaña-Luna y Sánchez-Ramírez, 2016). En la laguna hay una alta riqueza por el ingreso de especies netamente marinas, las cuales no presentan dependencia en estos sistemas, pero que entran de manera ocasional y por la presencia de especies que dependen de los sistemas estuarino/lagunares (James *et al.*, 2007). Es por ello que la boca se caracteriza por ser un área de tránsito entre la fauna interna y la costera, donde a mayor riqueza de especies de peces en la zona externa, sugiere un importante intercambio y mezcla de faunas marina y lagunar (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985).

La alta diversidad presente en este trabajo es el reflejo del flujo de organismos dentro y fuera, por ello que se considera a la laguna costera de Navachiste y sus áreas adyacentes, como un conjunto. De las 65 especies reportadas como raras, 39 fueron capturadas en áreas adyacentes y 26 capturadas dentro de la laguna y en las áreas adyacentes, acercándose al área para alimentarse de manera esporádica. Además, se debe de considerar que debido a las características anti-estuarinas, las especies netamente marinas pueden entrar a la laguna sin

restricciones. Las 30 especies restantes presentan una dependencia al sistema estuarino/lagunar.

El principal uso de la laguna por las especies de peces es para la alimentación, crianza (crecimiento) y refugio, dado que provee de protección y una alta disponibilidad de alimentos para organismos juveniles (Robertson y Duke, 1987). Es por ello que se tiene dominancia de organismos juveniles e inmaduros en la laguna costera de Navachiste, Sinaloa, esto es un indicador de que la zona es utilizada como refugio y crianza, comportamiento que le permite a las especies de peces tener mayor sobrevivencia y reclutamiento, debido a que son muy vulnerables a depredadores en estos estadios (Mace *et al.*, 2018).

La presencia de vegetación en lagunas costeras, juega un papel importante en la estructuración de las comunidades ya que representan ambientes donde existe mayor abundancia y riqueza de especies, por la complejidad estructural y productividad, es donde se provee protección y refugio contra depredadores, además de ofrecer una mayor disponibilidad y diversidad de alimento (Castillo-Rivera *et al.*, 2011). Una de las características de la laguna costera de Navachiste es la vegetación circundante del manglar: *Rizophora mangle*, *Avicenia germinans* y *Laguncularia racemosa*, así mismo se pueden encontrar en algunas de las islas combinadas con plantas halófitas pequeñas (Acosta-Velázquez *et al.*, 2009; Zavala-Norzagaray, 2006).

Un área de gran importancia en las lagunas costeras son los manglares, los cuales son hábitats críticos para el refugio y alimentación de organismos juveniles (Álvarez-Guillén *et al.*, 1983; Yáñez-Arancibia y Nuget, 1977). Durante el presente trabajo, no se realizaron muestreos en el área del manglar, siendo más que deseable conocer el uso del manglar como hábitat de organismos juveniles.

Se conoce que los manglares en lagunas costeras son el hábitat primario para la crianza y reclutamiento de diversas especies de peces, por lo que son zonas críticas para especies de importancia ecológica y económica (González-Acosta *et al.*, 2005). En este escenario los manglares aportan una gran cantidad de detritus en verano, así mismo se ha observado que

la biomasa de fitoplancton aumenta (Arreola-Lizárraga, 2003), es por ello que los peces de la laguna pueden aprovechar distintas fuentes de alimento según su conducta trófica.

Esta importancia del manglar ha sido documentada para los peces de la familia Carangidae, Gerreidae, Engraulidae, Haemulidae, Lutjanidae, principalmente como organismos juveniles e inmaduros (González-Acosta, 1998). La mayor abundancia de estas mismas familias se observó en el presente estudio.

*D. brevirostris* y *Eucinostomus spp*, Debido a su frecuencia son especies residentes en la laguna costera de Navachiste, utilizada para alimentación y crianza ya ha sido reportada la importancia de esta familia en las lagunas costeras del Golfo de California y los manglares son un hábitat de vital importancia para las especies de la familia (González-Acosta *et al.*, 2005).

Los análisis de las tallas de los organismos capturados y su comparación con la talla de primera madurez son escasos, a pesar de ser de importancia para determinar el estadio de vida en que se presentan las especies en la localidad. En el trabajo de González-Sansón *et al.* (2014) utilizaron la información de tallas y la talla de madurez y demostraron que las especies de la laguna Barra de Navidad son principalmente juveniles. En el que también reportan al igual que en este trabajo a las especies *D. brevirostris* y *E. dowii* como especies abundantes y que utilizan la laguna como un área de crianza y a *O. libertate* que entra a la laguna para refugiarse y alimentarse. Los resultados anteriores son coincidentes con los aquí obtenidos, donde se mostró que la mayor parte de los organismos colectados estuvieron por debajo de la talla de primera madurez sexual (juveniles) y solo escasos estuvieron por encima, enfatizando el uso de la laguna como área de crianza, alimentación y refugio, no así de reproducción, para la mayoría de las especies de peces que ahí habitan.

Existen trabajos sobre la ictiofauna de sistemas estuarinos-lagunares para Pacífico mexicano tales como Amezcua *et al.* (2006); Castro-Longoria *et al.* (2002); González-Acosta *et al.* (2005); Grijalva-Chon *et al.* (1996); Martínez-Guevara (2008); Moreno-Sánchez (2004); Rodríguez-Romero *et al.* (1992; 2008; 2011); Sandoval-Huerta *et al.* (2014), que aportan un importante conocimiento de la ictiofauna en la región. Al comparar las especies de los

estudios con el presente trabajo, se determina que se encuentran coincidencias entre las especies dominantes, por lo que estas especies, al ser características de los ambientes lagunares, son de gran importancia ecológica.

Del total 30 especies de las identificadas dentro de la laguna fueron comunes, frecuentes y ocasionales. Dichas especies son las que utilizan la laguna como área de crianza, protección y alimentación (tales como las especies *D. brevirostris*, *E. dowii*, *H. nitidus*, *U. halleri*, *E. crossotus*, *E. entomelas*, *E. gracilis*, *E. lineatus* y *O. refulgens*, por mencionar algunas), todas ellas considerándolas tanto estuarino-dependientes como relacionados a estuarios (oportunistas) (Amezcuca, 1977). Las 65 especies raras son especies transicionales, entrando ocasionalmente a la laguna (Amezcuca, 1977).

Las lagunas costeras juegan un papel importante en los ciclos de vida de muchas especies, pero como sitio de desove lo es para pocas especies, mientras que tiene gran relevancia como área crianza y alimentación de juveniles, ya que les provee de refugio contra depredadores y condiciones ambientales aptas para su desarrollo (Rico, 2000).

En verano aumentó el número de organismos adultos y reproductores, indicándonos que es la época de reproducción, lo cual se relaciona con el aumento de la temperatura (Ocaña-Luna y Sánchez-Ramírez, 2016), el desove se realiza en mar abierto cerca de la costa (Ramos *et al.*, 2016; Tapia-García, 1997), lo que implica la migración de larvas y juveniles, por diferentes factores como el flujo de marea, corrientes, vientos, etc., hacia la laguna costera (Bruno, 2014), utilizándola para protección, alimentación y crianza, por ello de la presencia de organismos juveniles, con mayor abundancia en las estaciones de otoño-invierno (Amezcuca, 1977; Yáñez-Arancibia, 1978; Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986). Por lo que la laguna costera de Navachiste y áreas adyacentes, son un sitio importante para completar el ciclo de vida de las especies, proporcionando hábitats de crianza y alimentación, pero probablemente no es utilizado con fines de reproducción.

## 9. CONCLUSIONES

La comunidad de peces de la laguna costera de Navachiste estuvo constituido por 95 especies pertenecientes a 62 géneros y 35 familias. Al igual que en todos los ecosistemas marinos, el orden Perciforme fue dominante. Las familias Carangidae y Sciaenidae fueron las más importantes con respecto al número de especies, característicos de lagunas costeras debido a que la utilizan en alguna fase de su ciclo biológico.

La temperatura mostró patrones estacionales bien marcados, con una temporada cálida (promedio 31°C) que abarca de julio a septiembre y una temporada fría (promedio 19°C) de diciembre a febrero, siendo los demás meses transicionales entre ambas. La salinidad siguió un patrón de variación similar al de la temperatura.

La comunidad se encuentra representada principalmente por especies que soportan cambios de salinidad y temperatura, esto es, euritermas y eurihalinas. Se destaca que son principalmente especies con una resiliencia mediana a alta y moderada vulnerabilidad. Además, de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se encuentran 83 especies catalogadas como preocupación menor, una especie casi amenazada (pejerrey charal *Colpichthys regis*) y una especie en peligro (tiburón martillo común *Sphyrna lewini*); de igual manera el tiburón martillo común es la única especie que se capturo y está catalogada por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) en el apéndice II (figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio).

Biogeográficamente, 64 especies (67.37%) pertenecen a la región del POT, seguido de 21 especies (22.11%) con una distribución que incluye desde la Provincia Californiana, Provincia de Cortés y Provincia Panámica, por lo que ictiofauna presenta una amplia distribución.

Fue notorio que un número reducido de especies (15) fueron las más abundantes, representando el 85.2% de abundancia relativa, en donde las especies principales fueron

*Diapterus brevirostris*, *Eucinostomus dowii* y *Haemolopsis nitidus*. No obstante, 11 especies representaron la mayor biomasa relativa con 69.3%, siendo las más importantes *Urolophus halleri*, *Diapterus brevirostris* y *Haemolopsis nitidus*.

Dentro de la comunidad de peces se registraron principalmente especies raras, las cuales representan el 68.4% de las especies capturadas, lo cual nos demuestra la presencia de especies transicionales.

Desde el punto de vista ecológico, la laguna costera de Navachiste es una zona de alta diversidad, en la que se presentaron pocas especies dominantes.

La comunidad de peces de la laguna costera de Navachiste, en su mayor parte se encuentra compuesta por organismos juveniles y/o inmaduros, siendo una zona importante de crianza, principalmente en las estaciones de otoño e invierno.

De las 95 especies capturadas, las especies abundantes fueron *D. brevirostris* presente en las cuatro estaciones del año, seguido de *H. nitidus* en invierno, verano y otoño, *E. dowii* en invierno y otoño, *U. halleri* fue en invierno y verano y *O. libertate* que fue la más importante de primavera.

Existe un máximo reproductivo bien marcado en la estación de verano, la mayoría de las especies maduras y que desovaron se localizaron por fuera de la laguna, por lo que es posible que las especies no utilicen la laguna con fines de desove.

Debido a la abundancia de especies y el uso de crianza y alimentación que se le dan al ecosistema, se destaca la gran importancia que la laguna costera de Navachiste en los ciclos biológicos de las especies de peces.

La hipótesis planteada se acepta parcialmente, dado que la comunidad se encontró influenciada por las variables de ambientales y el ciclo de vida de las especies, aquí la dominancia fue representada por pocas especies. Además, la laguna es utilizada como sitio de crianza, más no es utilizada con fines de desove.

## RECOMENDACIONES

- a) Se sugiere que, al realizar muestreos en la laguna costera, se realicen mensualmente, buscando obtener la mayor información del movimiento de las especies.
- b) Incluir en las artes de pesca mensuales, la trampa, dado que proporciona valiosa información respecto a las especies de peces que habitan el manglar.
- c) Es de vital importancia incluir la búsqueda de huevos y/o larvas en el plancton durante los muestreos, para poder reforzar la información de reproducción.
- d) Incluir en los análisis del índice gonadosomático (IGS) el cual calcula el peso de la gónada como porcentaje del peso total del cuerpo, el cual se utiliza para medir la madurez sexual en relación con el desarrollo sexual de los ovarios o los testículos, con lo que nos permita describir con mayor precisión el periodo reproductivo.



## 10. LITERATURA CITADA

Abadia-Chanona, Q.Y., O.H. Ávila-Poveda, M. Arellano-Martínez, B.P. Ceballos-Vázquez, L-M. Flores-Campaña, X.G. Moreno-Sánchez, J.S. Ramírez-Pérez. 2015. Talla inicial de madurez sexual (Tim) y/o talla de madurez sexual (Tm50%) – medida de manejo pesquero para el poliplacóforo *Chiton (Chiton) articulatus*: caso de estudio. Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui. 7:519-529.

Abitía-Cárdenas, L.A., J. Rodríguez-Romero, F. Galván-Magaña, J. De la Cruz-Agüero, H. Chávez-Ramos. 1994. Listado sistemático de la ictiofauna de Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Cienc Mar. 20(2):159-181.

Acevedo-Cervantes, A. 1997. Caracterización ecológica de la comunidad íctica de la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 108 p.

Acosta-Velázquez, J., A.D. Vázquez-Lule. 2009. Caracterización del sitio de manglar San Ignacio – Navachiste – Macapule, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F. Ficha de caracterización. Agosto 2018. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/sitios.html>.

Acuña-Plavan, A., C. Passadore, L. Gimenez. 2010. Fish assemblage in a temperate estuary on the Uruguayan coast: seasonal variation and environmental influence. Braz. j. Oceanogr. 58(4):299-314.

Aguilar-Palomino, B., C. Pérez-Reyes, F. Galván-Magaña, L.A. Abitía-Cárdenas. 2001. Ictiofauna de la Bahía de Navidad, Jalisco, México. Rev. Biol. Trop. 49(1):173-190.

Akin, S., E. Buhan, K.O. Winemiller, H. Yilmaz. 2005. Fish assemblage structure of Koycegiz lagoon-estuary, Turkey: spatial and temporal distribution patterns in relation to environmental variation. Estuar Coast Shelf Sci. 64:647-684.

Alcocer, J., E. Escobar, P. Řezníčková, L.A. Oseguera. 2016. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos litorales como un reflejo de la heterogeneidad ambiental. Hidrobiológica. 26(3):403-418.

Álvarez-Cadena, J.N., M.A. Aquino, F. Alonso, J.G. Millán, F. Torres. 1984. Composición y abundancia de las larvas de peces en el sistema Lagunar Huizache-Caimanera. Parte I. Agua Dulce, 1978. En. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. Mex. 11(1):163-180.

Álvarez-Guillén, H., A. Yáñez-Arancibia, A. Lara-Domínguez. 1983. Ecología de la boca del Carmen, Laguna de Términos. El hábitat y estructura de la comunidad de peces. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México. 11(1):107-144.

- Álvarez-León, R. 1980. Necton y Bentos de tres esteros adyacentes en Mazatlán, Sinaloa, México. *Rev. Biol. Trop.* 28(4):237-262.
- Amezcu, L.F. 1977. Generalidades ictiológicas del sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, Sinaloa México. *An. Centro Cien. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México.* 4(1):1-26.
- Amezcu, L.F., J. Madrid-Vera, H. Aguirre-Villaseñor. 2006. Efecto de la pesca artesanal de camarón sobre la ictiofauna en el sistema lagunar de Santa María la Reforma, suroeste del Golfo de California. *Cienc Mar.* 32(1):97-109.
- Arceo-Carranza, D., M.E. Vega-Cendejas, J.L. Montero-Muñoz, M.J. Hernández de Santillana. 2010. Influencia del hábitat en las asociaciones nictimerales de peces en una laguna costera tropical. *Rev. Mex. Biodiv.* 81:823-837.
- Arreola-Lizárraga, J.A. 2003. Bases de manejo costero: Patrones ecológicos en la laguna costera Las Guásimas, Territorio Yaqui, México. Tesis (Doctorado en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 76 p.
- Arreola-Lizárraga, J.A., G. Padilla-Arredondo, L.C. Méndez-Rodríguez, L. Morquecho, R. Mendoza-Salgado, C. Lechuga-Devéze, W. Valenzuela-Quiñónez, M.R. López-Tapia, B. Acosta-Vargas, J.A. Castillo-Durán, A. Reyes-Salinas, C.I. Elizalde-Servín, A. Hernández-Ibarra, M.S. Burrola-Sánchez, D. Urías-Laborin. 2009. Propuesta de manejo para tres lagunas costeras prioritarias del Noroeste de México. 109p.
- Arribas, P., P. Abellán, J. Velasco, D.T. Bilton, J.M. Lobo, A. Millán, D. Sánchez-Fernández. 2012. La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas.* 21(3):79-84.
- Arrieta-Vera, L., J. De la Rosa-Muñoz. 2003. Estructura de la comunidad íctica de la ciénaga de mallorquín, caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 32:231-242.
- Avilés-Torres, S., J.J. Schmitter-Soto, R.C. Barrientos-Medina. 2001. Patrones espaciales de la riqueza de peces en lagunas costeras del sur de Quintana Roo, México. *Hidrobiológica.* 11(2):141-148.
- Ayala-Pérez, L.A., J. Ramos-Miranda, D. Flores-Hernández. 2003. La comunidad de peces de la laguna de Términos: estructura actual comparada. *Rev. Biol. Trop.* 52(3):783-794.
- Balart, E.F., J.L. Castro-Aguirre, R. Torres-Orozco. 1992. Ictiofauna de las Bahías de Ohuira, Topolobampo y Santa María, Sinaloa, México. *Inv. Mar. CICIMAR.* 7:2.
- Barjau-González, E. 2003. Estructura de la ictiofauna asociada a fondos blandos en laguna San Ignacio, Baja California sur, México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 133 p.

- Barman, P.P., M. Shamsuzzaman, A. Hasan, M.D. Rashed-Un-Nabi. 2016. Fish assemblage patterns: Temporal distribution structure and influence of environmental variables in the Karnafully River Estuary, Bangladesh. *J. Mar. Sci.* 6(12):1-8.
- Bocanegra-Castillo, N., L.A. Abitía-Cárdenas, F. Galván-Magaña. 2000. Espectro alimentario de la berrugata californiana *Menticirrhus undulatus* de laguna ojo de liebre, Baja California Sur, México. *Cienc Mar.* 26(4):659-675.
- Boschi, E.E. 2000. Species of decapod crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Rev. Invest. Des. Pesq.* 13:7-136.
- Briggs, J. C. 1974. *Marine zoogeography*. McGraw-Hill. New York, USA. 475p.
- Bruno, D.O. 2014. Patrones de utilización de la laguna Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina) y áreas costeras adyacentes por parte de los primeros estadios ontogénicos. Tesis (Doctorado en Ciencias). Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. 225 p.
- Campos-Dávila, L. 1998. Composición y abundancia de la ictiofauna capturada con red agallera en el área de Loreto, Baja California Sur, México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Centro Interdisciplinario de Ciencia Marinas. Instituto Politécnico Nacional. 106 p.
- Campos-Dávila, L., V.H. Cruz-Escalona, F. Galván-Magaña, L.A. Abitía-Cárdenas, F.J. Gutiérrez-Sánchez, E.F. Balart-Páez. 2005. Fish assemblages in a gulf of California marine reserve. *Bull Mar Sci.* 77(3):347-362.
- Capetillo-Piñal, N. 2016. Cambios en la diversidad de la macrofauna del Golfo de Batabanó, Cuba: su relación con factores antrópicos y naturales. Tesis (Doctorado en Ciencias Marinas). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 182 p.
- Castillo-Rivera, M., R. Zarate, L. Sanvicente-Añorve. 2003. Patrones de la diversidad de peces de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, México. *Hidrobiológica.* 13(4):289-298.
- Castillo-Rivera, M., S. Ortiz-Burgos, R. Zárate-Hernández. 2011. Estructura de la comunidad de peces estuarinos en un hábitat con vegetación sumergida: variación estacional y nictémera. *Hidrobiológica.* 21(3):311-321.
- Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart, J. Arvizu-Martínez. 1994. Consideraciones generales sobre la ictiofauna de las lagunas costeras de México. *Zool Infor.* 27:47-84.
- Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart, J. Arvizu-Martínez. 1995. Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del Golfo de California, México. *Hidrobiológica.* 5 (1-2):57-78.

- Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart. 1996. Contribución al conocimiento del origen y relaciones del a ictiofauna de aguas profundas del Golfo de California, México. *Hidrobiológica*. 6(1-2):67-76.
- Castro-Aguirre, J.L., H. Espinosa-Pérez. 1996. Listados faunísticos de México. VII. Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideomorpha). Instituto de Biología, UNAM. México. 7:7-75.
- Castro-Aguirre, J.L., H. Espinosa, J.J. Schmitter-Soto. 1999. Ictiofauna estuarino, lagunar y vicaria de México. Editorial Limusa. Primera edición. México, Ciudad de México. 704p.
- Castro-Aguirre, J.L., A.F. González-Acosta, J. De la Cruz-Agüero. 2005. Lista anotada de las especies ícticas anfibacíficas, de afinidad boreal, endémicas y anfibipeninsulares del Golfo de California, México. *Universidad y Ciencia*. 21:85-106.
- Castro-Longoria, R., J.M. Grijalva-Chon, J.F. Sánchez-Osuna. 2002. Comunidad de peces de la laguna costera del El Sargento, Sonora, México. *Cienc Mar*. 6(17):3-16.
- Córdova-Tapia, F., L. Zambrano. 2015. La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas*. 24(3):78-87.
- CONANP. 2010. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Decreto 2 de agosto de 1978 por el que se establece una zona de refugio de aves migratorias y de la fauna silvestre, en las islas que se relacionan, situadas en el Golfo de California, México. <http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/apff/Islasgolfo.pdf>. Agosto 2018.
- Cruz-Escalona, V.H., L.A. Abitía-Cárdenas, L. Campos-Dávila, F. Galván-Magaña. 2000. Trophic interrelations of the three most abundant fish species from Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. *Bull. Mar. Sci*. 66(2):361-373.
- Cruz-Escalona, V.H., L.A. Abitía-Cárdenas. 2004. General characteristics of the diet of *Trachinotus paitensis* (Teleostei: Carangidae) from San Ignacio Lagoon, Baja California Sur, Mexico. *Rev. Biol. Trop*. 52(1):139-141.
- Cuevas-Reyes, P. 2010. Importancia de la resiliencia biológica como posible indicador del estado de conservación de los ecosistemas: implicaciones en los planes de manejo y conservación de la biodiversidad. *Biológicas*. 12(1):1-7.
- D'Croz, L., A. Averza. 1979. Observaciones sobre la abundancia y diversidad de las poblaciones de peces estuarinos en el Caribe de Panamá. *Rev. Biol. Trop*. 27(2):189-201.
- De la Cruz-Agüero, J., M. Arellano-Martínez, V.M. Cota-Gómez. 1996. Lista sistemática de los peces marinos de las lagunas de Ojo de Liebre y Guerrero Negro, B.C.S. y B.C., México. *Cienc Mar*. 22(1):111-128.
- De Silva-Dávila, R., R. Palomares-García, A. Zavala-Norzagaray, D.C. Escobedo-Urías. 2006. Ciclo anual de los grupos dominantes del zooplancton en Navachiste, Sinaloa. En: Hendrickx, M.E. (ed.). *Contributions to the study of East Pacific crustaceans*. Instituto de

Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. pp 25-39.

Elliott, M., K.L. Hemingway. 2002. *Fishes in Estuaries*. Oxford: Blackwell Science, London. 636 p.

Elliott, M., A.K. Whitfield, I.C. Potter, S.J.M. Blaber, D.P. Cyrus, F.G. Nordlie, T.D. Harrison. 2007. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish Fish.* 8(3):241-268.

Escobedo-Urías, D., M.T. Hernández-Real, N. Herrera-Moreno, A.E. Ulloa-Pérez, A. Chiquete-Ozono. 1999. Calidad bacteriológica del Sistema Lagunar de San Ignacio-Navachiste, Sinaloa. *Cienc Mar.* 3(9):17-27.

Escobedo-Urías, D., A. Jiménez-Illescas, A. Martínez-López, T. Hernández-Real, A. Reyes-Salinas, N. Herrera-Moreno, A.E. Ulloa-Pérez, P. Álvarez-Ruiz, A. Zavala-Norzagaray, Y. Chiquete-Ozono. 2003. Dinámica oceanográfica de la Laguna de Navachiste, Sinaloa. Resúmenes del IX Congreso de la Asociación de Investigación del Mar de Cortés y III Simposio Internacional del Mar de Cortés. AIMAC-CICIMAR-UABCS. La Paz, B.C.S., 5-9 mayo del 2003. pp 19.

Eschmeyer, W.N., E.S. Herald, H. Hammann. 1983. *A field guide to the Pacific coast fishes of North America*. Houghton Miffl, Boston. 336p.

Ferreira, N.C., R.M. Guerreschi, C. Machado, C.A. Lopes, A.P.O. Nuñer. 2017. Structure and diversity of fishes in a freshwater and coastal subtropical lagoon. *Journal of Fish Biology.* 90:1265-1282.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter, V.H. Niem. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental*. FAO. Roma. Volumen II y III. pp 648-1652.

Froese, R., D. Pauly 2017. *Fish Base*. World Wide Web Electronic Publications. <http://www.fishbase.org>.

Galván, R., M. Carbonetti, M. Gende, C. Brunini. 2018. Impact of the extreme 2015-2016 ENOS event on the geometry of the earth surface in the equatorial region of South America. *Geoacta.* 42(2):23-44.

Galván-Magaña, F., F. Gutiérrez-Sánchez, L.A. Abitía-Cárdenas, J. Rodríguez-Romero. 2000. The distribution and affinities of the shore fishes of the Baja California Sur lagoons. En: Manuwar, M., S.G. Lawrence, I.F. Manuwar, D.F. Malley (eds.). *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope*. Ecovision World Monograph Series. Backhuys Publishers, Amsterdam. pp 383-398.

Galván-Villa, C.M., J.L. Arreola-Robles E. Ríos-Jara, F.A. Rodríguez-Zaragoza. 2010. Ensamblaje de peces arrecifales y su relación con el hábitat bentónico de la Isla Isabel, Nayarit, México. *Rev Biol Mar Oceanogr.* 45(2):311-324.

- Gatica, C., A. Hernández. 2003. Tasas de captura estandarizadas como índice de abundancia relativa en pesquerías: enfoque por Modelos Lineales Generalizados. *Invest. Mar., Valparaíso*. 31(2):107-115.
- González-Acosta, A.F. 1998. Ecología de la comunidad de peces asociada al manglar del estero en Conchalito, Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 138 p.
- González-Acosta, A.F., G. De la Cruz-Agüero, J. De la Cruz-Agüero, G. Ruíz-Campos. 2005. Seasonal pattern of the fish assemblage of El Conchalito mangrove swamp, La Paz Bay, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica*. 15(2):205-214.
- González-Acosta, A.F., E.F. Balart, G. Ruiz-Campos, E. Espinosa-Pérez, V.H. Cruz-Escalona, A. Hernández-López. 2018. Diversidad y conservación de los peces de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Rev Mex Biodivers*. 89:705-740.
- González-Sansón, G., C. Aguilar-Betancourt, D. Kosonoy-Aceves, G. Lucano-Ramírez, D. Ruiz-Ramírez, S. Ruiz-Ramírez, J.R. Flores-Ortega, A. Hinojosa-Larios, F.A. Silvia-Bátiz. 2014. Composición de especies y tallas de los peces en la laguna Barra de Navidad, Pacífico central mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 62(1):129-144.
- Gurdek-Bas, R., 2012. Ictiofauna del estuario del arroyo pando: variabilidad temporal de parámetros comunitarios y poblacionales. Tesis (Licenciatura). Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias, Universidad de la República de Uruguay. 36 p.
- Gutiérrez-Barreras, J.A. 1999. Ictiofauna de fondos blandos de la bahía de Topolobampo, Sinaloa, México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 108 p.
- Gutiérrez-Mendieta, F.J., F. Varona-Cordero, F. Contreras-Espinosa. 2006. Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. *Hidrobiológica*. 16(2):137-146.
- Greenwood, M.F.D., R.E. Matheson Jr., R.H. McMichael Jr., T.C. MacDonald. 2007. Community structure of shoreline nekton in the portion of the Alafia River, Florida: Differences along a salinity gradient and inflow-relates changes. *Estuar Coast Shelf Sci.* 74:223-238.
- Grijalva-Chon, J.M., S. Núñez-Quevedo, R. Castro-Longoria. 1996. Ictiofauna de la laguna costera La Cruz, Sonora, México. *Cienc Mar.* 22(2):129-150.
- H. Ayuntamiento de Guasave, Sinaloa. 2017. <http://guasave.gob.mx/s/> octubre 2018.
- Hastings, P.A., L.T. Findley, A.M. Van der Heiden. 2010. Fishes of the Gulf of California. En: Brusca, R. (ed.). *The Gulf of California. Biodiversity and Conservation*. Tucson U.S.A. University Arizona Press. pp 96-118.

Hernández-Covarrubias, V., D. Chávez-Herrera. H.A. Muñoz-Rubí, J.A. Guillen-Gamboa, L.G. Gómez-Medina, J. Sánchez-Aguirre, E. Lizárraga-Hernández. 2014. Fauna de acompañamiento de camarón en la plataforma continental adyacente a la boca de Macapule, Navachiste, Sinaloa, 2014. Informe Técnico. INAPESCA. 18 p.

Herrera-Valdivia, E., J. López-Martínez, S. Castillo-Vargasmachuca, A.R. García-Juárez. 2016. Diversidad taxonómica y funcional en la comunidad de peces de la pesca de arrastre de camarón en el norte del Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.* 64(2):587-602.

James, N.C., P.D. Cowley, A.K. Whitfield, S.J. Lamberth. 2007. Fish communities in temporarily open/closed estuaries from the warm and cool temperate regions of South Africa: A review. *Rev Fish Biol Fisheries.* 17:565-580.

Jiménez-Estrada, M.Y. 2013. Caracterización de las relaciones bio-ópticas del fitoplancton frente al sistema lagunar Navachiste, Sinaloa, México. Tesis (Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente). Guasave, Sinaloa, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 84 p.

Jiménez-Valverde, A., J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Rev Ibér Aracnol.* 8:151-161.

Jordan, D.S., W.B. Evermann. (1896-1900). The fishes of North and middle America. *Bull. Unit. States Nat. Hist. Museum.* 47:1-3313.

Kjerfve, B. 1994. Coastal Lagoons. En: B. Kjerfve (ed.). *Coastal Lagoons Processes.* Elsevier Science Publ. Oceanography Series 60, Amsterdam. pp 1-8.

Lankford, R.R. 1977. Coastal lagoons of México: their origin and classification. En: Wiley. (ed.). *Estuarine Processes.* Atad. Press. Inc. New York. pp 182-215.

López-González, L.C. 2004. Estructura de la comunidad ictica en el estero de Rancho Bonito, Baja California Sur, México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 92 p.

Loya, S.D.H., A. Escofet. 1990. Aportaciones al cálculo del índice de valor biológico (Sanders, 1960). *Cienc Mar.* 16(2):97-115.

Mace, M.M., M.E. Kimball, E.R. Haffey. 2018. Recruitment and habitat use of early life stage tarpon (*Megalops atlanticus*) in South Carolina Estuaries. *Estuaries Coast.* 41:841-854.

Manjarrez-Acosta, C. 2001. Variación estacional de la comunidad de peces de fondos blandos del área costera del sur de Sinaloa. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 145 p.

Martínez-Álvarez, I.G. 2007. Forestación de isletas de dragado con *Avicennia germinans L.*, Stearn con apoyo de manipulación hidrodinámica en la laguna de Navachiste, Sinaloa. Tesis (Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente). Guasave, Sinaloa, México. Instituto

Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigaciones para el Desarrollo Integral Regional. 83 p.

Martínez-Guevara, A. 2008. Análisis de la ictiodiversidad y patrones biogeográficos en los sistemas costeros de Baja California Sur, México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 167 p.

Meek, S.E., S.F. Hildebrand. (1923-1928). The marine fishes of Panama. Publ. Field. Mus. Nat. Hist. Zool. Ser. 15(1-4):1-1045.

Miller, D.J., N.R. Lea. 1976. Guide to the coastal marine fishes of California. California Dept. Fish and Game. Fish. Bull. 157:1-249.

Mitchell, S.A. 2005. How useful is the concept of habitat? a critique. *Oikos* 110:634– 638.

Moreno-Sánchez, X.G. 2004. Estructura Comunitaria e Interrelaciones Tróficas de los Peces de Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 97 p.

Murphy, R.F. 2005. Fish assemblage structure in Maryland's coastal lagoon complex. Thesis of Master Science. University of Maryland. USA. 95 p.

Nelson, J.S. 2016. *Fishes of the World*. 5ta ed. John Wiley y Sons, Nueva York. 752 p.

Nikolsky, G.V. 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press. New York, EUA. 352 p.

Ocaña-Luna, A., M. Sánchez-Ramírez. 2016. Estructura de la comunidad ictioplanctónica en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Rev Mex Biodivers.* 87:123–132.

Odum, E.P. 1972. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana. 3a. Edición. México. 639 p.

Ontiveros-Granillo, A. 2011. Variabilidad diurna, estacional e interanual de la comunidad de peces demersales en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. Tesis (Maestría en Ciencias). Guaymas, Sonora. México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 99 p.

Ordoñez-López, U., V.D. García-Hernández. 2005. Ictiofauna juvenil asociada a *Thalassia testudinum* en Laguna Yalahau, Quintana Roo. *Hidrobiológica*. 15(2):195-20.

Padilla-Serrato, J., J. López-Martínez, J. Rodríguez-Romero, D. Lluch-Cota, F. Galván-Magaña, A. Acevedo-Cervantes. 2016. Composición y aspectos biogeográficos del ensamble de peces de la laguna costera Las Guásimas, Sonora, México. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 44(1):85-98.

Padilla-Serrato, J. 2016. Estructura comunitaria y trófica de los peces en la laguna costera de las Guásimas, Sonora, México. Tesis (Doctorado en Ciencias). Guaymas, Sonora, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 184 p.



- Palacios-Salgado, D.S. 2011. Patrones latitudinales de composición y diversidad funcional de peces asociados a la pesca de camarón del Pacífico Mexicano. Tesis (Doctorado en Ciencias Marinas). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 182 p.
- Pitcher, T.J., P.J.B. Hart. 1982. Fisheries Ecology. Editorial Chapman and Hall Press. Segundo edición. London. 415p.
- Potter, I.C., J.R. Tweedley, M. Elliott, A.K. Whitfield. 2015. The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. *Fish Fish*. 16(2):230-239.
- Ramírez-Villaruel, P. 1994. Estructura de las comunidades de peces de la laguna de Raya, Isla de Margarita, Venezuela. *Cienc Mar*. 20(1):1-16.
- Ramos, J.A.A., M. Barletta, D.V. Dantas, M.F. Costa. 2016. Seasonal and spatial ontogenetic movements of Gerreidae in a Brazilian tropical estuarine ecocline and its application for nursery habitat conservation. *J. Fish Biol.* 89(1):696-712.
- RAMSAR. The list of wetlands of International Importance [en línea]. RAMSAR, 2008. Disponible en: <http://www.ramsar.org/pdf/sitelist.pdf>.
- Rico, M.R. 2000. La salinidad y la distribución espacial de la ictiofauna en el estuario del Río de la Plata. Tesis (Maestría en Ciencias Marinas). Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. 76 p.
- Roberts, C.M., R.F. Ormond. 1987. Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41:118.
- Robertson, A.I., N.C. Duke. 1987. Mangroves as nursery sites: comparisons of the abundance and species composition of fish and crustaceans in mangroves and other nearshore habitats in tropical Australia. *Mar Biol*. 96:193-205.
- Robertson, D.R., G.R. Allen. 2015. Shore fishes of the Tropical Eastern Pacific: An Information System. CD-ROM. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panama. <https://biogeod.stri.si.edu/sftep/es/thefishes/species/17>
- Robertson, D.R., K.L. Cramer. 2009. Shore fishes and biogeographic subdivisions of the Tropical Eastern Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 380:1-17.
- Rodríguez-Meza, G.D., M.C. Parra-Olivas, H.A. González-Ocampo. 2015. Elementos traza en sedimentos de la zona de manglar del sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, México. 1er Congreso Iberoamericano sobre sedimentos y ecología Querétaro, Querétaro México, 21-24 julio 2015.
- Rodríguez-Quiroz, G., M. García-Ulloa, A.L. Domínguez-Orozco, T.N. Valenzuela-Hernández, E. Nava-Pérez, A.M. Góngora-Gómez. 2016. Relación del crecimiento, condición y supervivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* y las variables

ambientales, cultivado en suspensión en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 51(3):541-551.

Rodríguez-Romero, J., L.A. Abitúa-Cárdenas, J. De la Cruz-Agüero, F. Galván-Magaña. 1992. Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Cienc Mar.* 18(4):85-95.

Rodríguez-Romero, J., L.A. Abitúa-Cárdenas, F. Galván-Magaña, H. Chávez-Ramos. 1994. Composición, abundancia y riqueza específica de la ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Cienc Mar.* 20(3):321-350.

Rodríguez-Romero, J., L.C. López-González, F. Galván-Magaña, F.J. Sánchez-Gutiérrez, R.B. Inohuye-Rivera, J.C. Pérez-Urbiola. 2011. Seasonal changes in a fish assemblage associated with mangroves in a coastal lagoon of Baja California Sur, Mexico. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 39(2):250-260.

Sánchez-Gil. P., A. Yáñez-Arancibia. 1988. Grupos ecológicos funcionales y recursos pesqueros tropicales, En: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Sejio, F. Arreguín-Sánchez. Ed. Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica, capítulo 7. Campeche, México. pp 357-389.

Sánchez-Lindoro, F.J., A.R. Jiménez-Illescas, T.L. Espinosa-Carreón, M. Obeso-Nieblas. 2017. Modelo hidrodinámico en el Sistema Lagunar Navachiste, Guasave, Sinaloa, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 52(2):219-231.

Sánchez-Ozuna, L. 1983. El ictoplankton. Estudio preliminar sobre su abundancia en el Estero el Verde, Sinaloa, México. *Cien. Del Mar. Univ. Auton. Sin.* 5:17-22.

Sandoval-Huerta, E.R, X. Madrigal-Guridi, L.H. Escalera-Vázquez, M. Medina-Nava, O. Domínguez-Domínguez. 2014. Estructura de la comunidad de peces en cuatro estuarios del Pacífico mexicano central. *Rev Mex Biodivers.* 85:1184-1196.

Secretaría de la Convención de Ramsar. 2013. Manual de la convención de Ramsar: Guía a la convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). Sexta edición, volumen 21. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). 120p.

Sheaves, M., R. Johnston, R.M. Connolly. 2012. Fish assemblages as indicators of estuary ecosystem health. *Wetl. Ecol. Manager.* 20:477-490.

Solari, A., A.J. Jaureguizar, A.C. Milessi, M.L. García. 2015. Fish assemblages in a small temperate estuary on the Argentinian coast: spatial variation, environmental influence and relevance as nursery area. *Braz. J. Oceanogr.* 63(3):181-194.

Soria, J.M., M. Sahuquillo. 2009. 1150 Lagunas costera. En: V.V. A.A. (eds.). Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Primera edición. Madrid. España. pp 4-303.

- Tapia-García, M. 1997. Diversidad dinámica y patrones reproductivos de la comunidad de peces demersales del Golfo de Tehuantepec. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Informe Final SNIB-CONABIO proyecto B094. México, D.F. 117p.
- Ulloa-Pérez, A.E. 2005. Influencia de la disponibilidad de nutrientes sobre los cambios espacio-temporales de la comunidad de fitoplancton en el litoral del Municipio de Guasave, Sinaloa. Tesis (Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente). Guasave, Sinaloa, México. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigaciones para el Desarrollo Integral Regional. 101 p.
- Valencia-Martínez., S. 2013. Caracterización del área de alimentación de tortugas marinas en la zona marino-costera del complejo insular San Ignacio-Navachiste-Macapule, Sinaloa, Golfo de California. Tesis (Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente). Guasave, Sinaloa, México. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigaciones para el Desarrollo Integral Regional. 101 p.
- Valenzuela-Quiñónez, W., J.A. López-Limón, E.A. Aragón-Noriega. 2004. Impacto del cultivo de camarón por succión de peces y camarón mediante el bombeo de granjas acuícolas en Navachiste, Sinaloa. *Hidrobiológica*. 14(2):105-112.
- Vicencio, M.D. 1979. Estudio ictiológico de dos lagunas costeras de la zona norte de Sinaloa, México. Tesis (Licenciatura). México. Facultad de Ciencias, UNAM. 116 p.
- Walker, B.W. 1960. The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. En *Symposium: The Biogeography of Baja California and Adjacent Seas. Part 2. Marine Biotas. Syst. Zool.* 9(3-4):123-133.
- McGill, B.J., B.J. Enquist, E. Weiher, M. Westoby. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends Ecol. Evol.* 21:178–185.
- Whitfield, A.K. 1999. ichthyofaunal assemblages in estuaries: a south African case study. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 9(2):151-186.
- Yáñez-Arancibia, A., R.S. Nugent. 1977. El papel ecológico de los peces en estuarios y lagunas costeras. *An Cent Cienc Mar Limnol. UNAM.* 4(1):107-114.
- Yáñez-Arancibia, A. 1975. Sobre los estudios de peces en las lagunas costeras: Nota científica. *Anal. Centro Cienc. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. Mex.* 2:53-60.
- Yáñez-Arancibia, A. 1978. Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México.* 2:1-306.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, H. Álvarez-Guillen. 1985. Fish community ecology and dynamic in estuarine inlets. En: Yáñez-Arancibia, A. (ed.). *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons; Towards and Ecosystem Integration.* Edited UNAM Press, México. pp 127- 168.

Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil. 1986. Los peces demersales de la plataforma continental del sur del golfo de México, caracterización ambiental, ecológica y evaluación de las especies, poblaciones y comunidades. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México, Publicación especial. 9:1-230.

Zavala-Norzagaray, A.A. 2006. Incidencia de postlarvas de camarón en el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule (2002-2003). Tesis (Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente). Guasave, Sinaloa, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. 89 p.

## 11. ANEXOS

**Anexo A.** Hábitat, (A) medio ambiente: M= Marinos, M/S= Marino, Salobre y M/S/A= Marino, Salobre y Agua dulce, (B) rango de tallas de LT (mm) y (C) LT máxima (mm) de la comunidad de peces de la laguna costera de Navachiste, Sinaloa.

Especie	Hábitat	A	B	C
SUBCLASE				
ELASMOBRANCHII				
FAMILIA SPHYRNIDAE				
<i>Sphyrna lewini</i>	En arrecife, en bahías y estuarios.	M/S	525	3600
FAMILIA RHINOBATIDAE				
<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	En fondo suave someros.	M/S	160 a 580	890
FAMILIA UROLOPHIDAE				
<i>Urolophus halleri</i>	En fondos de arena o lodoso, playas y bahías.	M/S	90 a 580	580
FAMILIA				
UROTRYGONIDAE				
<i>Urotrygon chilensis</i>	En fondos arenosos someros.	M/S	140 a 740	4190
SUBCLASE				
ACTINOPTERYGII				
FAMILIA ALBULIDAE				
<i>Albula gilberti</i>	En playas, con sustrato arenoso y somero.	M/S	250 a 270	340
<i>Albula pacifica</i>	En playas y estuarios, con fondos suaves.	M/S	227	600
<i>Albula esuncula</i>	En playas y estuarios, sobre fondos de arena y lodo.	M/S	255	320
FAMILIA MURAENIDAE				
<i>Gymnothorax equatorialis</i>	Fondos blandos y fangosos.	M	405	750
FAMILIA OPHICHTHIDAE				
<i>Ophichthus zophochir</i>	En madrigueras en fondos rocosos, lodosos y arenosos.	M/S	115 a 435	980
FAMILIA				
MURAENESOCIDAE				
<i>Cynoponticus coniceps</i>	En fondos arenosos y de fango.	M	530	2020
FAMILIA ENGRAULIDAE				
<i>Anchoa ischana</i>	Aguas costeras, fondo lodoso (arena y grava).	M/S	60 a 125	145
<i>Anchoa lucida</i>	Mayormente en bahías, estuarios y lagunas.	M/S/A	105 a 120	140
<i>Anchoa macrolepidota</i>	En costas arenosas y bocas de ríos (salobre).	M/S	155 a 190	250
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	En zonas costeras arenosas o rocosas, en esteros.	M/S	215 a 230	230
FAMILIA CLUPEIDAE				
<i>Lile stolifera</i>	En playas, lagunas y estuarios, de fondo suave.	M/S/A	80 a 120	150
<i>Opisthonema libertate</i>	Aguas costeras y marinas, cerca a la orilla.	M/S	115 a 245	300
FAMILIA ARIIDAE				
<i>Ariopsis guatemalensis</i>	En fondo blando, aguas salobres y en agua dulce.	M/S/A	145 a 445	540
<i>Ariopsis seemanni</i>	Costero, común en estuarios, esteros y ríos.	M/S/A	125 a 360	390
<i>Bagre pinnimaculatus</i>	Común en costas y esteros, también aguas dulces.	M/S/A	150 a 345	700
<i>Occidentarius platypogon</i>	En aguas costeras someras, en fondo suave arenosos.	M/S	225 a 270	500

<b>Especie</b>	<b>Hábitat</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>FAMILIA SYNODONTIDAE</b>				
<i>Synodus scituliceps</i>	En playas de fondos lodosos.	M	115 a 425	550
<b>FAMILIA MUGILIDAE</b>				
<i>Mugil cephalus</i>	Costero de fondos blando, común en estuarios, ríos, lagunas y ambientes hipersalinos.	M/S/A	180 a 225	1000
<b>FAMILIA ATHERINOPSIDAE</b>				
<i>Colpichthys regis</i>	En áreas costeras, lagunas y manglares.	M/S	138	200
<b>FAMILIA NEMATISTIIDAE</b>				
<i>Nematistius pectoralis</i>	En playas arenosas, ocasionalmente en esteros y estuarios.	M/S	115 a 315	1700
<b>FAMILIA CARANGIDAE</b>				
<i>Caranx caballus</i>	Fondos blandos, playas, esteros y estuarios.	M/S/A	115 a 200	550
<i>Caranx caninus</i>	Aguas oceánicas y costeras, común en esteros y estuarios.	M/S/A	120 a 225	1000
<i>Caranx vinctus</i>	En aguas costeras y oceánicas, fondos blandos.	M/S	170 a 335	380
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	Costeros, en esteros, estuarios y lagunas con manglar.	M/S	135 a 225	300
<i>Hemicaranx leucurus</i>	Costero de fondo blando, entran en aguas salobres.	M/S	185 a 265	300
<i>Hemicaranx zelotes</i>	Costero de fondo blando, entran en aguas salobres.	M/S	108	350
<i>Oligoplites altus</i>	En playas arenosas, en esteros y estuarios.	M/S/A	230 a 280	470
<i>Oligoplites refulgens</i>	En playas de arena, en esteros y estuarios.	M/S	150 a 245	300
<i>Oligoplites saurus</i>	Playas, bahías, estuarios y en esteros, fondo arena y lodo.	M/S/A	188	350
<i>Selene brevoortii</i>	Cardúmenes, en aguas costeras, con fondos arenosos.	M/S/A	145 a 155	420
<i>Selene peruviana</i>	Cardúmenes en aguas costeras de fondos arenosos y esteros.	M/S/A	50 a 180	400
<i>Trachinotus kennedyi</i>	Costero de fondos blandos, frecuentes en esteros y estuarios.	M/S	100 a 135	730
<i>Trachinotus paitensis</i>	En fondos arenosos costero, poco profundos.	M/S	175 a 310	510
<b>FAMILIA SPHYRAENIDAE</b>				
<i>Sphyraena ensis</i>	Columna de agua, costero	M	350 a 480	1270
<b>FAMILIA SCOMBRIDAE</b>				
<i>Scomberomorus sierra</i>	Columna de agua, costero	M/S	155 a 580	1200
<b>FAMILIA STROMATEIDAE</b>				
<i>Peprilus medius</i>	En aguas costeras, de fondo blando.	M	203	250
<b>FAMILIA CENTROPOMIDAE</b>				
<i>Centropomus robalito</i>	En fondo suaves, en bahías, esteros y estuarios.	M/S/A	215 a 230	350
<b>FAMILIA GERREIDAE</b>				
<i>Diapterus brevirostris</i>	Fondo blando en bahías, esteros, estuarios y lagunas	M/S/A	65 a 220	380
<i>Eucinostomus currani</i>	Fondos suave bahías, esteros, estuarios, manglares y ríos.	M/S/A	110 a 145	210
<i>Eucinostomus dowii</i>	Fondos suave costero, entra en esteros y estuarios.	M/S/A	50 a 200	200
<i>Eucinostomus entomelas</i>	Fondos blandos bahías, lagunas costeras, estuarios y esteros.	M/S/A	85 a 195	240
<i>Eucinostomus gracilis</i>	Costero de fondo blando, en esteros y estuarios con manglares.	M/S	50 a 170	230
<i>Eugerres lineatus</i>	En áreas costeras poco profundas, lagunas y esteros.	M/S	70 a 215	260
<i>Gerres simillimus</i>	En fondos de arena, también ingresa a estuarios y esteros.	M/S/A	180 a 205	410

<b>Especie</b>	<b>Hábitat</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>FAMILIA MULLIDAE</b>				
<i>Pseudupeneus grandisquamis</i>	En la costa, con fondos arenosos y fangosos.	M/S	55 a 175	300
<b>FAMILIA SERRANIDAE</b>				
<i>Diplectrum macropoma</i>	En fondos abiertos de arena o lodo.	M	60 a 75	240
<i>Diplectrum pacificum</i>	En fondos arenosos y arenosos.	M	55 a 160	340
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	En fondo de arena o lodo cerca de rocas, con vegetación.	M	125 a 210	600
<b>FAMILIA HAEMULIDAE</b>				
<i>Haemulon maculicauda</i>	En arrecifes rocosos o de coral.	M	45	300
<i>Haemulon scudderii</i>	En arrecifes rocosos o de coral.	M/S	142	350
<i>Haemulon steindachneri</i>	En fondos arenosos y rocosas, también en estuarios.	M/S	225 a 230	300
<i>Haemulopsis elongatus</i>	En áreas costeras con fondos arenosos o de lodo.	M/S	80 a 280	300
<i>Haemulopsis leuciscus</i>	Costero con fondos de arena o lodo, también en estuarios.	M/S/A	170 a 255	400
<i>Haemulopsis nitidus</i>	En aguas costeras sobre fondos de arena y lodo, y esteros.	M/S	45 a 200	300
<i>Orthopristis reddingi</i>	Sobre fondos de arena o piedras.	M	145 a 230	290
<i>Pomadasys macracanthus</i>	Fondo suave costero, común esteros, estuarios y bocas de ríos.	M/S/A	55 a 300	350
<i>Pomadasys panamensis</i>	En fondos arenosos y lodosos.	M	175 245	350
<b>FAMILIA LUTJANIDAE</b>				
<i>Hoplopagrus guentherii</i>	En fondos rocosos cerca de los arrecifes de coral.	M	60 a 170	920
<i>Lutjanus argentiventris</i>	Fondo rocoso, costero, esteros y tolerante el agua dulce. Bahías de fondo de arena, estuarios y desembocaduras de ríos.	M/S/A	80 a 90	710
<i>Lutjanus guttatus</i>		M/S	50 a 60	800
<b>FAMILIA POLYNEMIDAE</b>				
<i>Polydactylus opercularis</i>	Fondo suave, bahías, playas, estuarios, esteros y bocas de los ríos.	M/S	233	450
<b>FAMILIA SCORPAENIDEA</b>				
<i>Scorpaena sonora</i>	En fondos de arena y roca.	M	80 a 95	180
<b>FAMILIA TRIGLIDAE</b>				
<i>Prionotus birostratus</i>	En fondos de arena y lodo.	M	126	180
<i>Prionotus ruscarius</i>	En fondos de arena y lodo.	M/S	86	400
<b>FAMILIA EPHIPPIDAE</b>				
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	En zonas costeras con fondos arenosos o arrecifes de coral.	M/S/A	35 a 370	650
<b>FAMILIA SCIAENIDAE</b>				
<i>Bairdiella icistia</i>	Costero incluyendo esteros, estuarios y bocas de ríos.	M/S	95 a 175	300
<i>Cynoscion nannus</i>	En la plataforma continental, en el fondo y la columna de agua.	M	120 a 140	270
<i>Cynoscion reticulatus</i>	En aguas costeras, estuarios y esteros.	M/S	283	900
<i>Cynoscion stolzmanni</i>	Costero y marino, común esteros, lagunas, estuarios y alta mar.	M/S	100 a 130	900
<i>Larimus acclivis</i>	En aguas costeras, también lagunas y esteros.	M/S	80 a 145	300
<i>Menticirrhus panamensis</i>	En bahías y playas arenosas.	M/S	290 a 315	750
<i>Menticirrhus nasus</i>	En aguas costeras, bahías, esteros y estuarios.	M/S	90 a 160	500
<i>Micropogonias ectenes</i>	Costas arenosas, estuarios, lagunas costeras y boca de ríos.	M/S	155 a 255	400
<i>Paralanchurus rathbuni</i>	En costas arenosas, estuarios y bahías.	M/S	150	300

<b>Especie</b>	<b>Hábitat</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<i>Umbrina xanti</i>	En aguas costeras de fondo arenoso.	M/S	165 a 255	400
FAMILIA PARALICHTHYIDAE				
<i>Citharichthys gilberti</i>	En fondos blandos, en bahías y estuarios; a veces agua dulce.	M/S/A	85	300
<i>Citharichthys platophrys</i>	En fondos blandos arenosos.	M	142	200
<i>Cyclopsetta panamensis</i>	Costero en fondos blandos, también en estuarios y esteros.	M/S	150	400
<i>Cyclopsetta querna</i>	En fondos blandos, también cercana a áreas de manglares.	M/S	120 a 235	390
<i>Etropus crossotus</i>	En fondos arenosos y fangosos. Común en estuarios.	M/S	50 a 145	220
<i>Paralichthys aestuarius</i>	En fondos suaves, incluyendo estuarios.	M/S	212	580
<i>Syacium maculiferum</i>	En fondos arenosos.	M	142	240
<i>Syacium ovale</i>	En fondos planos de arena.	M	75 a 145	250
FAMILIA ACHIRIDAE				
<i>Achirus mazatlanus</i>	En fondos suave, en bahías, esteros y lagunas costeras; también entra en agua dulce.	M/S/A	65 a 185	230
<i>Achirus scutum</i>	En fondos suave, en bahías, esteros y lagunas costeras; también entra en agua dulce.	M/S/A	55	190
FAMILIA CYNOGLOSSIDAE				
<i>Symphurus chabanaudi</i>	Fondos de arena suaves o de lodo, en estuarios y manglares.	M/S/A	75 a 115	250
FAMILIA BALISTIDAE				
<i>Balistes polylepis</i>	En arrecifes rocosos, en áreas adyacentes de arena.	M	60 a 270	800
FAMILIA TETRAODONTIDAE				
<i>Sphoeroides annulatus</i>	En el fondo suave, también en estuarios.	M/S/A	70 a 335	440
<i>Sphoeroides lispus</i>	En bahías y sobre fondos arenosos.	M	130	352
<i>Sphoeroides lobatus</i>	En áreas costeras, arenosas, bahías y estuarios.	M/S	137	300



**Anexo B.** Atributos ecológicos de la comunidad de peces, tales como: (A) Posición en columna de agua, (B) Profundidad en metros, (C) Gremio de alimentación: Inver= Invertívoros, Ictio= Ictio-invertívoros, Piscí= Piscívoros, Plac= Plactívoros, Omnv= Omnívoros, (D) Nivel trófico S.E., Resiliencia, Vulnerabilidad de la comunidad de peces en Navachiste y el estatus de protección (IUCN): NE= No Evaluado, DD= Datos Insuficientes, LC= Preocupación Menor, NT= Casi Amenazados y EN= En Peligro; (CITES) II= Apéndice II, NE= No Evaluado.

Especie	A	B	C	D	Resiliencia	Vulnerabilidad	IUCN	CITES
<i>Sphyrna lewini</i>	Pelágica	120	Piscí.	4.1	Muy baja	Muy alto	EN	II
<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	Demersal	31-50	Inver.	3.6	Baja	Moderado	DD	NE
<i>Urolophus halleri</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.2	Baja	Alto	LC	NE
<i>Urotrygon chilensis</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.6	Baja	Bajo	DD	NE
<i>Albula gilberti</i>	Demersal	0-30	Ictio.	3.2	Alta	Bajo	NE	NE
<i>Albula pacifica</i>	Demersal	0-30	Ictio.	3.3	Media	Moderado	NE	NE
<i>Albula esuncula</i>	Demersal	0-30	Inver.	3.3	Alta	Bajo	NT	NE
<i>Gymnothorax equatorialis</i>	Demersal	120	Ictio.	4.0	Baja	Moderado	LC	NE
<i>Ophichthus zophochir</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.9	Media	Moderado	LC	NE
<i>Cynoponticus coniceps</i>	Demersal	51-120	Ictio.	4.0	Baja	Alto	DD	NE
<i>Anchoa ischana</i>	Pelágica	31-50	Planc.	3.4	Alta	Muy bajo	LC	NE
<i>Anchoa lucida</i>	Pelágica	51-120	Planc.	3.5	Alta	Muy bajo	LC	NE
<i>Anchoa macrolepidota</i>	Pelágica	31-50	Planc.	2.7	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	Pelágica	31-50	Planc.	2.5	Alta	Muy bajo	LC	NE
<i>Lile stolifera</i>	Pelágica	31-50	Planc.	3.5	Alta	Muy bajo	LC	NE
<i>Opisthonema libertate</i>	Pelágica	51-120	Planc.	2.9	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Ariopsis guatemalensis</i>	Demersal	0-30	Inver.	3.6	Muy baja	Alto	LC	NE
<i>Ariopsis seemanni</i>	Demersal	0-30	Ictio.	3.6	Media	Bajo	LC	NE
<i>Bagre panamensis</i>	Demersal	120	Piscí.	4.0	Media	Moderado	LC	NE
<i>Bagre pinnimaculatus</i>	Demersal	0-30	Piscí.	4.5	Muy baja	Alto	LC	NE
<i>Occidentarius platypogon</i>	Demersal	51-120	Inver.	3.7	Media	Moderado	LC	NE
<i>Synodus scituliceps</i>	Demersal	120	Piscí.	4.2	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Mugil cephalus</i>	Demerso-pelágicas	120	Planc.	2.5	Media	Moderado	LC	NE
<i>Colpichthys regis</i>	Pelágica	0-30	Inver.	2.9	Alta	Bajo	NT	NE
<i>Nematistius pectoralis</i>	Demersal	0-30	Piscí.	4.5	Muy baja	Muy alto	NE	NE
<i>Caranx caninus</i>	Pelágica	51-120	Ictio.	3.9	Baja	Moderado	LC	NE
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	Demerso-pelágicas	51-120	Planc.	2.5	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Hemicaranx leucurus</i>	Demerso-pelágicas	0-30	Ictio.	3.8	Media	Bajo	LC	NE
<i>Hemicaranx zelotes</i>	Demerso-pelágicas	0-30	Ictio.	3.7	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Oligoplites altus</i>	Demerso-pelágicas	0-30	Piscí.	4.1	Media	Moderado	LC	NE
<i>Oligoplites refulgens</i>	Demersal	0-30	Piscí.	4.2	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Oligoplites saurus</i>	Pelágica	31-50	Piscí.	4.3	Alta	Bajo	NE	NE

Especie	A	B	C	D	Resiliencia	Vulnerabilidad	IUCN	CITES
<i>Selene brevoortii</i>	Demerso-pelágicas	31-50	Ictio.	3.8	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Selene peruviana</i>	Demerso-pelágicas	51-120	Piscí.	4.3	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Trachinotus kennedyi</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.8	Media	Moderado	LC	NE
<i>Trachinotus paitensis</i>	Demerso-pelágicas	0-30	Ictio.	3.7	Media	Bajo	LC	NE
<i>Sphyraena ensis</i>	Pelágica	0-30	Ictio.	4.0	Baja	Alto	LC	NE
<i>Scomberomorus sierra</i>	Pelágica	0-30	Piscí.	4.5	Media	Bajo	LC	NE
<i>Peprilus medius</i>	Demerso-pelágicas	31-50	Ictio.	4.0	Alta	Muy bajo	LC	NE
<i>Centropomus robalito</i>	Pelágica	0-30	Ictio.	3.8	Alta	Muy bajo	LC	NE
<i>Diapterus brevirostris</i>	Demersal	0-30	Inver.	3.0	Media	Bajo	NE	NE
<i>Eucinostomus currani</i>	Demersal	0-30	Inver.	3.3	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Eucinostomus dowii</i>	Demersal	0-30	Inver.	3.2	Alta	Muy bajo	LC	NE
<i>Eucinostomus entomelas</i>	Demersal	51-120	Inver.	3.3	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Eucinostomus gracilis</i>	Demersal	0-30	Inver.	3.1	Alta	Muy bajo	LC	NE
<i>Eugerres lineatus</i>	Demerso-pelágicas	0-30	Inver.	3.4	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Gerres simillimus</i>	Demersal	0-30	Inver.	3.4	Media	Bajo	LC	NE
<i>Pseudupeneus grandisquamis</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.4	Alta	Alto	LC	NE
<i>Diplectrum macropoma</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.5	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Diplectrum pacificum</i>	Demersal	51-120	Ictio.	4.0	Media	Bajo	LC	NE
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	Demersal	51-120	Ictio.	4.2	Media	Bajo	LC	NE
<i>Haemulon maculicauda</i>	Demersal	31-50	Inver.	4.2	Baja	Moderado	LC	NE
<i>Haemulon scudderii</i>	Demersal	0-30	Inver.	4.2	Media	Bajo	LC	NE
<i>Haemulon steindachneri</i>	Demersal	51-120	Inver.	3.7	Media	Bajo	LC	NE
<i>Haemulopsis elongatus</i>	Demersal	51-120	Inver.	3.4	Media	Bajo	LC	NE
<i>Haemulopsis leuciscus</i>	Demersal	51-120	Inver.	3.2	Media	Bajo	LC	NE
<i>Haemulopsis nitidus</i>	Demersal	31-50	Inver.	3.4	Media	Bajo	LC	NE
<i>Orthopristis reddingi</i>	Demersal	31-50	Inver.	3.5	Baja	Moderado	LC	NE
<i>Pomadasys macracanthus</i>	Demerso-pelágicas	0-30	Inver.	3.5	Media	Bajo	LC	NE
<i>Pomadasys panamensis</i>	Demersal	51-120	Inver.	3.8	Media	Bajo	LC	NE
<i>Hoplopagrus guentherii</i>	Demersal	31-50	Ictio.	3.8	Baja	Moderado	LC	NE
<i>Lutjanus argentiventris</i>	Demersal	51-120	Piscí.	4.00	Baja	Moderado	LC	NE
<i>Lutjanus guttatus</i>	Demersal	51-120	Piscí.	4.00	Media	Bajo	LC	NE
<i>Polydactylus opercularis</i>	Demersal	31-50	Ictio.	3.3	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Scorpaena sonorae</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.6	Media	Bajo	LC	NE
<i>Prionotus birostratus</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.5	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Prionotus ruscarius</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.7	Media	Bajo	LC	NE
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	Demersal	31-50	Omnív	3.3	Media	Moderado	LC	NE
<i>Bairdiella icistia</i>	Demersal	0-30	Ictio.	3.9	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Cynoscion nannus</i>	Demerso-pelágicas	120	Inver.	4.0	Alta	Bajo	LC	NE

<b>Especie</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>Resiliencia</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>IUCN</b>	<b>CITES</b>
<i>Cynoscion reticulatus</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.9	Media	Moderado	LC	NE
<i>Cynoscion stolzmanni</i>	Demersal	0-30	Inver.	4.1	Media	Moderado	LC	NE
<i>Larimus acclivis</i>	Pelágica	51-120	Planc.	3.1	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Menticirrhus panamensis</i>	Demerso-pelágicas	0-30	Inver.	3.4	Media	Moderado	LC	NE
<i>Menticirrhus nasus</i>	Demersal	0-30	Inver.	3.4	Media	Bajo	LC	NE
<i>Micropogonias ectenes</i>	Demersal	31-50	Inver.	3.4	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Paralonchurus rathbuni</i>	Demerso-pelágicas	0-30	Inver.	3.3	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Umbrina xanti</i>	Demersal	31-50	Inver.	3.7	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Citharichthys gilberti</i>	Demersal	31-50	Piscí.	4.1	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Citharichthys platophrys</i>	Demersal	120	Ictio.	3.5	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Cyclosetta panamensis</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.6	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Cyclosetta querna</i>	Demersal	0-30	Ictio.	4.00	Media	Bajo	LC	NE
<i>Etropus crossotus</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.5	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Paralichthys aestivalis</i>	Demersal	31-50	Ictio.	4.2	Media	Moderado	DD	NE
<i>Syacium maculiferum</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.3	Alta	Bajo	DD	NE
<i>Syacium ovale</i>	Demersal	51-120	Ictio.	4.0	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Achirus mazatlanus</i>	Demersal	51-120	Ictio.	3.2	Alta	Muy bajo	LC	NE
<i>Achirus scutum</i>	Demersal	31-50	Ictio.	3.3	Media	Bajo	LC	NE
<i>Symphurus chabanaudi</i>	Demersal	51-120	Inver.	3.4	Media	Bajo	LC	NE
<i>Balistes polylepis</i>	Demersal	51-120	Inver.	3.3	Baja	Moderado	LC	NE
<i>Sphoeroides annulatus</i>	Demersal	51-120	Inver.	3.1	Media	Bajo	LC	NE
<i>Sphoeroides lispus</i>	Demersal	0-30	Inver.	3.5	Alta	Bajo	LC	NE
<i>Sphoeroides lobatus</i>	Demersal	51-120	Inver.	3.5	Alta	Bajo	LC	NE