

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y

ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

Estructura y distribución espacio-temporal de la
ictiofauna en la laguna Mar Muerto, México.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

ALEJANDRO HERNÁNDEZ ESTRADA

Director

Dr. Miguel Ángel Peralta Meixueiro

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. UNICACH

Asesor

Dr. Gustavo Rivera Velázquez

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. UNICACH



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Marzo de 2023



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas;
 Fecha: 13 de marzo de 2023

C. Alejandro Hernández Estrada

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Biología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
Estructura y distribución espacio-temporal de la ictiofauna en la laguna Mar Muerto, México

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

- Dr. Wilfredo Antonio Matamoros Ortega
- Dr. Emilio Ismael Romero Bery
- Dr. Miguel Angel Peralta Meixueiro

Firmas:

Wilfredo A. Matamoros
E. Romero Bery
M. A. Peralta Meixueiro

Cop. Expediente

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Miguel Ángel Peralta Meixueiro por darme la oportunidad de participar en su proyecto de investigación y dirigir esta tesis, por dedicar el tiempo y paciencia, para guiarme y enseñar a realizar el trabajo de investigación de la mejor manera posible.

Al Doctor Gustavo Rivera Velázquez por aceptar ser asesor de esta tesis, proporcionar equipo, material y espacio de trabajo en el Laboratorio de Acuicultura y Evaluación Pesquera.

Al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por la financiación del proyecto de investigación y la beca otorgada para la realización de la tesis.

Al Técnico José Manuel Aguilar Ballinas del Laboratorio de Acuicultura y Evaluación Pesquera quien siempre mostró la mejor actitud, brindó apoyo al realizar las pruebas de análisis fisicoquímicos y siempre resolvía dudas o preguntas que teníamos.

A mi amigo y compañero de trabajo Luis Edson Monzón Hernández, con quien realizamos los muestreos de campo e identificación taxonómica de especies para nuestros respectivos proyectos.

A la familia Arréola Sánchez de la comunidad La Línea en el municipio de Arriaga, Chiapas, por habernos recibido y atendido durante los periodos de muestreo.

Al Doctor Oscar Farrera Sarmiento, quien me permitió realizar el servicio social en el Jardín Botánico Faustino Miranda, incentivando mi interés y desarrollo en el estudio de especies acuáticas.

A mis amigos de la licenciatura José Enrique Sanchez Onofre, Daniela Vázquez Hernández, Tania del Rocío Ruiz Estrada, Norma Janeth Jiménez Cerda, Pedro Antonio Vera Salinas, Cleomar Javier Zárate Pérez y Shadia Michelle López Espinosa, con quienes siempre puedo expresarme con libertad, los momentos en los que nos apoyamos durante los años de estudio y aquellos semestres de trabajo donde nos tuvimos que ver mas de lo que hubiéramos querido.

DEDICATORIAS

A MI MADRE

Martha Alicia Hernández Estrada, mi modelo a seguir, quien me enseñó con sus acciones la importancia de la dedicación, el esfuerzo, el respeto y la educación, por tu apoyo incondicional, cariño y sacrificios, gracias.

A MIS ABUELOS:

Miriam Estrada Cruz con quien siempre pude conversar y compartir temas de interés, por todo el tiempo que pasé con ella en su jardín durante mi niñez, siendo el primer contacto que tuve con la naturaleza.

y

Manuel Hernández Hernández, a quien considero mi figura paterna, por tratarme siempre con cariño y enseñarme a trabajar en parte de su oficio, así como a valorar y aceptar el conocimiento de distintas formas.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1. Sistemas lagunares costeros y factores abióticos.....	2
2.2. Distribución espacio-temporal en los sistemas lagunares.....	4
2.3. Ictiofauna, composición y estructura.....	5
2.4. Descripción morfológica del grupo.	6
III. ANTECEDENTES	11
IV. OBJETIVOS	16
V. ZONA DE ESTUDIO	17
VI. MÉTODOS	19
6.1. Composición	20
6.2. variables climáticas.....	20
6.3. Estructura de los ensamblajes	20
VII. RESULTADOS	24
7.1. Composición de especies.	24
7.2. Variables climáticas	28
7.3. Descriptores comunitarios	29
7.4. Formación de asociaciones	37
7.5. Clasificación de los subsistemas	41
7.5.1. Descriptores ecológicos por subsistema	43
7.5.2. Análisis de similitud entre los ensamblajes de peces.....	43
7.5.3. Prueba SIMPER de los ensamblajes de peces	46
7.6. Relación Ambiente – Descriptores ecológicos.....	54
7.7. Relación Ambiente – Ictiofauna	56
VIII.DISCUSIÓN.....	60
8.1. Composición	60

8.2. Variables ambientales, Descriptores comunitarios y formación de asociaciones	64
8.3. Clasificación de los subsistemas y descriptores ecológicos.....	67
8.4. Análisis de similitud entre ensamblajes de peces y su relación con el ambiente.....	68
IX. CONCLUSIONES.....	72
X. RECOMENDACIONES.....	74
XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES.....	75
ANEXOS	85
Anexo I.....	85
Anexo II.....	88
Anexo III.....	94
Anexo IV.	106
.....	106
Anexo V.	107

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Lista taxonómica de las especies registradas en el sistema lagunar Mar Muerto, México.....	24
Cuadro 2. Temperaturas y precipitaciones promedio de los de meses de muestreo.	29
Cuadro 3. Valores mensuales de riqueza, diversidad y equidad de especies de la ictiofauna en la Laguna Mar Muerto, México.....	29
Cuadro 4. Valores espaciales de riqueza, diversidad y equidad de especies de la ictiofauna en Laguna Mar Muerto, México.....	30
Cuadro 5. Especies presentes en la composición de los grupos temporales, “X” demostrando presencia y “0” ausencia	39
Cuadro 6. Especies presentes en la composición de los grupos espaciales, “X” demostrando presencia y “0” usencia.	40
Cuadro 7. Valores de riqueza, diversidad y equidad por subsistema de la ictiofauna de Laguna Mar Muerto, México.....	43
Cuadro 8. Prueba estadística de ANOSIM entre los diferentes ensamblajes de peces en Laguna Mar Muerto, México.....	44
Cuadro 9. Aporte de contribución, disimilitud y abundancia promedio de cada especie según la prueba estadística SIMPER por factor temporal.....	47
Cuadro 10. Aporte de contribución, disimilitud y abundancia promedio de cada especie según la prueba estadística SIMPER por factor especial	51
Cuadro 11. Resultados de la prueba de correlación de Spearman para los parámetros ambientales y descriptores ecológicos.....	55
Cuadro 12. Resultados del análisis de Correlación Canónica de la ictiofauna de la Laguna Mar Muerto, México.....	56
Cuadro 13. Especies de peces reportadas para Laguna Mar Muerto, México; agrupadas por especies en coincidencia, no encontradas y especies agregadas. ...	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Subsistemas hidrológicos presentes en la laguna del Mar Muerto.....	4
Figura 2. Descripción de estructuras externas de los peces óseos.....	7
Figura 3. Tipos de escamas y estructuras de las aletas de los peces.....	8
Figura 4. Tipos de bocas presentes en los peces..	8
Figura 5. Tipos de dientes en las mandíbulas..	9
Figura 6. Tipos de placas dentarias en el techo de la boca.....	9
Figura 7. Principales medidas utilizadas para determinar la longitud de los peces..	10
Figura 8. Laguna Mar Muerto, México.....	18
Figura 9. Laguna Mar Muerto, México.....	19
Figura 10. Gráfico de temperatura y precipitación promedio.....	28
Figura 11. Dominancia de especies ícticas por mes de muestreo.....	32
Figura 12. Dominancia de especies icticas espacialmente, estación uno a la seis ..	35
Figura 13. Dominancia de especies icticas espacialmente, estación siete a la doce	36
Figura 14. Dominancia de especies ícticas.....	37
Figura 15. Dendograma del análisis temporal con distancia de Bray-Curtis	38
Figura 16. Dendograma del análisis espacial con distancia de Bray-Curtis	38
Figura 17. Agrupación de estaciones por medio del análisis de discriminantes.....	42
Figura 18. Análisis multivariado MDS.....	45
Figura 19. Grafico del Análisis de Correlación Canónica mostrando los peces y los variables a las cuales están asociadas, se muestra la primer letra correspondiente al género, seguido de las tres letras iniciales acorde a la especie.....	58
Figura 20. Análisis de Correlación Canónica con los peces, variables asociadas y puntos de muestreo, siendo el S. Marino las estaciones naranjas, el S. Transición las estaciones verdes y el S. Eurihalino las estaciones violetas.....	59

RESUMEN

Se realizó un estudio en la laguna Mar Muerto, México, ubicada en el golfo de Tehuantepec entre los estados de Oaxaca y Chiapas, con 6 muestreos en el transcurso de diciembre del 2019 a junio del 2021; se caracterizaron 12 sitios de recolecta para lo cual se empleó una red de arrastre tipo chinchorro y una red de tiro manual tipo atarraya. Se recolectaron un total de 7 728 peces con una biomasa de 36.103 kg, una composición de 65 especies pertenecientes a 43 géneros, 31 familias y 19 órdenes. Se tiene una diversidad de 2.24 según el índice de Shannon-Wiener y una equidad de Pielou de 0.53. De acuerdo con el IVIR ocho especies representan el 69.70% de contribución, siendo la especie dominante *Diapterus peruvianus* aportando el 25.31%, *Gerres simillimus* con el 13.65% y *Anchovia macrolepidota* con el 7.80%. Las asociaciones temporales y espaciales se relacionaron mediante la presencia y abundancia de las especies, siendo más parecidos entre ellos los grupos de estaciones cercanos a la zona externa de la laguna diferenciándose de la zona interna, utilizando el análisis de discriminantes con los parámetros fisicoquímicos de temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad, ORP, conductividad con las observaciones de profundidad y transparencia; se caracterizaron tres áreas denominadas subsistemas (subsistema eurihalino, subsistema de transición y subsistema marino) al interior de la laguna. Las diferencias entre los ensamblajes de peces se dieron principalmente de manera espacial de acuerdo con el análisis ANOSIM con una significancia estadística de $p=0.0019$, no se presentaron diferencias entre los ensamblajes de peces de forma temporal ($p=0.9282$). El análisis SIMPER muestra que de forma temporal 5 especies aportan más del 60%, la especie con mayor aporte es *Diapterus peruvianus* con una contribución de 26.83 y una disimilitud de 23.59 en distancia de Bray-Curtis, seguido de *Gerres simillimus* con una contribución de 12.49% y disimilitud de 10.98, al aplicar la prueba SIMPER con factor espacial se tiene que 10 especies aportan poco más del 80%, siendo las especies con mayor porcentaje en contribución y disimilitud *Diapterus peruvianus* (contribución=27.28% y disimilitud=24.02%) y *Gerres simillimus* (contribución=12.41 y disimilitud=10.92%). Con base a la correlación de Spearman se obtuvo que de las 8 variables fisicoquímicas sólo el pH tuvo un valor de $p < 0.05$ en su correlación con un descriptor ecológico,

siendo estos la abundancia y la biomasa. El Análisis de Correlación Canónica muestra que el primer eje de ordenación explica el 26.8% de la variabilidad, la variable que presentó la mayor correlación de manera positiva con el eje uno fue el oxígeno (0.56%) y de forma negativa la profundidad (-0.32%).

Palabras clave: diversidad, equidad, composición de especies, riqueza, costa Oaxaca-Chiapas.

ABSTRACT

A study was conducted in the laguna Mar Muerto, México, located in the Gulf of Tehuantepec between the states of Oaxaca and Chiapas, with 6 samplings during from December 2019 to June 2021; There were 12 collection sites, for which a seine-type trawl net and a cast-cast net were used. A total of 7,728 fish with a biomass of 36.103 kg, a composition of 65 species belonging to 43 genera, 31 families and 19 orders, were collected. There is a diversity of 2.24 according to the Shannon-Wiener index and a Pielou equity of 0.53. According to the IVIR eight species represent 69.70% of the contribution, the dominant species being *Diapterus peruvianus* contributing 25.31%, *Gerres simillimus* with the 13.65% and *Anchovia macrolepidota* with 7.80%. The temporal and spatial associations were related by the presence and abundance of the species, being more similar among them the groups of stations close to the external zone of the lagoon, differentiating from the internal zone, using the analysis of discriminants with the physicochemical parameters of temperature, pH, dissolved oxygen, salinity, conductivity, ORP, and depth and transparency observations; Three areas called subsystems (euryhaline subsystem, transition subsystem and marine subsystem) within the lagoon were characterized. The differences between the fish assemblies occurred mainly spatially according to the ANOSIM analysis with a statistical significance of $p=0.0019$, there were no differences between the fish assemblies in time ($p=0.9282$). The SIMPER analysis shows that temporarily five species contribute more than 60%, the species with the highest contribution is *Diapterus peruvianus* with a contribution of 26.83 and a dissimilarity of 23.59 in Bray-Curtis distance, followed by *Gerres simillimus* with a contribution of 12.49. % and dissimilarity of 10.98, when applying the SIMPER test with a special factor, 10 species contribute a little more than 80%, being the species with the highest percentage in contribution and dissimilarity *Diapterus peruvianus* (contribution=27.28% and dissimilarity=24.02%) and *Gerres simillimus* (contribution=12.41 and dissimilarity=10.92%). Based on Spearman's correlation, it was obtained that of the 8 physicochemical variables, only pH had a p value < 0.05 in its correlation with an ecological descriptor, these being abundance and biomass. The Canonical Correlation Analysis shows that the first ordination axis explains 26.8% of the variability, the

variable that presented the highest positive correlation with axis one was oxygen (0.56%) and depth negatively (-0.32 %).

Keywords: Diversity, equity, richness, species composition, Oaxaca-Chiapas coast.

I. INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras representan ecosistemas que constituyen hábitats de gran importancia, ya que presentan una serie de características ambientales fisicoquímicas y se destacan por su alta diversidad de especies que los ocupan debido a su heterogeneidad; muestran una estrecha relación con el mar, razón por la cual son áreas de gran productividad (Villarreal, 1994). Por esta razón los sistemas lagunares costeros constituyen áreas de provecho para muchos macro invertebrados y vertebrados que ocupan estos hábitats en temporadas de reproducción, crianza, alimentación y crecimiento (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988).

En el sur del Pacífico mexicano se localiza un gran número de sistemas lagunares-estuarinos, estos sistemas son aprovechados por las comunidades locales, principalmente en la pesca artesanal de camarón y representan una pieza de suma importancia dentro de la economía de la zona. El sistema lagunar Mar Muerto en la actualidad es un área con una alta explotación de sus recursos, más claramente de la ictiofauna por medio de la intensa actividad pesquera (Tapia-García *et al.*, 1998, Romero-Berny *et al.*, 2018).

La ictiofauna puede variar a lo largo del área de distribución dependiendo de las condiciones que presente su medio ambiente, ya que los cuerpos de agua como las lagunas costeras en los que habitan están relacionados íntimamente con los periodos temporales y estos períodos pueden representar cambios en las variables del cuerpo de agua, como lo son la temperatura la salinidad y transparencia (Díaz-Ruiz *et al.*, 2018).

El sistema lagunar Mar Muerto presenta áreas de contraste, por ejemplo, la salinidad varía de áreas que van desde lo oligohalino a hiperhalino, los cambios en la dinámica del cuerpo de agua presenta períodos estacionales estrechamente ligados al clima de la región (Tapia-García *et al.*, 2011), lo cual altera la estructura en la composición de la ictiofauna; sin embargo, no se han realizado estudios sobre este tema, por lo que el presente trabajo permitirá conocer la estructura y distribución de la ictiofauna como lo son los ensamblajes de peces en distintos periodos estacionales del sistema lagunar, siendo estos la temporada de lluvia y secas o estiajes, se

profundizará en los conocimientos sobre la composición y distribución, se describirá la ictiofauna en términos de diversidad y dominancia al igual que su relación con el ambiente.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas lagunares costeros y factores abióticos.

Los sistemas costeros presentan una serie de hábitats muy variados, dentro de estos se encuentran las lagunas costeras, las cuales se definen como una depresión en el área de la zona costera por debajo del nivel medio de las mareas, formando cuerpos de agua someros, semiabiertos y de volúmenes cambiantes que dependen de las condiciones hidrológicas locales, poseen una comunicación efímera o permanentemente con el mar y se encuentran separados del medio marino por algún tipo de barra, los cuerpos lagunares se encuentran bordeados por mangle en uno de sus lados, siendo esta la parte adyacente a la línea de costa en sistemas tropicales y subtropicales (Lankford, 1977; Álvarez-Guillen *et al*; 1985).

Los sistemas lagunares y estuarinos se clasifican en base a los procesos costeros, físicos o criterios geológicos, los cuales ayudan a comprender estos sistemas (Yáñez-Arancibia, 1987), también se clasifican en función a la concentración de salinidad en ppt (partes por mil), las clasificaciones son oligohalino (0.5-5), mesohalino (5-18), polihalino (18-30), mixoeuhalino (30-40), metahalina (40-80) e hiperhalina (>80), de acuerdo a Por (1972) siguiendo el sistema de Venecia (1959) donde se reconocen como aguas talásicas ya que su salinidad se deriva del océano.

Postma (1969) definió tres tipos básicos de sistemas estuarinos de acuerdo con su circulación: El sistema estuarino tiene aporte constante de agua dulce, por lo que el agua marina al ser mas densa penetra desde el fondo formando estratificación vertical mientras que el agua dulce circula superficialmente. El sistema anti estuarino se presenta cuando no existe aporte de agua dulce, junto con el factor de evaporación

aumenta la salinidad al interior del sistema, haciendo que el agua fluya por el fondo por el aumento de densidad mientras que el agua marina penetra por la superficie. El sistema neutro intercambia agua entre el mar adyacente y el cuerpo costero dado por el efecto de mareas.

La caracterización de los factores abióticos en los sistemas costeros, puede reflejar la conducta estacional que está relacionada a la dinámica climática de la localidad, las lagunas costeras pueden dividirse en subsistemas hidrológicos como es en el caso de Laguna Mar Muerto tiene amplias variaciones de temperatura de 21.5 °C llegando a los 38.5 °C y salinidad que varía de los 13 a los 90 ups. Durante la época de sequía-vientos “Tehuantepecanos” y en el inicio de la época de lluvia, la laguna se comporta como un sistema anti estuario y durante la época de lluvia el patrón observado es inverso al de la época de sequía; por tal motivo subsistema eurihalino (la parte más interna de la laguna) presenta alta turbidez y grandes variaciones de salinidad; mientras que el subsistema marino (el cual se mantiene en contacto directo con el mar mediante de la Boca de Tonalá) tiene la mayor profundidad con menor variación de salinidad y temperatura, y baja turbidez. Por su parte el subsistema de transición ubicado en la parte media de la laguna, representa una unidad de transición entre los subsistemas mencionados anteriormente. (Figura 1) (Tapia-García *et al.* 1998).

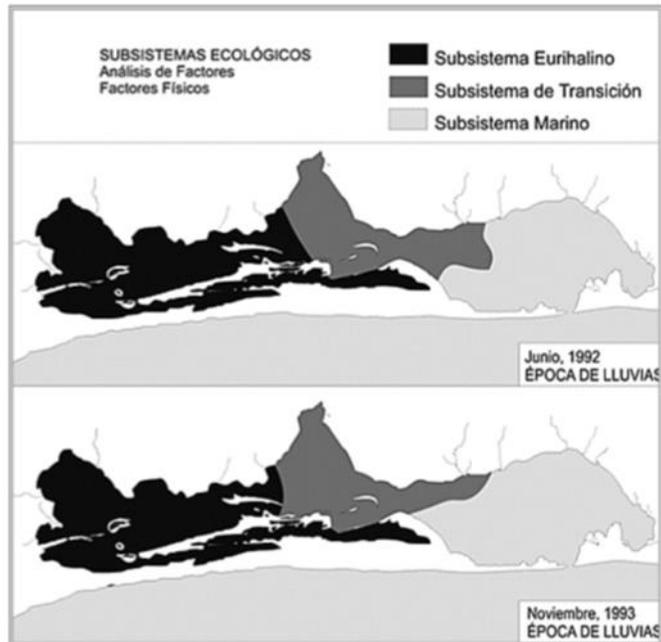


Figura 1. Subsistemas hidrológicos presentes en la laguna del Mar Muerto (Tapia-García *et al.* 1998)

2.2. Distribución espacio-temporal en los sistemas lagunares.

La distribución es un aspecto geográfico que se refiere al conjunto de localidades en las que es posible registrar la presencia de una especie (Grinnell, 1917, citado en Maciel-Mata *et al.*, 2015), la distribución incluye la dimensionalidad interna o espacial del área que hace referencia al modo en que los individuos tienden a distribuirse en localidades en que se registró su presencia como la historia evolutiva, ecológica y las necesidades fisiológicas de una especie (Maciel-Mata *et al.*, 2015) los patrones en que esta se registra pueden ser alterados dependiendo de la estacionalidad del sistema lagunar como la alta diversidad y la riqueza de peces presente en estas áreas estos son reflejo de un sistema ambiental dinámico donde las especies han desarrollado adaptaciones físico-biológicas a su ambiente, lo que permite a los individuos seleccionar los hábitat

que les ofrezcan la mejor combinación de alto crecimiento, reproducción y bajo riesgo de mortalidad (Vega-Cendejas y Hernández-de-Santillana, 2014).

La ictiofauna tiende a presentar cambios en sus patrones espaciales de distribución y uso del hábitat, la determinación de estos patrones espaciales a meso escala y su variación temporal es un aspecto fundamental para la gestión de la conservación biológica (Wootton, 1990), como se ha hecho referencia anteriormente, la dinámica climática de las regiones influye en el comportamiento del cuerpo de agua del sistema lagunar dando lugar a fluctuaciones temporales en la dinámica de la comunidad de peces modificando los valores de diversidad, abundancia y frecuencia de la ictiofauna (Díaz-Ruiz *et al.*, 2018).

2.3. Ictiofauna, composición y estructura.

Lagler (1984) define la ictiofauna como la fauna de peces de una región. En términos taxonómicos se refiere a la composición de especies (Álvarez-Guillen *et al.*, 1985).

El termino ensamblajes engloba cualquier grupo de organismos pertenecientes a varias especies distintas que concurren en el mismo hábitat o área (Lincoln *et al.*, 1995) en un espacio y tiempo definido. También se a definido el término ensamble haciendo referencia a un grupo filogenéticamente relacionado que explota un recurso similar dentro de una comunidad y ensamblaje se refiere al estudio de una parte de la comunidad seleccionada desde un punto de vista taxonómico (Fauth *et al.* 1996, citado en Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2016).

Los ensamblajes de peces presentan tres características principales:

La riqueza pudiéndose definir como el número de especies diferentes presentes en un determinado espacio y en un determinado período de tiempo (Melic, 1993).

La diversidad siendo el atributo ecológico que considera la variedad de especies, expresada en proporción de especies y la manera en que está distribuida la abundancia de cada una de ellas dentro de la comunidad (Odum, 1972).

La abundancia, medida de la cantidad total de organismos de un determinado sistema y que puede estar referida en unidades de volumen, peso o número para ser traducida como biomasa para la estimación cuantitativa de la masa total de los organismos que comprenden toda la comunidad, o parte de ella, o dentro de un área en un tiempo dado; se mide como volumen, masa (peso vivo, muerto o libre de cenizas), también podemos encontrar la abundancia relativa, relación porcentual de una especie o grupos de especies con respecto al tamaño total de la muestra, puede expresarse numéricamente y/o peso (Lincoln *et al.*, 1995).

Estos ensamblajes componen la estructura de la ictiofauna en el cual existen patrones de dominancia, refiriéndose a las especies o grupos de especies que controlan una gran parte del flujo de la energía disponible dentro del sistema; a estos se les designa como dominantes ecológicas (Odum, 1972) y equidad, siendo el parámetro ecológico que considera la manera en que está distribuida la abundancia de cada una de las especies dentro de una comunidad, la equidad máxima indica que todas las especies están representadas por un número similar de individuos, y la equidad mínima que sólo una especie es dominante y todas las demás se encuentran representadas escasamente (Lincoln *et al.*, 1995).

2.4. Descripción morfológica del grupo.

Los peces tienen múltiples formas y tamaños, lo que los convierte en los vertebrados más numerosos del planeta ocupando todos los hábitats acuáticos posibles con 27 977 especies a nivel mundial de las cuales 2 692 se encuentran en México (CONABIO, 2022) pueden vivir a elevaciones de más de 5 200 m sobre el nivel del mar y de la misma forma en las fosas oceánicas hasta 7 000 m de profundidad. Dentro de sus adaptaciones se encuentra un amplio espectro de tolerancia a los ambientes en algunas especies como tolerancia a salinidades superiores a 100, temperaturas de 39.42° C en verano, habitar en aguas del antártico a temperaturas de -4° C, o peces marinos que viven en fosas hidrotermales a temperaturas de 40 - 50° C, en contra parte a esto existen varias especies de peces que solo pueden soportar condiciones

específicas para vivir y son capaces de realizar migraciones para encontrar esas condiciones ideales (Espinosa-Pérez, 2014).

En su morfología se caracterizan por ser cordados acuáticos, que presentan apéndices en formas de aletas y respiración principalmente por medio de branquias, el cuerpo en muchas especies está cubierto de escamas, aunque pueden estar parcialmente cubiertos o no presentar las escamas, el cuerpo se puede fraccionar en cabeza, tronco y cola, la cabeza es la parte que ocupa desde la punta del hocico hasta el margen posterior del opérculo; el tronco abarca la parte posterior del opérculo hasta la abertura anal; mientras que la cola se encuentra desde el ano hasta el borde posterior de la aleta caudal (Figura 2) (Eschmeyer *et al.*, 2010; Anzueto-Calvo *et al.*, 2013).

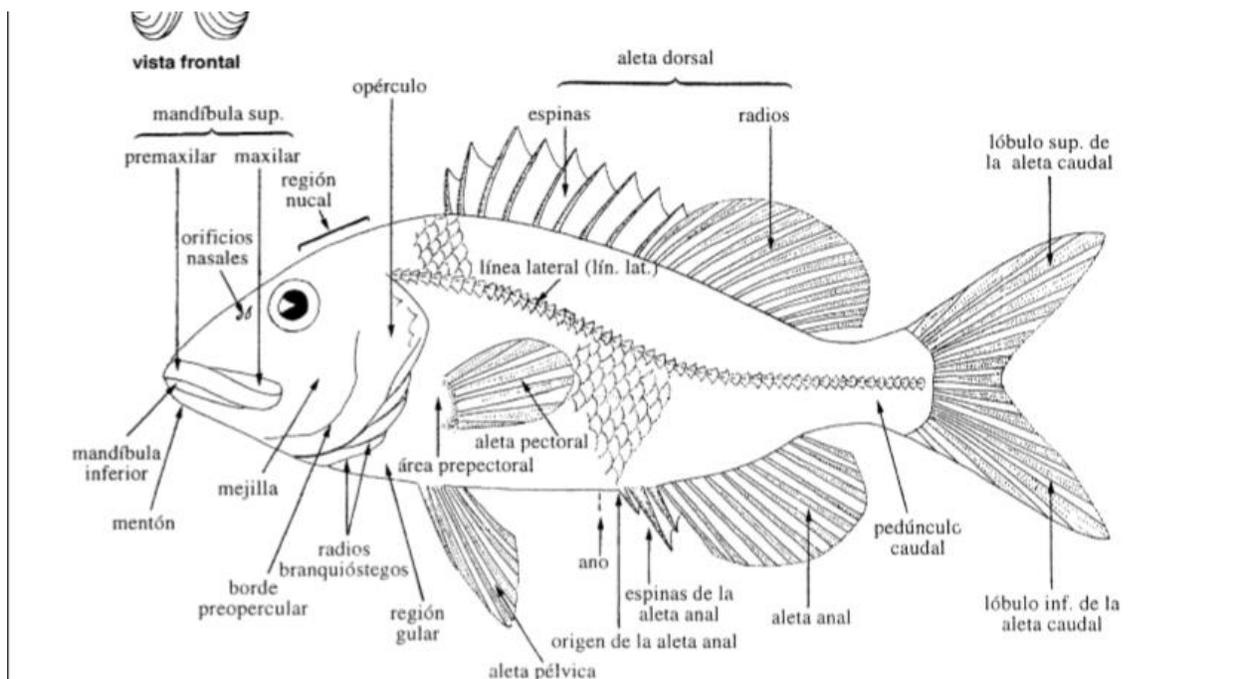


Figura 1. Descripción de estructuras externas de los peces óseos. Tomado de FAO, 1995

Un carácter distintivo en los peces es la línea lateral, su función es la de un órgano sensorial que se localiza a los costados del cuerpo de los peces que sirve para

detectar los movimientos y vibraciones en el agua, las escamas de los peces pueden ser simples de tipo cicloidea, ctenoidea, romboide (Espinosa-Pérez, 2014) y las aletas se componen de dos elementos principalmente, las espinas y los radios (Figura 3).

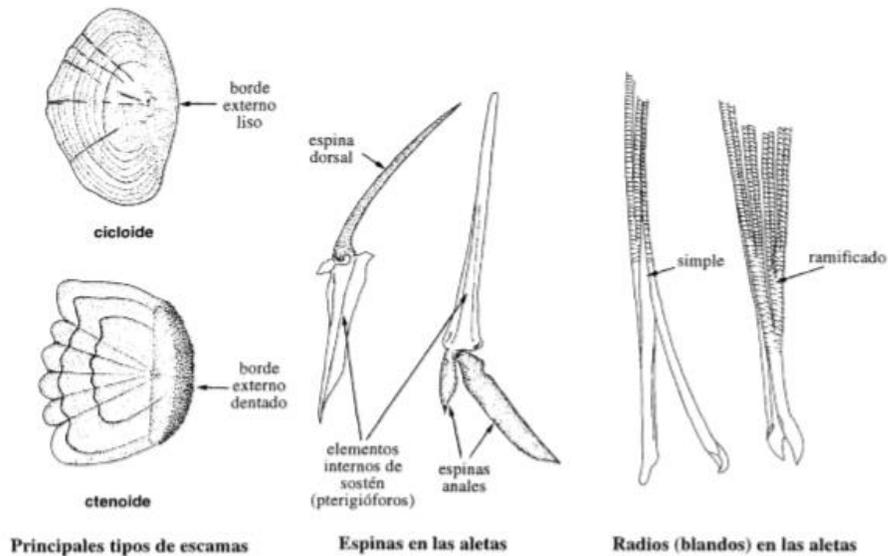


Figura 2. Tipos de escamas y estructuras de las aletas de los peces. Tomado de FAO, 1995.

La forma de los peces es muy variada, puede ser desde la típica perciforme, como los meros y mojarras, fusiforme como el atún, redonda, alargada como las anguilas, aplanada como los planos (Espinosa-Pérez, 2014), otra de las principales características para la identificación taxonómica de los peces aparte de la forma del cuerpo y escamas, es el tipo de boca presente (Figura 4), así como los tipos de dientes en las mandíbulas (Figura 5) y los tipos de placas dentarias en el techo de la boca (Figura 6).

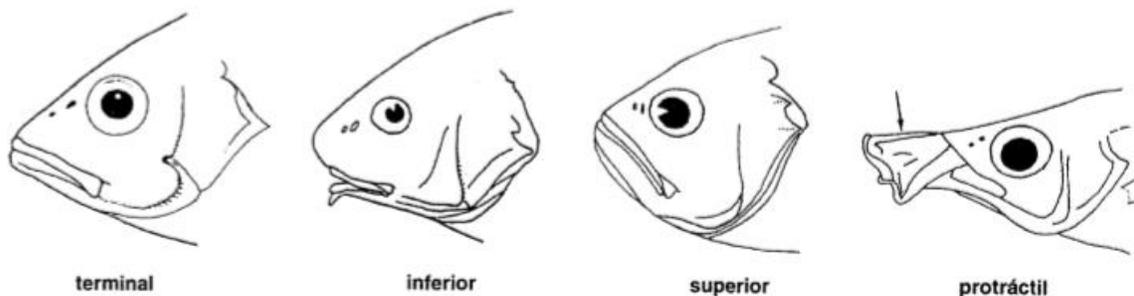


Figura 4. Tipos de bocas presentes en los peces. Tomado de FAO, 1995.

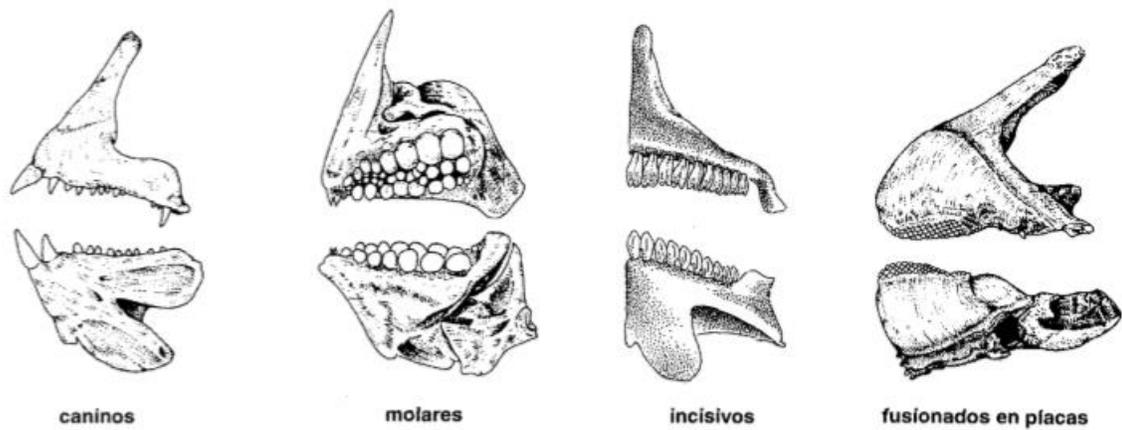


Figura 5. Tipos de dientes en las mandíbulas. Tomado de FAO, 1995.

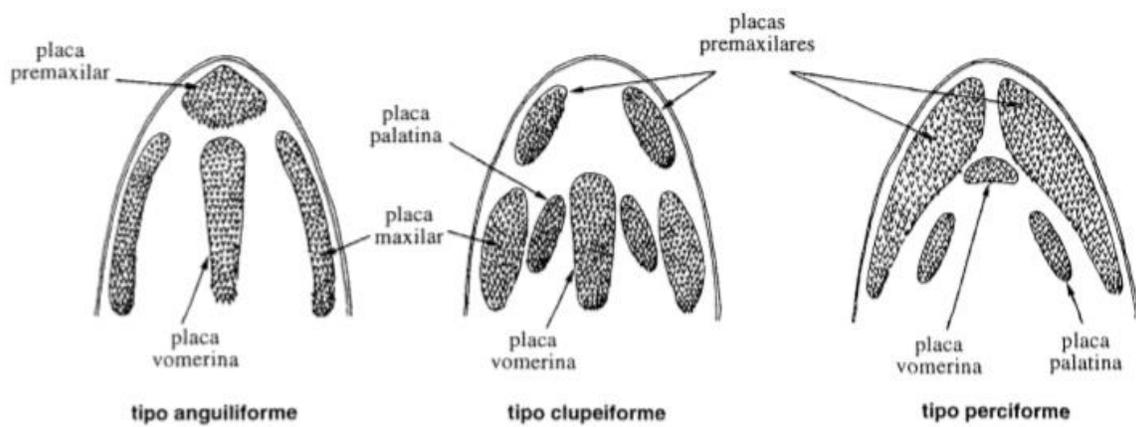


Figura 6. Tipos de placas dentarias en el techo de la boca. Tomado de FAO, 1995.

Las medidas de longitudes y diámetros (Figura 7) se emplean como estándares obtenidos por promedios para ser utilizados en la identificación taxonómica de diversas

especies, en algunos casos las longitudes son definitorias para identificar a la especie, mientras que en otros modelos o guías taxonómicas proporcionan rangos de medidas que se utilizan para clasificar a las especies.

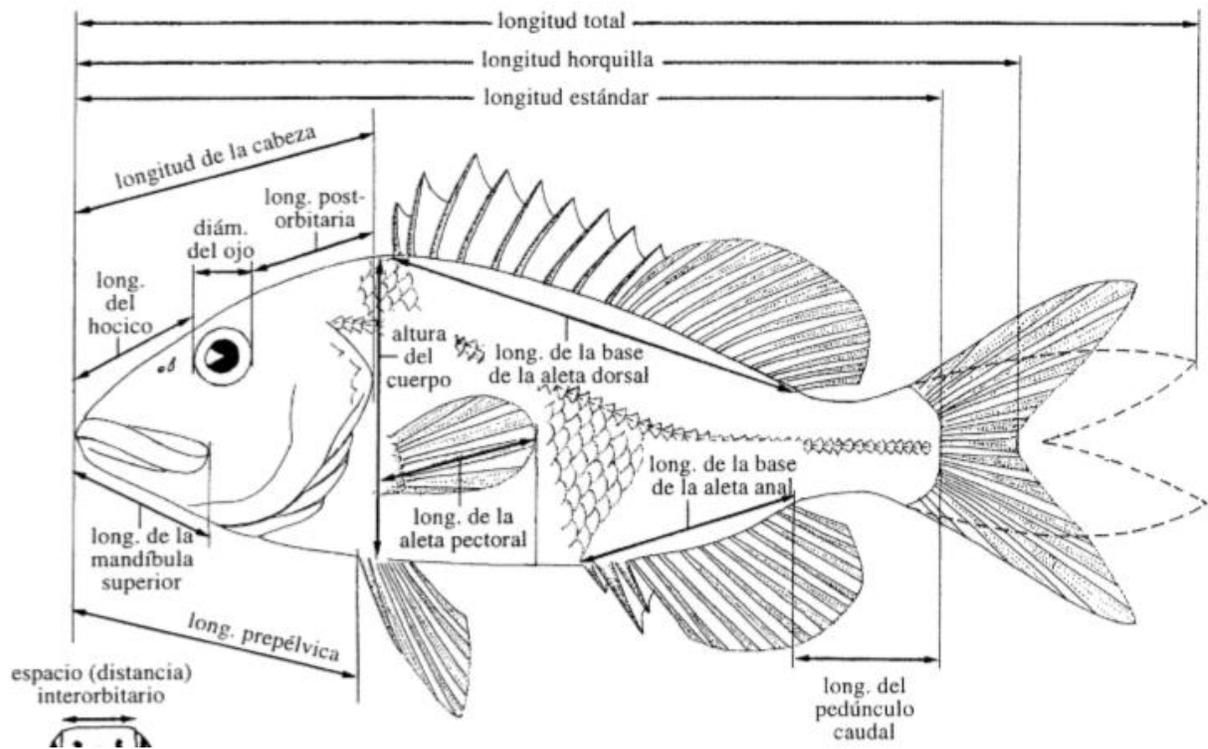


Figura 7. Principales medidas utilizadas para determinar la longitud de los peces. Tomado de FAO 1995.

III. ANTECEDENTES

Se ha comprobado que existe una relación entre las variables ambientales y la composición temporal de la dinámica del cuerpo de agua en los sistemas lagunares tropicales y subtropicales (Peralta-Meixueiro, 2006). Sin embargo, se han reportado estudios donde esto puede no tener relación en el comportamiento de la ictiofauna en cuanto a su distribución de acuerdo con Arango-Rojas *et al.* (2008) donde describen la asociación de peces de la laguna Cachimbero, Colombia, en distintos momentos pluviométricos. En dicha investigación fueron capturados un total de 2 073 individuos pertenecientes a 23 especies, realizaron los índices comunitarios de diversidad, equidad y dominancia; sin embargo, la biomasa no presentó valores significativos entre las comunidades de peces y las temporadas.

En otros estudios sobre la relación entre ambiente-ictiofauna se encuentra el trabajo de Rodríguez-Climent *et al.* (2013) donde evalúan la influencia de la alteración hidrológica en las comunidades de peces de tres lagunas costeras del Delta del Ebro en Cataluña, España. Encontraron que la salinidad es la variable principal que estructura la comunidad de peces en las lagunas, la dominancia de especies varió dependiendo del aporte de agua dulce, la especie dominante fue el gobio común (*Pomatoschistus microps*) cuando las lagunas alcanzan valores altos de salinidad, mientras que el pez mosquito oriental invasor (*Gambusia holbrooki*) dominó durante el período de mayores aportes de agua dulce, el trabajo de Garcia-Seoane *et al.* (2016) estudió el cambio gradual de salinidad con muestreos mensuales en tres años en las décadas de 1988, 1997 y 2012. El incremento de la salinidad afectó la estructura de las comunidades de peces, teniendo especies dulceacuícolas que solo se registraron en 1988 y la asociación de especies marinas al 2012.

En otros estudios donde se evalúan los cambios en las comunidades de peces con respecto al ambiente se encuentra el trabajo de Whitfield *et al.* (2017) donde examinaron la evolución del Holoceno de ocho lagos y lagunas costeros de Sudáfrica y la relación con los cambios en la composición de los peces durante ese período ya que la conectividad histórica y actual con los ambientes fluviales y marinos son los

principales determinantes de los conjuntos de peces actuales en estos sistemas, menciona que desde la perspectiva biogeográfica los lagos estudiados tienen menos especies nativas de agua dulce en comparación con los sistemas subtropicales.

Por otro lado, se han encontrado trabajos en México donde se demuestra que la variable ambiental-temporal están relacionados con el comportamiento en la distribución de la ictiofauna como el trabajo de Arceo-Carranza *et al.* (2010) donde describen la dinámica de la estructura de los ensamblajes de peces en un sistema lagunar de Celestún, Yucatán, al estudiar la composición y variación espacio-temporal, describen la salinidad como la variable más influyente en la distribución de la ictiofauna, dando una relación significativa en la densidad, biomasa y abundancia de los peces, registrando un total de 56 especies correspondientes a 26 familias.

De igual manera Rodríguez-Romero *et al.* (2011) determinan la estructura de peces relacionada a factores ambientales en una laguna costera con manglar denominada “Rancho Bueno” cerca de Bahía Magdalena, México. Identificaron 62 especies de peces de 48 géneros y 30 familias. En el estudio realizado encontraron como la temperatura del agua cambia de forma estacional, siendo más cálida de julio a diciembre y fría de enero a junio, la riqueza de especies de peces durante la época cálida fue mayor comparada con la época fría y el menor tamaño de los peces registrados confirma el papel ecológico de las lagunas costeras, consideradas como áreas de crianza que proporcionan protección y alimentación a los peces.

Sandoval-Huerta *et al.* (2014) analizaron la estructura de la comunidad de peces en cuatro estuarios del Pacífico mexicano central, capturaron un total de 2 014 individuos con un peso de 10 393.42 g, pertenecientes a 31 especies y 20 familias, la salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y transparencia mostraron diferencias significativas, esto debido a la influencia estacional de la precipitación. La composición y especies dominantes fueron diferentes en cada sitio y en cada temporada. Padilla-Serrato *et al.* (2016) encontró una composición de peces de 95 especies representadas por 16 órdenes, 38 familias y 67 géneros en la Laguna Las Guásimas, localizada en el sector central del Golfo de California, México. Observaron los cambios en la estructura de la comunidad de peces a lo largo del tiempo y como pudieron ser

inducidos por cambios ambientales, actividades antropogénicas como la pesca y/o la dinámica del ecosistema y como la laguna presenta alta importancia como área de crianza y protección de las especies.

En el trabajo de González-Sansón *et al.* (2016) se evaluaron las variaciones estacionales y espaciales de los ensambles de peces juveniles en un área cercana a la costa dentro de la laguna costera de Barra de Navidad, Jalisco, México. Encontraron diferencias significativas en la composición del ensamble de peces entre períodos de muestreo y entre temporadas, principalmente los cambios estacionales en la salinidad son la causa de los cambios encontrados en los conjuntos de peces a lo largo del año, mientras que las diferencias de otros parámetros como la granulometría de los sedimentos y los porcentajes de materia orgánica explican las diferencias entre los sitios de muestreo.

Padilla-Serrato *et al.* (2017) describen la estructura de la comunidad de peces y su relación con la variabilidad estacional y los parámetros de temperatura y salinidad. Indicaron que algunas de las especies dominantes son de afinidad cálida y otras de afinidad fría. Mientras que la riqueza y diversidad se incrementan durante temporadas frías, la biomasa y equidad aumentan en las temporadas de mayor salinidad; por su parte la abundancia es mayor durante las temporadas cálidas y los parámetros ecológicos presentaron variaciones estacionales debido a la misma influencia de los cambios en temperatura y salinidad.

De los estudios realizados en el área del Golfo de Tehuantepec y áreas cercanas (Oaxaca y Chiapas) se encuentra el de Castro-Aguirre (1982) donde estudia la relación ambiente-ictiofauna mediante el análisis de componentes principales (análisis multifactorial) para determinar el grado de influencia de los parámetros ambientales como la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto sobre la presencia o abundancia relativa de 9 especies de peces en dos pequeñas lagunas del estado de Oaxaca, México.

Tapia-García y Mendoza-Rodríguez (2005), ellos describen la composición y abundancia de la ictiofauna en las lagunas superiores e inferiores del Golfo de Tehuantepec donde se registraron 60 muestras correspondientes a 16 estaciones, se

cuantificaron 1 533 individuos pertenecientes a 23 familias, 35 géneros y 47 especies; las especies dominantes fueron *Lile stolifera*, *Diapterus peruvianus*, *Achirus zebrinus* y *Micropogonias altipinnis*; Díaz-Ruiz *et al.* (2006) evalúan la ecología en las comunidades de peces en dos sistemas lagunares estuarios del sur de Chiapas, México. La variación espacio temporal de la abundancia fue determinada por el patrón temporal de lluvias, así como la distribución, composición y frecuencia de las especies en las asociaciones de poblaciones de peces están relacionadas con las variaciones ambientales y biológicas de su hábitat.

Velázquez-Velázquez *et al.* (2008) relacionan las variables ambientales con la estructura espacio-temporal de los conjuntos de peces en el hábitat a lo largo de la laguna Carretas-Pereyra, ubicada en la Reserva de la Biósfera La Encrucijada, Chiapas, México. Registraron 11 797 individuos en 40 especies, en 30 géneros y 21 familias. El sistema lagunar presento variaciones temporales en la salinidad, también observaron cuatro regímenes diferentes: agua dulce, oligohalina, mesohalina y polihalina, las diferencias temporales mostraron sus valores más altos durante el período mesohalino y las abundancias medias fueron más altas durante el período de agua dulce. Encontraron que la distribución espacial y temporal de los conjuntos de peces está determinada por las diferencias en los regímenes de salinidad y transparencia, impulsadas principalmente por la contribución de agua dulce de los ríos.

En otros trabajos que documentan la composición taxonómica de peces se encuentran el trabajo de Gomez-González *et al.* (2012) donde realizan una lista sistemática de los peces con 153 especies en 2 clases, 20 órdenes, 52 familias y 107 géneros en la Reserva de la Biósfera La Encrucijada (REBIEN), la lista fue compuesta por muestreos entre el 2004 a 2009. Y el estudio realizado por González-Acosta *et al.* (2018), presentan una lista de verificación sistemática para los peces estuarinos marinos de Chiapas, México, incluyendo datos sobre la zoogeografía y su estado de conservación. En la lista se registran 379 especies, dos clases, 30 órdenes, 91 familias y 207 géneros.

Romero-Berny *et al.* (2020), evalúa la variación espacio-temporal de la estructura del ensamble de peces para tres hábitats: laguna, estuario, canal y

ensenada, en la Joya-Buenavista, México. Encontraron variaciones en la ictiofauna entre los hábitats, así como diferencias entre los tamaños de las especies lo que sugiere un uso de la laguna como vivero, aunque se detectaron diferencias estacionales en riqueza y composición, la evidencia que encontraron muestra que las asociaciones peces-hábitat para muchas especies fue notable independientemente de la estacionalidad, probablemente debido a un alto porcentaje de especies residentes durante el ciclo anual.

De los trabajos realizados en el sistema lagunar Mar Muerto sobre hidrología y composición de ictiofauna destacan el trabajo de Tapia-García *et al.* (1998), en el cual caracterizó la ictiofauna de la laguna del Mar Muerto, describiendo su composición y distribución, en dicho trabajo se recolectaron 27 971 ejemplares en 29 familias, 45 géneros y 66 especies, la menor cantidad de especies se presentó en la parte más interna de la laguna y el mayor número de especies se encontró en la parte sureste cerca de la boca de la laguna, las especies que presentaron una amplia distribución fueron *Diapterus peruvianus*, *Lile stolifera*, *Anchoa lucida*, *Anchoa mundeola*, *Mugil setosus*, *Atherinella guatemalensis* y *Anchoa macrolepilota*.

El trabajo de Tapia-García *et al.* (2011) describe los sistemas hídricos de la laguna Mar Muerto, México; utilizando la caracterización de los factores abióticos, las variaciones de la temperatura del agua fueron similares al comportamiento de la temperatura ambiente, en las que se incluyen los cambios en la salinidad y transparencia del agua dependiendo de las temporadas de seca y lluvia, por lo cual los parámetros abióticos de la laguna, demuestran que se presenta un comportamiento estacional asociado a la dinámica climática de la región.

Núñez-Orozco *et al.* (2013) quienes caracterizan la estructura de la ictiofauna con base en la composición y abundancia de la franja sublitoral adyacente al sistema lagunar Mar Muerto en el Golfo de Tehuantepec, México. Identificaron 62 especies clasificadas en 47 géneros y 24 familias. Las especies con mayor importancia relativa fueron *Cathorops fuerthii*, *Haemulopsis axillaris*, *Cathorops dasycephalus*, *Selene peruviana*, *Sciades platypogon*, *Parapsettus panamensis*, *Urotrygon chilensis*, *Chloroscombrus orqueta* y *Orthopristis chalceus*.

Romero-Berny *et al.* (2018) presentaron la lista de peces registrada en los sistemas lagunares-estuarinos Mar Muerto, La Joya-Buenvista y Los Patos-Solo Dios, al noroeste del Golfo de Tehuantepec, obteniendo un listado final de 2 clases, 19 órdenes, 52 familias, 87 géneros y 120 especies, de las cuales 89 especies se encuentran en el sistema Mar Muerto. Y Hernández-Roque *et al.* (2018) habla sobre la ictiofauna de descarte en la pesca artesanal de camarón, en específico de las especies *Litopenaeus vannamei* y *Litopenaeus stylirostris*.

IV. OBJETIVOS

4.1. General

Evaluar la estructura y distribución espacio temporal de la ictiofauna en la laguna Mar Muerto, México.

4.2 Objetivos particulares

- Determinar la riqueza y composición de peces de la laguna Mar Muerto, México.
- Describir la estructura de la ictiofauna en términos de diversidad y dominancia.
- Describir la distribución espacio-temporal de los ensamblajes de peces.
- Caracterizar hidrológicamente las tres zonas al interior de la laguna Mar Muerto, México.
- Analizar la relación entre las variables fisicoquímicas con la ictiofauna.

V. ZONA DE ESTUDIO

La laguna Mar Muerto se localiza en la franja costera del istmo de Tehuantepec en el Pacífico sur-oriental, en los estados de Oaxaca y Chiapas (Figura 8) en las coordenadas 16°18'a 15°55'N y 94°28' a 93°48'O (Mera-Ortiz *et al.*, 2016). Su extensión es de 68 310 ha, de las cuales 21 310 ha se ubican en Chiapas (Contreras, 1988; Castillo *et al.*, 2009). El cuerpo lagunar mantiene una conexión con el mar de forma permanente la cual se realiza mediante la Boca Tonalá, tiene profundidades variables de 2 a 7 m (Cervantes-Castro, 1969). Los principales afluentes corresponden a los ríos Cabrestrada, Guadalupe, Tapanatepec, Zanatenco, Novillero, Lagartero y Tiltepec. El clima presente en la zona es cálido con una precipitación media anual de 1 100 mm. La Llanura Costera del Golfo de Tehuantepec presenta dos estaciones bien definidas: una de lluvias de mayo a octubre y una de estiaje de noviembre a abril (García, 1973). En el área se encuentran cinco tipos de vegetación: selva baja caducifolia, matorrales espinosos, asociaciones de manglar (dominada por *Avicennia germinans*, además de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*), pastos halófilos de dunas costeras y la superficie se encuentra cubierta por vegetación introducida (Castillo *et al.*, 2009).

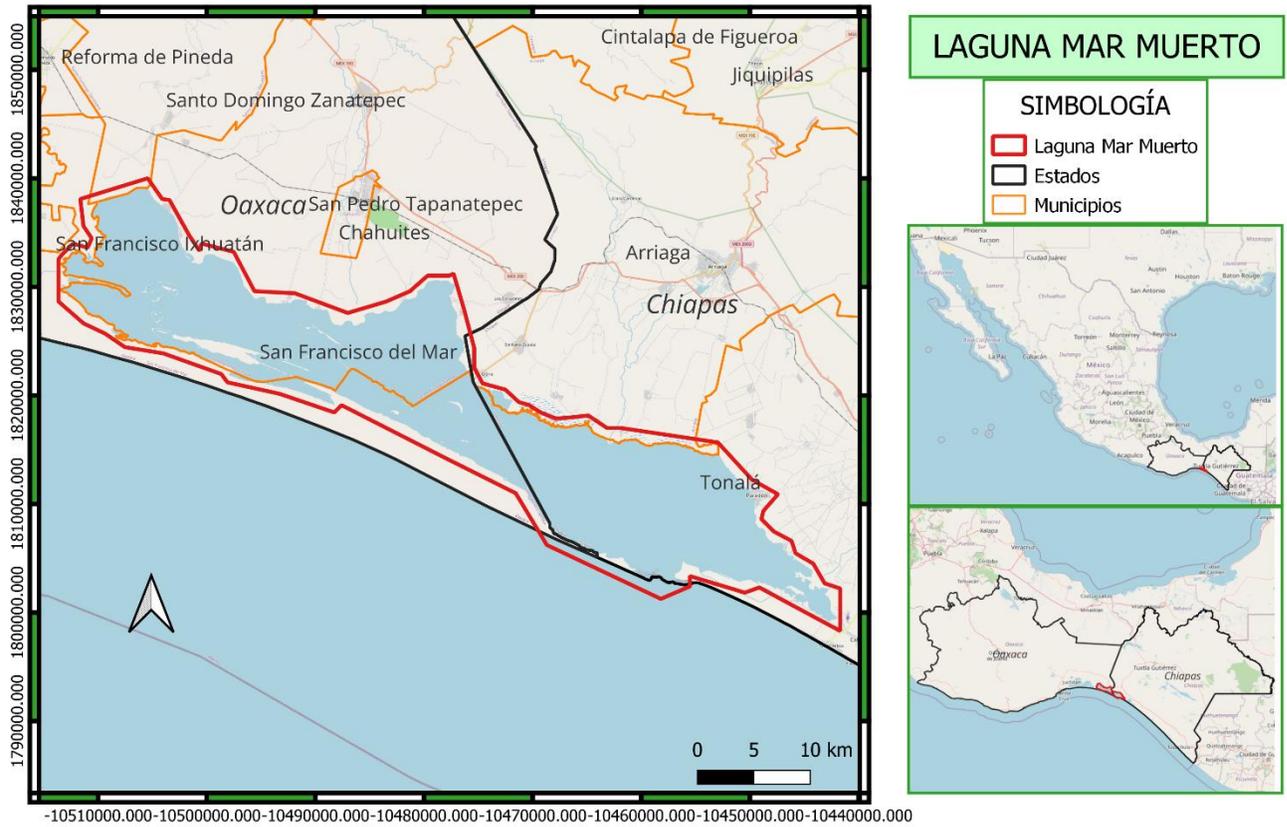


Figura 8. Laguna Mar Muerto, México.

VI. MÉTODOS

Se realizaron 6 muestreos entre los meses de diciembre 2019, febrero, octubre y diciembre de 2020, marzo y junio 2021, a lo largo de 12 sitios de recolecta (Figura 9) que fueron definidos posteriores a un muestreo de prospección en la laguna, abarcando la boca, la zona media e interna y considerando los meses de lluvias y secas. En cada sitio de muestreo se tomaron los datos de los parámetros hidrológicos (salinidad, pH, temperatura del agua, oxígeno disuelto, potencial de Óxido-Reducción, conductividad, transparencia y profundidad) empleando un equipo multiparámetro portátil (YSI Professional plus) y el disco de Secchi.

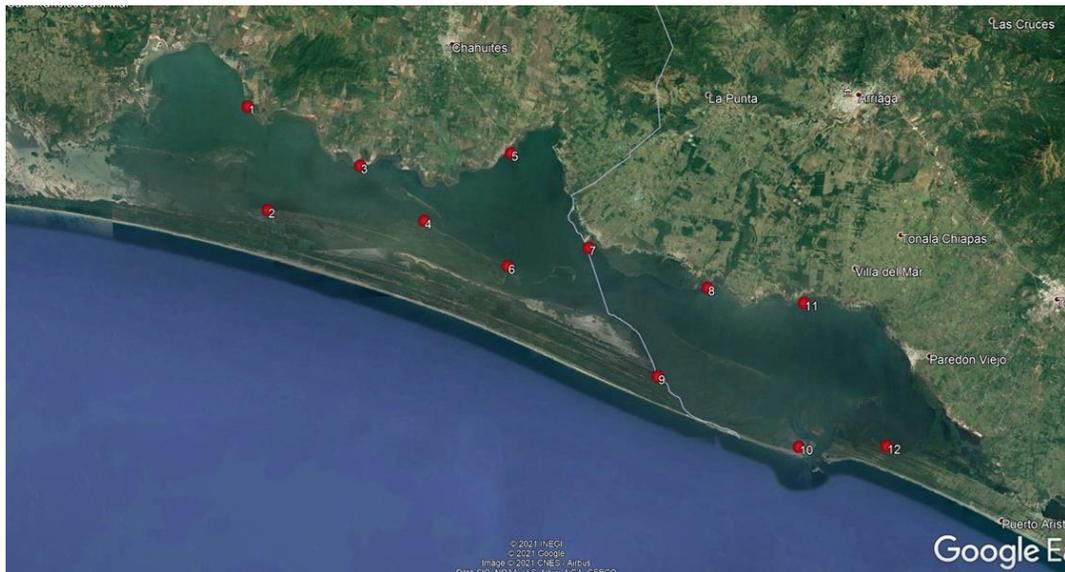


Figura 9. Laguna Mar Muerto, México. Fuente: Google Earth.

6.1. Composición

Para determinar la composición se emplearon dos artes de pesca: atarraya con longitud de 3 m, realizando seis lances por estación y una red tipo chinchorro playero con hilo alquitranado, de 15 m de longitud con 3 m de caída y luz de malla de una pulgada con copo al centro y un esfuerzo de dos arrastres por estación, estos se realizaron a lo largo del día. Los ejemplares recolectados se fijaron en formalina al 10%, etiquetados y transportados en bolsas de plástico dentro de cubetas de 19 lt.

La identificación taxonómica de los peces se realizó utilizando literatura básica y claves, para lo cual se emplearon los trabajos de Castro-Aguirre *et al.* (1999) y Miller *et al.* (2005), las diagnosis de referencia de Allen y Robertson (2015); así como, descripciones originales y revisiones sistemáticas recientes. El material identificado se depositó en los laboratorios del Instituto de Ciencias Biológicas de la UNICACH.

El arreglo del orden taxonómico de los peces se realizó de acuerdo a la clasificación de Nelson (2016) para los niveles de orden y familia; la ortografía y reconocimiento de autor y año se realizó con base a la revisión en línea de Fricke *et al.* (2022).

6.2. variables climáticas

La información meteorológica se obtuvo mediante una solicitud a CONAGUA (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA) de datos de temperatura y precipitación de las estaciones meteorológicas automáticas (EMA' s) cercanas a la Laguna Mar Muerto de los años 2019, 2020 y 2021 hasta el mes de junio.

6.3. Estructura de los ensamblajes

La riqueza se obtuvo al contabilizar el número de especies distintas que se registraron en cada uno de los sitios de recolecta en la zona de estudio. Para obtener los valores de diversidad de especies se utilizó el índice de Shannon-Wiener ($H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$),

el índice que fue obtenido mide el grado promedio de la incertidumbre al predecir a que especie pertenece un individuo seleccionado de una colección de S especies y N individuos, esto expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, asume que todos los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están presentes en la muestra (Ludwing y Reynolds 1988; Magurran, 1989; Krebs, 1998).

Para el cálculo de equidad se utilizó el índice de Pielou, este considera la relación entre la diversidad observada y la máxima posible en cada sitio de recolecta. La equidad también llamada equitatividad se refiere a la distribución de las abundancias relativas de las especies en una cierta área y presenta un valor de 0 refiriéndose a que no hay equidad, y el valor de 1 cuando las abundancias relativas son iguales.

$$J = \frac{H}{H_{max}}$$

Donde:

J = Equidad

H' = Diversidad de especies observada

H'_{max} = Diversidad de especies máxima

La dominancia se refiere a aquellas especies que por su abundancia relativa son las más abundantes dentro de la estructura de la comunidad; la dominancia se obtuvo mediante el cálculo del Índice de Valor de importancia relativa (IVIR) (Kurian, 1977, citado en Hernández-Cruz, 2016), esta es una medida de cuantificación, que le asigna a cada especie una categoría de importancia la cual se obtiene al realizar la suma de la frecuencia relativa (FR), Biomasa relativa (BR) y el Número de individuos relativo (NR), esta operación se divide en tres secciones como se muestra en la siguiente fórmula (Hernández-Cruz, 2016):

$$(IVIR = \frac{FR + BR + NR}{3})$$

Donde:

FR: es la frecuencia relativa (aparición por muestreo). Obteniéndose de la fórmula:

$$FR = \frac{\text{Frecuencia de aparición absoluta de cada especie}}{\text{Frecuencia de aparición total de las especies}} * 100$$

BR: es la biomasa relativa (peso). Obteniéndose de la fórmula:

$$BR = \frac{\text{Biomasa absoluta de cada especie}}{\text{Biomasa total de todas las especies}} * 100$$

NR: Es el número relativo (abundancia). Obteniéndose de la fórmula:

$$NR = \frac{\text{Abundancia absoluta de cada especie}}{\text{Abundancia total}} * 100$$

El coeficiente de asociación se realizó utilizando la matriz de abundancias, donde se empleó la matriz para construir dendogramas con distancia de Bray-Curtis, que reflejan la asociación entre especies y las áreas caracterizadas en la zona de estudio utilizando la técnica de agrupación jerárquica aglomerada.

Se aplicó la técnica de Análisis Discriminantes (AD) para determinar si hay subsistemas diferentes al interior de la laguna, ya que su uso es el adecuado al clasificar datos en dos o más grupos y para encontrar dos o más funciones de medición cuantitativa que discriminen entre los grupos conocidos, esto involucró la formación de combinaciones lineales de variables independientes las cuales son la base para la formación de grupos conocidos. Permitted describir algebraicamente las relaciones entre dos o más grupos haciendo que las diferencias entre ellas se maximicen o se hagan más evidentes. El AD se utiliza cuando la variable dependiente es categórica, en este caso el subsistema, los datos utilizados fueron los tomados en cada sitio de

muestreo (salinidad, pH, temperatura del agua, oxígeno disuelto, ORP, conductividad, transparencia y profundidad).

Se realizó un análisis multivariado de escala multidimensional (Multidimensional Scaling, MDS por sus siglas en inglés) con distancia de Bray-Curtis en dimensionalidad 2D y configuración de ejes en 1+2 para observar las distancias entre los conjuntos de ensamblajes de los subsistemas, seguido del análisis de similitud (ANOSIM, por sus siglas en inglés) entre los grupos de peces de cada hábitat (Clarke y Green, 1988) este análisis es análogo a un ANOVA.

La contribución de cada especie por mes o punto de muestreo se elaboró utilizando la prueba estadística de porcentajes de similitud (SIMPER), la cual determinó el porcentaje de contribución de cada especie para tipificar la similitud y disimilitud de especies entre grupo de muestra.

El análisis estadístico de los descriptores ecológicos, AD, MDS, ANOSIM, SIMPER se realizó en el programa Past.v.4.11 (Hammer *et al.* 2001).

El coeficiente de relación de Spearman se utilizó para determinar la asociación de cada variable a la distribución de peces observada (Zar, 1984), esta prueba permitió analizar individualmente la relación entre la abundancia, riqueza, diversidad y biomasa de especies y los parámetros ambientales, esta prueba se realizó en el programa Statgraphics Centurion, X. V. I. ya que a la vez que proporciona el valor de “r” se obtiene el valor de “p” indicando las correlaciones que son significativas entre ellas.

Finalmente se utilizó el programa de cómputo Past.v.4.11 (Hammer *et al.* 2001). para determinar la relación lineal entre los subsistemas, las variables registradas y ensamblajes de peces por medio del Análisis de Correlación Canónica (ACC), el cual permitió resumir o explicar la relación entre los grupos de variables al encontrar un pequeño número de combinaciones lineales para cada grupo con la más alta correlación entre sí, esto es una primera correlación canónica, un segundo grupo de variables canónicas se encuentra y produce el segundo coeficiente de relación, el proceso continúa hasta que el número de pares es igual al número de variables del grupo más pequeño del estudio.

VII. RESULTADOS

7.1. Composición de especies.

Se registraron 65 especies pertenecientes a 43 géneros, 31 familias y 19 órdenes.

Cuadro 1. Lista taxonómica de las especies registradas en el sistema lagunar Mar Muerto, México. Basado en el criterio de Nelson (2016).

- (1) Orden Myliobatiformes
 - (1) Familia Gymnuridae
 - (1) *Gymnura marmorata* (Cooper, 1864)
- (2) Orden Elopiformes
 - (2) Familia Elopidae
 - (2) *Elops affinis* (Regan, 1909)
- (3) Orden Albuliformes
 - (3) Familia Albulidae
 - (3) *Albula esuncula* (Garman, 1899)
- (4) Orden Clupeiformes
 - (4) Familia Pristigasteridae
 - (4) *Opisthopterus dovii* (Günther, 1868)
 - (5) Familia Engraulidae
 - (5) *Anchovia macrolepidota* (Kner, 1863)
 - (6) *Anchoa mundeola* (Gilbert & Pierson, 1898)
 - (7) *Anchoa ischana* (Jordan & Gilbert, 1882)
 - (8) *Anchoa curta* (Jordan & Gilbert, 1882)
 - (6) Familia Clupeidae
 - (9) *Lile gracilis* Castro-Aguirre & Vivero, 1990
 - (10) *Lile stolifera* (Jordan & Gilbert, 1882)
 - (11) *Opisthonema bulleri* (Regan, 1904)
- (5) Orden Siluriformes
 - (7) Familia Ariidae
 - (12) *Cathorops fuerthii* (Steindachner, 1876)

- (13) *Cathorops steindachneri* (Gilbert & Starks, 1904)
- (6) Orden Batrachoidiformes
 - (8) Familia Batrachoididae
 - (14) *Batrachoides waltersi* Collette & Russo, 1981
- (7) Orden Gobiiformes
 - (9) Familia Eleotridae
 - (15) *Gobiomorus maculatus* (Günther, 1859)
 - (16) *Gobionellus microdon* (Gilbert, 1892)
- (8) Orden Mugiliformes
 - (10) Familia Mugilidae
 - (17) *Mugil setosus* Gilbert, 1892
 - (18) *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758
- (9) Orden Cichliformes
 - (11) Familia Cichlidae
 - (19) *Astatheros macracanthus* (Günther, 1864)
- (10) Orden Atheriniformes
 - (12) Familia Atherinopsidae
 - (20) *Membras gilberti* (Jordan & Bollman, 1890)
 - (21) *Atherinella guatemalensis* (Günther, 1864)
- (11) Orden Beloniformes
 - (13) Familia Hemiramphidae
 - (22) *Hyporhamphus rosae* (Jordan & Gilbert, 1880)
 - (14) Familia Belonide
 - (23) *Tylosurus pacificus* (Steindachner, 1876)
 - (15) Familia Anablepidae
 - (24) *Anableps dowei* Gill, 1861
 - (16) Familia Poeciliidae
 - (25) *Poeciliopsis turrubarensis* (Meek, 1912)
 - (26) *Poeciliopsis pleurospilus* (Günther, 1866)
 - (27) *Poeciliopsis fasciata* (Meek, 1904)
 - (28) *Poecilia sphenops* Valenciennes, 1846

- (12) Orden Carangiformes
 - (17) Familia Nematistiidae
 - (29) *Nematistius pectoralis* Gill, 1862
 - (18) Familia Carangidae
 - (30) *Oligoplites altus* (Günther, 1868)
 - (31) *Oligoplites saurus* (Bloch & Schneider, 1801)
 - (32) *Oligoplites refulgens* Gilbert & Starks, 1904
 - (33) *Caranx caninus* Günther, 1867
 - (34) *Caranx vinctus* Jordan & Gilbert, 1882
 - (35) *Selene brevoortii* (Gill, 1863)
- (13) Orden Istiophoriformes
 - (19) Familia Sphyraenidae
 - (36) *Sphyraena ensis* Jordan & Gilbert, 1882
- (14) Orden Pleuronectiformes
 - (20) Familia Achiridae
 - (37) *Achirus mazatlanus* (Steindachner, 1869)
 - (38) *Achirus scutum* (Günther, 1862)
 - (21) Familia Paralichthyidae
 - (39) *Cyclopsetta querna* (Jordan & Bollman, 1890)
 - (40) *Cyclopsetta panamensis* (Steindachner, 1876)
 - (41) *Etropus crossotus* Jordan & Gilbert, 1882
- (15) Orden Syngnothiformes
 - (22) Familia Syngnathidae
 - (42) *Pseudophallus starksii* (Jordan & Culver, 1895)
- (16) Orden Perciformes
 - (23) Familia Centropomidae
 - (43) *Centropomus robalito* Jordan & Gilbert, 1882
 - (44) *Centropomus armatus* Gill, 1863
 - (45) *Centropomus viridis* Lockington, 1877
 - (46) *Centropomus nigrescens* Günther, 1864
 - (24) Familia Gerreidae

- (47) *Diapterus peruvianus* (Cuvier, 1830)
- (48) *Eucinostomus argenteus* Baird & Girard, 1855
- (49) *Eucinostomus currani* Zahuranec, 1980
- (50) *Eucinostomus gracilis* (Gill, 1862)
- (51) *Eugerres lineatus* (Humboldt, 1821)
- (52) *Gerres simillimus* Regan, 1907
- (25) Familia Haemulidae
 - (53) *Genyatremus pacifici* (Günther, 1864)
 - (54) *Rhencus macracanthus* (Günther, 1864)
 - (55) *Rhencus panamensis* (Steindachner, 1876)
 - (56) *Rhonciscus bayanus* (Jordan & Evermann, 1898)
 - (57) *Pomadasys branickii* (Steindachner, 1879)
 - (58) *Orthopristis chalceus* (Günther, 1864)
- (26) Familia Lutjanidae
 - (59) *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869)
 - (60) *Lutjanus colorado* Jordan & Gilbert, 1882
- (27) Familia Polynemidae
 - (61) *Polydactylus approximans* (Lay & Bennett, 1839)
- (17) Orden Moroniformes
 - (28) Familia Ehippidae
 - (62) *Chaetodipterus zonatus* (Girard, 1858)
- (18) Orden Acanthuriformes
 - (29) Familia Sciaenidae
 - (63) *Micropogonias altipinnis* (Günther, 1864)
- (19) Orden Tetraodontiformes
 - (30) Familia Tetraodontidae
 - (64) *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842)
 - (31) Familia Diodontidae
 - (65) *Diodon holocanthus* Linnaeus, 1758

7.2. Variables climáticas

De la información meteorológica proporcionada por CONAGUA (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA) se reconocieron los muestreos de diciembre-2019, febrero-2020, diciembre-2020 y marzo-2021 dentro de la temporada de secas y los muestreos de octubre-2020, y junio-2021 en temporada de lluvias (Figura 10), siendo octubre-2020 y junio-2021 los meses de muestreo con las temperaturas y precipitaciones más altas registradas con 31.85° C, 6.605 mm de precipitación y 32.95° C, 5.46 mm de precipitación respectivamente (Cuadro 2).

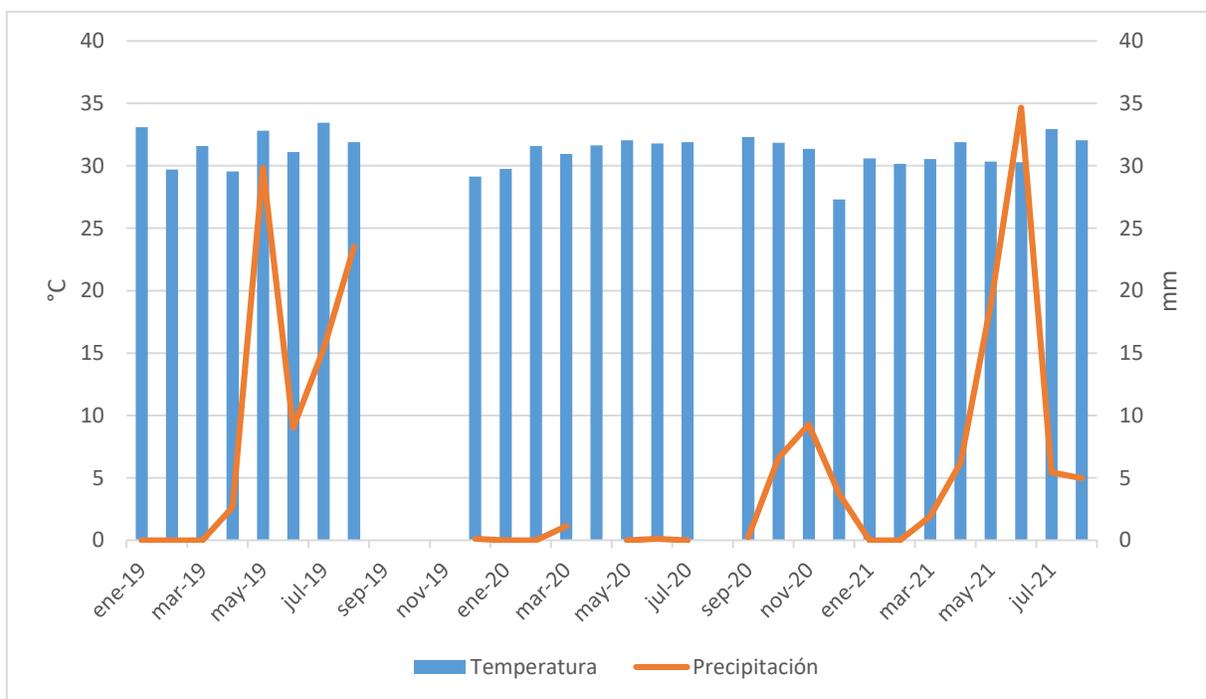


Figura 10. Gráfico de temperatura y precipitación promedio del periodo enero 2019-agosto 2021.

Cuadro 2. Temperaturas y precipitaciones promedio de los de meses de muestreo.

MES DE MUESTREO	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
DICIEMBRE-2019	29.15	0.12
FEBRERO-2020	31.6	0
OCTUBRE-2020	31.85	6.60
DICIEMBRE-2020	27.3	3.68
MARZO-2021	30.55	1.90
JULIO-2021	32.95	5.46

7.3. Descriptores comunitarios

De acuerdo al análisis temporal el mes de octubre-2020 presentó los mayores valores de riqueza (36 especies registradas), diversidad ($H= 2.59$ de acuerdo al índice de diversidad de Shannon-Wiener), y equidad (0.72 en equidad de Pielou), mientras que el mes de febrero-2020 registró el menor número de riqueza con 24 especies presentes; se observó durante el mes de diciembre-2020 el valor más bajo en diversidad de Shannon-Wiener con 1.55, mientras que el valor más bajo en equidad se presentó en el mes de diciembre-2019 con 0.51 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores mensuales de riqueza, diversidad y equidad de especies de la ictiofauna en la Laguna Mar Muerto, México.

MES DE MUESTREO	RIQUEZA	DIVERSIDAD	EQUIDAD
DICIEMBRE-2019	29	1.72	0.51
FEBRERO-2020	24	1.99	0.62
OCTUBRE-2020	36	2.59	0.72
DICIEMBRE-2020	29	1.55	0.46
MARZO-2021	32	1.95	0.56
JULIO-2021	26	1.82	0.55

El análisis espacial para la riqueza muestra a las estaciones 11 (35 especies), ocho (29 especies), y cuatro (26 especies) con la mayor riqueza de especies. En caso opuesto, en la estación 10 (14 especies) se registra la menor riqueza seguido de la estación uno, tres y 12 en las cuales se registraron 17 especies en total. Las estaciones más diversas de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener fueron la estación 11 (valor de 2.79), 9 (valor de 2.58) y la 12 (valor de 2.14), las menos diversas fueron la estación 8 (valor de 1.22), 1 (valor de 1.35) y la estación cuatro (valor de 1.35). En cuanto a la equidad ésta fue menor para la estación ocho con un valor de 0.3622, la estación cuatro con valor de 0.41 y la estación uno teniendo valor de 0.47, en contraste con la estación nueve que presentó el mayor valor de equidad con 0.80, seguido de las estaciones 11 (valor de 0.78) y 12 (valor de 0.75), (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores espaciales de riqueza, diversidad y equidad de especies de la ictiofauna en Laguna Mar Muerto, México.

ESTACIÓN	RIQUEZA	DIVERSIDAD	EQUIDAD
1	17	1.34	0.47
2	18	1.84	0.63
3	17	1.56	0.55
4	26	1.35	0.41
5	24	1.96	0.61
6	24	1.83	0.57
7	23	1.94	0.62
8	29	1.22	0.36
9	25	2.58	0.80
10	14	1.55	0.58
11	35	2.79	0.78
12	17	2.14	0.75

Según el Índice de Valor de Importancia Relativa (IVIR, expresando el grado de contribución en %) la especie dominante para el mes de diciembre-2019 es *Diapterus*

peruvianus aportando el 32.67%, seguido de *Gerres simillimus* con el 14.54% y *Oligoplites altus* con el 11.23%, *Mugil setosus*, *Elops affinis* y *lile gracilis* aportan más de un 4% cada uno; para el mes de febrero-2020 *Diapterus peruvianus* es la especie dominante representando el 27.97%, seguido de *Lile gracilis* con el 14.42%, *Eucinostomus currani* con el 9.87%, *Centropomus armatus* con el 8.33% y *Anchovia macrolepidota* con el 7.63 %; la especie dominante en el mes de octubre-2020 es *Mugil setosus* con el 18.29%, *Diapterus peruvianus* con el 11.75% , *Gerres simillimus* con el 7.84%, *Caranx caninus* con él 7.60% y *Eucinostomus currani* con el 6.81% (Figura 11).

El IVIR para el mes de diciembre-2020 muestra como las especies dominantes *Diapterus peruvianus* con el 32.96% y *Anchovia macrolepidota* con el 16.64%, siguen *Opisthonema bulleri* con el 10.61% y *Gerres simillimus* con el 9.49%; en el mes de marzo-2021 las especies dominantes fueron *Gerres simillimus* con el 26.44%, *Diapterus peruvianus* con el 19.92%, *Anchoa curta* con el 9.96%, *Oligoplites altus* y *Anchovia macrolepidota* aportan poco más del 4.89% cada una; la especie dominante en junio-2021 es *Lile gracilis* con el 24.43%, seguido de *Gerres simillimus* con el 16.66%, *Diapterus peruvianus* con el 10.67%, *Hyporhamphus rosae* con el 8.69% y *Oligoplites altus* con el 6.26% (Figura 10).

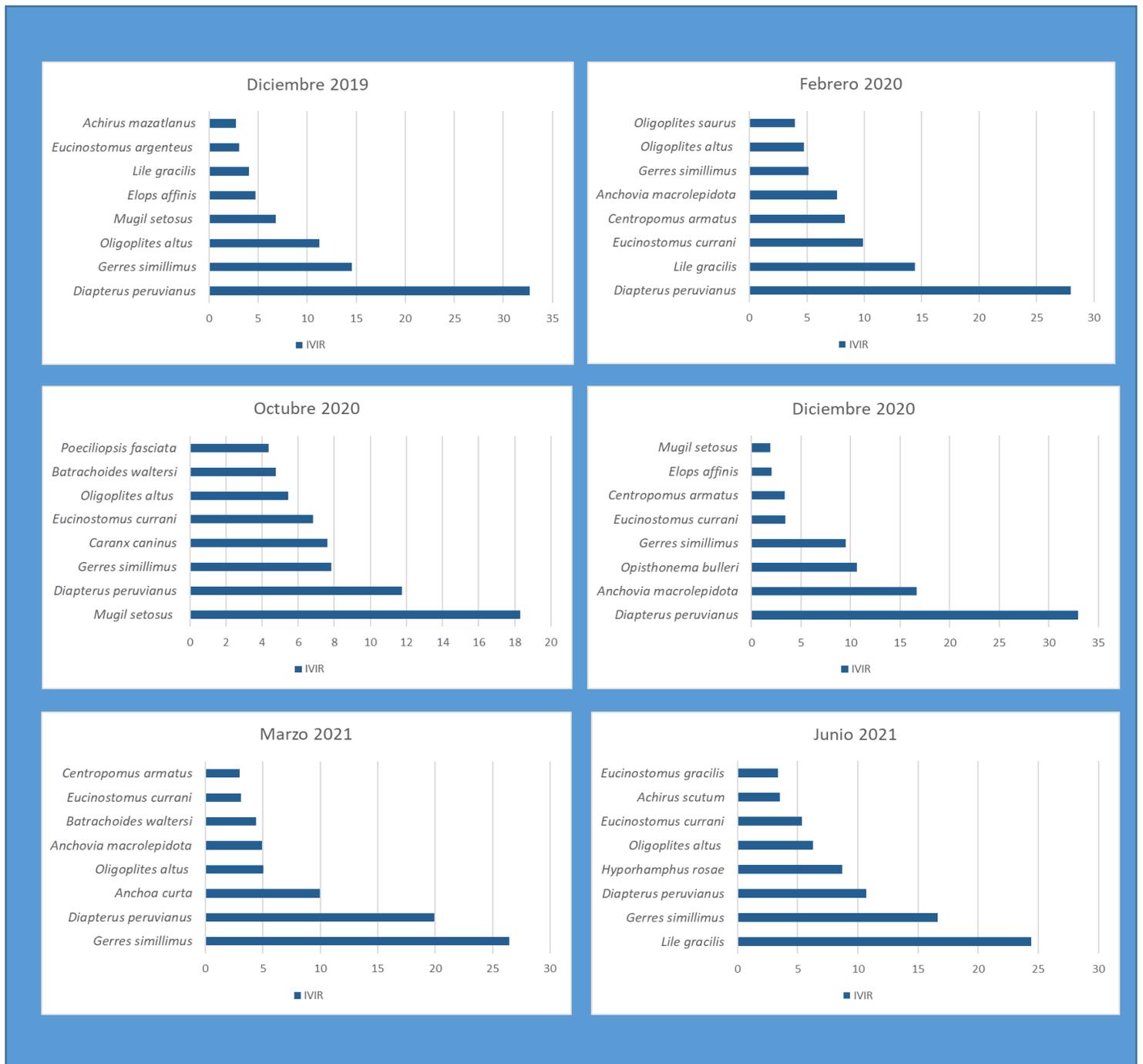


Figura 11. Dominancia de especies ícticas por mes de muestreo en Laguna Mar Muerto, México.

De acuerdo con la distribución espacial la dominancia de las principales especies ícticas con mayor contribución expresado en porcentaje según el IVIR (Figura 12 y Figura 13) se muestra de la siguiente forma:

Estación 1: *Diapterus peruvianus* (33.40%), *Anchovia macrolepidota* (23.94%), *Gerres simillimus* (9.02%), *Oligoplites altus* (7.68%), *Centropomus armatus* (4.74%), *Lile gracilis* (4.71%) *Oligoplites saurus* (2.76%) y *Mugil setosus* (2.23%).

Estación 2: *Diapterus peruvianus* (29.48%), *Gerres simillimus* (24.07%), *Oligoplites altus* (8.92%), *Lile garcilis* (8.48%), *Mugil setosus* (4.79%), *Eucinostomus currani* (4.22%), *Anchoa curta* (3.55%) y *Oligoplites saurus* (2.63%).

Estación 3: *Diapterus peruvianus* (37.45%), *Gerres simillimus* (12.28%), *Anchovia macrolepidota* (8.65%), *Lile gracilis* (8.48%), *Oligoplites altus* (6.95%), *Mugil setosus* (6.22%), *Oligoplites saurus* (3.52%) y *Elops affinis* (3.18%).

Estación 4: *Diapterus peruvianus* (38.83%), *Gerres simillimus* (16.91%), *Lile gracilis* (6.50%), *Oligoplites altus* (5.62%), *Mugil setosus* (4.98%), *Elops affinis* (3.61%), *Eucinostomus currani* (3.38%) y *Poeciliopsis fasciata* (2.49%).

Estación 5: *Diapterus peruvianus* (32.16%), *Gerres simillimus* (12.31%), *Anchoa curta* (8.77%), *Mugil setosus* (6.66%), *Oligoplites altus* (5.28%), *Lile gracilis* (4.64%), *Eucinostomus currani* (3.98%) y *Elops affinis* (3.81%).

Estación 6: *Diapterus peruvianus* (15.64%), *Anchoa curta* (14.55%), *Lile gracilis* (14.14%), *Gerres simillimus* (11.40%), *Oligoplites altus* (9.43%), *Mugil setosus* (3.74%), *Anchovia macrolepidota* (3.05%) y *Centropomus armatus* (2.77%).

Estación 7: *Gerres simillimus* (25.23%), *Diapterus peruvianus* (15.25%), *Mugil setosus* (12.02%), *Hyporhamphus rosae* (7.01%), *Lile gracilis* (5.12%), *Centropomus armatus* (4.67%), *Anchovia macrolepidota* (4.19%) y *Oligoplites altus* (3.16%).

Estación 8: *Opisthonema bulleri* (36.80%), *Diapterus peruvianus* (17.01%), *Gerres simillimus* (10.62%), *Anchovia macrolepidota* (3.21%), *Eucinostomus currani* (3.07%), *Caranx caninus* (2.44%), *Oligoplites altus* (2.26%) y *Mugil setosus* (1.87%).

Estación 9: *Gerres simillimus* (26.22%), *Mugil setosus* (10.52%), *Elops affinis* (8.56%), *Eucinostomus currani* (7.32%), *Diapterus peruvianus* (6.40%), *Oligoplites altus* (4.53%), *Lutjanus argentiventris* (3.95%) y *Oligoplites saurus* (3.20%).

Estación 10: *Eucinostomus currani* (27.22%), *Atherinella guatemalensis* (18.69%), *Gerres simillimus* (14.72%), *Mugil setosus* (5.98%), *Eucinostomus argenteus* (5.20%), *Lile gracilis* (5.07%), *Eucinostomus gracilis* (4.79%) y *Anchovia macrolepidota* (4.38%).

Estación 11: *Batrachoides waltersi* (16.16%), *Gerres simillimus* (10.54%), *Cathorops steindachneri* (7.91%), *Diapterus peruvianus* (7.49%), *Eucinostomus currani* (5.27%), *Opisthonema bulleri* (4.80%), *Rhencus panamensis* (4.80%) y *Anchovia macrolepidota* (3.21%).

Estación 12: *Centropomus armatus* (15.40%), *Anchovia macrolepidota* (12.48%), *Lile gracilis* (12.16%), *Diapterus peruvianus* (11.73%), *Oligoplites altus* (9.38%), *Caranx caninus* (7.0%), *Gerres simillimus* (6.53%) y *Opisthonema bulleri* (4.28%).

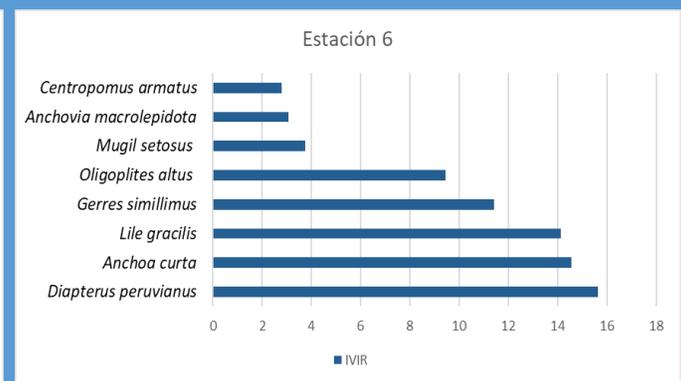
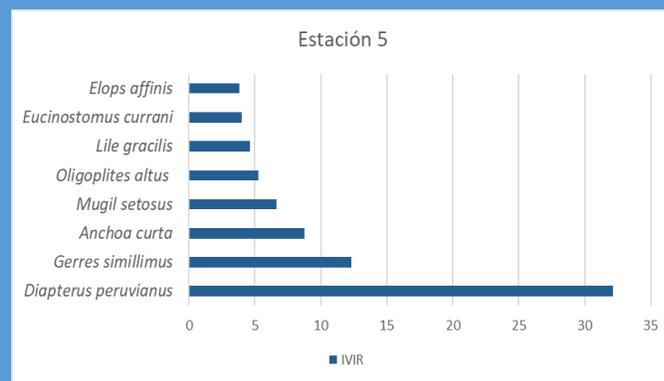
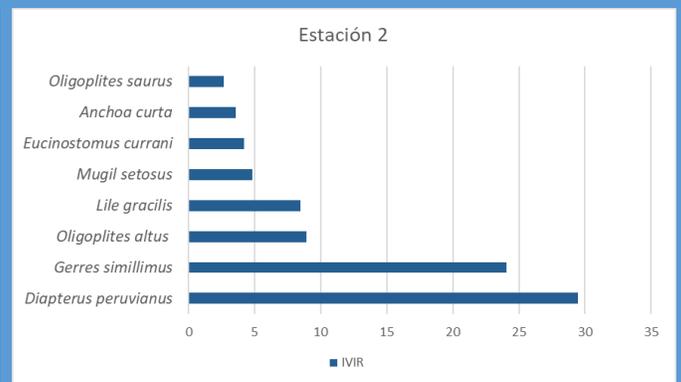
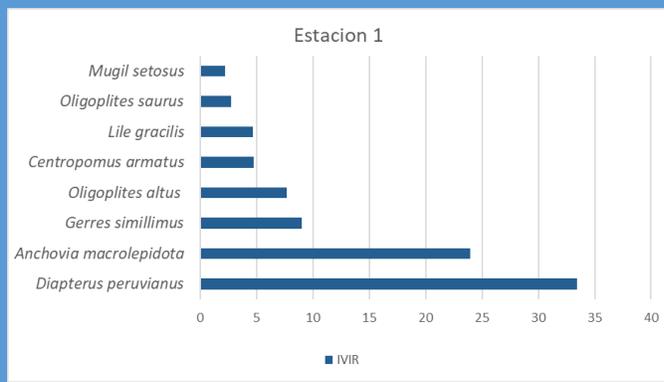


Figura 12. Dominancia de especies icticas espacialmente, estación uno a la seis.

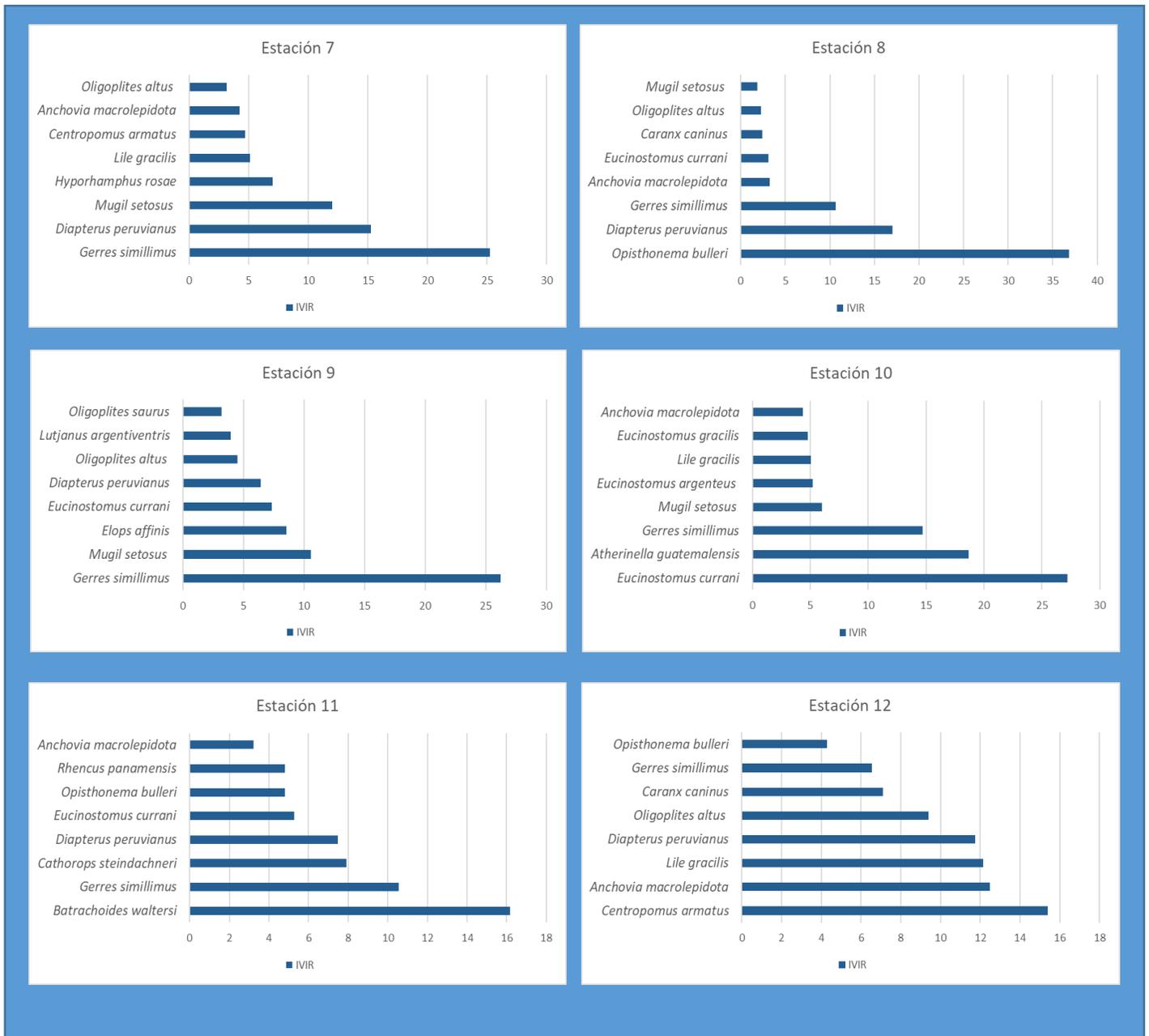


Figura 13. Dominancia de especies icticas espacialmente, estación siete a la doce.

Al agrupar todos los muestreos se obtiene una riqueza de 65 especies, con una diversidad de 2.24 de valor de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener y un valor de 0.53 en equidad de Pielou; según el IVIR de las 65 especies registradas ocho representan el 69.70% de contribución, siendo la especie dominante *Diapterus peruvianus* aportando el 25.31%, seguido de *Gerres simillimus* con el 13.65% y *Anchovia macrolepidota* con el 7.80% (Figura 14).

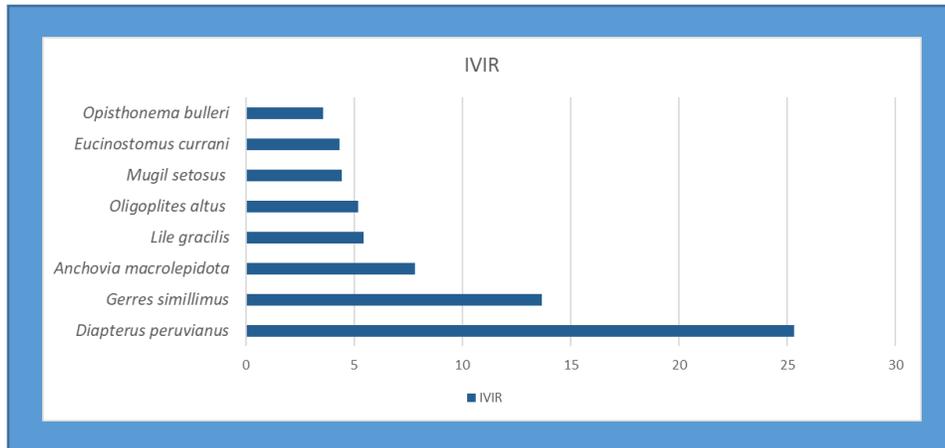


Figura 14. Dominancia de especies ícticas en Laguna Mar Muerto, México.

7.4. Formación de asociaciones

En base a la agrupación por especies se observan tres grupos para el análisis temporal al 40% de similitud (Figura 15), el primer grupo compuesto de 47 especies de las cuales 15 son únicas pertenecientes al grupo, el segundo grupo con 36 especies y siete especies únicas del grupo, el tercer grupo con 37 especies y 10 únicas del grupo (Cuadro 5). Para el análisis espacial se reconocieron 4 grupos al 30% de similitud (Figura 16), el primer grupo conformado por 14 especies y sólo una especie única dentro del grupo, el grupo dos con 45 especies de las cuales 11 son únicas del grupo, el grupo 3 igualmente conformado por 45 especies y 13 únicas del grupo, el cuarto grupo con 29 especies y 3 únicas del grupo (Cuadro 6).

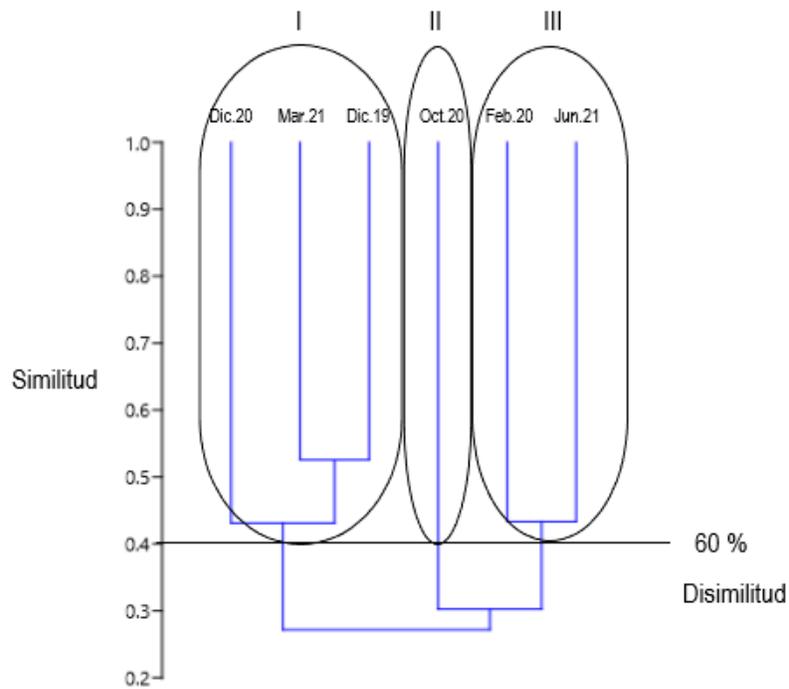


Figura 15. Dendrograma del análisis temporal con distancia de Bray-Curtis de los peces en Laguna Mar Muerto, México

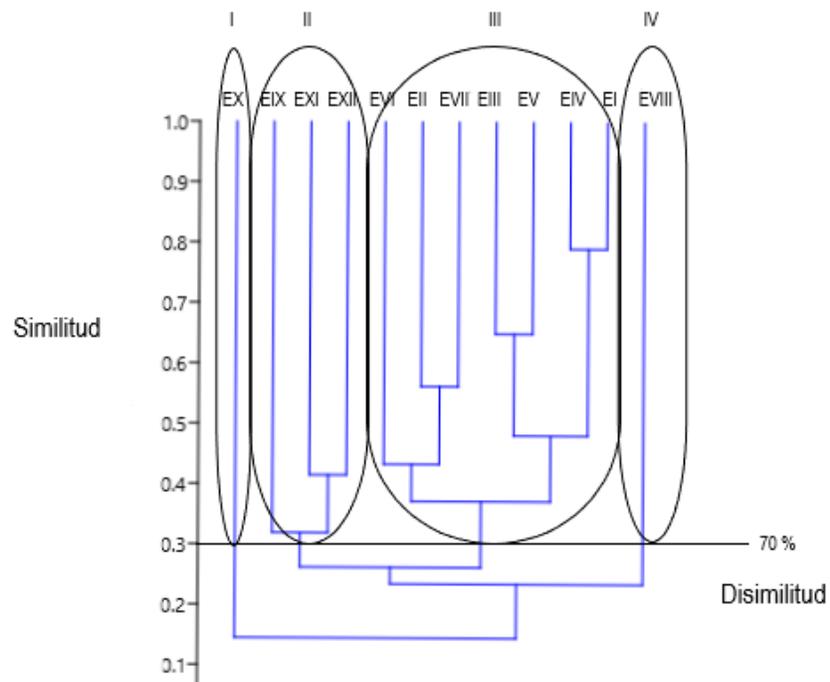


Figura 16. Dendrograma del análisis espacial con distancia de Bray-Curtis de los peces en Laguna Mar Muerto, México.

Cuadro 5. Especies presentes en la composición de los grupos temporales, “X” demostrando presencia y “0” ausencia, junto con las especies únicas por grupos.

ESPECIE	GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
<i>Elops affinis</i>	X	X	X
<i>Anchovia macrolepidota</i>	X	X	X
<i>Anchoa mundeola</i>	X	X	0
<i>Anchoa curta</i>	X	X	X
<i>Lile gracilis</i>	X	X	X
<i>Cathorops steindachneri</i>	X	X	0
<i>Batrachoides waltersi</i>	X	X	X
<i>Gobionellus microdon</i>	X	X	X
<i>Mugil setosus</i>	X	X	X
<i>Atherinella guatemalensis</i>	X	X	X
<i>Poeciliopsis turrubarensis</i>	X	X	X
<i>Poeciliopsis fasciata</i>	X	X	X
<i>Poecilia sphenops</i>	X	X	0
<i>Nematistius pectoralis</i>	X	0	X
<i>Oligoplites altus</i>	X	X	X
<i>Oligoplites saurus</i>	X	X	X
<i>Caranx caninus</i>	X	X	X
<i>Selene brevoortii</i>	X	X	X
<i>Achirus mazatlanus</i>	X	X	X
<i>Pseudophallus starksii</i>	X	0	X
<i>Centropomus robalito</i>	X	X	0
<i>Centropomus armatus</i>	X	X	X
<i>Centropomus viridis</i>	X	X	0
<i>Diapterus peruvianus</i>	X	X	X
<i>Eucinostomus argenteus</i>	X	X	X
<i>Eucinostomus currani</i>	X	X	X
<i>Eucinostomus gracilis</i>	X	0	X
<i>Gerres simillimus</i>	X	X	X
<i>Rhencus macracanthus</i>	X	X	X
<i>Rhencus panamensis</i>	X	X	X
<i>Lutjanus argentiventris</i>	X	X	0
<i>Polydactylus approximans</i>	0	X	X
<i>Micropogonias altipinnis</i>	X	0	X
ESPECIES UNICAS			
GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	
<i>Gymnura marmorata</i>	<i>Albula esuncula</i>	<i>Cathorops fuerthii</i>	
<i>Opisthopterus dovii</i>	<i>Astatheros macracanthus</i>	<i>Hyporhamphus rosae</i>	
<i>Anchoa ischana</i>	<i>Tylosurus pacificus</i>	<i>Oligoplites refulgens</i>	
<i>Lile stolifera</i>	<i>Anableps dowei</i>	<i>Caranx vinctus</i>	
<i>Opisthonema bulleri</i>	<i>Centropomus nigrescens</i>	<i>Achirus scutum</i>	
<i>Gobiomorus maculatus</i>	<i>Lutjanus colorado</i>	<i>Etopus crossotus</i>	
<i>Membras gilberti</i>	<i>Chaetodipterus zonatus</i>	<i>Pomadasys branickii</i>	
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i>		<i>Orthopristis chalcus</i>	
<i>Sphyaena ensis</i>		<i>Sphoeroides annulatus</i>	
<i>Cyclopsetta querna</i>		<i>Mugil cephalus</i>	
<i>Cyclopsetta panamensis</i>			
<i>Eugerres lineatus</i>			
<i>Genyatremus pacifici</i>			
<i>Rhonciscus bayanus</i>			
<i>Diodon holocanthus</i>			

Cuadro 6. Especies presentes en la composición de los grupos espaciales, “X” demostrando presencia y “0” usencia, junto con las especies únicas por grupo.

ESPECIE	GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV
<i>Elops affinis</i>	0	X	X	X
<i>Albula esuncula</i>	0	X	X	0
<i>Anchovia macrolepidota</i>	X	X	X	X
<i>Anchoa mundeala</i>	0	X	X	0
<i>Anchoa curta</i>	X	X	X	0
<i>Lile gracilis</i>	X	X	X	X
<i>Opisthonema bulleri</i>	0	X	0	X
<i>Cathorops steindachneri</i>	X	X	X	0
<i>Batrachoides waltersi</i>	0	X	0	X
<i>Gobionellus microdon</i>	0	X	X	X
<i>Mugil setosus</i>	X	X	X	X
<i>Mugil cephalus</i>	0	X	X	0
<i>Atherinella guatemalensis</i>	X	X	X	0
<i>Hyporhamphus rosae</i>	0	0	X	X
<i>Poeciliopsis fasciata</i>	0	X	X	X
<i>Poecilia sphenops</i>	0	X	X	0
<i>Nematistius pectoralis</i>	0	X	X	0
<i>Oligoplites altus</i>	X	X	X	X
<i>Oligoplites saurus</i>	0	X	X	0
<i>Oligoplites refulgens</i>	0	X	X	0
<i>Caranx caninus</i>	0	X	X	X
<i>Selene brevoortii</i>	0	X	0	X
<i>Achirus mazatlanus</i>	0	X	X	X
<i>Achirus scutum</i>	0	X	X	X
<i>Etropus crossotus</i>	0	X	0	X
<i>Pseudophallus starksii</i>	0	0	X	X
<i>Centropomus robalito</i>	0	X	X	0
<i>Centropomus armatus</i>	X	X	X	X
<i>Diapterus peruvianus</i>	0	X	X	X
<i>Eucinostomus argenteus</i>	X	X	X	X
<i>Eucinostomus currani</i>	X	X	X	X
<i>Eucinostomus gracilis</i>	X	X	X	X
<i>Gerres simillimus</i>	X	X	X	X
<i>Rhencus macracanthus</i>	0	X	X	X
<i>Pomadasys branickii</i>	0	0	X	X
<i>Rhencus panamensis</i>	0	X	0	X
<i>Lutjanus argentiventris</i>	X	X	X	X
ESPECIES UNICAS				
GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV	
<i>Cyclopsetta panamensis</i>	<i>Gymnura marmorata</i>	<i>Opisthopterus dovii</i>	<i>Cathorops fuerthii</i>	
	<i>Membras gilberti</i>	<i>Anchoa ischana</i>	<i>Sphyræna ensis</i>	
	<i>Tylosurus pacificus</i>	<i>Lile stolifera</i>	<i>Rhonciscus bayanus</i>	
	<i>Caranx vinctus</i>	<i>Gobiomorus maculatus</i>		
	<i>Cyclopsetta querna</i>	<i>Astatheros macracanthus</i>		
	<i>Centropomus nigrescens</i>	<i>Anableps dowei</i>		
	<i>Eugerres lineatus</i>	<i>Poeciliopsis turrubarensis</i>		
	<i>Orthopristis chalceus</i>	<i>Poeciliopsis pleurospilus</i>		
	<i>Polydactylus approximans</i>	<i>Centropomus viridis</i>		
	<i>Chaetodipterus zonatus</i>	<i>Genyatremus pacifici</i>		
	<i>Diodon holocanthus</i>	<i>Lutjanus colorado</i>		
		<i>Micropogonias altipinnis</i>		
		<i>Sphoeroides annulatus</i>		

7.5. Clasificación de los subsistemas

Se tomaron los parámetros fisicoquímicos temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad, ORP, conductividad y las observaciones de profundidad y transparencia; se clasificaron 3 áreas denominadas subsistemas: el subsistema eurihalino (S.E) estando en la parte más interna de la laguna conformado por la estación 1, 2, 3 y 4, el subsistema de transición (S.T) constituyendo la parte media y comprendiendo las estaciones 5, 6, 7 y 8, y el subsistema marino (S.M) siendo este el que entra en contacto con el mar por medio de la boca de la laguna, está conformado por las estaciones 9, 10, 11 y 12.

Al aplicar el análisis multivariado de discriminantes utilizando los ocho parámetros antes mencionados como variables, el análisis muestra una clara separación de los tres subsistemas con una confianza de 95% en sus elipses, teniendo al eje de ordenación 1 con el 84% varianza explicada (Figura 17).

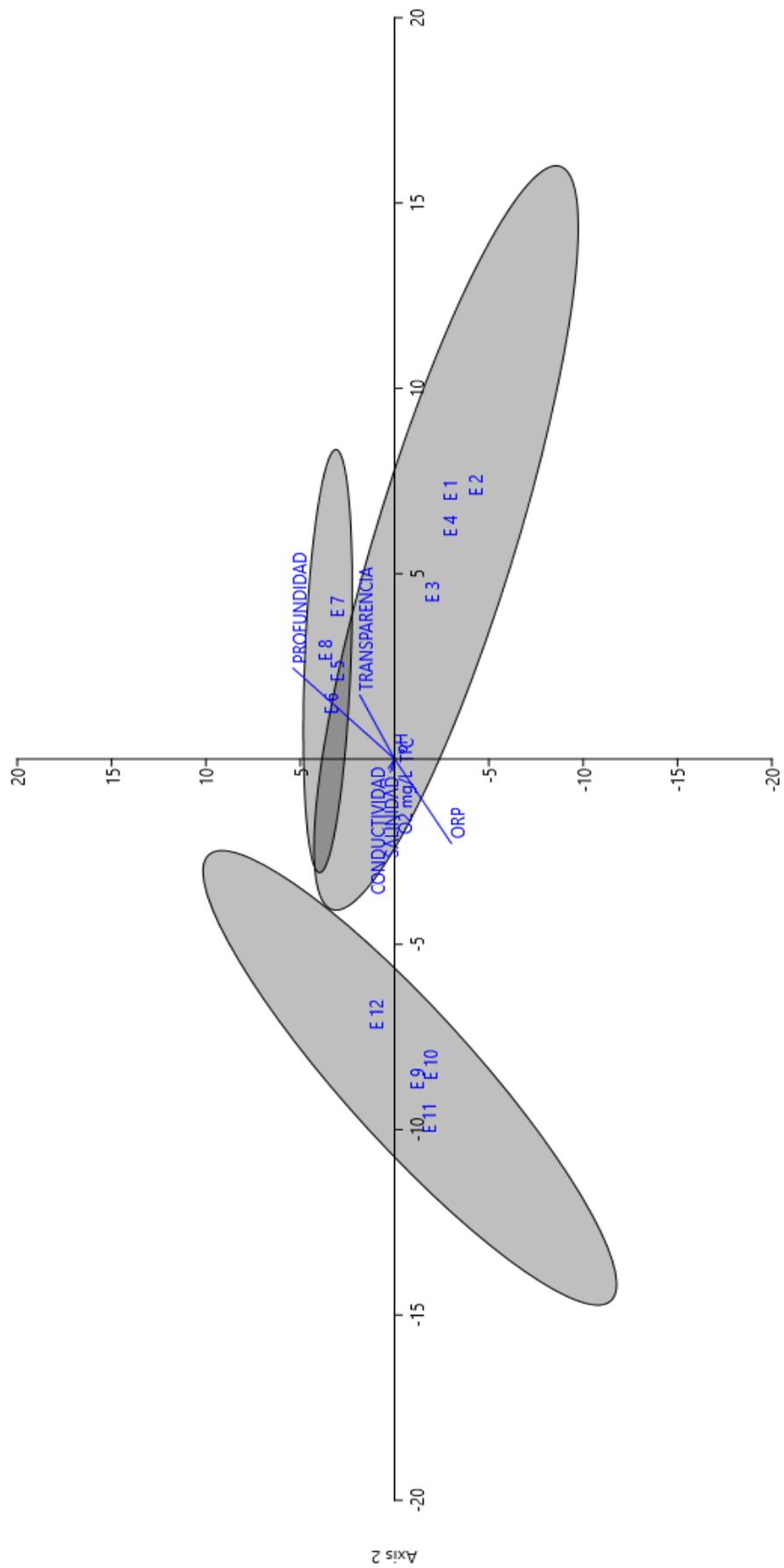


Figura 17. Agrupación de estaciones por medio del análisis de discriminantes, estableciendo límites de confianza del 95 % para cada grupo.

7.5.1. Descriptores ecológicos por subsistema

La mayor riqueza de especies se presentó en el subsistema marino compuesto por 46 ejemplares, con una diversidad de 2.8 de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener y una equidad de Pielou de 0.733 (Cuadro 8), seguido por el subsistema de transición con una riqueza de 44 especies, diversidad de 2.2 y equidad de 0.597, el subsistema que presentó la menor diversidad fue el ehuralino, con 34 especies, una diversidad de 1.5 y equidad de 0.428.

Cuadro 7. Valores de riqueza, diversidad y equidad por subsistema de la ictiofauna de Laguna Mar Muerto, México.

SUBSISTEMA	RIQUEZA	DIVERSIDAD	EQUIDAD
S. Eurihalino	34	1.509	0.428
S. Transición	44	2.262	0.597
S. Marino	46	2.806	0.733

7.5.2. Análisis de similitud entre los ensamblajes de peces

El MDS mostró una separación entre los subsistemas eurihalino y marino, a su vez una convergencia de ambos dentro del subsistema de transición, en cuanto el factor temporal, los ensamblajes mostraron un traslape en la distancia de los grupos teniendo un comportamiento similar en cada mes de muestreo (Figura 18).

Se realizó la prueba estadística de ANOSIM para ambos factores (mes de muestreo y subsistema) y un número máximo de 9 999 permutaciones, donde no se

encontraron diferencias significativas entre los diferentes ensamblajes de peces pertenecientes a los meses de muestreo teniendo un valor de $R = -0.1877$ y un valor de $p > 0.05$ (Cuadro 8), la composición en los ensamblajes en los subsistemas mostró una diferencia significativa con un valor de $R = 0.4023$ y un valor de $p < 0.05$.

Cuadro 8. Prueba estadística de ANOSIM entre los diferentes ensamblajes de peces en Laguna Mar Muerto, México.

Factor	Valor de R	p
Muestreo	-0.1877	0.9282
Subsistema	0.4023	0.0019

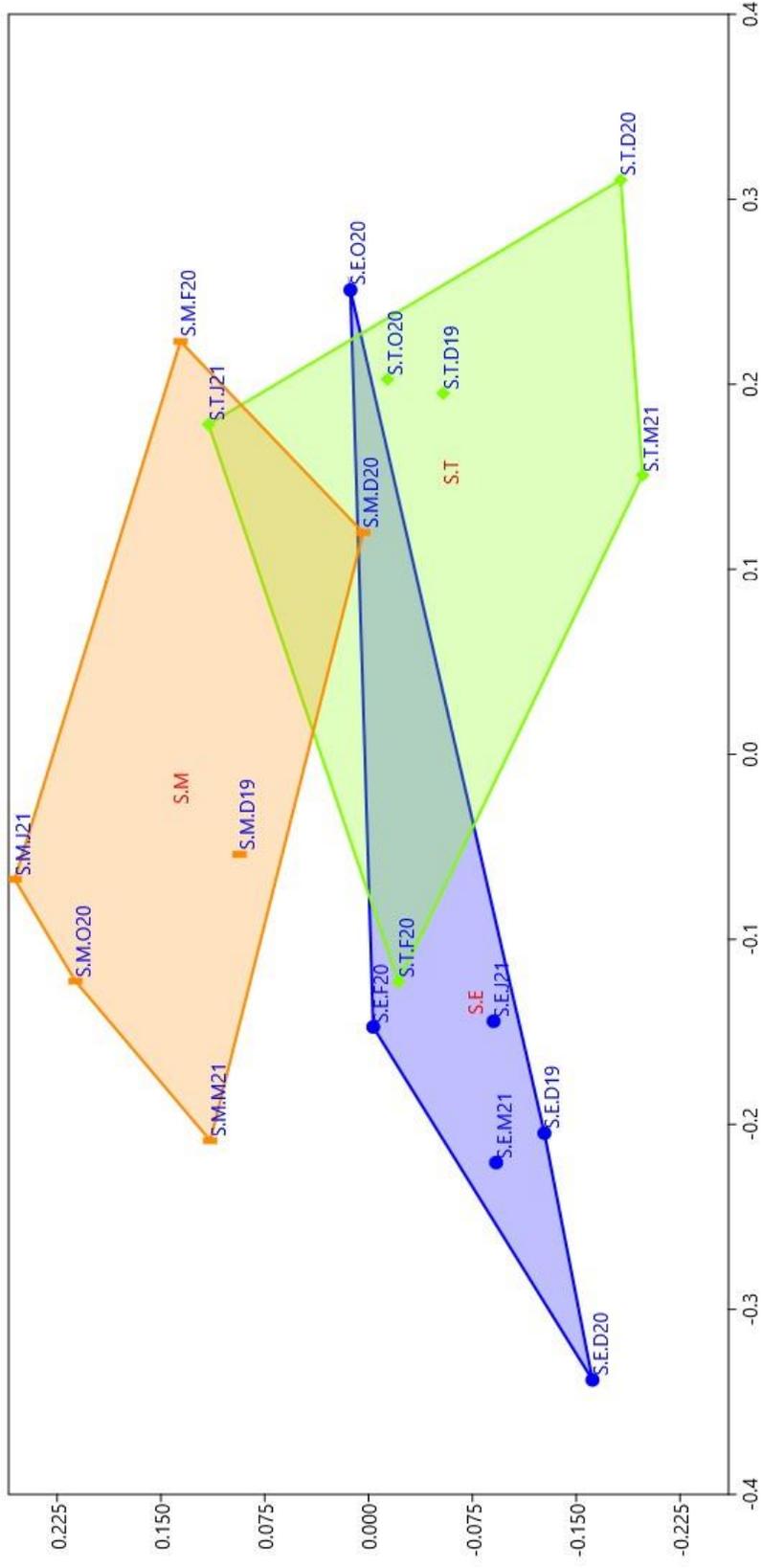


Figura 18. Análisis multivariado MDS mostrando la ubicación espacio-temporal de los subsistemas según la variación en sus ensamblajes de peces, especificando la abreviación de subsistema, primera letra de mes y año, ejemplo: subsistema eurihalino de marzo del 2021 (S.E.M21).

7.5.3. Prueba SIMPER de los ensamblajes de peces

De acuerdo con la prueba SIMPER de forma temporal (Cuadro 9) se encontró que 5 especies aportan más del 60%, la especie con mayor aporte es *Diapterus peruvianus* con una contribución de 26.83 y una disimilitud de 23.59, seguido de *Gerres simillimus* con una contribución de 12.49% y disimilitud de 10.98, las especies más representativas por meses por abundancia promedio (Ap) son:

Diciembre-19: *Diapterus peruvianus* (Ap = 51.2), *Gerres simillimus* (Ap = 8.08) y *Mugil setosus* (Ap = 8.08).

Febrero-20: *Diapterus peruvianus* (Ap = 18.6), *Lile gracilis* (Ap = 12.8) y *Eucinostomus currani* (Ap = 10.3).

Octubre-20: *Mugil setosus* (Ap = 9.17), *Diapterus peruvianus* (Ap = 6) y *Poeciliopsis fasciata* (Ap = 4.42).

Diciembre-20: *Diapterus peruvianus* (Ap = 136), *Opisthonema bulleri* (Ap = 40.2), *Anchovia macrolepidota* (Ap = 20.1).

Marzo-21: *Gerres simillimus* (Ap = 48.3), *Diapterus peruvianus* (Ap = 44.3) y *Anchoa curta* (Ap = 33.2).

Junio-21: *Lile gracilis* (Ap = 28.6), *Gerres simillimus* (Ap = 12.5) y *Diapterus peruvianus* (Ap = 5.64).

Cuadro 9. Aporte de contribución, disimilitud y abundancia promedio de cada especie según la prueba estadística SIMPER por factor temporal.

Especie	Disimilitud	Contribución %	Acumulativo %	Abundancia promedio					
				Diciembre.19	Febrero.20	Octubre.20	Diciembre.20	Marzo.21	Junio.21
<i>D. peruvianus</i>	23.59	26.83	26.83	51.2	18.6	6	136	44.3	5.64
<i>G. simillimus</i>	10.98	12.49	39.32	8.08	1.83	1.5	19.1	48.3	12.5
<i>L. gracilis</i>	10.23	11.63	50.95	3.17	12.8	0.0833	2.58	2.08	28.6
<i>E. currani</i>	5.871	6.678	57.63	0.917	10.3	3.5	6.5	2.83	2.18
<i>A. macrolepidota</i>	4.443	5.054	62.68	0.333	6.33	0.917	20.1	7.92	1.18
<i>M. setosus</i>	4.411	5.018	67.7	8.08	0.417	9.17	1.08	2.75	0
<i>A. curta</i>	4.01	4.561	72.26	0.667	0.333	1.25	0.833	33.2	1.55
<i>O. bulleri</i>	2.961	3.368	75.63	0	0	0	40.2	0.417	0
<i>A. guatemalensis</i>	2.353	2.677	78.31	0	0	0.0833	3.58	5.58	1.45
<i>O. altus</i>	2.164	2.461	80.77	3.83	0.75	1.08	0.917	2.67	1.09
<i>C. armatus</i>	2.089	2.376	83.14	0.917	2.83	0.75	2	2.08	0
<i>C. caninus</i>	1.291	1.468	84.61	0.167	0.0833	2.33	0.75	0.0833	0
<i>C. steindachneri</i>	1.192	1.356	85.97	0.417	0	0.167	0.333	3.67	0
<i>P. fasciata</i>	1.168	1.329	87.3	1.08	0.0833	4.42	1.42	0.25	0
<i>E. argenteus</i>	1.139	1.296	88.59	2	0.917	0.25	0.417	0.0833	0
<i>A. mazatlanus</i>	1.101	1.253	89.85	1	0.0833	2	0	0.417	0.273
<i>E. affinis</i>	0.8164	0.9287	90.77	2.33	0.25	0.167	0.833	0.417	0.273
<i>O. saurus</i>	0.6931	0.7884	91.56	0.75	1	0.167	0.167	0.75	0.091
<i>R. macracanthus</i>	0.6706	0.7628	92.33	0.25	0.25	0.333	0.25	0.333	0.182
<i>E. gracilis</i>	0.6379	0.7256	93.05	0.167	0	0	0.333	1.17	1.36
<i>L. argentiventris</i>	0.5291	0.6018	93.65	0.417	0	0.167	0.583	0.167	0
<i>C. robalito</i>	0.5265	0.5988	94.25	0.167	0	0.5	1.42	0	0
<i>A. scutum</i>	0.4882	0.5553	94.81	0	0	0	0	0	1.36

<i>H. rosae</i>	0.4404	0.5009	95.31	0	0	0	0	0	1.09
<i>G. microdon</i>	0.423	0.4811	95.79	0	0.5	0.0833	0.167	0.0833	0.091
<i>P. sphenops</i>	0.3266	0.3715	96.16	0	0	0.167	0.667	0.5	0
<i>E. lineatus</i>	0.3202	0.3642	96.53	0	0	0	1.33	0	0
<i>B. waltersi</i>	0.2636	0.2999	96.83	0.0833	0	0.167	0	0.0833	0.182
<i>M. altipinnis</i>	0.2119	0.241	97.07	0.75	0.667	0	0	0	0
<i>A. mundeala</i>	0.2047	0.2328	97.3	0	0	0.167	0	1.25	0
<i>R. panamensis</i>	0.1814	0.2063	97.51	0.0833	0.0833	0.167	0	0	0
<i>P. turrubarensis</i>	0.1744	0.1984	97.7	0	0.0833	0.5	0	0.0833	0
<i>P. approximans</i>	0.1677	0.1908	97.89	0	0	0.25	0	0	0.091
<i>M. cephalus</i>	0.1676	0.1906	98.08	0	0	0	0	0	0.273
<i>S. brevoortii</i>	0.1444	0.1642	98.25	0	0	0.0833	0	0.0833	0.091
<i>C. vinctus</i>	0.1319	0.1501	98.4	0	0.25	0	0	0	0
<i>E. crossotus</i>	0.1268	0.1442	98.54	0	0	0	0	0	0.182
<i>O. refulgens</i>	0.1245	0.1416	98.68	0	0.167	0	0	0	0.091
<i>P. branickii</i>	0.1153	0.1311	98.82	0	0	0	0	0	0.182
<i>M. gilberti</i>	0.1078	0.1227	98.94	0.25	0	0	0	0	0
<i>C. nigrescens</i>	0.1059	0.1205	99.06	0	0	0.333	0	0	0
<i>C. viridis</i>	0.0911	0.1036	99.16	0	0	0.0833	0.0833	0	0
<i>A. esuncula</i>	0.06958	0.07915	99.24	0	0	0.25	0	0	0
<i>C. fuerthii</i>	0.06717	0.0764	99.32	0	0	0	0	0	0.091
<i>A. dowei</i>	0.06183	0.07033	99.39	0	0	0.333	0	0	0
<i>C. querna</i>	0.05956	0.06774	99.46	0.0833	0	0	0	0	0
<i>L. stolifera</i>	0.05878	0.06686	99.52	0.667	0	0	0	0	0
<i>P. starksii</i>	0.04635	0.05272	99.58	0	0	0	0	0.0833	0.091
<i>A. ischana</i>	0.04122	0.04689	99.62	0	0	0	0	0.333	0
<i>C. zonatus</i>	0.0368	0.04186	99.66	0	0	0.0833	0	0	0
<i>T. pacificus</i>	0.0368	0.04186	99.71	0	0	0.0833	0	0	0
<i>D. holocanthus</i>	0.03595	0.04089	99.75	0.0833	0	0	0	0	0

<i>O. chalceus</i>	0.03532	0.04017	99.79	0	0.0833	0	0	0	0
<i>N. pectoralis</i>	0.03091	0.03516	99.82	0	0	0	0.0833	0	0.091
<i>L. colorado</i>	0.02648	0.03011	99.85	0	0	0.0833	0	0	0
<i>G. marmorata</i>	0.02028	0.02306	99.88	0	0	0	0	0.0833	0
<i>P. pleurospilus</i>	0.02017	0.02295	99.9	0	0	0	0.0833	0	0
<i>S. ensis</i>	0.01868	0.02125	99.92	0.0833	0	0	0	0	0
<i>C. panamensis</i>	0.01769	0.02012	99.94	0	0	0	0	0.0833	0
<i>A. macracanthus</i>	0.01546	0.01758	99.96	0	0	0.0833	0	0	0
<i>S. annulatus</i>	0.01216	0.01383	99.97	0	0.0833	0	0	0	0
<i>O. dovii</i>	0.01031	0.01172	99.98	0	0	0	0	0.0833	0
<i>G. pacifici</i>	0.00735	0.008357	99.99	0.0833	0	0	0	0	0
<i>R. bayanus</i>	0.00478	0.005442	100	0	0	0	0.0833	0	0
<i>G. maculatus</i>	0.0024	0.002735	100	0	0	0	0.0833	0	0

La prueba estadística SIMPER con factor espacial (Cuadro 10) muestra que, en la contribución entre los subsistemas, de 65 especies totales, 10 aportan poco más del 80%, siendo las especies con mayor porcentaje en contribución (C) y disimilitud (D) *Diapterus peruvianus* (C = 27.28, D = 24.02), *Gerres simillimus* (C = 12.41, D = 10.92), *Lile gracilis* (C = 11.7, D = 10.3), *Eucinostomus currani* (C = 6.662, D = 5.866), *Mugil setosus* (C = 5.122, D = 4.51) y *Anchovia macrolepidota* (C = 5.015, D = 4.416).

El subsistema eurihalino conformado por 34 especies está caracterizado por *Diapterus peruvianus*, *Gerres simillimus* y *Anchovia macrolepidota* con abundancia promedio (Ap.) de 99.1, 25.8 y 13.3 respectivamente, con 8 especies raras de abundancia promedio 0.04 cada una. De las 44 especies encontradas en el subsistema de transición las representativas dentro del subsistema son *Diapterus peruvianus* (Ap. = 28.1), *Opisthonema bulleri*, (Ap. = 18.6) y *Anchoa curta* (Ap. = 16.6), teniendo 15 especies raras con abundancia promedio de 0.04 cada una. El subsistema marino está caracterizado por las especies *Eucinostomus currani* (Ap. = 10.2), *Atherinella guatemalensis* (Ap. = 5.48) y *Lile gracilis* (Ap. = 4.22), teniendo 14 especies raras con abundancias promedios de 0.04.

Cuadro 10. Aporte de contribución, disimilitud y abundancia promedio de cada especie según la prueba estadística SIMPER por factor especial.

Especie	Disimilitud	Contribución %	Acumulativo %	Abundancia promedio		
				Subsistema Eurihalino	Subsistema Transición	Subsistema Marino
<i>D. peruvianus</i>	24.02	27.28	27.28	99.1	28.1	3.65
<i>G. simillimus</i>	10.92	12.41	39.69	25.8	15.8	3.65
<i>L. gracilis</i>	10.3	11.7	51.39	9.79	9.63	4.22
<i>E. currani</i>	5.866	6.662	58.05	1.42	1.83	10.2
<i>M. setosus</i>	4.51	5.122	63.17	3.04	5.79	2
<i>A. macrolepidota</i>	4.416	5.015	68.19	13.3	2	3.22
<i>A. curta</i>	3.973	4.512	72.7	1.79	16.6	0.478
<i>O. bulleri</i>	2.836	3.22	75.92	0	18.6	1.74
<i>O. altus</i>	2.317	2.631	78.55	3.17	1.21	0.783
<i>A. guatemalensis</i>	2.213	2.513	81.06	0.0417	0	5.48
<i>C. armatus</i>	2.025	2.299	83.36	1.67	0.833	1.87
<i>C. caninus</i>	1.274	1.447	84.81	0.458	0.458	0.826
<i>P. fasciata</i>	1.252	1.422	86.23	2.88	0.583	0.174
<i>A. mazatlanus</i>	1.125	1.277	87.51	0.0833	1.38	0.435
<i>E. argenteus</i>	1.124	1.276	88.78	0.125	0.833	0.913
<i>C. steindachneri</i>	1.118	1.27	90.05	0.167	0	2.22
<i>E. affinis</i>	0.8158	0.9264	90.98	1.25	0.542	0.348
<i>O. saurus</i>	0.7152	0.8122	91.79	0.958	0.25	0.261
<i>R. macracanthus</i>	0.6577	0.7469	92.54	0.0833	0.333	0.391
<i>E. gracilis</i>	0.6129	0.696	93.24	0.125	0.833	0.522
<i>L. argentiventris</i>	0.5132	0.5828	93.82	0.0833	0.0833	0.522

<i>C. robalito</i>	0.493	0.5599	94.38	0.0833	0.125	0.87
<i>A. scutum</i>	0.4701	0.5338	94.91	0	0.583	0.0435
<i>H. rosae</i>	0.4312	0.4897	95.4	0.0417	0.458	0
<i>G. microdon</i>	0.4128	0.4688	95.87	0.0833	0.25	0.13
<i>P. sphenops</i>	0.3107	0.3529	96.22	0.0833	0.542	0.0435
<i>E. lineatus</i>	0.2906	0.33	96.55	0	0	0.696
<i>B. waltersi</i>	0.254	0.2885	96.84	0	0.0833	0.174
<i>M. altipinnis</i>	0.227	0.2578	97.1	0.708	0	0
<i>A. mundeala</i>	0.2015	0.2289	97.33	0	0.667	0.0435
<i>P. turrubarensis</i>	0.1981	0.2249	97.55	0.333	0	0
<i>R. panamensis</i>	0.1813	0.2059	97.76	0	0.0417	0.13
<i>P. approximans</i>	0.1691	0.192	97.95	0	0	0.174
<i>M. cephalus</i>	0.1636	0.1858	98.14	0.0417	0	0.087
<i>S. brevoortii</i>	0.1381	0.1569	98.29	0	0.0417	0.087
<i>C. vinctus</i>	0.1274	0.1447	98.44	0	0	0.13
<i>O. refulgens</i>	0.1255	0.1425	98.58	0.0417	0.0417	0.0435
<i>E. crossotus</i>	0.1141	0.1296	98.71	0	0.0417	0.0435
<i>P. branickii</i>	0.1106	0.1256	98.84	0.0417	0.0417	0
<i>C. nigrescens</i>	0.106	0.1203	98.96	0	0	0.174
<i>M. gilberti</i>	0.1037	0.1178	99.07	0	0	0.13
<i>C. viridis</i>	0.08403	0.09543	99.17	0.0417	0.0417	0
<i>A. esuncula</i>	0.07243	0.08226	99.25	0.0833	0	0.0435
<i>A. dowei</i>	0.06474	0.07353	99.33	0	0.167	0
<i>C. fuerthii</i>	0.06203	0.07045	99.4	0	0.0417	0
<i>L. stolifera</i>	0.06089	0.06915	99.47	0.333	0	0
<i>C. querna</i>	0.05955	0.06763	99.53	0	0	0.0435
<i>P. starksii</i>	0.04461	0.05066	99.58	0	0.0833	0
<i>A. ischana</i>	0.04023	0.04568	99.63	0	0.167	0
<i>C. zonatus</i>	0.03728	0.04233	99.67	0	0	0.0435

<i>T. pacificus</i>	0.03728	0.04233	99.71	0	0	0.0435
<i>D. holocanthus</i>	0.03458	0.03926	99.75	0	0	0.0435
<i>O. chaldeus</i>	0.03397	0.03858	99.79	0	0	0.0435
<i>N. pectoralis</i>	0.029	0.03293	99.82	0	0.0417	0.0435
<i>L. colorado</i>	0.02796	0.03175	99.86	0	0.0417	0
<i>P. pleurospilus</i>	0.01934	0.02196	99.88	0	0.0417	0
<i>S. ensis</i>	0.01889	0.02145	99.9	0	0.0417	0
<i>G. marmorata</i>	0.01845	0.02095	99.92	0	0	0.0435
<i>C. panamensis</i>	0.01619	0.01838	99.94	0	0	0.0435
<i>A. macracanthus</i>	0.01619	0.01838	99.96	0	0.0417	0
<i>S. annulatus</i>	0.0124	0.01409	99.97	0	0.0417	0
<i>O. dovii</i>	0.01006	0.01142	99.98	0	0.0417	0
<i>G. pacifici</i>	0.007612	0.008644	99.99	0.0417	0	0
<i>R. bayanus</i>	0.00468	0.005314	100	0	0.0417	0
<i>G. maculatus</i>	0.0024	0.002726	100	0.0417	0	0

7.6. Relación Ambiente – Descriptores ecológicos

La prueba estadística no paramétrica de correlación de Spearman (Cuadro 11) muestra las correlaciones (r_s) por rango entre cada par de variables, los siguientes pares de variables obtienen a su vez valores p por debajo de 0.05 ($p < 0.05$) con un nivel de confianza del 95.0% son:

Temperatura-Oxígeno ($r_s=-0.295$, $p=0.0136$), Temperatura-Conductividad ($r_s=0.324$, $p=0.0066$), Temperatura-Salinidad ($r_s=0.295$, $p=0.0133$), Oxígeno-Conductividad ($r_s=-0.412$, $p=0.0006$), Oxígeno-Profundidad ($r_s=-0.471$, $p=0.0001$), Oxígeno-Trasporencia ($r_s=-0.368$, $p=0.0021$), Oxígeno-ORP ($r_s=0.357$, $p=0.0028$), Conductividad-Salinidad ($r_s=0.829$, $p=0$), Salinidad-pH ($r_s=-0.329$, $p = 0.0058$), Profundidad-Trasporencia ($r_s=0.406$, $p=0.0007$), pH-Abundancia ($r_s=0.371$, $p=0.0019$), pH-Biomasa ($r_s= 0.241$, $p=0.0438$), Diversidad-Riqueza ($r_s=0.554$, $p=0$), Riqueza-Abundancia ($r_s=566$, $p=0$), Riqueza-Biomasa ($r_s=0.623$, $p=0$) y Abundancia-Biomasa ($r_s=0.63$, $p=0$).

Los parámetros de profundidad y transparencia presentan un bajo nivel de asociación (cuadro 11) y valores de p muy superiores a 0.05 en su correlación con las variables de diversidad, riqueza, abundancia y biomasa, siendo conductividad y profundidad los parámetros con menor asociación a la diversidad con valores de $p > 0.9$, transparencia ($p > 0.9$) y riqueza ($p > 0.6$) en asociación con la biomasa, oxígeno ($p > 0.6$) y salinidad ($p > 0.8$) en asociación con la abundancia encontrando que no hay diferencias significativas en sus asociaciones por correlación de Spearman (r_s).

Cuadro 11. Resultados de la prueba de correlación de Spearman para los parámetros ambientales y descriptores ecológicos.

	Oxígeno	CONDUC.	SALINIDAD	pH	PROFUN.	TRANS.	ORP	DIVERSIDAD	RIQUEZA	ABUN.	BIOMASA
T°C	rs	0.3248	0.2958	-0.0498	0.221	0.1433	-0.1754	0.075	-0.1259	-0.1106	-0.0795
	p	0.0066	0.0133	0.6772	0.0644	0.2304	0.1422	0.5305	0.2922	0.3549	0.506
Oxígeno	rs	-0.4129	-0.1928	0.1712	-0.4713	-0.3684	0.3576	0.1825	0.0565	-0.0585	0.0686
	p	0.0006	0.1067	0.152	0.0001	0.0021	0.0028	0.1268	0.6362	0.6246	0.5661
CONDUC.	rs	0.8292	0.1571	-0.1823	0.1571	0.0273	0.0919	-0.0127	0.1235	0.1715	-0.1413
	p	0	0.1272	0.1886	0.1886	0.8196	0.4422	0.9156	0.3017	0.1512	0.2372
SALINIDAD	rs	-0.3299	0.1363	-0.0031	0.125	0.1004	0.0879	0.4008	0.462	0.8187	0.1874
	p	0.0058	0.2542	0.9796	0.2956	0.4008	0.462	-0.0943	0.1491	0.371	0.241
pH	rs	-0.1061	-0.0625	-0.1923	-0.1923	-0.0943	-0.1923	0.4301	0.2122	0.0019	0.0438
	p	0.3745	0.6011	0.1076	0.1076	0.4301	0.1076	-0.0042	0.059	0.0121	0.1417
PROFUN.	rs	0.4067	0.4067	-0.1717	0.1509	0.1509	0.1509	0.9718	0.6218	0.9195	0.2357
	p	0.0007	0.0007	0.0007	0.1509	0.1509	0.1509	-0.0269	0.0237	0.0133	-0.0049
TRANS.	rs	-0.145	-0.145	-0.145	-0.145	-0.145	-0.145	0.8218	0.8429	0.9112	0.9671
	p	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.8218	0.8429	0.9112	0.9671
ORP	rs	-0.0499	-0.0499	-0.0499	-0.0499	-0.0499	-0.0499	-0.1185	-0.1185	-0.1793	-0.2094
	p	0.6762	0.6762	0.6762	0.6762	0.6762	0.6762	0.3213	0.3213	0.1336	0.0798
DIVERSIDAD	rs	0.5548	0.5548	0.5548	0.5548	0.5548	0.5548	0	0	0.19	0.0586
	p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RIQUEZA	rs	0.5665	0.5665	0.5665	0.5665	0.5665	0.5665	0	0	0.5665	0.6235
	p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ABUN.	rs	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0	0	0	0
	p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7.7. Relación Ambiente – Ictiofauna

El Análisis de Correlación Canónica (ACC) muestra que el primer eje de ordenación explica el 26.8 % de la variabilidad y el segundo el 23.8% (Cuadro 12); la variable que presentó la mayor correlación (C) de manera positiva con el eje uno fue el oxígeno (C=0.56) y de forma negativa la profundidad (C= -0.32); para el eje dos, la salinidad (C=0.63) tiene la mayor correlación positiva, la correlación de forma negativa la mostró el pH (C=-0.37), a diferencia con el tercer eje, para el cual el pH (C=0.29) muestra la mayor correlación de forma positiva y la salinidad (C=-0.23) de forma negativa .

Cuadro 12. Resultados del análisis de Correlación Canónica de la ictiofauna de la Laguna Mar Muerto, México.

Ejes	Eigenvalores	% Acumulativo
1	0.41372	26.84
2	0.36764	23.85
3	0.24363	15.81
4	0.18598	12.07
5	0.13617	8.835
6	0.10975	7.121
7	0.084383	5.475
8	7.47E-06	0.0004847

El Análisis de Correlación Canónica indicó que la temperatura, profundidad y transparencia son variables parecidas en su correlación con la ictiofauna, siendo *M. gilberti*, *D. holocanthus*, *B. waltersi*, *O. saurus*, *G. simillimus*, *R. macracanthus*, *E. argenteus* y *C. armatus*, especies fuertemente ligadas al incremento de estas variables, mientras que *E. lineatus*, *O. bulleri*, *R. bayanus* y *P. pleurospilus* prefirieron zonas con altos niveles de oxígeno; otro grupo de peces observó una tendencia muy marcada a las zonas con elevadas concentraciones de salinidad, dicho grupo compuesto por *C. fuerthii*, *P. branickii*, *H. rosae*, *A. scutum*, *O. refulgens*, *E. crossotus*, *M. cephalus* y *C. vinctus*, los niveles superiores de pH arrojaron una asociación con *G.*

maculatus, *P. fasciata*, *C. caninus*, *D. peruvianus*, *A. macrolepidota* y *S. brevoortii* (Figura 19).

Las especies *N. pectoralis*, *E. gracilis*, *E. currani*, *A. mazatlanus*, *L. argentiventris*, *A. guatemalensis*, *P. sphenops* y *C. robalito* mostraron estar asociadas a las zonas marinas, a diferencia de *B. waltersi*, *O. saurus*, *C. querna*, *O. altus*, *R. macracanthus* y *E. argenteus* que estuvieron asociadas a la zona eurihalina (Figura 20).

Las especies *C. nigrescens*, *L. stolifera*, *T. pacificus*, *G. pacifici*, *C. zonatus*, *M. altipinnis* y *M. setosus* no estuvieron asociadas a ninguna variable en específico.

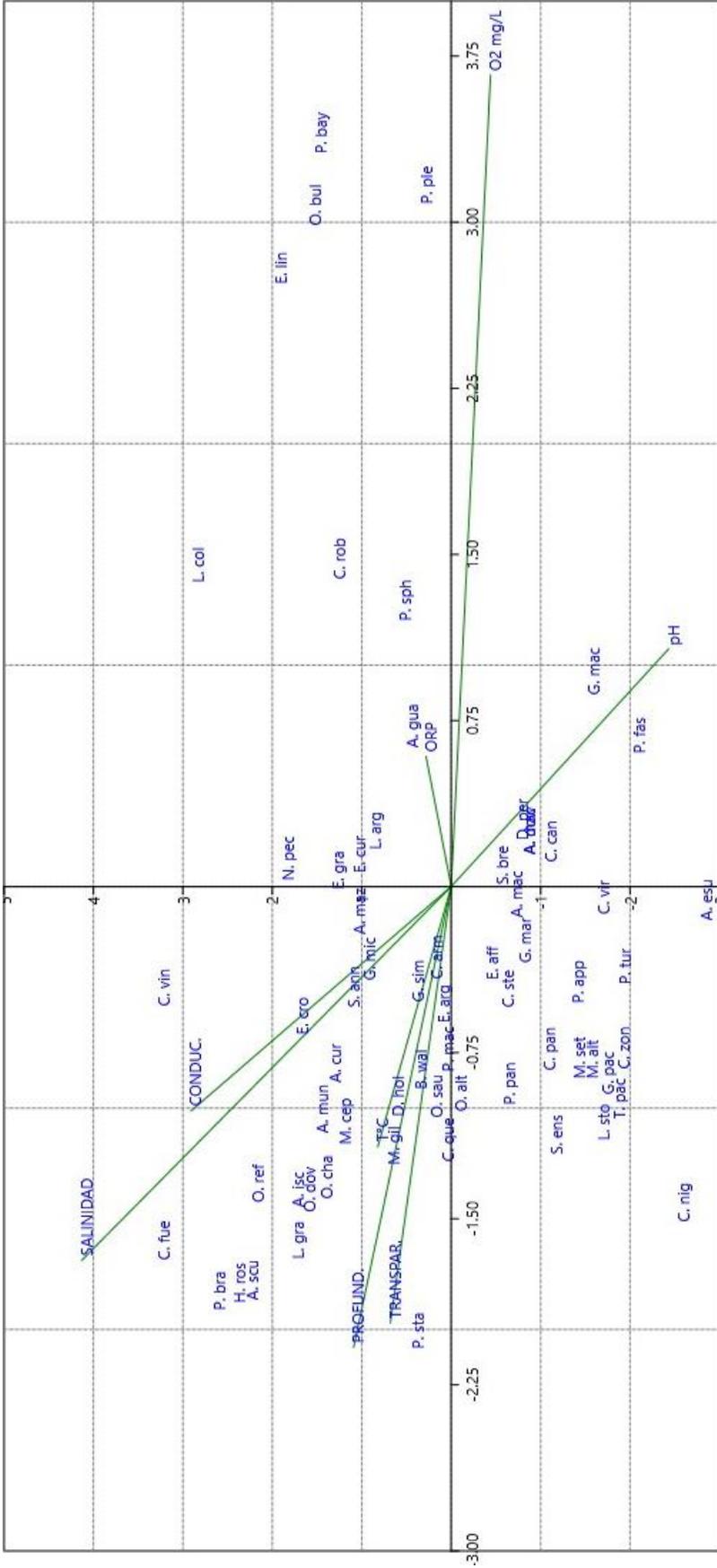


Figura 19. Grafico del Analisis de Correlación Canónica mostrando los peces y los variables a las cuales están asociadas, se muestra la primera letra correspondiente al género, seguido de las tres letras iniciales acorde a la especie.

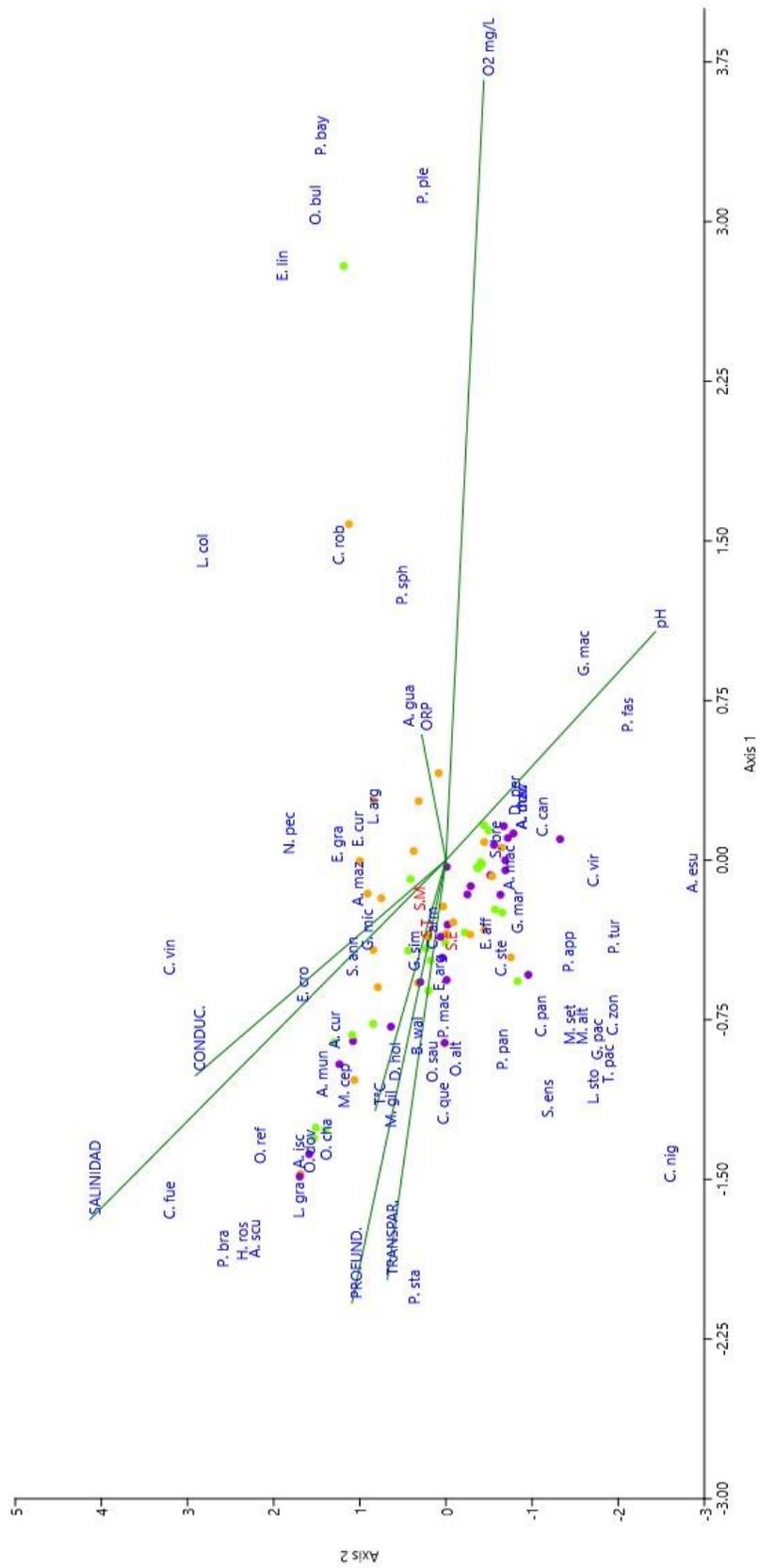


Figura 20. Análisis de Correlación Canónica con los peces, variables asociadas y puntos de muestreo, siendo el S. Marino las estaciones naranjas, el S. Transición las estaciones violetas y el S. Eurihalino las estaciones violetas.

VIII.DISCUSIÓN

8.1. Composición

La ictiofauna del sistema Lagunar Mar Muerto ha sido caracterizada en trabajos anteriores donde se reportan un total de 89 especies utilizando varias artes de pesca (Romero-Berny *et al.*, 2018) y por Tapia-García *et al.* (1998) donde reportan 66 especies utilizando una red de arrastre de prueba camaronera y otra red de tipo chinchorro playero, en el presente trabajo durante el periodo de muestreo se recolectaron 65 especies utilizando una red tipo chinchorro playero y otra red de tiro manual tipo atarraya.

Sin embargo, las especies recolectadas no corresponden al 73% de las especies reportadas por Romero-Berny *et al.* (2018) si no al 48.3%, considerando solo las 43 especies en coincidencia, 46 especies no fueron encontradas durante los muestreos y 22 son registros nuevos. Dentro de las 46 especies no encontradas se reportan *Kyphosus analogus*, el cual es un nombre inválido en el momento del presente trabajo, el nombre científico actualmente valido es *Kyphosus vaigiensis*. En el caso de *Diapterus brevirostris* y *Diapterus peruvianus* se refieren a la misma especie, ambos nombres encontrados en estado de “nombre aceptado” y su estado en la lista de verificación como especies aceptadas, quedando *Diapterus peruvianus* con un detalle de estado en sinónimo, también se tuvo en cuenta lo reportado por González-Acosta *et al.*, (2007) en el artículo “Sobre el estatus taxonómico de *Diapterus peruvianus* (Cuvier, 1830) y reposición de *Diapterus brevirostris* (Sauvage, 1879)” para el estatus del nombre de las especies y artículos más recientes donde se encuentra referenciado *Diapterus peruvianus* (Spanopoulos-Zarco *et al.*, 2019; Tinoco-Ajila, 2021; Castillo-Rosas *et al.*, 2022; Muro-Torres *et al.*, 2022).

De igual manera sucede con *Poecilia nelsoni* el nombre valido de *Platypoecilus nelsoni*; de acuerdo con los análisis moleculares se encuentra que *Poecilia nelsoni* es un taxón hermano de *Poecilia butleri* (Palacios *et al.*, 2016) esta especie fue descrita por Meek (1904) y revalidado por Poeser (2003), dependiendo del autor se considera

un sinónimo de *Poecilia sphenops* (Rosen y Bailey, 1963; Lucinda, 2003 citado en Álvarez *et al.*, 2021).

En comparación con el registro de Tapia-García *et al.* (1998) donde se encontraron el 58.4% de las especies, con una coincidencia de 38 especies, 26 especies no encontradas y 27 registros nuevos, dentro de las especies no encontradas se reportan *Galeichthys caerulescens*, *Epinephelus multiguttatus*, *Diapterus aureolus*, *Anisotremus dovii*, *Pomadasys axillaris*, *Pomadasys leuciscus*, *Cichlasoma octofasciatum* y *Gobionellus sagittula*, nombres en estado de inválidos, los nombres aceptados como válidos son *Ariopsis guatemalensis*, *Alphestes multiguttatus*, *Deckertichthys aureolus*, *Genyatremus dovii*, *Haemulopsis axillaris*, *Haemulopsis leuciscus*, *Rocío octofasciata* y *Ctenogobius sagittula* respectivamente.

Dentro de la lista de especies en coincidencia se encuentran *Anisotremus pacifici* y *Pomadasys macracanthus*, nombres encontrados como inválidos, los nombres científicos aceptados respectivamente son *Genyatremus pacifici* y *Rhencus macracanthus*. *Albula vulpes* se reconoce como *Albula esuncula* siendo este el nombre correcto para la especie de *Albula* del Pacífico sur-oriental, se resaltan los casos de *Oligoplites mundus*, tomada en cuenta anteriormente como una especie en su categoría taxonómica correspondiente, el detalle de su estado actual es de sinónimo, y el nombre no es válido, reconociéndose como *Oligoplites altus*. Y *Tylosurus exilis* siendo un nombre no encontrado en las bases de datos de California Academy of Sciences, FishBase/SeaLifeBase, World Register of Marine Species (WORMS), Global Biodiversity Information Facility (GBIF), se consideró como un sinónimo de *Strongylura exilis*, aunque *Tylosurus exilis* se encontró registrada en el Instituto de Biología de la UNAM en la Colección Nacional de Peces (CNPE) bajo la autoridad de Girard, 1854, teniendo esto en consideración el listado de 66 especies reportado anteriormente por Tapia-García *et al.* (1998) presenta 64 especies actualmente.

Al realizar la comparación de manera general se tiene un total de 107 especies de peces reportadas para Laguna Mar Muerto, México; de las cuales se encontró el 44.8% de las especies, teniendo 48 especies en coincidencia y 59 no encontradas, a su vez se tiene un registro de 17 especies agregadas, con estos datos el número total

de especies reportadas es de 124 (Cuadro 13), reportando en el presente trabajo 65 especies correspondientes al 52% del total.

Cuadro 13. Especies de peces reportadas para Laguna Mar Muerto, México; agrupadas por especies en coincidencia, no encontradas y especies agregadas, se señala con una “R” las especies reportadas por Romero-Berny *et al.* (2018) y una “T” las reportadas por Tapia-García *et al.* (1998).

Especies en coincidencia	Especies no encontradas	Especies agregadas
<i>Elops affinis</i> (T-R)	<i>Urotrygon chilensis</i> (R)	<i>Gymnura marmorata</i>
<i>Albula esuncula</i> (T-R)	<i>Urotrygon nana</i> (R)	<i>Opisthopterus dovii</i>
<i>Anchovia macrolepidota</i> (T-R)	<i>Styracura pacifica</i> (R)	<i>Opisthonema bulleri</i>
<i>Anchoa curta</i> (T-R)	<i>Rhinoptera steindachneri</i> (R)	<i>Cathorops fuerthii</i>
<i>Anchoa mundeola</i> (T-R)	<i>Ophichthus zophochir</i> (R)	<i>Tylosurus pacificus</i>
<i>Anchoa ischana</i> (T)	<i>Anchoa lucida</i> (T-R)	<i>Nematistius pectoralis</i>
<i>Lile gracilis</i> (R)	<i>Opisthonema libertate</i> (T-R)	<i>Caranx vinctus</i>
<i>Lile stolifera</i> (T)	<i>Opisthonema medirastre</i> (T)	<i>Selene brevoortii</i>
<i>Cathorops steindachneri</i> (R)	<i>Chanos chanos</i> (T-R)	<i>Sphyræna ensis</i>
<i>Batrachoides waltersi</i> (T-R)	<i>Ariopsis guatemalensis</i> (T-R)	<i>Cyclopsetta querna</i>
<i>Gobiomorus maculatus</i> (R-T)	<i>Ariopsis seemanni</i> (R)	<i>Centropomus armatus</i>
<i>Gobionellus microdon</i> (R-T)	<i>Cathorops liropus</i> (T-R)	<i>Eucinostomus argenteus</i>
<i>Mugil setosus</i> (R-T)	<i>Synodus scituliceps</i> (R)	<i>Pomadasys branickii</i>
<i>Mugil cephalus</i> (T)	<i>Batrachoides boulengeri</i> (R)	<i>Rhencus panamensis</i>
<i>Astatheros macracanthus</i> (R)	<i>Ctenogobius sagittula</i> (T)	<i>Rhonciscus bayanus</i>
<i>Membras gilberti</i> (R)	<i>Microgobius miraflorensis</i> (T)	<i>Orthopristis chalceus</i>
<i>Atherinella guatemalensis</i> (T-R)	<i>Dormitator latifrons</i> (T)	<i>Diodon holocanthus</i>
<i>Hyporhamphus rosae</i> (T-R)	<i>Mugil hospes</i> (R)	
<i>Anableps dowei</i> (T-R)	<i>Atherinella panamensis</i> (R)	
<i>Poeciliopsis fasciata</i> (T-R)	<i>Hyporhamphus naos</i> (R)	
<i>Poeciliopsis turrubarensis</i> (R)	<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> (T)	
<i>Poecilia sphenops</i> (T-R)	<i>Strongylura exilis</i> (T-R)	
<i>Nematistius pectoralis</i> (R)	<i>Poecilia nelsoni</i> (R)	
<i>Oligoplites altus</i> (T-R)	<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (R)	
<i>Oligoplites saurus</i> (T-R)	<i>Alphestes multiguttatus</i> (T-R)	
<i>Oligoplites refulgens</i> (T)	<i>Chloroscombrus orqueta</i> (R)	
<i>Caranx caninus</i> (T-R)	<i>Hemicaranx zelotes</i> (R)	
<i>Achirus mazatlanus</i> (T-R)	<i>Selene orstedii</i> (T-R)	
<i>Achirus scutum</i> (R)	<i>Selene peruviana</i> (R)	
<i>Cyclopsetta panamensis</i> (T)	<i>Syacium ovale</i> (T)	
<i>Etropus crossotus</i> (T-R)	<i>Achirus zebrinus</i> (T)	

<i>Pseudophallus starksii</i> (R)	<i>Trachinotus kennedyi</i> (R)	
<i>Centropomus robalito</i> (T-R)	<i>Trachinotus rhodopus</i> (R)	
<i>Centropomus nigrescens</i> (T)	<i>Hoplopagrus guentherii</i> (R)	
<i>Centropomus viridis</i> (R)	<i>Lutjanus guttatus</i> (T-R)	
<i>Diapterus peruvianus</i> (T-R)	<i>Lutjanus novemfasciatus</i> (R)	
<i>Eucinostomus currani</i> (T-R)	<i>Deckertichthys aureolus</i> (T)	
<i>Eucinostomus gracilis</i> (T-R)	<i>Eucinostomus dowii</i> (T-R)	
<i>Eugerres lineatus</i> (R)	<i>Haemulopsis leuciscus</i> (T-R)	
<i>Gerres simillimus</i> (T-R)	<i>Haemulopsis axillaris</i> (T)	
<i>Genyatremus pacifici</i> (T-R)	<i>Genyatremus dovii</i> (T)	
<i>Rhencus macracanthus</i> (T-R)	<i>Polydactylus opercularis</i> (R)	
<i>Lutjanus argentiventris</i> (T-R)	<i>Bairdiella armata</i> (R)	
<i>Lutjanus colorado</i> (T-R)	<i>Cynoscion stolzmanni</i> (T)	
<i>Polydactylus approximans</i> (T-R)	<i>Cynoscion albus</i> (R)	
<i>Chaetodipterus zonatus</i> (T-R)	<i>Paralonchurus goodei</i> (R)	
<i>Micropogonias altipinnis</i> (T-R)	<i>Pseudupeneus grandisquamis</i> (R)	
<i>Sphoeroides annulatus</i> (T-R)	<i>Kyphosus vaigiensis</i> (R)	
	<i>Chaetodon humeralis</i> (T-R)	
	<i>Amphilophus trimaculatus</i> (R)	
	<i>Rocio octofasciata</i> (T)	
	<i>Dactyloscopus lunaticus</i> (R)	
	<i>Awaous transandeanus</i> (R)	
	<i>Acanthurus xanthopterus</i> (R)	
	<i>Scomberomorus sierra</i> (R)	
	<i>Citharichthys gilberti</i> (T-R)	
	<i>Symphurus elongatus</i> (R)	
	<i>Pseudobalistes naufragium</i> (R)	
	<i>Arothron hispidus</i> (T)	

Espinosa-Pérez (2014) menciona un total de 1 121 especies icticas conocidas para el Pacífico mexicano de las cuales el 15% se encuentran en el golfo de Tehuantepec, las 65 especies encontradas en este estudio representan 5.79% de las especies totales del litoral Pacífico, mientras que el listado final de 124 especies para Laguna Mar Muerto, México, representan un 11.06% de los peces del Pacífico mexicano, y el 73.80% de las 168 especies de peces estimadas para el golfo de Tehuantepec, también se encontró que de las 65 especies de peces *Mugil setosus*, *Mugil cephalus*, *Caranx caninus*, *Centropomus robalito*, *Centropomus nigrescens*, *Diapterus peruvianus*, *Lutjanus argentiventris* y *Lutjanus colorado* se encuentran entre

las 50 especies más consumidas del Pacífico mexicano de acuerdo a la información obtenida de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2015).

8.2. Variables ambientales, Descriptores comunitarios y formación de asociaciones

Los muestreos fueron clasificados dentro de las dos temporadas climáticas presentes en el año para la república mexicana utilizando de referencia los datos meteorológicos proporcionados por CONAGUA, dichos datos son de la estación automática instalada en el Observatorio Meteorológico de Arriaga, la cual era la estación más cercana operando en el periodo de enero 2019 a junio 2021, las bases de datos presentaban meses sin información meteorológica lo cual dificultó la clasificación de los muestreos. Se resalta que la atemporalidad de los muestreos se debe a las restricciones que se tuvieron durante la pandemia de COVID-19, la cual empezó a notarse con varios casos el 27 de febrero del 2020, desarrollándose rápidamente y llegando a los 3 090 445 contagios con 217 769 muertes el 30 de abril del 2020 (Suárez *et al.*, 2020) lo anterior generó fuertes restricciones para la propagación de la pandemia por lo cual no se permitió mantener la temporalidad de muestreo bimensual por lo que las fechas de muestreo se adaptaron a lo permitido durante el periodo de pandemia.

La dinámica del clima es descrita por temporadas de lluvia y secas, en ocasiones agregando una tercera temporada siendo la de nortes o estando dentro de la temporada de secas, esta tercera clasificación es muy utilizada debido a la gran influencia que presentan de manera directa en las condiciones de la localidad, temperatura ambiente y la del agua (Ocampo y Emilson, 1974; Guilbert López, 1996; Montreal Gómez y Salas de León, 1998 citado en Tapia-García *et al.*, 2011), en México la temporada de lluvias se encuentra a mitad de año durante la estación de verano entre los meses de mayo a octubre (García, 1974) mientras que la temporada de secas o estiajes se encuentra entre los meses de noviembre a abril (Arellano-Monterrosas y Ruiz-Meza, 2019), así mismo se reconocieron los muestreos de diciembre del 2019,

febrero del 2020, diciembre del 2020 y marzo 2021 dentro de la temporada de secas o estiajes y los muestreos de octubre del 2020 y julio del 2021 en temporada de lluvias.

La riqueza puede estar asociada a factores como el patrón estacional, la diversidad de hábitats y el área dentro de la laguna (Romero-Berny *et al.*, 2018). Las capturas por muestreo pueden presentar variaciones entre las distintas épocas del año teniendo valores altos de diversidad en los meses correspondientes a época de lluvias y en invierno los valores más bajos (Habit *et al.*, 2003).

Diversos estudios muestran y señalan como la variación espacio-temporal es muy marcada por diversos factores, como la descarga de agua dulce, entrada de agua marina, cambios climáticos entre otros, estas variaciones influyen en la estructura y organización de las comunidades de peces, modificando la riqueza, composición, distribución y abundancia en las especies (Aguirre-León *et al.*, 2014); los resultados muestran a octubre del 2020 como el mes con el mayor valor tanto en riqueza como en diversidad estando dentro de la temporada de lluvias, los dos muestreos de diciembre (2019 y 2020) estando en el periodo de secas presentan el mismo valor de riqueza, siendo mayor al mes de junio (2022), el mes de marzo del 2021 tiene la segunda riqueza más alta.

De acuerdo con Tapia-García *et al.* (1998) la menor abundancia se presenta en la parte más interna de la laguna y la mayor abundancia de especies en la parte sureste donde se obtiene la mayor influencia por parte de la zona marina, del registro de 66 especies (65 después del descarte de *Oligoplites mundus*), las especies dominantes por amplia distribución fueron *D. peruvianus*, *L. stolifera*, *A. mundeola*, *A. lucida*, y *C. robalito*, reportaron dominancia de *A. macrolepidota*, *A. guatemalensis*, *P. fasciata* y *P. sphenops* para algunos meses, mientras que *A. guatemalensis*, *P. fasciata* y *P. sphenops* se encuentran principalmente en zona interna de la laguna y *D. peruvianus*, *L. stolifera*, *A. mundeola* y *A. lucida* están asociadas a la zona marina.

En promedio la parte media de la laguna obtuvo los valores más altos de riqueza (estación 5,6,7 y 8), en contraste con las estaciones en la parte marina (9,10,11 y 12)

que presentan los mayores valores de diversidad y valores altos de equidad, este resultado coincide con el reporte de Tapia-García *et al.* (1998).

Diapterus peruvianus y *Anchovia macrolepidota* presentan una dominancia por amplia distribución en los meses de muestreo y estaciones de forma general, la mayor diferencia fue el caso de *Diapterus peruvianus* que anteriormente se reportó su dominancia hacia la parte marina, se encontró que dicha dominancia se encontraba principalmente en la parte interna, esto se puede deber a que siendo una especie marina, también utiliza los estuarios y lagunas costeras como áreas de crianza obteniendo una mayor cantidad de individuos en los estuarios ligados a desembocaduras de ríos (Peña, 1996).

Las asociaciones creadas a partir de la matriz de abundancias entre meses de muestreo dan como resultado la formación de tres grupos, de acuerdo al índice de Bray-Curtis con un 60 % de disimilitud (40 % de similitud), estos grupos también están relacionados por las incidencias de especies dentro de los meses de muestreos, el análisis de forma espacial recrea cuatro grupos con una disimilitud del 70 % (30 % de similitud) el parentesco de estos grupos se da por la relación entre las asociaciones de peces que muestran tener similitud en cuanto a su distribución a lo largo del sistema lagunar por especies que presentan un alto nivel de dominancia (Tapia-García *et al.*, 1998), el grupo tres muestra relación entre los ensamblajes de la zona interna y parte media de la laguna, el grupo uno y dos están conformados por estaciones pertenecientes a la zona marina de la laguna, se resalta que dentro de estos grupos *Cyclopsetta panamensis* sólo se encuentra dentro del grupo I y *Cyclopsetta querna* se encuentra en el grupo II; de acuerdo con Partida-Santos (2013), estas especies tienen una alta especialización alimenticia, ambas especies tienen una baja interacción trófica entre ellas teniendo como resultado un bajo nivel de traslape de nicho reduciendo la competencia por recursos.

8.3. Clasificación de los subsistemas y descriptores ecológicos

El análisis de discriminantes separó tres grupos, el grupo formado por las estaciones 9, 10, 11 y 12 está influenciado por una alta salinidad y como consecuencia presentan una alta conductividad, el grupo de las estaciones 5, 6, 7 y 8 presenta altos valores de profundidad mientras que el grupo conformado por las estaciones 1, 2, 3 y 4 es de poca transparencia y de bajos niveles de salinidad, estos grupos son similares a los presentados por Tapia-García *et al.* (2011) en donde se describen tres subsistemas dentro del sistema lagunar Mar Muerto, denominados: subsistema eurihalino, subsistema de transición y subsistema marino; menciona que estos subsistemas están principalmente definidos por los datos promedios de profundidad, salinidad y temperatura, también menciona como la transparencia es un factor para su clasificación, estos parámetros internos de la laguna son influenciados por ambas temporadas climáticas de la región.

El subsistema eurihalino se encuentra dentro de la parte interna de la laguna, presenta variaciones en los niveles de salinidad a lo largo del año y niveles bajos de profundidad, la parte interna de la laguna presenta la menor abundancia de especies y una vegetación costera escasa (Tapia-García *et al.*, 2011), se encontró también como el subsistema con la menor diversidad y alta dominancia de especies, como se presentó anteriormente el caso de *Diapterus peruvianus* donde se puede encontrar una mayor abundancia en la parte interna de la laguna al usarla como área de crianza, este subsistema es el que registró los valores más bajos de oxígeno disuelto.

El subsistema de transición que constituye la parte central de la laguna y como el nombre lo indica presenta un área de transición entre el subsistema eurihalino y el marino, dependiendo de la temporada climática se diferencia a mayor nivel del subsistema eurihalino en ocasiones se nota un traslape entre ambos subsistemas por sus bajos niveles de salinidad y el subsistema marino caracterizado por su alta influencia marina ubicado en la parte externa de laguna, presenta los niveles más altos de salinidad, también se describe una abundante vegetación litoral donde predomina el mangle (Tapia-García *et al.*, 2011).

La presencia de la vegetación anteriormente descrita en el subsistema marino se considera como el factor por el cual presentó los niveles más altos en su concentración de oxígeno disuelto, al ser el subsistema que se encuentra en contacto con la boca de la laguna ocurre un intercambio directo de especies marinas, de igual manera la variabilidad de especies así como la abundancia es mayor en las localidades donde se presenta vegetación al ser áreas de alimentación y protección para las especies (Castillo-Rivera y Zárate-Hernández, 2001) por lo que el subsistema marino muestra los valores más altos de riqueza y diversidad con un alto valor de equidad por lo que la dominancia de especies es baja en comparación con el subsistema eurihalino que muestra una alta dominancia de especies.

8.4. Análisis de similitud entre ensamblajes de peces y su relación con el ambiente

La prueba estadística ANOSIM indicó que no hay diferencias significativas entre los ensamblajes de peces agrupados de manera temporal, por lo que estadísticamente no se encontró influencia por parte de las temporadas climáticas sobre los ensamblajes de peces, la prueba SIMPER también muestra similitud dentro de los ensambles, teniendo parentesco entre las especies con mayor aporte, siendo estas *Gerres simillimus* y *Diapterus peruvianus*.

La prueba de ANOSIM por factor espacial muestra diferencias significativas entre la comparación de los ensamblajes por subsistemas, se encontraron dos grupos bien diferenciados, el de los muestreos realizados dentro del subsistema eurihalino y el subsistema marino, ambos grupos convergen dentro del grupo del subsistema de transición como se observa en el análisis multivariado MDS, al realizar la comparación entre los ensamblajes por medio del análisis SIMPER se observa que el subsistema marino es el más disímil, presenta la mayor riqueza de especies de las cuales *Eucinostomus currani* y *Atherinella guatemalensis* presentan las mayores abundancias promedio, mientras que el subsistema eurihalino y el de transición tienen a *Diapterus peruvianus* como la especie con mayor abundancia promedio, esta misma especie es

la que proporciona el mayor porcentaje de disimilitud y que se presenta en grandes cantidades dentro del subsistema eurihalino, esta abundancia decrece a lo largo de su distribución en la laguna, llegando a presentar bajas abundancias dentro del subsistema marino, siendo así las especies que mejor tipifican a los ensamblajes son las especies raras o las que se presentan en menores cantidades (Peralta-Meixueiro, 2006).

Al comparar los descriptores ecológicos con los parámetros ambientales mediante la prueba de Spearman no se encontraron diferencias significativas a excepción del pH que muestra tener un valor de $p < 0.05$ en su correlación con la abundancia y la biomasa, a su vez el pH está correlacionado con la salinidad que muestra valores de $p < 0.05$ en su relación con la conductividad y el oxígeno disuelto; como menciona Ayala-Pérez (2014) la salinidad y temperatura pueden definir el pH, y como el oxígeno disuelto cambia rápidamente dependiendo de la temperatura y salinidad, el análisis de discriminantes muestra los niveles más altos de pH dentro del subsistema eurihalino, mismo subsistema donde se encuentran las mayores abundancias, las especies relacionadas a la parte interna de la laguna se le atribuyen el uso del área como zonas de crianza.

El ACC muestra a las variables de salinidad, pH, profundidad y oxígeno disuelto como las principales que estructuran los ensamblajes de peces, *Eucinostomus gracilis*, *Eucinostomus currani*, *Achirus mazatlanus*, *Lutjanus argentiventris*, *Poecilia sphenops*, *Centropomus robalito* pertenecen al grupo de especies influenciadas por la variable salinidad; sin embargo, estas especies son de amplia distribución al encontrarse dentro de los tres subsistemas, si bien no son especies exclusivas del subsistema marino, es en esta misma área de la laguna donde se encuentran las mayores abundancias, de acuerdo a Arceo-Carranza *et al.* (2010) la salinidad se considera la variable hidrológica que mejor estructura los ensamblajes de peces, de igual manera Peralta-Meixueiro y Vega-Cendejas (2011) encontraron a la salinidad como el factor ambiental más importante mediante un Análisis de Correlación Canónica, siendo la variable estructurante de los ensamblajes de peces con una varianza acumulada en la relación especie-ambiente de 62.9%; *Poeciliopsis fasciata* repite el caso de las

especies anteriores en su relación con la variable pH, siendo una especie de amplia distribución, pero prefiriendo ambientes con valores de pH más altos dentro de la laguna como *Gobiomorus maculatus* que sólo se registró dentro del subsistema eurihalino y el ACC muestra una relación de esta especie con el incremento del pH.

Eugerres lineatus está asociado principalmente al oxígeno disuelto, encontrándose solamente dentro del subsistema marino, este subsistema es donde se encontraron los valores más altos en promedio de oxígeno, seguido del subsistema de transición donde *Rhonciscus bayanus* y *Poeciliopsis pleurospilus* se encuentran sólo en este subsistema y también están asociados a valores altos de oxígeno disuelto de acuerdo al ACC; por lo que el oxígeno disuelto favorece o limita la presencia de especies en sistemas acuáticos costeros, las variaciones espaciales de este parámetro se asocian a organismos fotosintéticos y los procesos de corriente y mezcla que ocurren en mayor cantidad en las zonas cercanas a la boca de las lagunas costeras donde tienen conexión con el mar (Marshall y Elliott, 1998; Azevedo *et al.*, 2007, citado en Aguirre-León *et al.* 2014).

El ACC no relacionó a *Centropomus nigrescens*, *Lile stolifera*, *Tylosurus pacificus*, *Genyatremus pacifici*, *Chaetodipterus zonatus*, *Micropogonias altipinnis* y *Mugil setosus* a ninguna variable ambiental en específico, a pesar de que *Centropomus nigrescens*, *Tylosurus pacificus* y *Chaetodipterus zonatus* sólo se encontraron presentes en el subsistema marino, *Lile stolifera*, *Genyatremus pacifici* y *Micropogonias altipinnis* sólo se presentaron dentro del subsistema eurihalino, a diferencia de *Mugil setosus* que se encontró en todos los subsistemas teniendo su mayor abundancia promedio dentro de subsistema de transición, para estos casos se tiene presente que en este estudio se están correlacionando la especies directamente con variables ambientales y estas a su vez, la relación con los descriptores ecológicos. La preferencia de hábitats dentro de un sistema lagunar costero por parte de las especies ícticas puede depender también del resultado del conjunto de variables, si bien un parámetro puede mostrar estadísticamente la relación ambiente-ensamblaje, la distribución también depende fuertemente de otros factores como, las preferencias de las especies en distintas etapas de crecimiento ya que dependiendo del ambiente

estos proveen de protección a los peces en estadios juveniles de los depredadores o alimento que sostiene la alta abundancia de especies no solo ícticas sino también de invertebrados, por lo que hay sistemas que pueden exportar nutrientes esenciales a las tramas alimenticias de las especies (Beck *et al.*, 2003, citado en Vega-Cendejas y Hernández-de-Santillana, 2014).

IX. CONCLUSIONES

- La riqueza encontrada en la Laguna Mar Muerto es de 65 especies pertenecientes a 43 géneros, 31 familias y 19 órdenes, y la riqueza total reportada incluyendo el presente trabajo es de 24 órdenes con 47 géneros y 124 especies (ver anexo IV).
- El clima de la región se describe por dos temporadas ligadas a la presencia de lluvias, siendo temporadas de lluvias y secas o estiajes, estas temporadas influyen directamente en la dinámica del cuerpo de agua de la laguna Mar Muerto.
- De acuerdo con el IVIR las especies ícticas dominantes en la laguna Mar Muerto son *Diapterus peruvianus*, seguido de *Gerres simillimus* y *Anchovia macrolepidota*.
- Los resultados del análisis de discriminantes reconocen tres zonas denominadas subsistemas dentro de la laguna, dependiendo de la temporalidad se puede encontrar variación en la distinción de estos subsistemas.
- La parte externa de la laguna o subsistema marino es el más diverso y en donde se encuentra la menor dominancia de especies, la parte media o subsistema de transición presenta la mayor riqueza, mientras que la parte interna de la laguna o subsistema eurihalino tiene la mayor dominancia de especies.
- De acuerdo con el análisis estadístico SIMPER las especies de peces de mayor aporte en los subsistemas son *Diapterus peruvianus* y *Gerres simillimus*.
- Mediante la prueba de Spearman se encontró al pH como la única variable fisicoquímica que muestra una relación directa con los descriptores ecológicos, siendo estadísticamente significativo en su relación con la abundancia y la biomasa.
- Con base en el Análisis de Correspondencia Canónica el pH, oxígeno disuelto y salinidad son los principales parámetros que estructuran a los ensamblajes de peces, la profundidad muestra importancia en la preferencia o relación del ambiente con la ictiofauna.

- Se encontró un grupo de especies que no están relacionadas a un parámetro fisicoquímico en particular, por lo que se presume a su preferencia de ambiente el estar ligado a una estabilidad de condiciones ambientales o factores en función del área como zonas de crianza, protección o alimentación.

X. RECOMENDACIONES

- Realizar muestreos en continuidad temporal para una mejor interpretación de los datos.
- De ser posible utilizar información meteorológica de distintas estaciones climatológicas automatizadas cercanas al área de estudio para definir las temporadas climáticas con mayor precisión.
- Tomar en cuenta los parámetros de sólidos totales, fósforo, potasio, nitritos y nitratos como variables para describir los subsistemas.
- Tomar en cuenta las condiciones ambientales del área como zonas de crianza, protección o alimentación que permitan demostrar la importancia de los subsistemas como zonas de importancia para la ecología y desarrollo de las especies.
- Utilizar artes de pesca o formas de colecta que permitan la recolección de especies dentro del mangle para la mayor obtención de muestras que permitan aumentar el registro de especies.
- Tomar en cuenta la vegetación acuática para establecer su relación entre el ambiente y las especies encontradas en el área.
- Evaluar relaciones talla-peso para conocer el tipo de crecimiento y estimar factor de condición.
- Evaluar contenido estomacal a fin de encontrar elementos para realizar estudios de dinámica trófica.

XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Aguirre-León, A., Pérez-Ponce, H. E., y Díaz-Ruiz, S. 2014. Heterogeneidad ambiental y su relación con la diversidad y abundancia de la comunidad de peces en un sistema costero del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 62(1), 157-176
- Álvarez-Guillen, H; Yáñez-Arancibia, A y Lara-Domínguez, A. L. 1985. Ecología de la boca del Carmen, Laguna de Términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 13: 185-242.
- Álvarez, S., F., González-Murcia, S., D McMahan, C., y Matamoros, W. 2021. Peces ciprinodontiformes de El Salvador. *Cuadernos de Investigación UNED*, 13 (1).
- Allen, G. R. y Robertson, D. R. 2015. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de Información en línea. Versión 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- Anzueto-Calvo, M., Velázquez-Velázquez E., Gómez-Gonzalez A., Quiñones, R., y Joyce-Olson B. 2013. Peces de la reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez. Chiapas. México.
- Arango-Rojas, A., Jiménez-Segura, L. F. y Palacio-Baena, J. A. 2008. Variación espacio-temporal de la asociación de especies de peces en la laguna de Cachimbero, un humedal en la cuenca media del río Magdalena, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 30(89): 161-169.
- Arellano-Monterrosas, J. L., y Ruiz-Meza, L. E. 2019. Variabilidad climática y eventos extremos en la cuenca del río Zanatenco, Chiapas. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(3), 249-274.

- Arceo-Carranza, D., Vega-Cendejas, M. E., Montero-Muñoz, J. L. y Hernández de Santillana, M. J. 2010. Influencia del hábitat en las asociaciones nictimerales de peces en una laguna costera tropical. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81(3): 823-837.
- Ayala-Pérez, L. A., Vasco-Villa, O., y Sosa-López, A. 2014. Evaluación de las asociaciones de peces dominantes influenciadas por el ciclo nictemeral y la variación temporal en la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche, México. *CienciaUAT*, 9(1), 33-43.
- Castillo-Rivera, M., y Zárate-Hernández, R. 2001. Patrones espacio-temporales de la abundancia de peces en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. *Hidrobiológica*, 11(1), 75-84.
- Castillo-Rosas, B. R., Barjau-González, E., López-Viva, J. M., Armenta-Quintana, J. Á., Aguilar-Parra, J., y Aispuro-Felix, E. E. 2022. Variation of Density and Biomass of the Ichthyofauna Associated to Soft Bottoms of a Western Coastal Lagoon of BCS, Mexico: A Recent Study. *Research Aspects in Biological Science* Vol. 3, 64-82.
- Castillo, S., Ulloa R., y Alvarado. D. 2009. Regionalización en base a indicadores ambientales en cuatro áreas marinas de México. Informe Final a la Red Iberoamericana de Ecosistemas. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, México.
- Castro-Aguirre, J. L. 1982. Los peces de las lagunas Oriental y Occidental, Oaxaca, México y sus relaciones con la temperatura y salinidad. II. Análisis multifactorial. *In Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*. Vol. 26, No. 1-4, pp. 85-100.
- Castro-Aguirre J.L, Espinosa, H.S y Schmitter-Soto, J.J. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. LIMUSA. México. Pp. 711.

- Cervantes-Castro, D. 1969. Estabilidad de la costa a la laguna del Mar Muerto, Chiapas, México. Pp. 367-376. In: C.A. Ayala y F.B. Phleger (eds.). *Lagunas costeras, un simposio: Memorias del Simposio Internacional de Lagunas Costeras*. UNAM UNESCO. México, DF.
- Clarke, K. R. y Green, R. H. 1988. Statistical Design and Analysis for a 'Biological Effects' Study. *Marine Ecology Progress Series* (46): 213-226.
- Clarke, K. R. y Gorley, R. 2001. *PRIMER V5: User Manual / Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth, U. K. 91.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2015. Peces comerciales de México: Océano Pacífico. <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janiumbin/detalle.pl?Id=20221012185759>. Consultado el 8 de octubre de 2022.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2022. ¿Cuántas especies hay? <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp>. Consultado el 8 de febrero del 2023.
- Contreras, F. 1988. *Las lagunas costeras mexicanas*. Centro Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca. México, DF.
- Díaz-Ruiz, S., Aguirre-León, A. y Cano-Quiroga, E. 2006. Evaluación ecológica de las comunidades de peces en dos sistemas lagunares estuarinos del sur de Chiapas, México. *Hidrobiológica*, 16(2): 197-210.
- Díaz-Ruiz, S., Aguirre-León, A., Mendoza-Sánchez, E., y Lara-Domínguez, A. L. 2018. Factores ambientales que influyen en la ictiofauna de la laguna La Mancha, sitio Ramsar, Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 66(1): 246-265.
- Eschmeyer, W., R. Fricke, J. Fong y D. Polack. 2010. Marine fish diversity: history of knowledge and discovery (Pisces). *Zootaxa* 2525: 19-50

- Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 450-459.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., van der Laan R. (eds) 2022. Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Consultado el 5 de octubre del 2022.
- García, E. 1974. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Investigaciones geográficas*, (5), 7-20.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- García-Seoane, E., Dolbeth, M., Silva, C. L., Abreu, A. y Rebelo, J. E. 2016. Changes in the fish assemblages of a coastal lagoon subjected to gradual salinity increases. *Marine environmental research*, 122, 178-187.
- Gomez-González, A. E., Velazquez-Velazquez, E., Rodiles-Hernández, R., Gonzalez-Diaz, A. A., Gonzalez-Acosta, A. F. y Castro-Aguirre, J. L. 2012. A checklist of the ichthyofauna from La Encrucijada Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(3), 674-686.
- González-Acosta, A. F., Rodiles-Hernández, R. y González-Díaz, A. A. 2018. Checklist of the marine and estuarine fishes of Chiapas, Mexico. *Marine Biodiversity*, 48, 1439-1454.
- González-Acosta, A. F., Béarez, P., Álvarez-Pliego, N., De La Cruz-Agueero, J. y Castro-Aguirre, J. L. 2007. Sobre el estatus taxonómico de *Diapterus peruvianus* (Cuvier, 1830) y reposición de *Diapterus brevirostris* (Sauvage, 1879) (Teleostei: Gerreidae). *Cibio*, 31 (3), 369-377.

- González-Sansón, G., Aguilar-Betancourt, C., Kosonoy-Aceves, D., Lucano-Ramírez, G., Ruiz-Ramírez, S., y Flores-Ortega, J. R. 2016. Variaciones espaciales y temporales de la abundancia de peces juveniles en la laguna costera Barra de Navidad, Jalisco, México: Efectos del huracán. *Revista de biología marina y oceanografía*, 51(1), 123-136.
- Habit, E., Victoriano, P., y Rodríguez-Ruiz, A. 2003. Variaciones espacio-temporales del ensamble de peces de un sistema fluvial de bajo orden del centro-sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 76(1), 3-14.,
- Hernández-Cruz, J. J. 2016. Diversidad ictiofaunística de la cuenca media del río Grijalva, sección Venustiano Carranza-Chiapa de Corzo, Chiapas, México. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México. Chiapas.
- Hernández-Roque, J. A., Romero-Berny, E. I. y López-Vila, J. M. 2018. Ictiofauna de descarte en la pesca artesanal de camarones (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*) en la laguna costera Mar Muerto, Golfo de Tehuantepec, México. *Journal of Marine and Coastal Sciences*, 51-76.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. 2001. Paleontological statistics software package for education and data analysis. –*Paleontologia Electronica* 4/1: 1–9.
- Krebs, C. J. 1988. *Ecological Methodology*. Benjamin/Cumming. California, USA. Pp. 620.
- Lagler, F. K., J. E. Bardach, R. R. Miller y D. R. M. Passino. 1984. *Ictiología*. Ed. AGT S. A. México. Pp. 489.
- Lankford, R. R. 1977. Coastal Lagoons of México. Their origin and classification. In: Wiley, M. (Ed), *Estuarine process. Estuarine Research Federation conference*. Academic Press Inc. New York, 2: 182-2015.
- Lincoln, R.J., G. A., Boxsball y P. F., Clark. 1995. *Diccionario de ecología, evolución y taxonomía*. Fondo de cultura económica. México. 488 pp

- Ludwing, J. A. y Reynolds J. F. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons. USA. Pp. 377.
- Maciel-Mata, C. A., Manríquez-Morán, N., Octavio-Aguilar, P. y Sánchez-Rojas, G. 2015. El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta universitaria*, 25(2), 03-19.
- Magurran, A. E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Vedral. España. Pp. 200.
- Meek, S. E. 1904. *The fresh-water fishes of Mexico north of the Isthmus of Tehuantepec* (Vol. 5). Chicago: Field Columbian Museum.
- Melic, A. 1993. Biodiversidad y riqueza biológica: Paradojas y problemas. *Zapateri: Revista aragonesa de entomología*, 3, 97-103.
- Mera-Ortiz, G., Ruiz-Campos, G., Gómez-González, A. E. y Velázquez-Velázquez, E. 2016. Composición y abundancia estacional de aves acuáticas en tres paisajes de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas. *Huitzil*, 17(2): 251-261.
- Miller R.R, Minckley, W.L. y Norris, S.M. 2005. *Freshwater fishes of México*. University of Chicago Press. Chicago. Pp. 652.
- Muro-Torres, V., Amezcua, F., Ramírez-Ortiz, G., Flores-de-Santiago, F., Amezcua-Linares, F., y Hernández, Y. 2022. Evaluación de la relación espaciotemporal entre hábitats costeros y ensamblajes de peces en dos estuarios neotropicales del Pacífico mexicano. *Diversidad*, 14 (8), 619.
- Nelson, J. S. Grande, T. C. y Wilson, M. V. (2016). *Fishes of the World*. John Wiley and Sons. Pp. 711.
- Núñez-Orozco, A. L., Labastida-Che, A. y Oviedo-Piamonte, J. A. 2013. Composición y abundancia de la ictiofauna en la franja sublitoral del golfo de Tehuantepec, Oaxaca/Chiapas, México. *Ciencia Pesquera*, 21(2): 29-40.
- Odum, E. P. 1972. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana. México. Pp. 639.

- Palacios, M., Voelker, G., Rodriguez, L. A., Mateos, M., y Tobler, M. 2016. Phylogenetic analyses of the subgenus *Mollienesia* (Poecilia, Poeciliidae, Teleostei) reveal taxonomic inconsistencies, cryptic biodiversity, and spatiotemporal aspects of diversification in Middle America. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 103, 230-244.
- Partida-Santos, D. J. 2013. Ecología trófica comparativa de dos lenguados simpátricos [*Cyclopsetta querna* y *Cyclopsetta panamensis* (Paralichthyidae)] en el sureste del Golfo de California.
- Padilla-Serrato, J., López-Martínez, J., Rodríguez-Romero, J., Acevedo-Cervante, A., Galván-Magaña, F. y Lluch-Cota, D. 2017. Changes in fish community structures in a coastal lagoon in the Gulf of California, México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 52(3), 567-579.
- Padilla-Serrato, J., López-Martínez, J., Rodríguez-Romero, J., Lluch-Cota, D., Galván-Magaña, F. y Acevedo-Cervantes, A. 2016. Composición y aspectos biogeográficos del ensamble de peces de la laguna costera Las Guásimas, Sonora, México. *Latin american journal of aquatic research*, 44(1), 85-98.
- Peña, J. C., López, Y. S., y Hernández, M. M. 1996. Crecimiento de *Diapterus peruvianus* (Pisces: Gerridae) en los estuarios de los ríos Damas y Palo Seco, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 935-937.
- Peralta-Meixueiro, M. A., 2006. Relación entre hábitats y ensamblajes de peces en la reserva de la Reserva de la Biósfera Ría Lagartos, Tesis de Maestría. Centro de investigación y de estudios avanzados del Politécnico Nacional Unidad Mérida. México Mérida, Yucatan.
- Peralta-Meixueiro, M. A., y Vega-Cendejas, M. E. 2011. Spatial and temporal structure of fish assemblages in a hyperhaline coastal system: Ría Lagartos, Mexico. *Neotropical Ichthyology*, 9, 673-682.
- Poeser, F. N. 2003. From the Amazonriver to the Amazon molly and back again. IBED, Universiteit van Amsterdam.

- Por, F. D. 1972. Notas hidrobiológicas sobre las aguas de alta salinidad de la península del Sinaí. *Biología Marina*. 14 (2): 111-119.doi: 10.1007/BF00373210. S2CID 86601297.
- Postma, H. Lagunas Cosieras. 1969. Un simposio. Chemistry of coastal lagoons. In: C. A. Ayala y F. B. Phleger. UNAM / UNESCO.
- Ramírez, A. y Gutiérrez-Fonseca, P. E. 2016. Sobre conjuntos y ensamblajes ecológicos-respuesta a Monge-Nájera. *Revista de biología tropical*, 64 (2), 817-819.
- Rodríguez-Climent, S., Caiola, N. y Ibáñez, C. 2013. Salinity as the main factor structuring small-bodied fish assemblages in hydrologically altered Mediterranean coastal lagoons. *Scientia Marina*, 77(1), 37-45.
- Rodríguez-Romero, J., López-González, L. D. C., Galván-Magaña, F., Sánchez-Gutiérrez, F. J., Inohuye-Rivera, R. B. y Pérez-Urbiola, J. C. 2011. Cambios estacionales de la comunidad de peces asociada a zonas de manglar en una laguna costera de Baja California Sur, México. *Latin american journal of aquatic research*, 39(2), 250-260.
- Romero-Berny, E. I., Velázquez-Velázquez, E., Anzueto-Calvo, M. J., Urbina-Trejo, E. y Schmitter-Soto, J. J. 2018. The fish fauna of three lagoon-estuarine systems in the northeastern Gulf of Tehuantepec, Mexican south Pacific. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89, 1: 87-100.
- Romero-Berny, E. I., Velázquez-Velázquez, E., Schmitter-Soto J. J. y Salgado-Ugarte, I. H. 2020. La influencia del hábitat en la dinámica espacio-temporal de los ensambles de peces en un sistema lagunar-estuarino del Pacífico mexicano. *Revista latinoamericana de investigaciones acuáticas*, 48 (1), 23-37.
- Sandoval-Huerta, E. R., Madrigal-Guridi, X., Escalera-Vázquez, L. H., Medina-Nava, M. y Domínguez-Domínguez, O. 2014. Estructura de la comunidad de peces en cuatro estuarios del Pacífico mexicano central. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 85(4): 1184-1196.

- Sistema de Venecia .1959. La resolución final del simposio sobre la clasificación de aguas salobres. *Archo Oceanogr. Limnol.*, 11 (supl.): 243–248.
- Spanopoulos-Zarco, P., Ruelas-Inzunza, JR, Meza-Montenegro, MM, Bojórquez-Leyva, H., y Páez-Osuna, F. 2019. Distribución y evaluación de riesgos para la salud de Cd y Pb en dos peces marinos (*Haemulopsis axillaris* y *Diapterus peruvianus*) del Pacífico Oriental. *Investigación de la ciencia ambiental y la contaminación*, 26 (17), 17450-17456.
- Statgraphics Centurion, X. V. I. Statpoint Technologies. INC. version,16, 17. 2009.
- Suárez, V., Quezada, M. S., Ruiz, S. O., y De Jesús, E. R. 2020. Epidemiología de COVID-19 en México: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020. *Revista clínica española*, 220(8), 463-471.
- Tapia-García, M., y Mendoza-Rodríguez, R. 2005. Composición y abundancia de la ictiofauna de las lagunas Superior e Inferior, Oaxaca, México. *Actualidades Biológicas*, 27(82): 57-65.
- Tapia-García M., Abad, García-Abad M.C., Penagos García, F.E., Moreno Ruiz, J.L., Juárez Hernández, L.J., Ramírez Gutiérrez, J.M. y Herrera Olayo, D. 2011. Subsistemas hidrológicos de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Lacandonia*, 5(1): 97-112.
- Tapia-García, M., Suárez Núñez, C., Cerdaneres, G., de Guevara, L., Montes, M. y Abad, G. 1998. Composición y distribución de la ictiofauna en la Laguna del Mar Muerto, Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 46(2): 277-284.
- Tinoco-Ajila, S. M. 2021. Diversidad ictiológica en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, Ecuador. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Ecuador Guayaquil.

- Vega-Cendejas, M., y Hernández-de-Santillana, M. 2014. Ictiofauna que habita los sistemas costeros del parque marino Isla Contoy. *CienciaUAT*, 9(1), 44-59.
- Velázquez-Velázquez, E., Vega-Cendejas, M. E. y Navarro-Alberto, J. 2008. Spatial and temporal variation of fish assemblages in a coastal lagoon of the Biosphere Reserve La Encrucijada, Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 557-574.
- Villarroel, P. R. 1994. Estructura de las comunidades de peces de la laguna de Raya, Isla de Margarita, Venezuela. *Ciencias Marinas*, 20(1): 1-26.
- Whitfield, A. K., Weerts, S. P., y Weyl, O. L. 2017. A review of the influence of biogeography, riverine linkages, and marine connectivity on fish assemblages in evolving lagoons and lakes of coastal southern Africa. *Ecology and evolution*, 7(18), 7382-7398.
- Wootton R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall, New York, New York.
- Yáñez-Arancibia, A. 1987. Lagunas costeras y estuarios: cronología, criterios, y conceptos para una clasificación ecológica de sistemas costeros. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 39.
- Yáñez-Arancibia, A y Sanchez-Gil, P. 1988. Ecología de los Recursos Demersales Marinos (Fundamentos en costas tropicales). AGT Editoriales, México. Pp.228.
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N. J. Pp. 620.

ANEXOS

Anexo I.

Distribución espacial y temporal de los peces en la Laguna Mar Muerto, México. diciembre 2019 – junio 2021.

(-)

Ausente – (X) Presente.

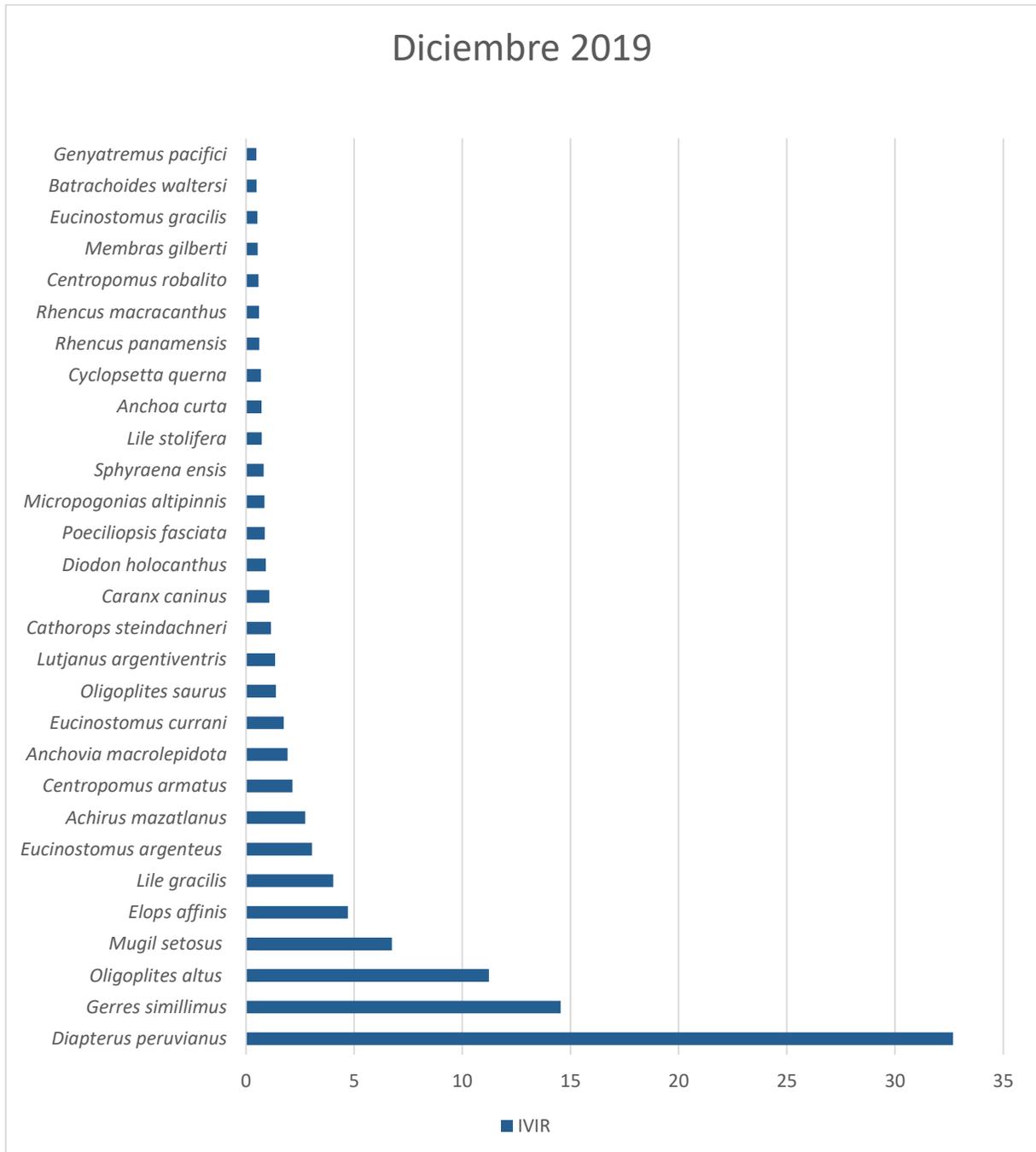
Subsistema Especie/Estación	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL												DISTRIBUCIÓN TEMPORAL					
	Subsistema eurihalino				Subsistema de transición				Subsistema marino				MESES					
	EI	EII	EIII	EIV	EV	EVI	EVII	EVIII	EIX	EX	EXI	EXII	DIC.19	FEB.20	OCT.20	DIC.20	MAR.21	JUN.21
<i>Gymnura marmorata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-
<i>Elops affinis</i>	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X
<i>Albula esuncula</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Opisthopterus dovii</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Anchovia macrolepidota</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Anchoa mundeala</i>	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	-	-	X	-	X	-	-
<i>Anchoa ischana</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Anchoa curta</i>	X	X	-	X	X	X	X	-	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X
<i>Lile gracilis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Lile stolifera</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Opisthonema bulleri</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-
<i>Cathorops fuerthii</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Cathorops steindachneri</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	X	X	-
<i>Batrachoides waltersi</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	-	X	-	X	X
<i>Gobiomorus maculatus</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Gobionellus microdon</i>	X	-	-	X	-	X	X	X	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X

<i>Mugil setosus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-
<i>Mugil cephalus</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Astatheros macracanthus</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Membras gilberti</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Atherinella guatemalensis</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	X	X
<i>Hyporhamphus rosae</i>	-	-	X	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Tylosurus pacificus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Anableps dowei</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Poeciliopsis turrubarensis</i>	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Poeciliopsis fasciata</i>	-	X	X	X	X	-	X	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	-
<i>Poecilia sphenops</i>	-	X	-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	X	X	X	-
<i>Nematistius pectoralis</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X
<i>Oligoplites altus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oligoplites saurus</i>	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X
<i>Oligoplites refulgens</i>	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X	-	X
<i>Caranx caninus</i>	X	-	-	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	-
<i>Caranx vinctus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Selene brevoortii</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	X	X
<i>Sphyraena ensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Achirus mazatlanus</i>	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X
<i>Achirus scutum</i>	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X
<i>Cyclopsetta querna</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Cyclopsetta panamensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Etopus crossotus</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X
<i>Pseudophallus starksii</i>	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X

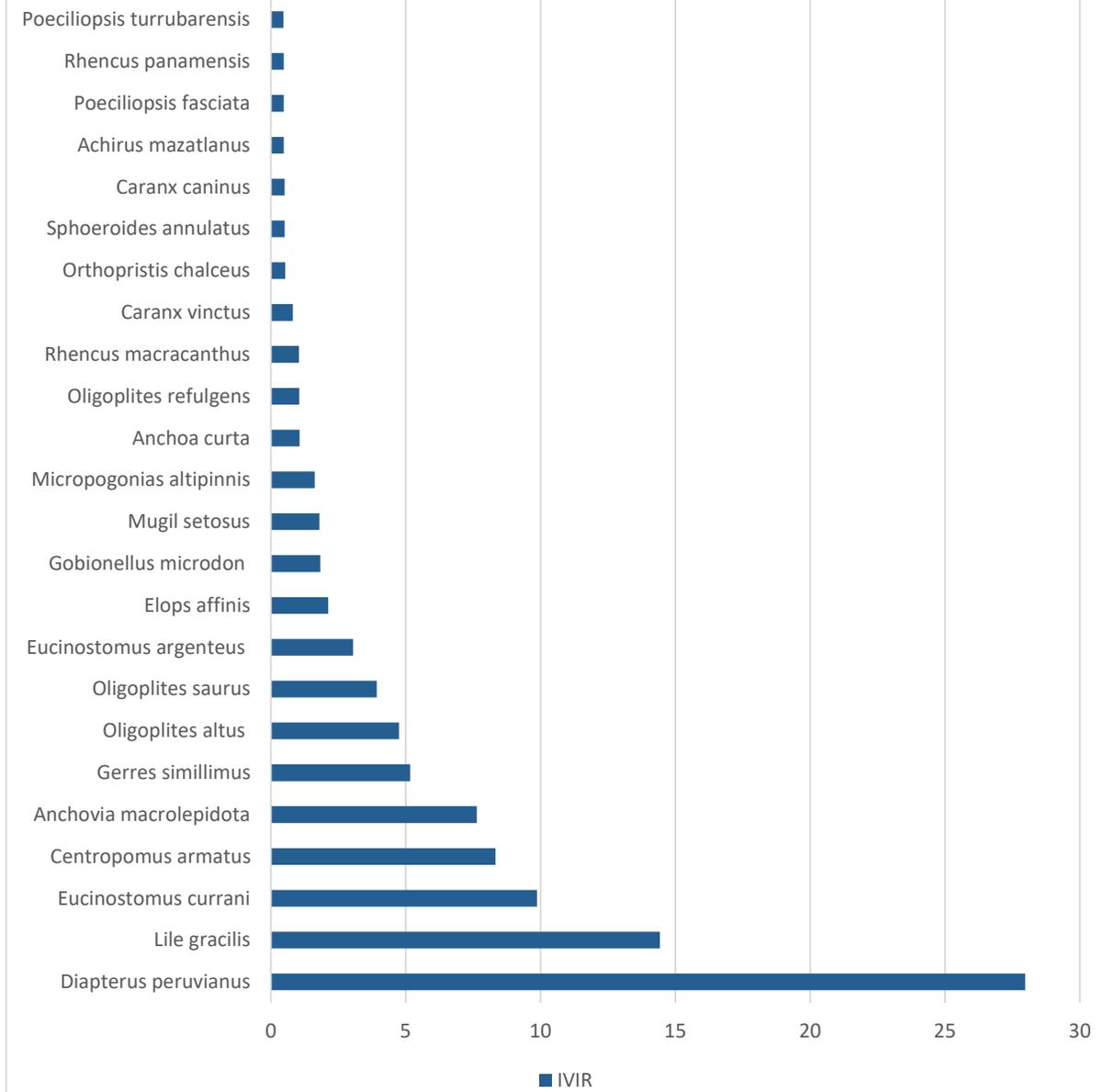
<i>Centropomus robalito</i>	-	-	-	X	X	-	X	-	X	-	X	X	X	-	X	X	-	-
<i>Centropomus armatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
<i>Centropomus viridis</i>	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-
<i>Centropomus nigrescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Diapterus peruvianus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Eucinostomus argenteus</i>	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
<i>Eucinostomus currani</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Eucinostomus gracilis</i>	-	X	-	X	X	X	-	X	-	X	X	-	X	-	-	X	X	X
<i>Eugerres lineatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Gerres simillimus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Genyatremus pacifici</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Rhencus macracanthus</i>	-	-	-	X	-	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pomadasyd branickii</i>	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Rhencus panamensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-	X	X	X	-	-	-
<i>Rhonciscus bayanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Orthopristis chalceus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Lutjanus argentiventris</i>	-	-	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	-
<i>Lutjanus colorado</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Polydactylus approximans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Micropogonias altipinnis</i>	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-
<i>Sphoeroides annulatus</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Diodon holocanthus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-

Anexo II.

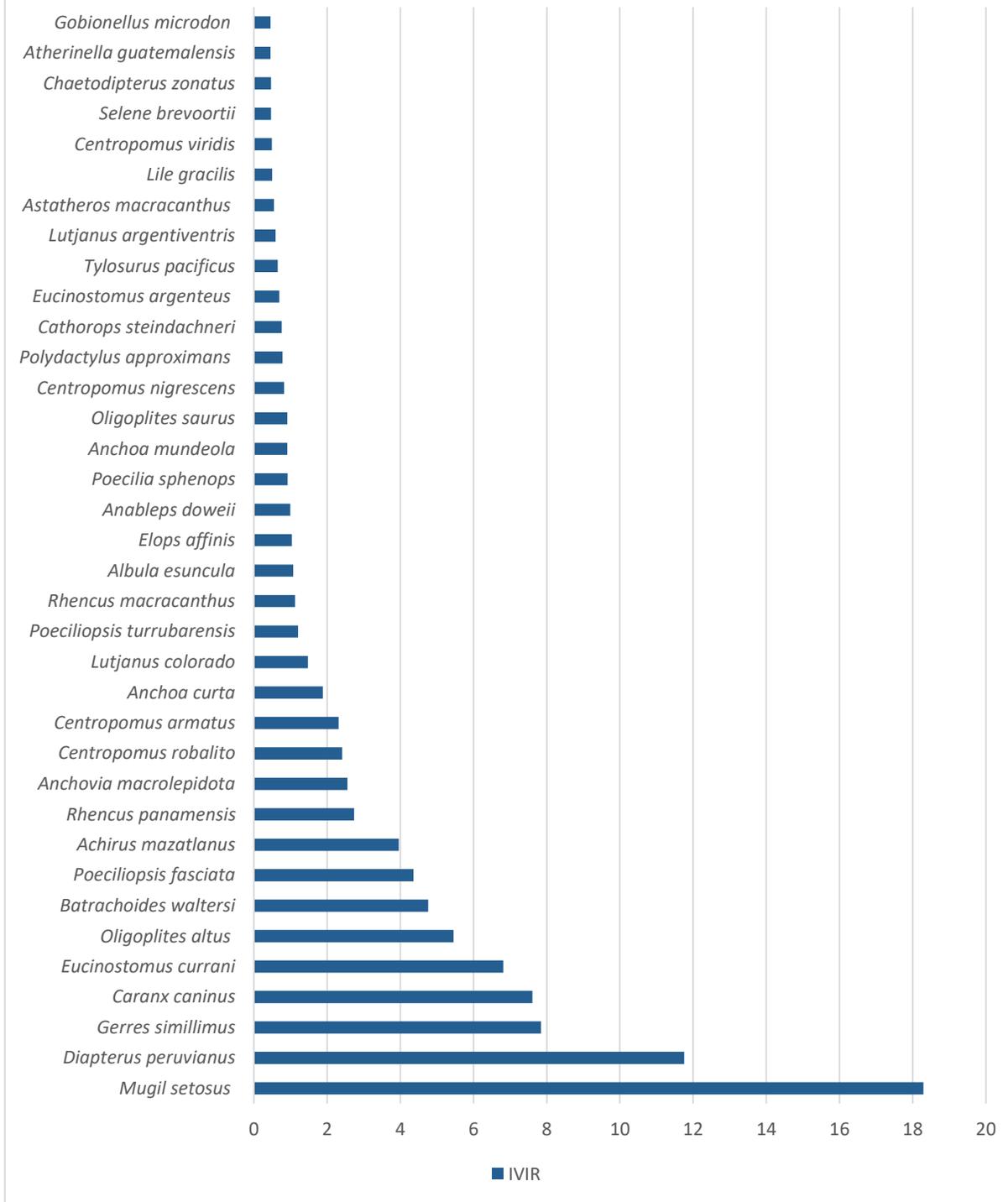
Dominancia de especies icticas por mes de muestreo con base en el índice de valor de importancia relativo (IVIR) en la Laguna Mar Muerto, México.



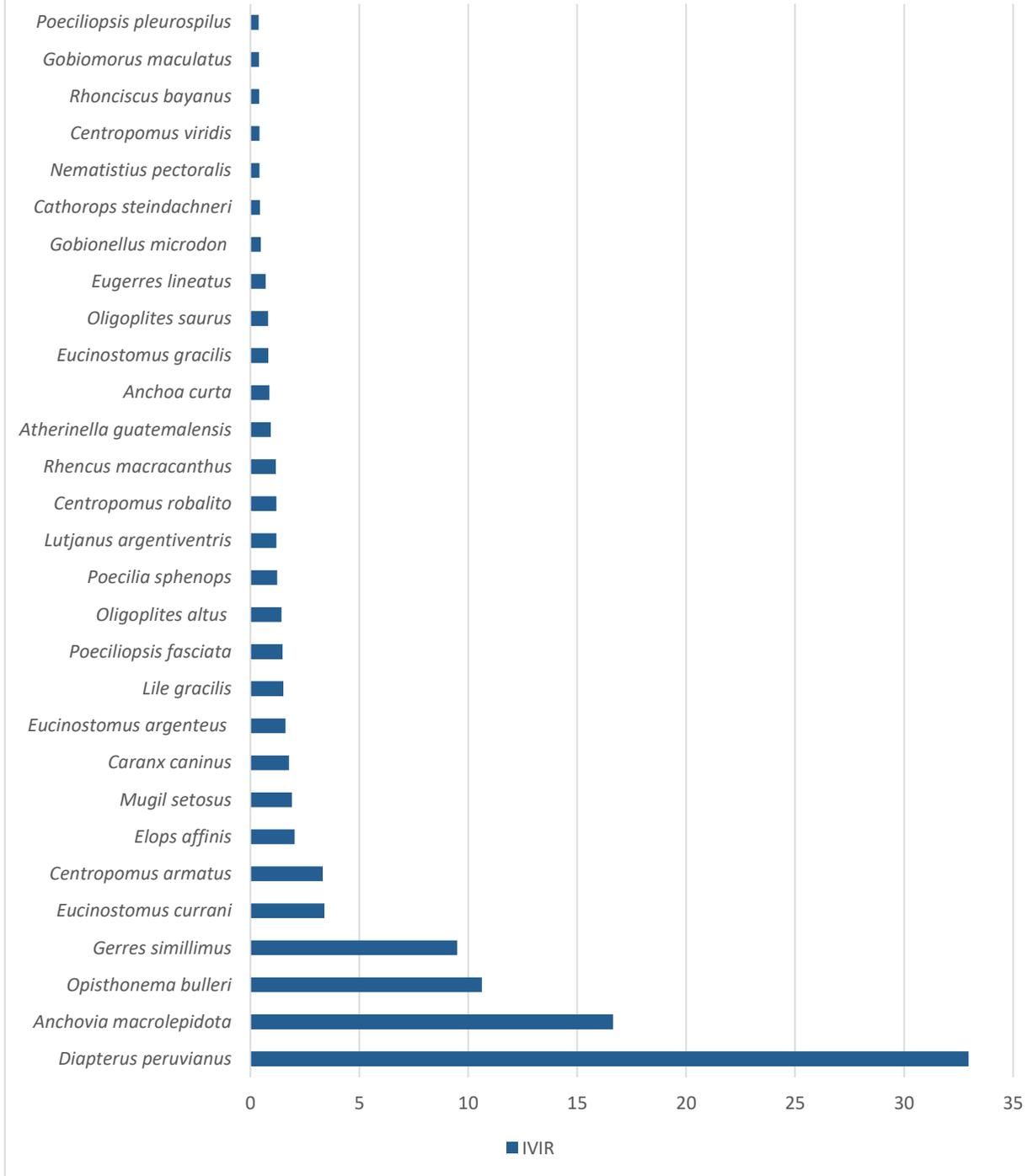
Febrero 2020



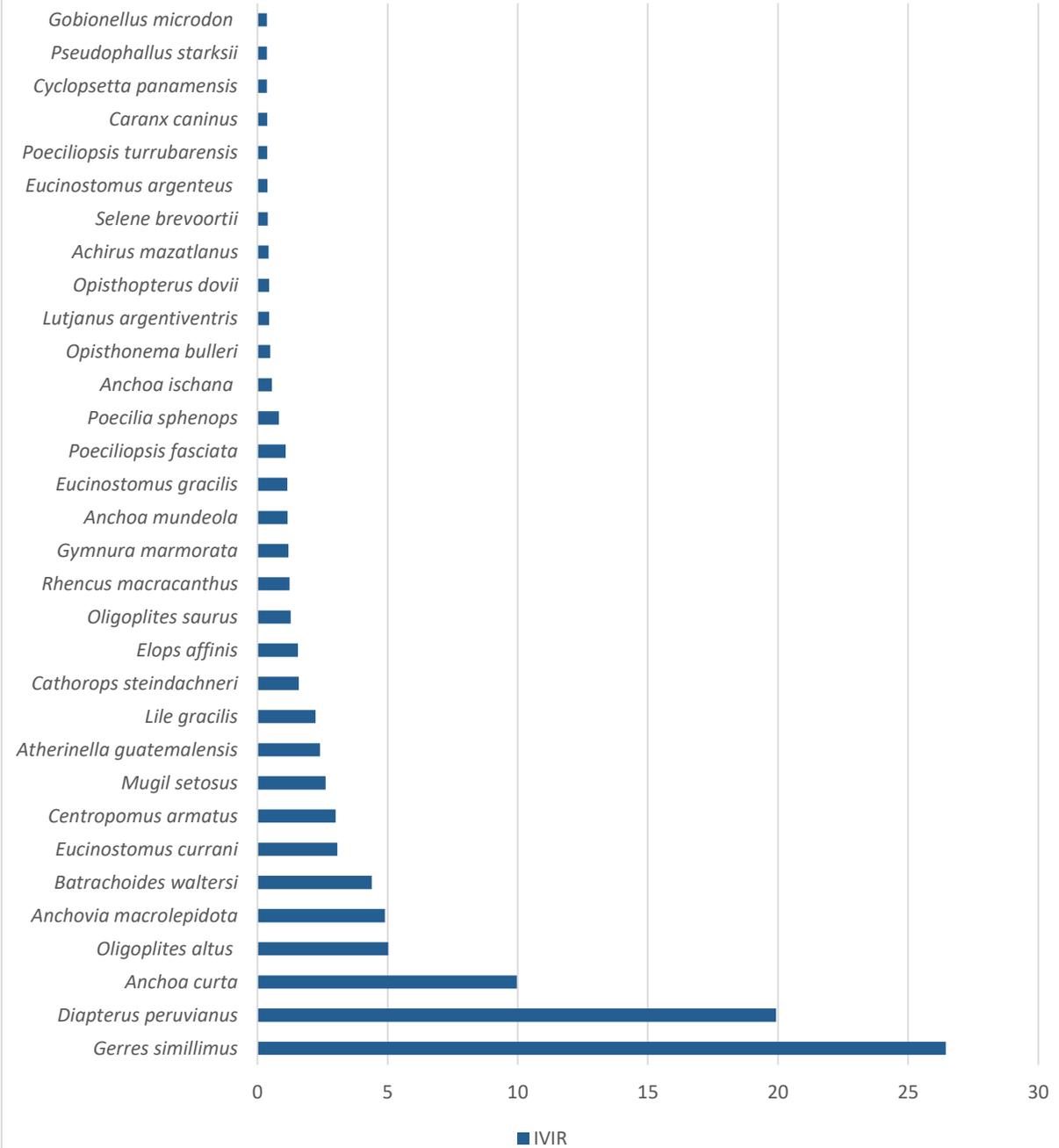
Octubre 2020



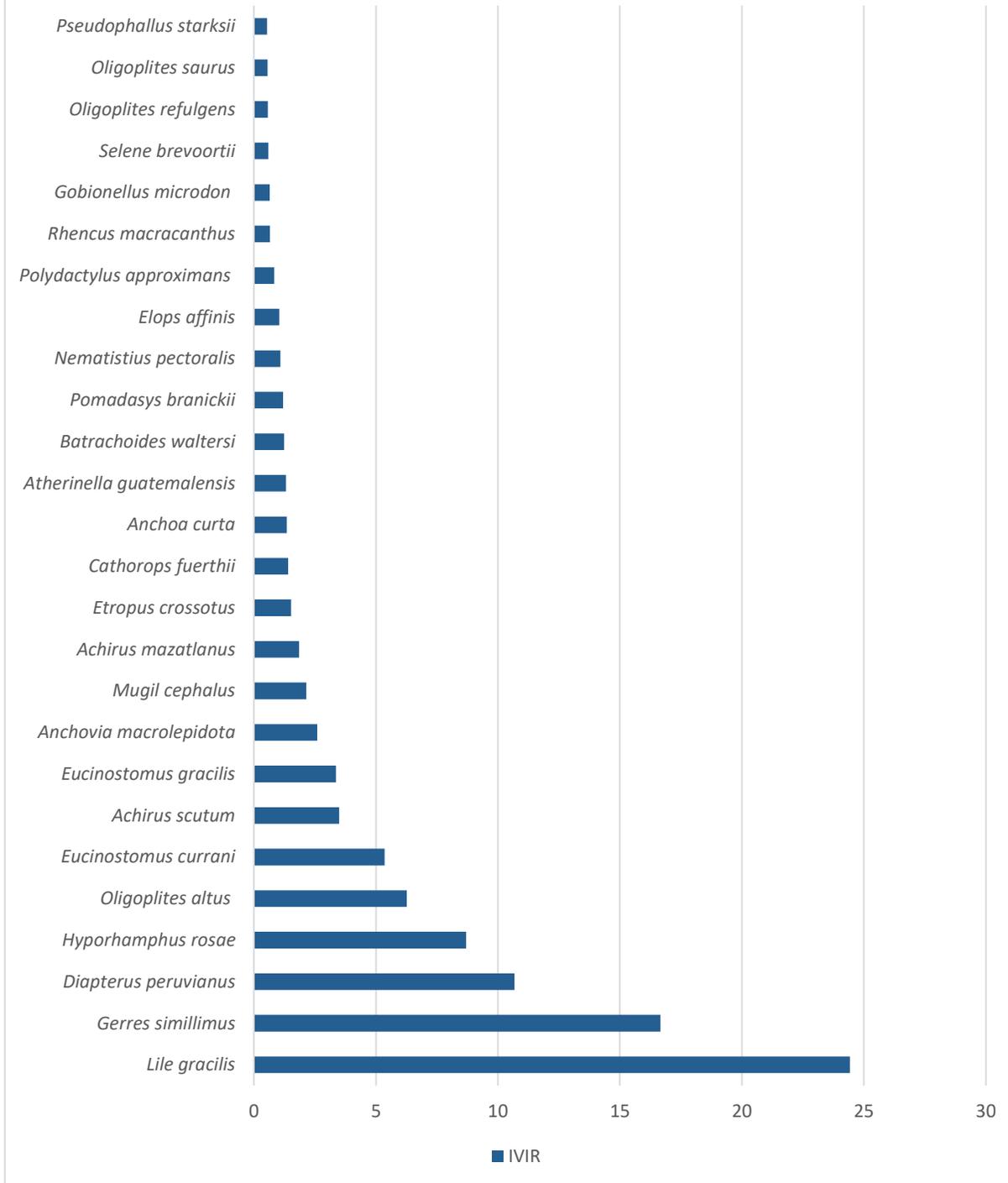
Diciembre 2020



Marzo 2021

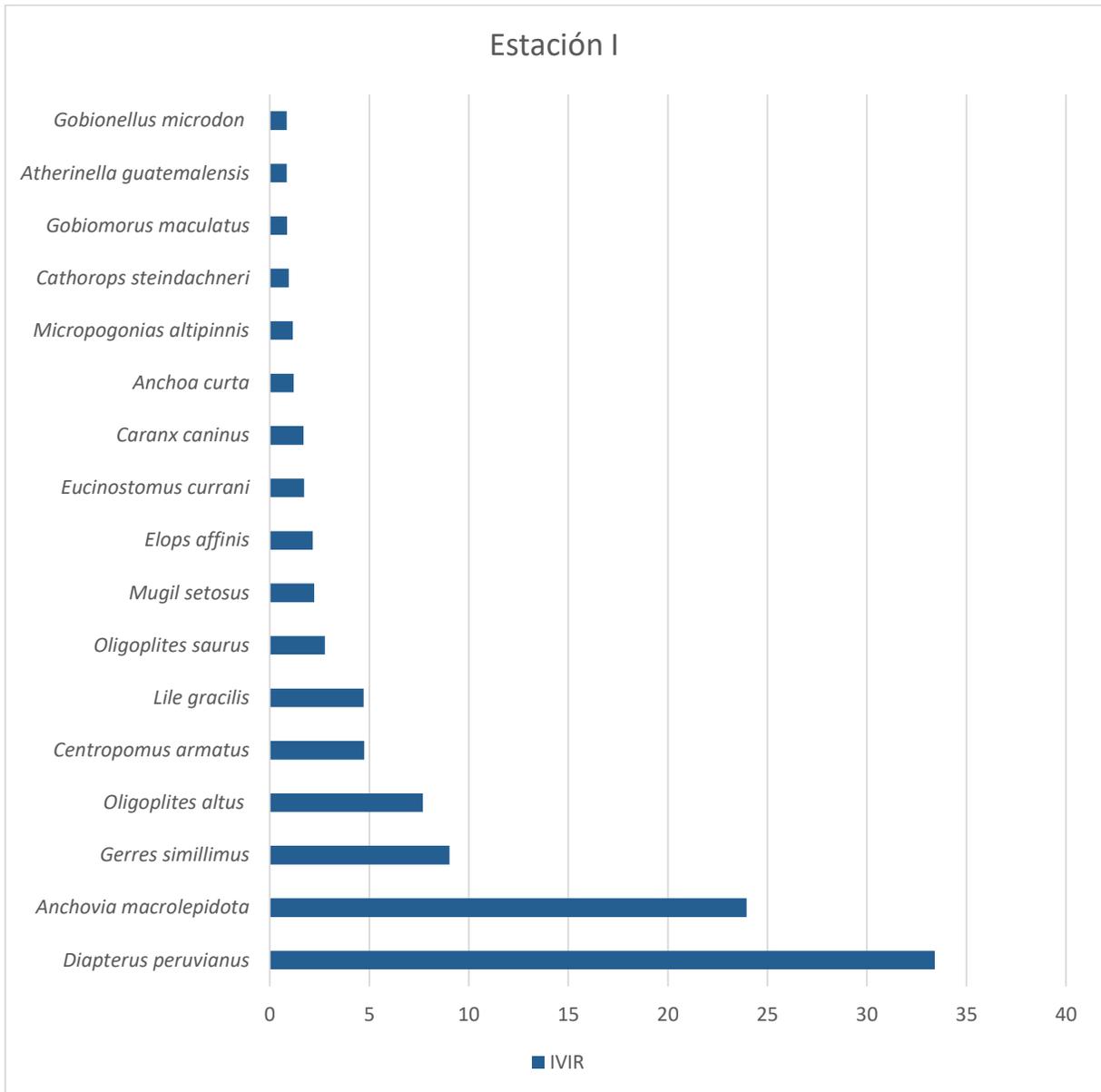


Junio 2021

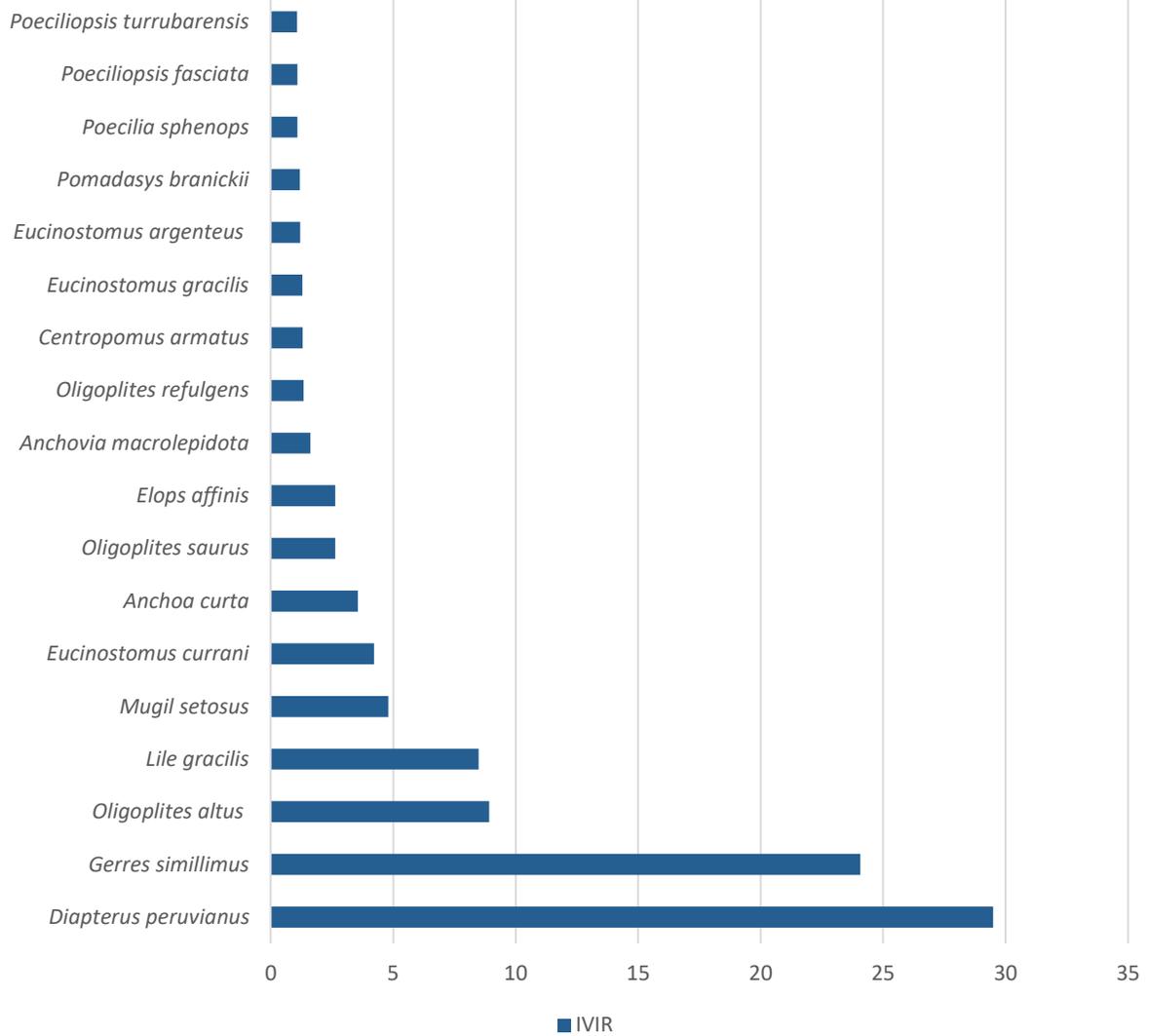


Anexo III.

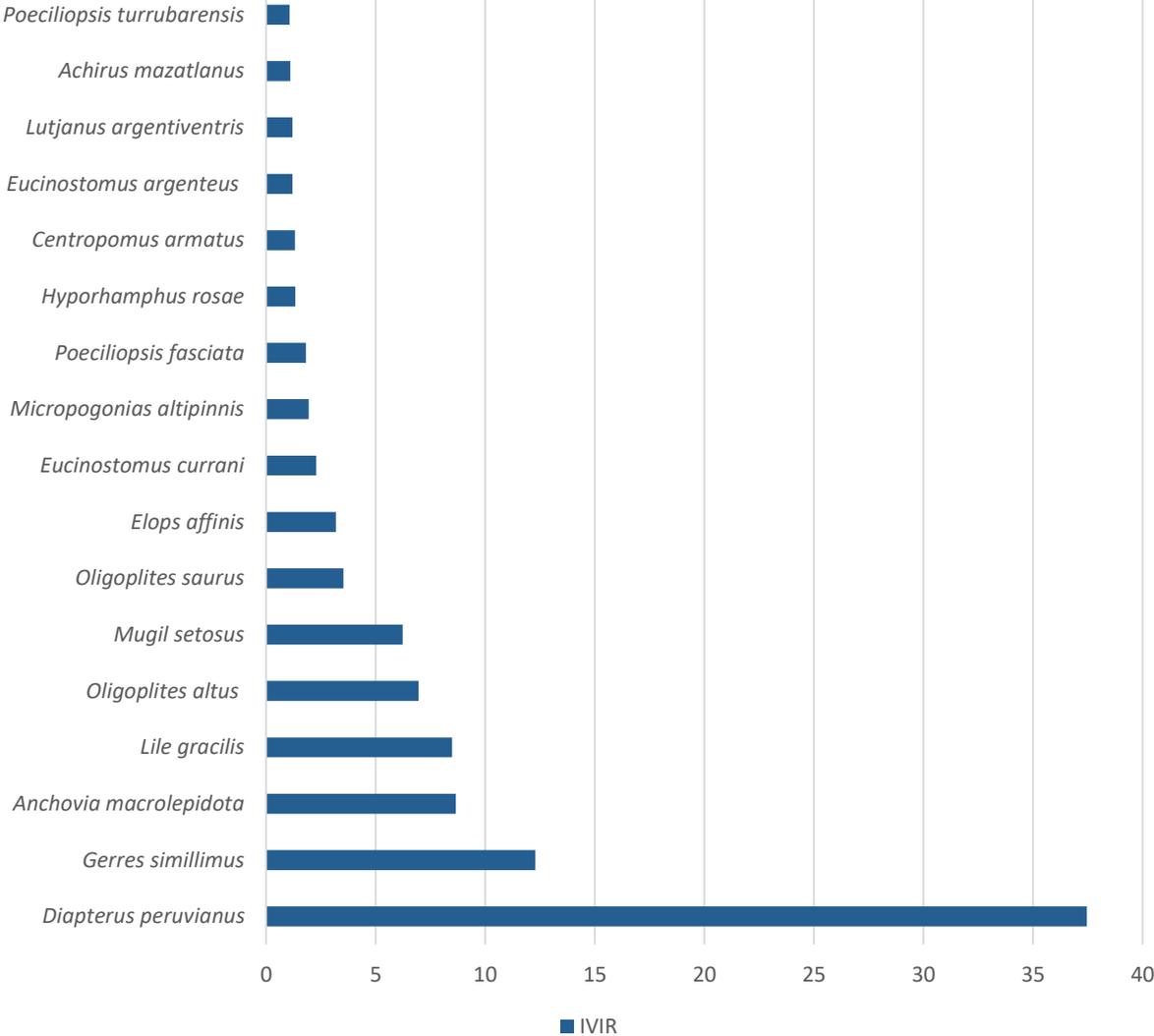
Dominancia de especies icticas por estación de muestreo en base al índice de valor de importancia relativo (IVIR) en la Laguna Mar Muerto, México.



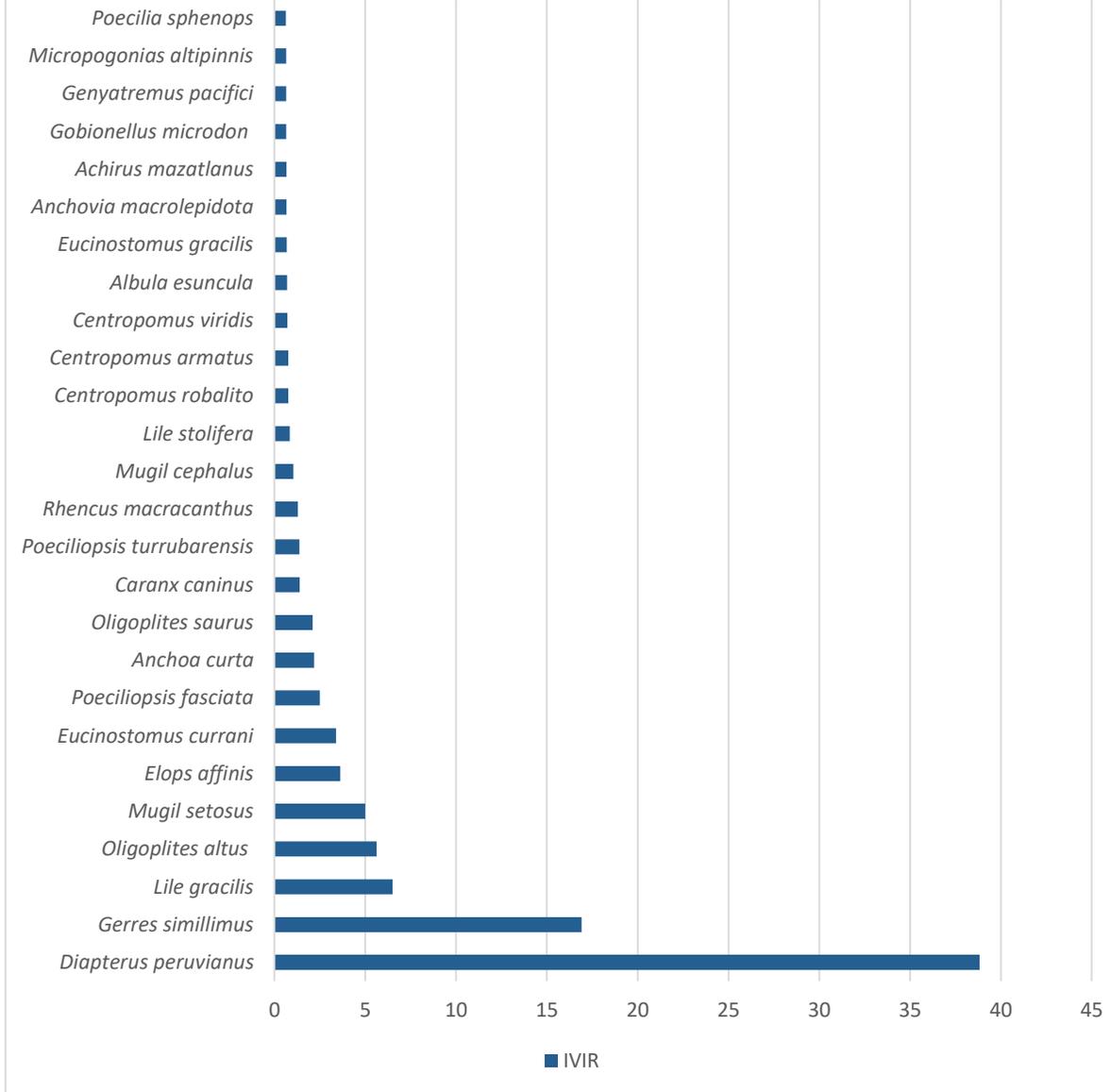
Estación II



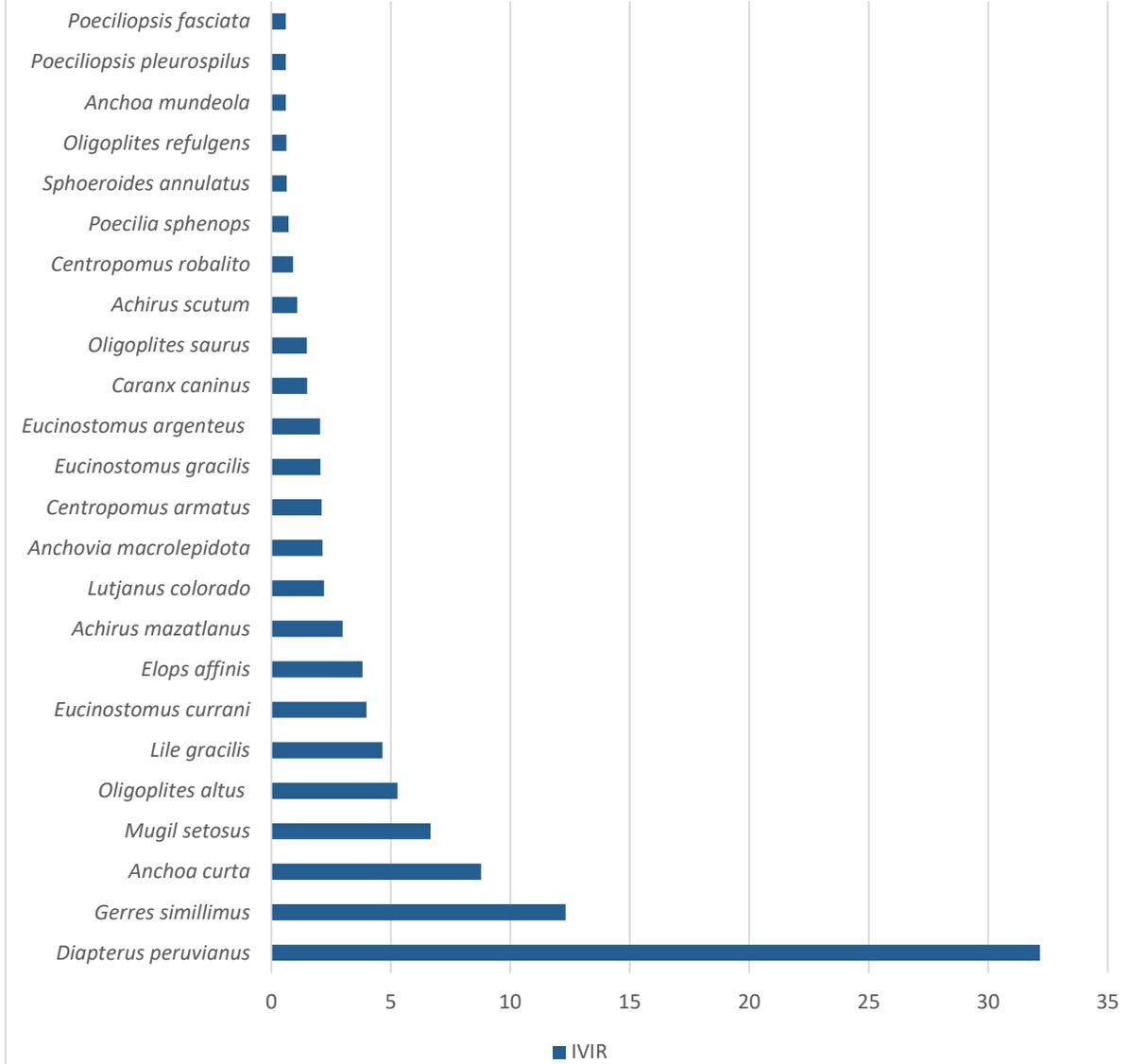
Estación III



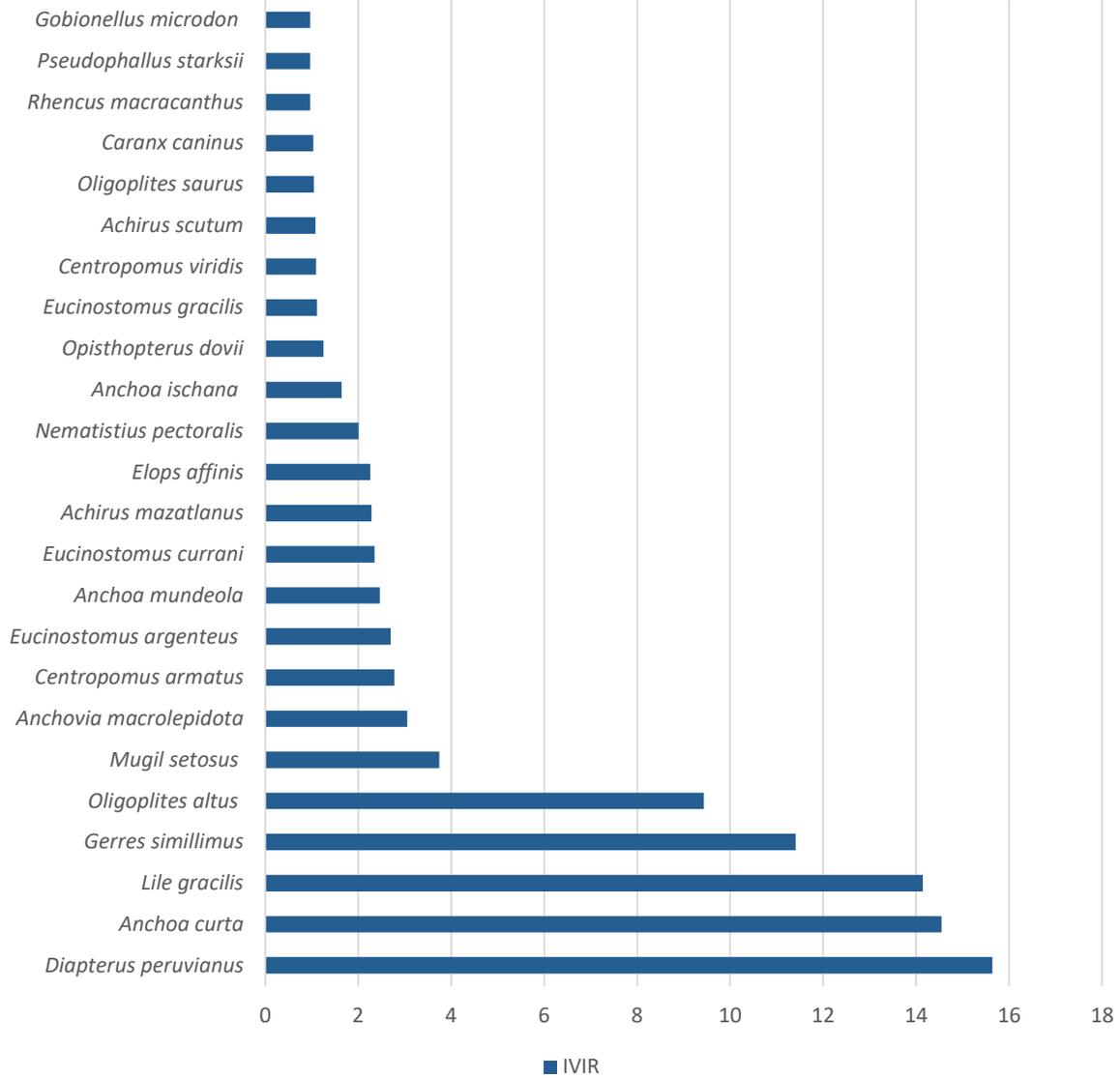
Estación IV



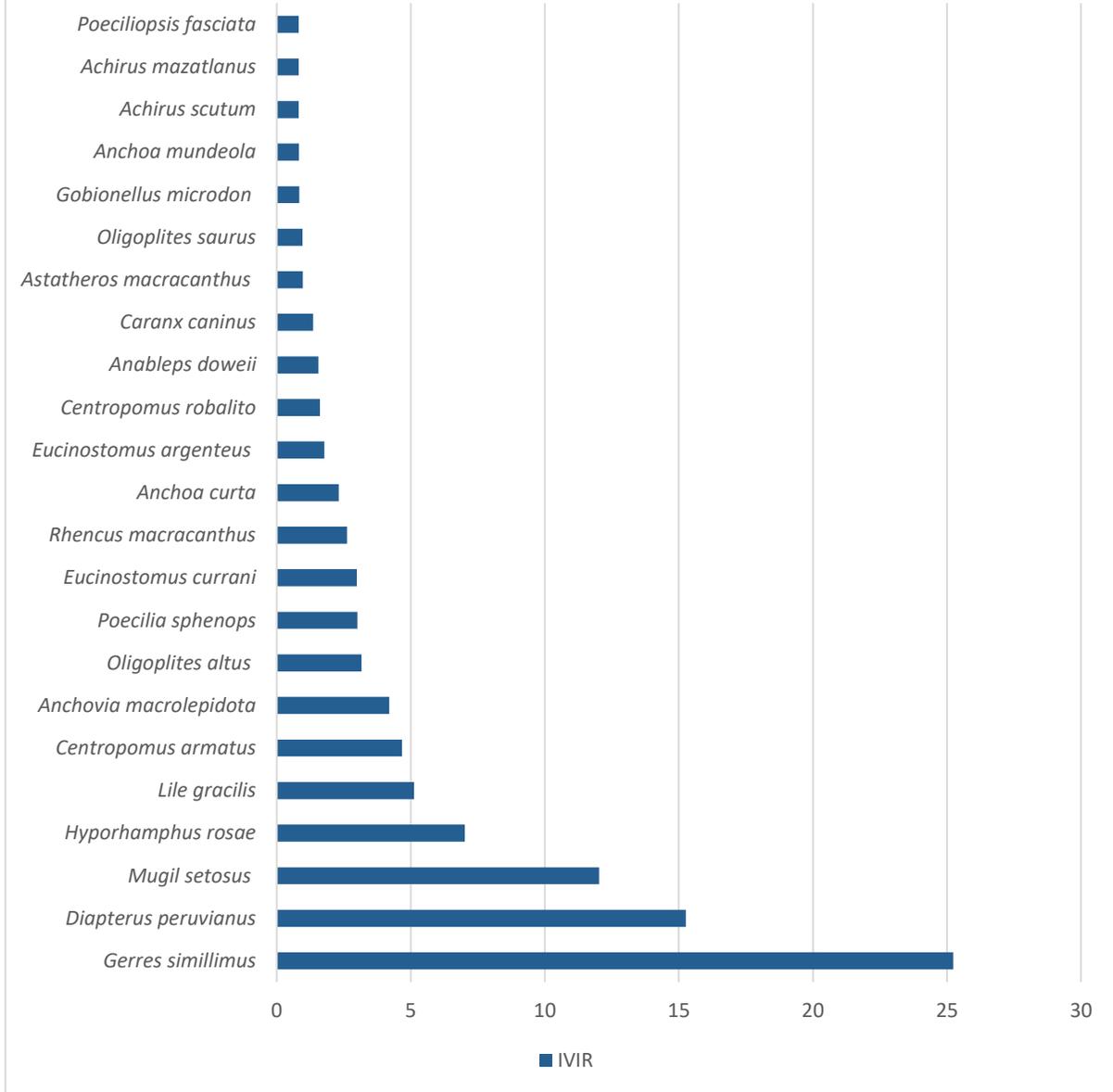
Estación v



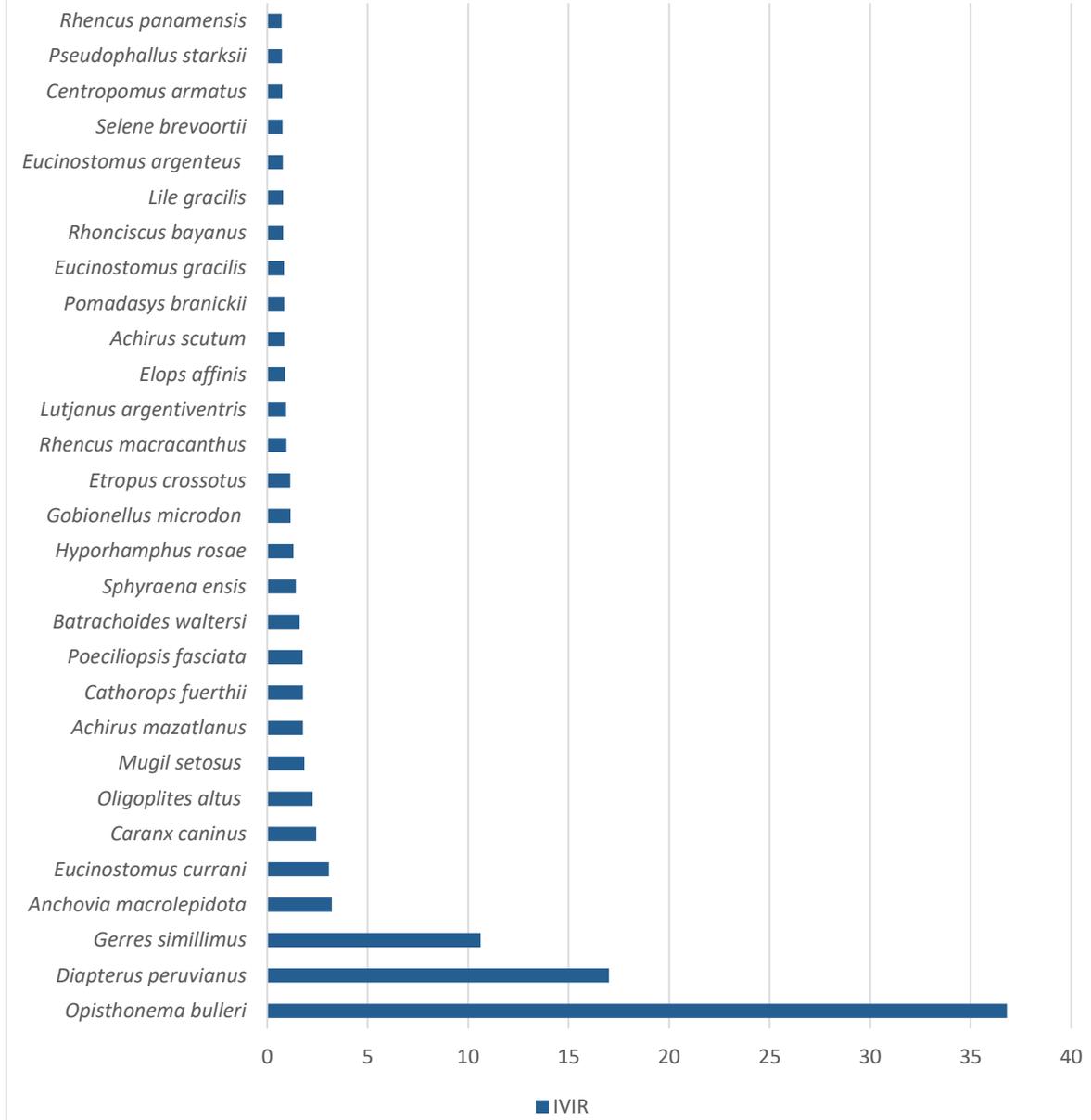
Estación VI



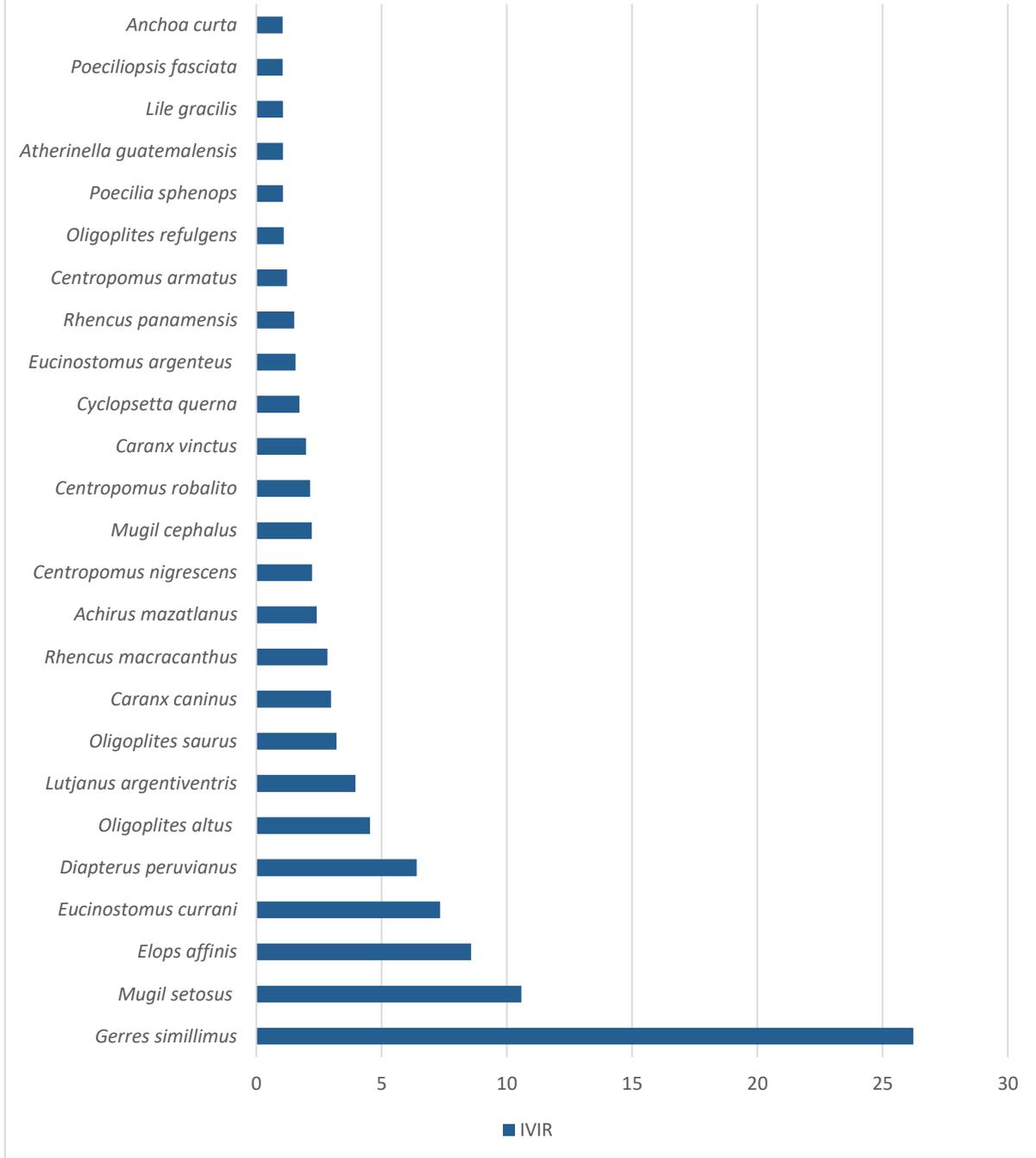
Estación VII



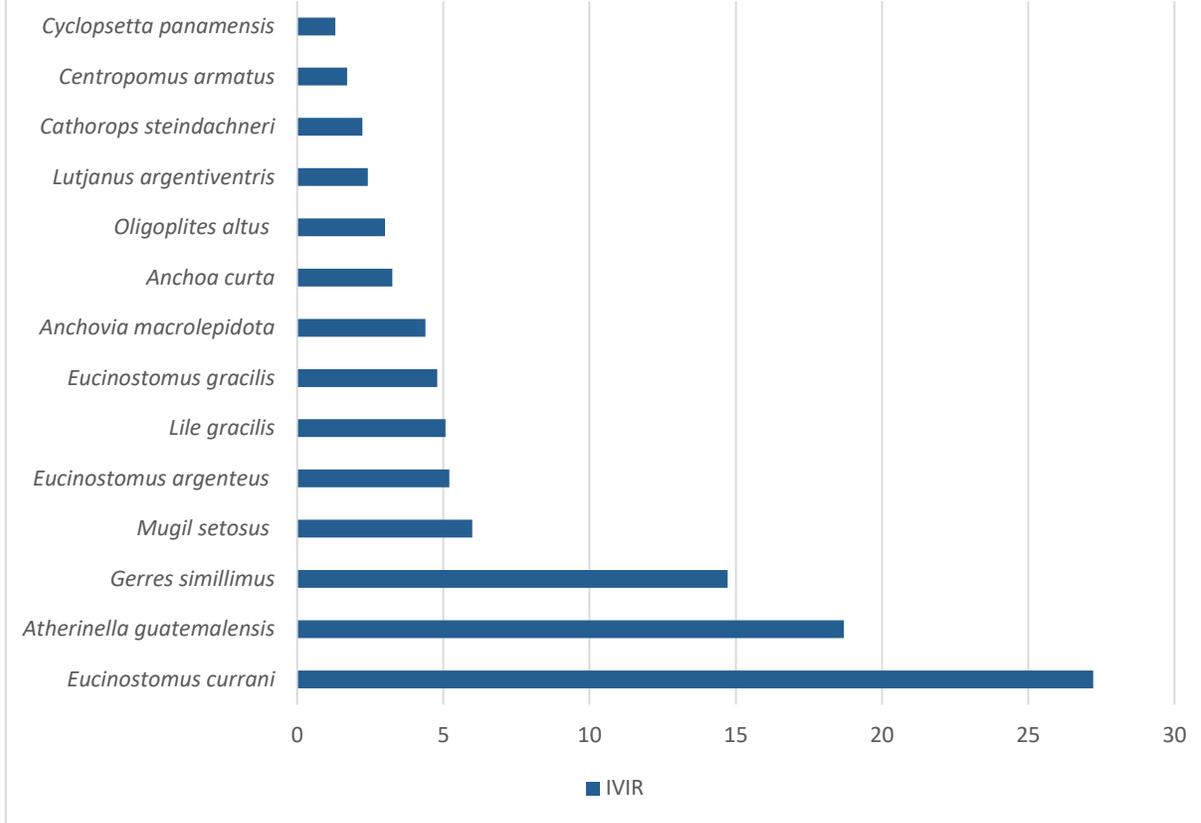
Estación VIII



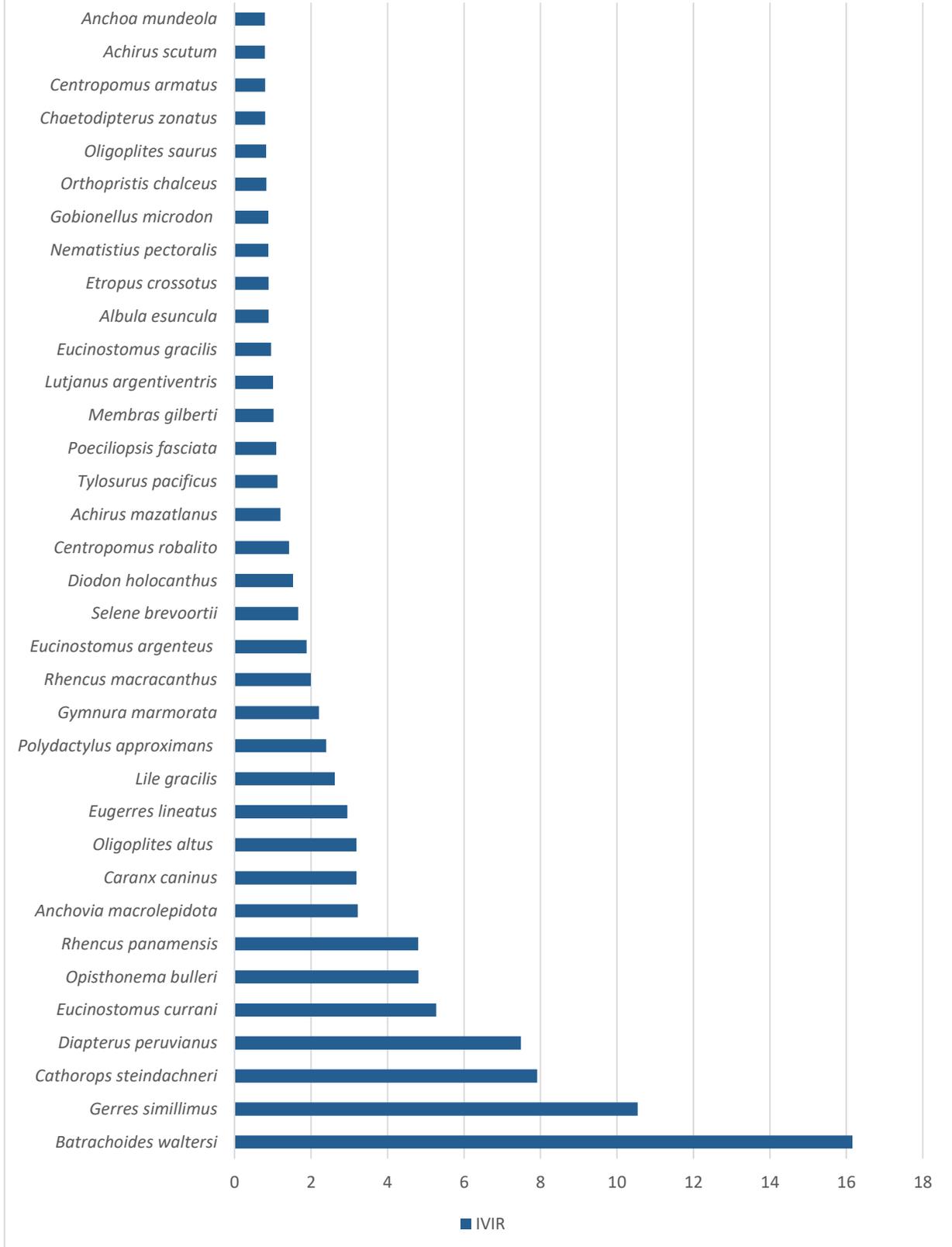
Estación IX



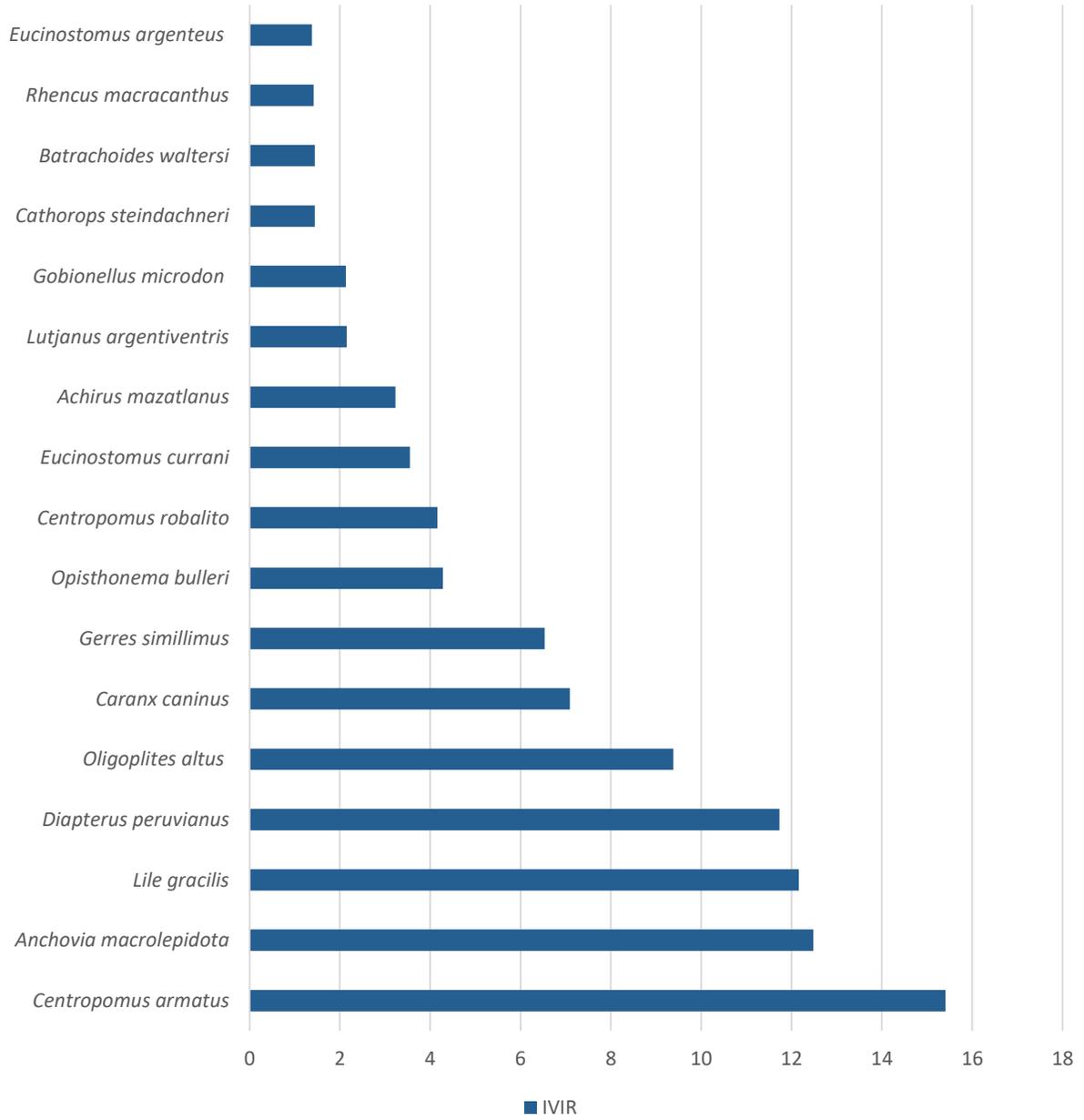
Estación X



Estación XI

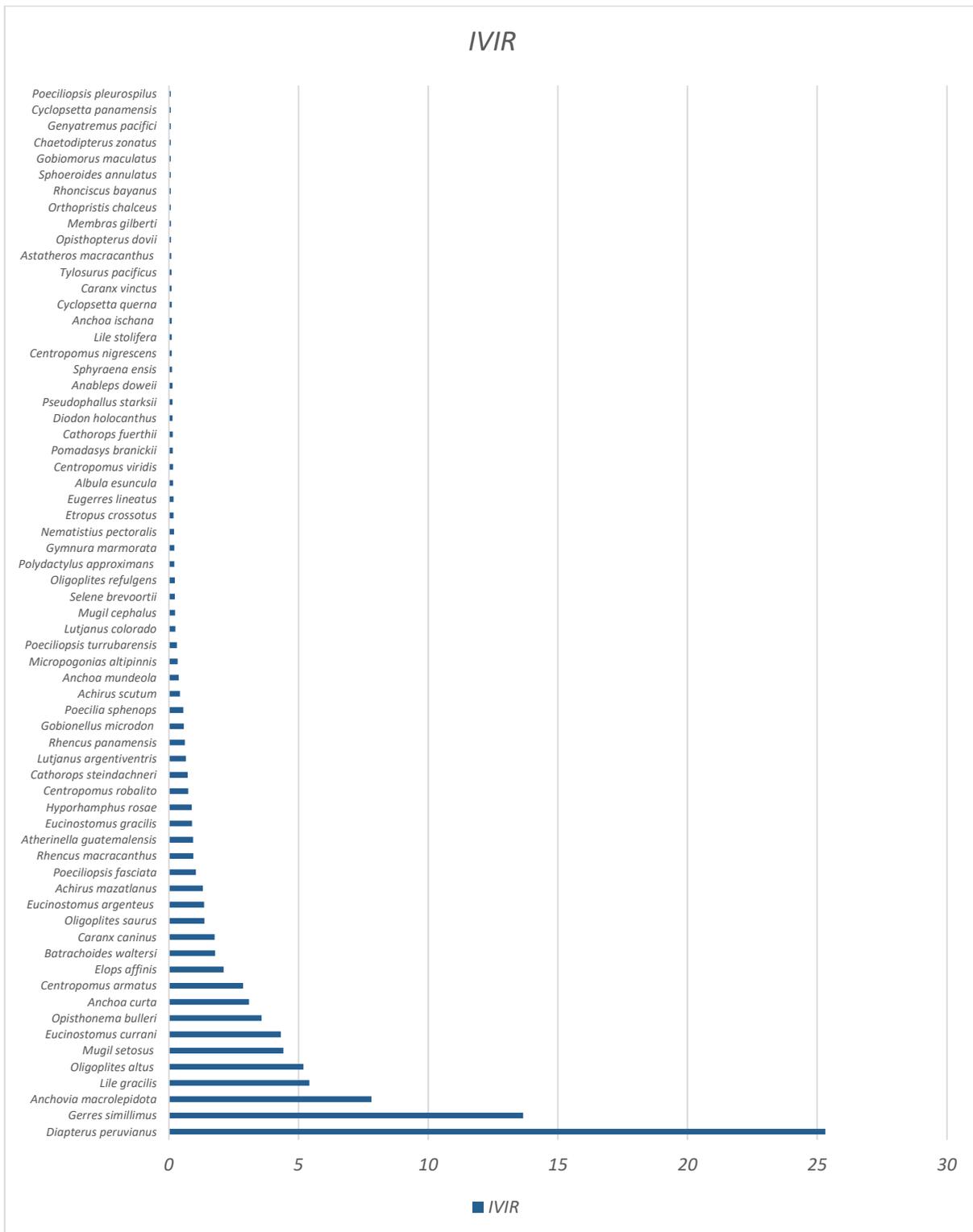


Estación XII



Anexo IV.

Dominancia de especies icticas en base al índice de valor de importancia relativo (IVIR) en Laguna Mar Muerto, México.



Anexo V.

Lista taxonómica de todas las especies registradas en el sistema lagunar Mar Muerto, México. En estudios previos y el presente trabajo Basado en el criterio de Nelson (2016).

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Myliobatiformes	Potamotrygonidae	<i>Styracura pacifica</i> (Beebe & Tee-Van, 1941)
Myliobatiformes	Gymnuridae	<i>Gymnura marmorata</i> (Cooper, 1864)
Myliobatiformes	Urotrygonidae	<i>Urotrygon chilensis</i> (Günther, 1872)
Myliobatiformes	Urotrygonidae	<i>Urotrygon nana</i> Miyake & McEachran, 1988
Myliobatiformes	Myliobatidae	<i>Rhinoptera steindachneri</i> Evermann & Jenkins, 1891
Elopiformes	Elopidae	<i>Elops affinis</i> (Regan, 1909)
Albuliformes	Albulidae	<i>Albula esuncula</i> (Garman, 1899)
Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Ophichthus zophochir</i> Jordan & Gilbert, 1882
Clupeiformes	Pristigasteridae	<i>Opisthopterus dovii</i> (Günther, 1868)
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchovia macrolepidota</i> (Kner, 1863)
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoa mundeola</i> (Gilbert & Pierson, 1898)
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoa ischana</i> (Jordan & Gilbert, 1882)
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoa curta</i> (Jordan & Gilbert, 1882)
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoa lucida</i> (Jordan & Gilbert, 1882)
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Lile gracilis</i> Castro-Aguirre & Vivero, 1990
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Lile stolifera</i> (Jordan & Gilbert, 1882)
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Opisthonema bulleri</i> (Regan, 1904)
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Opisthonema libertate</i> (Günther, 1867)
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Opisthonema medirastre</i> Berry & Barrett, 1963
Gonorynchiformes	Chanidae	<i>Chanos chanos</i> (Forsskål, 1775)
Siluriformes	Ariidae	<i>Ariopsis guatemalensis</i> (Günther, 1864)
Siluriformes	Ariidae	<i>Ariopsis seemanni</i> (Günther, 1864)

Siluriformes	Ariidae	<i>Cathorops fuerthii</i> (Steindachner, 1876)
Siluriformes	Ariidae	<i>Cathorops liropus</i> (Bristol, 1897)
Siluriformes	Ariidae	<i>Cathorops steindachneri</i> (Gilbert & Starks, 1904)
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus scituliceps</i> Jordan & Gilbert, 1882
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Batrachoides boulengeri</i> Gilbert & Starks, 1904
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Batrachoides waltersi</i> Collette & Russo, 1981
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson, 1844)
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Gobiomorus maculatus</i> (Günther, 1859)
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Gobionellus microdon</i> (Gilbert, 1892)
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Awaous transandeanus</i> (Günther 1861)
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Ctenogobius sagittula</i> (Günther, 1862)
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Microgobius miraflorensis</i> Gilbert & Starks, 1904
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil setosus</i> Gilbert, 1892
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil hospes</i> Jordan & Culver, 1895
Cichliformes	Cichlidae	<i>Astatheros macracanthus</i> (Günther, 1864)
Cichliformes	Cichlidae	<i>Amphilophus trimaculatus</i> (Günther 1867)
Cichliformes	Cichlidae	<i>Rocio octofasciata</i> (Regan, 1903)
Blenniiformes	Dactyloscopidae	<i>Dactyloscopus lunaticus</i> Gilbert, 1890
Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Membras gilberti</i> (Jordan & Bollman, 1890)
Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Atherinella guatemalensis</i> (Günther, 1864)
Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Atherinella panamensis</i> Steindachner, 1875
Beloniformes	Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus naos</i> Banford & Collette, 2001
Beloniformes	Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus rosae</i> (Jordan & Gilbert, 1880)
Beloniformes	Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> (Ranzani, 1841)
Beloniformes	Belonide	<i>Strongylura exilis</i> (Girard, 1854)
Beloniformes	Belonide	<i>Tylosurus pacificus</i> (Steindachner, 1876)

Beloniformes	Anablepidae	<i>Anableps dowei</i> Gill, 1861
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poeciliopsis turrubarensis</i> (Meek, 1912)
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poeciliopsis gracilis</i> (Heckel, 1848)
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poeciliopsis fasciata</i> (Meek, 1904)
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poeciliopsis pleurospilus</i> (Günther, 1866)
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia nelsoni</i> (Manso, 1904)
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia sphenops</i> Valenciennes, 1846
Carangiformes	Nematistiidae	<i>Nematistius pectoralis</i> Gill, 1862
Carangiformes	Carangidae	<i>Chloroscombrus orqueta</i> Jordan & Gilbert, 1883
Carangiformes	Carangidae	<i>Hemicaranx zelotes</i> Gilbert, 1898
Carangiformes	Carangidae	<i>Oligoplites altus</i> (Günther, 1868)
Carangiformes	Carangidae	<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)
Carangiformes	Carangidae	<i>Oligoplites refulgens</i> Gilbert & Starks, 1904
Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx caninus</i> Günther, 1867
Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx vinctus</i> Jordan & Gilbert, 1882
Carangiformes	Carangidae	<i>Selene brevoortii</i> (Gill, 1863)
Carangiformes	Carangidae	<i>Selene orstedii</i> Lütken, 1880
Carangiformes	Carangidae	<i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866)
Carangiformes	Carangidae	<i>Trachinotus kennedyi</i> Steindachner, 1876
Carangiformes	Carangidae	<i>Trachinotus rhodopus</i> Gill, 1863
Istiophoriformes	Sphyraenidae	<i>Sphyraena ensis</i> Jordan & Gilbert, 1882
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus mazatlanus</i> (Steindachner, 1869)
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus scutum</i> (Günther, 1862)
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus zebrinus</i> Clark, 1936
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Citharichthys gilberti</i> Jenkins & Evermann, 1889
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Cyclopsetta querna</i> (Jordan & Bollman, 1890)
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Cyclopsetta panamensis</i> (Steindachner, 1876)

Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Etropus crossotus</i> Jordan & Gilbert, 1882
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Syacium ovale</i> (Günther, 1864)
Pleuronectiformes	Cynoglossidae	<i>Symphurus elongatus</i> (Günther, 1868)
Syngnothiformes	Syngnathidae	<i>Pseudophallus starksii</i> (Jordan & Culver, 1895)
Scombriformes	Scombridae	<i>Scomberomorus sierra</i> Jordan & Starks, 1895
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus robalito</i> Jordan & Gilbert, 1882
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus armatus</i> Gill, 1863
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus viridis</i> Lockington, 1877
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus nigrescens</i> Günther, 1864
Perciformes	Gerreidae	<i>Deckertichthys aureolus</i> (Jordan & Gilbert, 1882)
Perciformes	Gerreidae	<i>Diapterus peruvianus</i> (Cuvier, 1830)
Perciformes	Gerreidae	<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird & Girard, 1855
Perciformes	Gerreidae	<i>Eucinostomus currani</i> Zahuranec, 1980
Perciformes	Gerreidae	<i>Eucinostomus dowii</i> (Gill, 1863)
Perciformes	Gerreidae	<i>Eucinostomus gracilis</i> (Gill, 1862)
Perciformes	Gerreidae	<i>Eugerres lineatus</i> (Humboldt, 1821)
Perciformes	Gerreidae	<i>Gerres simillimus</i> Regan, 1907
Perciformes	Mullidae	<i>Pseudupeneus grandisquamis</i> (Gill, 1863)
Perciformes	Kyphosidae	<i>Kyphosus vaigiensis</i> (Quoy & Gaimard, 1825)
Perciformes	Serranidae	<i>Alphestes multiguttatus</i> (Günther, 1867)
Perciformes	Chaetodontidae	<i>Chaetodon humeralis</i> Günther, 1860
Perciformes	Haemulidae	<i>Genyatremus dovii</i> (Günther, 1864)
Perciformes	Haemulidae	<i>Genyatremus pacifici</i> (Günther, 1864)
Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulopsis axillaris</i> (Steindachner, 1869)
Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulopsis leuciscus</i> (Günther, 1864)
Perciformes	Haemulidae	<i>Rhencus macracanthus</i> (Günther, 1864)
Perciformes	Haemulidae	<i>Rhencus panamensis</i> (Steindachner, 1876)
Perciformes	Haemulidae	<i>Rhonciscus bayanus</i> (Jordan & Evermann, 1898)

Perciformes	Haemulidae	<i>Pomadasys branickii</i> (Steindachner, 1879)
Perciformes	Haemulidae	<i>Orthopristis chalceus</i> (Günther, 1864)
Perciformes	Lutjanidae	<i>Hoplopagrus guentherii</i> Gill, 1862
Perciformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869)
Perciformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus colorado</i> Jordan & Gilbert, 1882
Perciformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus guttatus</i> (Steindachner, 1869)
Perciformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus novemfasciatus</i> Gill, 1862
Perciformes	Polynemidae	<i>Polydactylus approximans</i> (Lay & Bennett, 1839)
Perciformes	Polynemidae	<i>Polydactylus opercularis</i> (Gill, 1863)
Moroniformes	Ephippidae	<i>Chaetodipterus zonatus</i> (Girard, 1858)
Acanthuriformes	Sciaenidae	<i>Bairdiella armata</i> Gill, 1863
Acanthuriformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion albus</i> (Günther, 1864)
Acanthuriformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion stolzmanni</i> (Steindachner, 1879)
Acanthuriformes	Sciaenidae	<i>Micropogonias altipinnis</i> (Günther, 1864)
Acanthuriformes	Sciaenidae	<i>Paralonchurus goodei</i> Gilbert, 1898
Acanthuriformes	Acanthuridae	<i>Acanthurus xanthopterus</i> Valenciennes, 1835
Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Pseudobalistes naufragium</i> (Jordan & Starks, 1895)
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Arothron hispidus</i> (Linnaeus, 1758)
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides annulatus</i> (Jenyns, 1842)
Tetraodontiformes	Diodontidae	<i>Diodon holocanthus</i> Linnaeus, 1758