



Universidad Veracruzana

**Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**

**Región Poza Rica-Tuxpan**

**Maestría En Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros**

## **Comunidad de peces en plataformas petroleras en la costa norte de Veracruz.**

Tesis para obtener el grado de Maestro en

**Manejo De Ecosistemas Marinos y Costeros**

**Presenta:**

**Daniel Ernesto Pérez Galván**

**Director :**

**M.C.A. Francisco Javier Martos Fernández**

Abril de 2023

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



Universidad Veracruzana

Facultad De Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
Región Poza Rica-Tuxpan

Maestría En Manejo De Ecosistemas Marinos y Costeros

*Comunidad de peces en plataformas petroleras en la costa norte de Veracruz.*

**Tesis para obtener el grado de Maestro en**  
Manejo De Ecosistemas Marinos y Costeros

**Presenta:**

Daniel Ernesto Pérez Galván

**Director :**

M.C.A. Francisco Javier Martos Fernández

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz 17 de noviembre de 2023

Dra. Rosa Idalia Hernández Herrera

Directora

Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

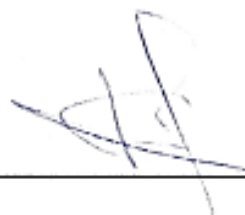
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Universidad Veracruzana

PRESENTE

Por medio de la presente, damos la autorización para que sea revisado el escrito final del alumno *Daniel Ernesto Pérez Galván* que lleva por título Comunidad de peces en plataformas petroleras en la costa norte de Veracruz.

Sin más por el momento nos despedimos de usted, agradeciendo la atención prestada.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'F. Martos', is written over a horizontal line.

Director

MCA. Francisco Javier Martos Fernández

Mérida, Yucatán, enero 12 de 2024

A quien corresponda

Ref: Aprobación de informe final de tesis "**Comunidad de peces en plataformas petroleras en la costa norte de Veracruz**".

Certifico que leí y apruebo el informe final de tesis de maestría de la estudiante Daniel Ernesto Perez Galván.

Cordialmente,

**Camilo Cortés-Useche**, PhD in Marine Sciences

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Camilo', written in a cursive style.



Universidad Veracruzana

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
Poza Rica – Tuxpan

**A quién corresponda**  
**Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros.**

Certifico que leí y apruebo el informe final de tesis de maestría del estudiante Daniel Ernesto Pérez Galván titulado “Comunidad de peces en plataformas petroleras en la costa norte de Veracruz”.

ATENTAMENTE

“LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ”  
Tuxpan de Rodríguez. Cano, Ver. a 18 de enero del 2024.

Dr. Adán Guillermo Jordán Garza  
Laboratorio de Arrecifes Coralinos



**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

Facultad de Ciencias Biológicas

Licenciatura en Biología

Área de Biología Animal y Zoología

Laboratorio de Taxonomía, Sistemática y Conservación de Vertebrados



**Asunto:** Aprobación de informe final de tesis

## **A QUIEN CORRESPONDA**

A través de este conducto me dirijo a usted para comunicarle que, después de haber revisado el informe final de tesis de maestría del estudiante **DANIEL ERNESTO PÉREZ GALVÁN** titulado: **COMUNIDAD DE PECES EN PLATAFORMAS PETROLERAS EN LA COSTA NORTE DE VERACRUZ**, y cuyo director es M.C.A. Francisco Javier Martos Fernández, apruebo y certifico que el informe cumple con los requisitos, por lo que el alumno puede continuar con los trámites correspondientes para la obtención del grado de Maestro en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros.

Sin otro particular, me es grato enviarle afectuosos saludos.

ATENTAMENTE

H. Puebla de Z. a 18 de enero del 2024

Dra. en Ciencias Marinas Adriana Martínez Guevara  
Profesora – Investigadora Asociada C  
Facultad de Ciencias Biológicas, BUAP

## **Agradecimientos**

Diego

Evelyn

Daniel

Teresita

Silvia

Raúl

Santiago

Dulce

Brenda

Santi

Rodrigo

Melani

Martos

Enrique

Steven

Evelin

Sinaí

Salma y Leah

Denisse

Sandy

Ximena

Yeraldín

Monse

Alejandra

Luz Arriaga

Eva

Anwar

Coach

Arthur

CONANP

CONABIO



## **Dedicatorias**

- A mis padres, por todo su apoyo brindado no solo en mi carrera sino de toda la vida.
- A mi abuela Teresita, sin todo su apoyo jamás habría llegado tan lejos, te amo abuelita.
- A mis abuelos Santiago, Silvia y Raúl por ayudarme durante mi carrera.
- A mis tíos Santi, Dulce, Oscar, Brenda, Martin, Luz y Eva y a mis primos Melanie y Rodrigo por todo su apoyo incondicional.
- A mi hermano Diego Hernando, mi mejor amigo y compañero de toda la vida.
- A la Universidad Veracruzana, por abrirme las puertas y permitirme aprender todos los conocimientos que he adquirido durante mi estancia en esta grandiosa institución.
- A mi director de tesis, el Mtro. Francisco Javier Martos Fernández, por todo su apoyo, paciencia y enseñanzas durante toda mi carrera y en el presente trabajo.
- A los profesores de la facultad por todas sus enseñanzas.
- A los miembros de mi comisión revisora por el tiempo dedicado a las mejoras del presente trabajo
- A Sinaí, Steven, Evelin, Ximena, Quique, Monse, Salma, Rubén, Yeraldin, Pao, Maya, Anwar, por todo su apoyo y los grandes momentos que hemos vivido juntos.
- Al equipo de Flag de Halcones UV, por permitirme representar a mi institución deportivamente.
- A mi amiga Alejandra, quien, aunque ya no está conmigo, siempre la recordare como una parte muy bonita de mi vida.

# Índice

I. Introducción .....	1
II. Antecedentes.....	3
III. Objetivos.....	8
IV. Área de estudio .....	9
V. Materiales y Métodos .....	11
VI. Resultados .....	13
Listado de especies.....	13
Plataforma Marsopa.....	16
Plataforma Atún B .....	18
Plataforma Tiburón.....	20
Análisis Estadísticos.....	22
VII. Discusión .....	27
VIII. Conclusiones.....	32
IX. Aplicación Práctica.....	33
X. Recomendaciones .....	35
XI. Referencias .....	36

## Índice de figuras

Figura 1. Localización geográfica de las plataformas petroleras.....	10
Figura 2. Representación gráfica de los estratos de profundidad.....	11
Figura 3. Proporción de abundancia de las familias de peces (marsopa).....	17
Figura 4. Abundancia de especies por nivel trófico (Marsopa).....	17
Figura 5. Proporción de abundancia de las familias de peces (Atún B).....	19
Figura 6. Abundancia de especies por nivel trófico (Atún B).....	19
Figura 7. Proporción de abundancia de las familias de peces (Tiburón).....	21
Figura 8. Abundancia de especies por nivel trófico (Tiburón).....	22
Figura 9 Gráfico de prueba de normalidad (residuales).....	23
Figura 10. Gráfico de cajas (boxplot).....	24
Figura 11: Gráfico de Anova de 2 vías.....	25
Figura 12: Gráfico de diferencias entre medias.....	26
Figura 13. Gráfico de análisis nMDS.....	26

## Índice de tablas

Tabla 1: Listado de especies de peces.....	13
Tabla 2: Abundancia por especie, plataforma marsopa.....	16
Tabla 3: Abundancia por especie, plataforma atún B.....	18
Tabla 4: Abundancia por especie, plataforma Tiburón.....	20
Tabla 5: Valores estadísticos.....	22
Tabla 6: Prueba de Tukey.....	23
Tabla 7: Anova de 2 vías.. ..	24
Tabla 8: Análisis SIMPER.....	26

## Resumen

El presente trabajo se realizó entre 2021 y 2022 con el objetivo de describir la estructura general de las comunidades de peces presentes en tres plataformas petroleras del norte del estado de Veracruz (Tiburón, Atún B y Marsopa). Para ello se realizaron censos visuales mediante buceo autónomo SCUBA haciendo uso de la técnica de Bohnsack y Bannerot en tres estratos diferentes de profundidad con la intención de registrar las especies presentes en cada plataforma y evaluar la distribución vertical de los organismos (de 30 a 20 m, de 20 a 10 m y de 10 a 0 m). Los atributos comunitarios entre las comunidades de las tres plataformas y las diferentes profundidades fueron mediante una ANOVA de dos vías, Prueba de Tukey, Análisis SIMPER y nMDS en Past y R studio. La comunidad ictiológica de las plataformas estuvo representada por 52 especies distribuidas en 40 géneros, 23 familias y seis órdenes. Las familias más abundantes en las tres plataformas fueron Pomacentridae y Labriidae, las cuales representaron un 76.04% del total de individuos muestreados (5806). Se encontraron diferencias significativas entre la riqueza y la abundancia de las plataformas Marsopa y Atún B con respecto a Tiburón (valor de  $p = 0.0078$ ), representando esta última el 52.7% del total de organismos muestreados ( $n = 3060$ ). Los estratos de profundidad de 0 a 10 m fueron los que representaron una mayor abundancia de individuos. Se reportaron dos especies exóticas (*Neopomacentrus cyanomos* y *Pterois volitans*) y dos especies en categoría de vulnerabilidad (*Mycteroperca intersitalis* y *Megalops atlanticus*). Todas las especies determinadas en este trabajo representan el primer registro ictiológico en ambientes artificiales para la zona norte de Veracruz.

**Palabras clave:** Arrecifes Artificiales, comunidades ictiológicas, estratos de profundidad.

# I. Introducción

Uno de los grupos con mayor variabilidad e importancia en los ecosistemas acuáticos son los peces, los cuales son pieza clave en el funcionamiento ecológico de la zona en la cual están presentes (Helfman *et al.*, 2009, González-Gándara *et al.*, 2012), participando en procesos de transformación energética y, mediante la red trófica, regulando la presencia y abundancia de numerosos organismos arrecifales (De la guardia *et al.*, 2023). A la vez, son organismos cruciales para la industria pesquera y turística de la región en donde se encuentran (Santander-Monsalvo, 2010). Debido a lo anterior, resulta indispensable conocer las relaciones ecológicas y la estructura de las comunidades de peces, así como sus variaciones espaciales y temporales para la conservación del ecosistema en donde se encuentren, de igual forma esta información es clave para establecer condiciones para su aprovechamiento y procesos de protección pesquera (Lekanda, 2018).

El conocimiento sobre la estructura comunitaria de los peces nos ayuda también a conocer cuáles son las diferentes actividades que pudieran explicar con detalle los roles de los organismos presentes en el ecosistema, así como cuales son los cambios e interacciones con relación a los procesos biológicos y físicos de la zona que habitan (Greene 2013, Rombouts *et al.*, 2013, Flores-Ortega *et al.*, 2015). Debido a que estos organismos son aprovechados con varios fines, como los comerciales, turísticos o de consumo (Del Moral-Flores, 2013). Se busca actualizar los inventarios ictiofaunísticos en todas las costas del país, reflejo de que cada vez es mayor la pérdida y deterioro de los diferentes ambientes costeros y marinos (Torruco, 2017). De igual manera debido al incremento de actividades humanas en las zonas costeras, como la pesca, el turismo y la contaminación, los arrecifes coralinos han experimentado considerables impactos causados por una variedad de factores. Estos factores abarcan tanto aspectos naturales, como el cambio climático, como antropogénicos, entre los cuales se destaca el uso y la explotación excesiva de los recursos coralinos (Juárez-Hernández, 2021). Estas amenazas generan diversos efectos adversos en la estructura trófica de la comunidad íctica. La explotación, en particular, contribuye a la disminución del nivel trófico del ecosistema en su conjunto (Bayle-Sempere, 2020).

Por otra parte, los arrecifes artificiales se han convertido en una de las soluciones más eficaces para la conservación de la flora y la fauna marina, presentando una forma de desarrollar la economía en equilibrio con la naturaleza (Pérez del Toro-Rivera, 2001). Un arrecife artificial generalmente es una estructura cuya construcción se despliega sobre el lecho marino y sirve de hábitat a las distintas especies marinas y, dependiendo de su tipología, puede ser de distinta índole, y servir para la recuperación y conservación de la biodiversidad (Castanedo-Manchón, 2021).

Con respecto a la concentración de peces en este tipo de estructuras, esta se da por diferentes causas, entre ellas el comportamiento propio de las diferentes especies ícticas, la disponibilidad tanto de alimento como de refugio y la tendencia de la ictiofauna a orientarse o agregarse cerca de objetos sólidos que rompan con la uniformidad del fondo marino (Herrera-Pérez, 1998). Es por ello por lo que los arrecifes artificiales son planteados como una herramienta alternativa que mitiga problemas (principalmente la sobrepesca) al funcionar como hábitat para la ictiofauna, aumentando de esta manera no solo la producción de estos organismos que son aprovechados por las pesquerías de la región, sino también la conservación de los arrecifes naturales, esto al disminuir la presión que existe sobre ellos (Pérez del Toro-Rivera 2001; Shokry, 2009; López-Dupre, 2012). Se debe aclarar que existen estructuras marinas cuyo fin no es ser un arrecife artificial, si no que pueden llegar a comportarse como tal, ejemplo de ello son los muelles o las plataformas petroleras o gaseras, las cuales son estructuras que cumplen con los requerimientos necesarios para albergar comunidades enteras de peces (Torrejón-Arellano, 2017). Sin embargo, aún se debate sobre si las estructuras artificiales incrementan, reducen o simplemente redistribuyen las actividades pesqueras (Pickering y Whitmarsh 1997; Seaman y Jensen 2000; Delgadillo-Garzón y García, 2009) ya que generalmente se describen al transporte marítimo, la propagación de especies exóticas, la exclusión de ciertas pesquerías (por ejemplo, la pesca de arrastre) y posibles fugas o derrames de sustancias como algunas consecuencias negativas que pueden presentarse en las plataformas petroleras, sobre todo las más antiguas que ya no están en producción (Friedlander *et al.*, 2014). Por otra parte, también se ha demostrado que, una vez que los arrecifes artificiales se encuentran instalados, consolidados y asimilados a su entorno, generarán impactos positivos naturales, sociales y económicos (Santander, *et al.*, 2012).

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo es generar información sobre la ictiodiversidad que puede encontrarse dentro de un arrecife artificial (en este caso, plataformas petroleras) y cómo es que esta puede variar de acuerdo con los diferentes estratos de profundidad existentes, ya que se considera que dichas plataformas, al ser estructuras construidas por el ser humano, no cuentan con la variedad de zonas que un arrecife coralino si posee (por ejemplo, zonas de pastos marinos, zonas rocosas, zonas con cobertura coralina amplia, etc.).

## **II. Antecedentes**

El grupo conocido comúnmente como peces es dentro de los vertebrados el más abundante (Eschmeyer y Fong, 2016). Es considerado como uno de los grupos más estudiados ya que su importancia ecológica y económica son cruciales, tanto para el ser humano como para los ecosistemas en los que habitan (Nelson *et al.*, 2016). Los diversos estudios sobre las comunidades de peces nos aportan información básica y necesaria para comprender el rol ecológico que desempeñan dentro del ecosistema (Morales & García-Alzate, 2018).

En las costas veracruzanas y del Golfo de México en general, las investigaciones existentes sobre peces consideran aspectos biológicos, listados de especies y pesquerías (*e.g.* González-Gándara y Arias-González, 2001; González-Gándara, 2003 a,b; Del Moral-Flores *et al.*, 2013; Robertson *et al.*, 2019). Asu vez, el Golfo de México es considerado un lugar que posee gran diversidad de fauna ictiológica, ya que se han reportado un total de 1541 especies, las cuales se incluyen en ecosistemas como arrecifes, lagunas costeras, entre otros (Abarca-Arenas *et al.*, 2012; Soberano-Espinosa, 2018).

Particularmente en los arrecifes veracruzanos se ha reportado la presencia de un total de 392 especies de peces (Valdez-Melo, 2015; Romero-Morales, 2016; Soberano-Espinosa, 2018; Robertson *et al.*, 2019). Para la costa norte de Veracruz se incluyen 244 especies de peces, pertenecientes a 145 géneros y 71 familias, con 13 nuevos registros de peces (González-Gándara, 2003a). González-Gándara (2003b) elaboró una lista sistemática de las especies ictiológicas del municipio de Tuxpan, Veracruz, en la cual se incluyen a 372 especies, pertenecientes a 221 géneros y 93 familias.

González-Gándara y colaboradores (2013) reportaron para el sistema arrecifal Lobos Tuxpan 282 especies, pertenecientes a 74 familias y 155 géneros.

Si bien los estudios de peces en el norte de Veracruz han considerado a los 6 arrecifes emergentes del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, son muy pocos los trabajos que abordan otro tipo de ambientes, como los arrecifes no emergentes (*e.g.* Martos-Fernández, 2010; Cortés-Useche *et al.*, 2015). O en otro tipo de ambientes como los arrecifes artificiales (Castanedo-Manchón, 2021).

Con respecto a los métodos de muestreo empleados en los peces, estos son muy variados, y entre todos los que existen, el método que considera el censo visual subacuático ha sido ampliamente utilizado en estudios sobre dinámica de poblaciones y ecología de peces (*e.g.* Barans y Bortone, 1983; Longo y Floeter 2012, Sancibrián-Span, 2016). Estos censos permiten estimar la abundancia y tallas de peces litorales. Para apoyar este tipo de censos, las identificaciones de individuos por medio de videograbaciones son una gran opción, ya que solo tienen como limitantes el campo visual del buzo que realiza el muestreo y la capacidad de grabación de la videocámara, lo cual evita que exista un mayor sesgo de identificación y conteo de organismos con respecto a otros muestreos que se basan solamente en censos puramente visuales (Navarro-Martínez *et al.*, 2017).

En el año de 2006, García Cuéllar construyó un modelo trófico para caracterizar y determinar el flujo de energía en el ecosistema marino de la Sonda de Campeche, México, utilizando el software de Ecosim para crear diferentes grupos funcionales (peces, aves, invertebrados, etc.), obteniendo como resultados altos valores de eficiencia ecotrófica en peces.

Todd y colaboradores (2020) por su parte, realizaron un trabajo de investigación que consistió en recopilar videograbaciones tomadas entre 1998 y 2019 a nivel mundial con la intención de mostrar la megafauna asociada a las estructuras antropogénicas submarinas, con un total de 79 videoclips y tres imágenes fijas con las cuales se identificaron 178 individuos de 17 especies de megafauna marina (mamíferos marinos, reptiles, condriictios y peces óseos de gran tamaño), los cuales exhibieron comportamientos de búsqueda de alimento o de interacción con las estructuras.

Andaloro *et al.* (2011) llevaron a cabo un trabajo de investigación en dos plataformas gaseras marinas (Eleonora y Squalo C) localizadas en el Mar Adriático central para



determinar la eficacia e identificar las fortalezas y debilidades de dos métodos de muestreo (extracción y censos visuales). Los autores registraron 45 especies de peces en total, con una riqueza similar para los dos tipos de muestreos pesqueros siendo de 28 especies y 19 familias para el método extractivo y para censos visuales 29 especies y 12 familias, aunque sólo se encontraron ocho especies en común, siendo las familias Blennidae y Sparidae las más representativas con un total de ocho especies cada una.

Baracaldo-Sánchez, 2019 desarrolló un estudio que tuvo como objetivo caracterizar la estructura de la comunidad íctica en los arrecifes artificiales (espolones) del área de influencia directa de la Marina Internacional de Santa Marta en Colombia y determinar si existen afectaciones ocasionadas por la presencia y abundancia del pez león (*Pterois volitans*). Observó un total de 2735 organismos pertenecientes a 50 especies, 33 géneros y 24 familias, siendo Pomacentridae, Haemulidae, Scaridae y Acanthuridae las familias con mayor abundancia, contabilizando también 16 individuos de *P. volitans*.

Santander *et al.* (2012) realizaron una evaluación sobre el impacto ambiental de los arrecifes artificiales en Cozumel, concluyendo que los principales impactos negativos en este tipo de estructuras son mínimos y generalmente ocurren durante el proceso de instalación de estas estructuras, ya que la remoción y suspensión de sedimento fue de baja magnitud y no ha generado afectación relevante o irreversible al medio ambiente.

Calderón- Rodríguez y colaboradores (2019) llevaron a cabo en 2014 la colocación de 72 estructuras hechas de concreto en dos sitios de la zona marina adyacente al PNII en Nayarit, esto para la formación de arrecifes artificiales y, por medio de monitoreos realizados hasta 2019, observaron si estas estructuras funcionaron para ayudar a disminuir la presión antrópica en los arrecifes coralinos de la zona.

Santamaría-Reyes (2019) realizó un trabajo para evaluar cuales eran los efectos de los arrecifes artificiales de Michoacán en el nivel de sustentabilidad general de la pesca artesanal. Comparó a dos grupos: los usuarios de arrecifes artificiales y los no usuarios de arrecifes artificiales, obteniendo como resultados que el uso de arrecifes artificiales es más sustentable siempre y cuando exista una correcta capacitación por parte de los pescadores y una vigilancia más estricta para evitar capturas de especies no permitidas y uso de artes de pesca prohibidas.

Existen trabajos en el Golfo de México que han abordado el desarrollo de censos en plataformas petroleras, los cuales han propuesto diferentes métodos para evaluar el ensamblaje comunitario de peces asociados a este tipo de estructuras (*e.g.* Cuéllar *et al.*, 2004) considerando aspectos como la dificultad de realizar estos censos mediante el método de puntos estacionarios o censos de tipo cilindro (*e.g.* Bohnsack y Banerott, 1986) y el encontrar un punto de referencia en ciertas circunstancias determinadas, ya que este tipo de ambientes presentan condiciones como corrientes fuertes que hacen que este tipo de muestreos sean todo un reto (*sensu* Ajemian *et al.*, 2015).

En el Golfo de México se realizó un estudio en plataformas petroleras (SIGEA, 2014), dónde se observó como la complejidad y el tamaño de este tipo de estructuras sumergidas influyen en la composición de los peces, observando que esta tiende a ser más diversa y abundante en las partes en las que existe una mayor complejidad estructural, concluyendo que las plataformas funcionan como un arrecife artificial.

Es por ello que autores como González-Gándara *et al.* (2015) y Valdez-Melo, (2015) proponen que se deben tomar en cuenta otros factores para el muestreo en ambientes diferentes a los arrecifes coralinos, siendo la profundidad uno de estos factores, la cual se ha relacionado con la composición ictiológica.

Diferentes estudios han abordado la temática sobre la distribución vertical de las especies de peces en varias partes del mundo, considerando desde su estado larvario hasta los organismos adultos (*e.g.* Fortier y Harris, 1989; Leis, 1986; 1993; Sánchez-Uvera, 2012). Estos estudios han mostrado que la distribución vertical de peces depende más del comportamiento de cada especie que de la física de la columna de agua, por lo cual es probable que se puedan encontrar diferencias significativas en la abundancia de las especies de peces a lo largo del gradiente de profundidad, donde la una mayor riqueza y densidad dependerán del estrato de profundidad en el que se realice el muestreo (López-Ordaz y Rodríguez-Quintal, 2010).

Uno de los estudios que abordó la distribución vertical de peces en plataformas petroleras presentes en el golfo de México fue el de Bolser y colaboradores en el año 2020, en el cual se realizaron un total de 114 encuestas con sondas de calidad de agua y cámaras sumergibles en 54 plataformas de todo el golfo, haciendo uso de predictores ambientales significativos que incluyeron la temperatura del agua, la salinidad, la concentración de

oxígeno disuelto y la profundidad del fondo marino. Los autores obtuvieron como resultado de dicho estudio, que la mayoría de las especies no se vieron influenciadas por estos factores ambientales y por lo tanto se determinó que la mayoría de los peces asociados a plataformas petroleras tienen un rango relativamente amplio de condiciones ambientales que les permiten tener distribuciones amplias en este tipo de ambientes.

Debido a las distribuciones tan amplias de peces encontradas en este tipo de ambientes artificiales, en el año de 2019 los autores Bull y Love realizaron un documento que resume las prácticas, la historia e información disponible sobre las plataformas petroleras que sirven para reconsiderar la desmantelación de estas estructuras con el fin de considerarlas como arrecifes artificiales y brindar oportunidades para aumentar las actividades pesqueras.

Dentro de este contexto, el presente trabajo tiene como finalidad realizar el primer registro de especies ícticas en plataformas petroleras del norte del estado de Veracruz.

### **III. Objetivos**

#### Objetivo general

Analizar la estructura comunitaria de la ictiofauna presente en plataformas petroleras del norte de Veracruz

#### Objetivos particulares

- Elaborar un listado taxonómico de la ictiofauna presente en las plataformas petroleras.
- Describir la estructura comunitaria de los peces presentes en las plataformas petroleras.
- Caracterizar las similitudes y diferencias de los patrones de la riqueza íctica en las plataformas petroleras.
- Comparar la abundancia de los peces por estrato de profundidad en cada plataforma

## IV. Área de estudio

El área en la cual se ubican las plataformas petroleras tiene un origen geológico del período cuaternario y se encuentra en su mayor parte cubierta por sedimentos de origen marino compuestos por arena calcárea derivados de los arrecifes de la región, encontrando también una mezcla de materiales terrígenos y derivados del arrecife (Liddell, 2007) incluyendo cuarzo, minerales de hierro-magnesio, fragmentos de roca volcánica y obsidiana (Rigby y McIntire, 1966; Cortés-Useche, 2014). La configuración general de los arrecifes del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan SALT es de una base estructural compuesta de corales pétreos (Chávez *et al.*, 2007). La estacionalidad está determinada por diferentes procesos que se presentan en el Golfo de México, caracterizados por un periodo de secas de febrero a mayo; uno de lluvias de junio a octubre con una notoria presencia de depresiones tropicales, y uno de frentes fríos anticiclónicos (nortes) de octubre a mediados de febrero (Wiseman y Sturges, 1999).

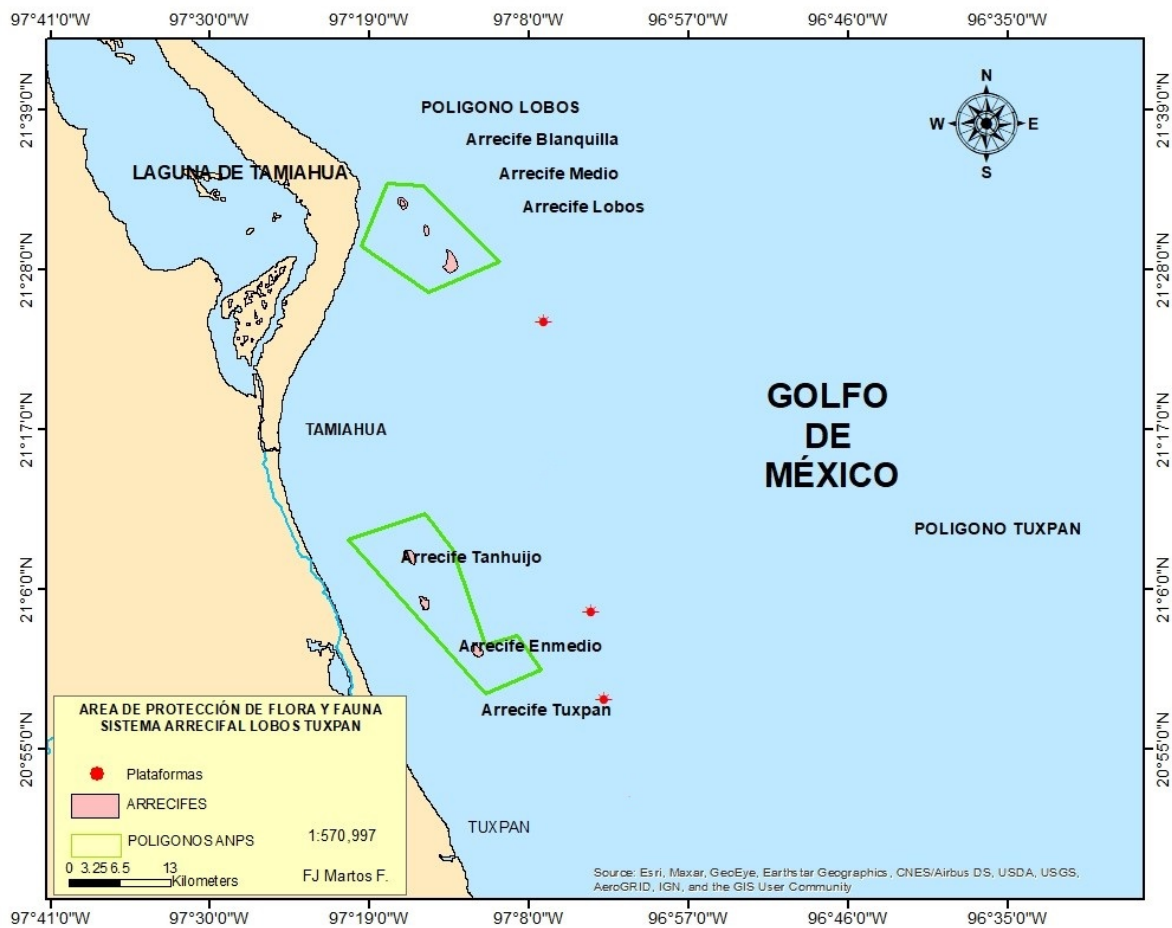
El golfo de México a su vez se divide por zonas, sobre las plataformas de Tamaulipas y Veracruz (TAVE) la corriente costera se invierte en dos momentos del año, hacia el norte de mayo a agosto y hacia el sur de septiembre a marzo. Así, a lo largo de las costas desde Luisiana hasta Veracruz, se observan vientos del sureste que favorecen surgencias de abril a agosto (Triviño y Martos-Fernández, 2014). Durante estos meses, los valores de Clorofila-a son bajos, con relación a los que se presentan en otoño e invierno, los cuales son elevados debido a la advección que transporta material biológico proveniente de la corriente costa arriba, de las descargas de los ríos principalmente el Mississippi y no por un fenómeno de surgencia (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2006).

Las plataformas petroleras consideradas para realizar este estudio fueron (Fig. 1):

- 1- Plataforma tiburón, inaugurada en 1965. Se ubica en aguas territoriales del Golfo de México a 28 km al noreste de Villa Tamiahua, localizada al este-sureste de la Isla Lobos en las coordenadas 21.414571, -97.226626 (SEMARNAT, 2004).
- 2- Plataforma Marsopa, inaugurada en 1965, se ubica en aguas territoriales del Golfo de México a una distancia de 30 km frente a las costas de Tuxpan, al oeste del arrecife Tuxpan en las coordenadas 21°03'34.98'' 97°03'29.67'' (SEMARNAT, 2004).

3- Plataforma Atún B, inaugurada en 1966, se ubica a una distancia de 40 km frente a las costas de Tuxpan, en las coordenadas 20°86'29.94''97°01'33.36''(SEMARNAT, 2004).

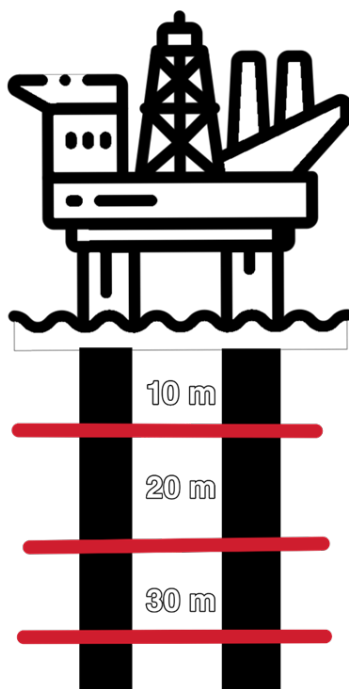
Las tres plataformas consideradas para este estudio se encuentran con operaciones de extracción cerradas, Tiburón desde el año 2004 y Atún y Marsopa desde el año 2018 (Árcega-Cabrera y Dótor-Almazán, 2021).



**Figura I. Localización geográfica de las plataformas petroleras.**

## V. Materiales y Métodos

Los muestreos fueron realizados en los meses de diciembre de 2021 hasta agosto de 2022, dichos muestreos se realizaron con ayuda de una embarcación de dos motores fuera de borda, haciendo uso de equipo SCUBA para realizar las inmersiones correspondientes. En cada una de las tres plataformas seleccionadas fueron realizados censos visuales apoyados de videograbaciones de los peces presentes en la columna de agua utilizando una cámara Nikon COOLPIX W300 con capacidad de video HD. Para valorar la distribución de los organismos, se dividieron los muestreos en tres estratos de profundidad: 0 a 10 m, 10 a 20 m y 20 a 30 m (Fig. 2). En cada censo se fueron anotando las especies avistadas en tablillas de acrílico. Una vez tomados los datos, se tomaron en cuenta las especies más abundantes con base en su frecuencia de ocurrencia para definir cuáles eran los grupos relacionados con la profundidad y cuánto cambian entre sí (*sensu* López-Ordaz y Rodríguez-Quintal, 2010).



**Figura 2. Representación gráfica de los estratos de profundidad**

Para la determinación de los organismos muestreados durante los censos, se descargaron los videos generados a una computadora personal y posteriormente estos se analizaron para realizar la determinación taxonómica correspondiente a cada individuo en el

video, al nivel mínimo (especie), familia, género y orden siguiendo la clasificación de Froese y Pauly de 2021. Se generó un listado con las especies registradas, además de un cuadro donde se observó el número de individuos identificados por sitio y el número total de individuos por especie. Después, siendo agrupadas las especies por familia, se graficó la presencia de las familias más representativas dentro del arrecife. Los peces determinados también fueron agrupados por su tipo de alimentación en cuatro grupos principales: carnívoros, herbívoros, planctívoros y omnívoros, esta información será obtenida mediante búsqueda en la base de datos en línea de FishBase (Froese y Pauly, 2021; <http://www.fishbase.org>) así como de literatura especializada (Nelson *et al.*, 2016; Froese y Pauly, 2017; Eschmeyer 2018).

Con la base de datos del número total de individuos muestreados por profundidad y por plataforma, se realizaron análisis estadísticos básicos haciendo uso de los softwares Past y R studio, los individuos totales identificados en cada una de las plataformas, mínimos, máximos, media y desviación estándar.

Se realizó una prueba de Tukey (Moreno, 2001) para encontrar posibles diferencias entre las plataformas y estratos de profundidad. Se utilizó un análisis de similitud (ANOSIM, Moreno, 2001) para evaluar las posibles diferencias significativas entre los estratos de profundidad. Se usaron correlaciones lineales (spearman, Moreno, 2001) para encontrar posibles relaciones entre los grupos de peces.

De igual manera se generó una gráfica de residuales para verificar si los datos obtenidos durante los diferentes muestreos seguían una distribución normal.

Se elaboró un gráfico de cajas (boxplot) para comparar las medias de las tres plataformas y observar posibles diferencias entre ellas. A su vez, también se elaboró un gráfico que mostrara las posibles diferencias que existen entre los niveles de las medias de acuerdo con los grupos establecidos (plataformas y estratos de profundidad), con un nivel de significancia del 95%.

Se realizó también una ANOVA de dos vías la cuál tomó en cuenta la plataforma y el estrato de profundidad existente, esto para realizar una evaluación de la abundancia de los peces y poder saber si la composición de la estructura comunitaria difiere dependiendo de la



plataforma y del estrato de profundidad, permitiendo determinar si existen diferencias significativas y obtener información sobre las posibles interacciones entre las variables antes mencionadas.

Una vez obtenidas las diferencias entre las plataformas se realizó un análisis SIMPER que enlistó a las especies registradas y el porcentaje que estas representan en la disimilitud entre plataformas. De igual manera se realizó un análisis nMDS para explorar los posibles patrones de similitud o disimilitud entre las comunidades de peces presentes en las plataformas petroleras.

## VI. Resultados

### Listado de especies

Con las videograbaciones obtenidas y la identificación in situ se pudieron identificar un total de 5806 individuos en las tres plataformas. Se determinó la presencia de 52 especies distribuidas en 40 géneros, 23 familias y siete órdenes, las cuáles fueron ordenadas en un listado sistemático siguiendo el criterio de Froese y Pauly (2017) (Tabla 1).

Tabla 1 Listado de especies de peces.				
Orden	Familia	Género	Especie	Clave
Anguiliformes	Muraenidae	Gymnothorax (Bloch, 1795)	<i>Gymnothorax funebris</i> (Ranzani, 1840)	Gfun
Beryciformes	Holocentridae	Holocentrus (Scopoli, 1777)	<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	Hads
Perciformes	Serranidae	Epinephelus (Bloch, 1793)	<i>Epinephelus adscensionis</i> (Osbeck, 1771)	Eads
		Micropogonias (Gill, 1861)	<i>Micropogonias undulatus</i> (Peters, 1860)	Mint
	Lutjanidae	Paranthias (Guichenot 1868)	<i>Paranthias furcifer</i> (Valenciennes 1828)	Pfur
		Lutjanus (Bloch 1790)	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828)	Lana
			<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)	Lgri
			<i>Lutjanus jodu</i> (Bloch y Schneider, 1801)	Ljoc
		Ocyurus (Gill 1863)	<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)	Ochr
	Haemulidae	Anisotremus (Gill, 1861)	<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791)	Asur

		<i>A. virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	Avir
	Haemulon (Cuvier, 1829)	<i>Haemulon</i> <i>flavolineatum</i> (Desmarest, 1823)	Hfla
		<i>H. macrostomum</i> (Günter, 1859)	Hmac
Carangidae	Caranx, (Lacepède 1801)	<i>Caranx bartholomaei</i> (Cuvier, 1833)	Cbar
		<i>C. crysos</i> (Mitchill, 1815)	Ccry
		<i>C. hipos</i> (Linnaeus, 1766)	Chip
		<i>C. latus</i> (Agassiz, 1831)	Clot
	Seriola Cuvier, 1816	<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	Sdum
Ephippidae	Chaetodipterus (Lacepède, 1802)	<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)	Cfab
Mullidae	Mulloidichthys (Whitley, 1929)	<i>Mulloidichthys</i> <i>martinicus</i> (Cuvier, 1829)	Mmar
Chaetodontidae	Chaetodon (Linnaeus, 1758)	<i>Chaetodon capistratus</i> (Linnaeus, 1758)	Ccap
Pomacanthidae	Pomacanthus (Lacepede, 1802)	<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)	Ppar
	Holacanthus, (Lacepède, 1802)	<i>Holacanthus</i> <i>bermudensis</i> (Goode, 1876)	Hber
		<i>H. tricolor</i> (Bloch, 1795)	Htri
Pomacentridae	Abudefduf (Forsskal, 1775)	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	Asax
	Chromis (Cuvier, 1814)	<i>Chromis multilineata</i> (Guichenot, 1853)	Cmul
		<i>Ch. scotti</i> (Emery, 1968)	Csco
	Neopomacentrus (Allen, 1975)	<i>Neopomacentrus</i> <i>cyanomos</i> (Bleeker, 1856)	Ncya
	Microspathodon (Günter, 1862)	<i>Microspathodon</i> <i>chrysurus</i> (Cuvier, 1831)	Mchr
	Stegastes (Lacepede 1803)	<i>Stegastes adustus</i> (Poey, 1868)	Sadu
		<i>S. partitus</i> (Poey, 1868)	Spar
		<i>S. variabilis</i> (Castelnau 1855)	Svar
Labriidae	Bodianus (Bloch, 1790)	<i>Bodianus Rufus</i> (Linnaeus, 1758)	Bruf
	Clepticus (Cuvier, 1820)	<i>Clepticus parrae</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Cpar
	Halichoeres (Ruppel, 1835)	<i>Halichoeres bivittatus</i> (Bloch, 1791)	Hbiv

Scorpaeniformes			<i>H. burekai</i> (Weaver & Rocha, 2007)	Hbur
		Thalassoma (Swainson, 1839)	<i>Thalassoma bifasciatum</i> (Bloch, 1791)	Tbif
	Labrisomidae	Malacoctenus (Gill, 1860)	<i>Malacoctenus triangulatus</i> (Springer, 1959)	Mtri
	Bleniidae	Ophioblennius (Gill, 1860)	<i>Ophioblennius macclurei</i> (Silvester, 1915)	Omac
		Parablennius (Ribeiro, 1915)	<i>Parablennius marmoreus</i> (Poey, 1876)	Pmar
		Hypsoblennius, (Gill 1861)	<i>Hypsoblennius invemar</i> (Smith-Vaniz y Acero, 1980)	Hinv
	Gobiidae	Tigrigobius (Fowler, 1931)	<i>Tigrigobius redimiculus</i> (Taylor y Akins, 2007)	Tred
	Sphyraenidae	Sphyraena (Artedi, 1793)	<i>Sphyraena barracuda</i> (Walbaum, 1792)	Sbar
	Kyphosidae	Kyphosus, (Lacepède, 1801)	<i>Khyphosus vaigiensis</i> (Quoy y Gaimard, 1825)	Kvai
	Echeneidae	Echeneis, (Linnaeus, 1758)	<i>Echeneis naucrates</i> (Linnaeus, 1758)	Enau
	Scorpaenidae	Pterois (Oken, 1817)	<i>Pterois volitans</i> (Linnaeus, 1758)	Pvol
		Scorpaena (Linnaeus, 1758)	<i>Scorpaena plumieri</i> (Bloch, 1789)	Splu
	Monacanthidae	Cantherines, (Swainson, 1839)	<i>Cantherhines pullus</i> (Ranzani, 1842)	Cpul
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	Canthigaster (Swainson 1839)	<i>Canthigaster rostrata</i> (Bloch 1766)	Cros
	Balistidae	Balistes (Linnaeus, 1758)	<i>Balistes capriscus</i> (Gmelin, 1789)	Bcap
		Canthidermis (Swainson 1839)	<i>Canthidermis sufflamen</i> (Mitchill, 1815)	Csuf
Elopiformes	Megalopidae	Megalops (Lacepède, 1803)	<i>Megalops atlanticus</i> (Valenciennes, 1847)	Matl

## Plataforma Marsopa

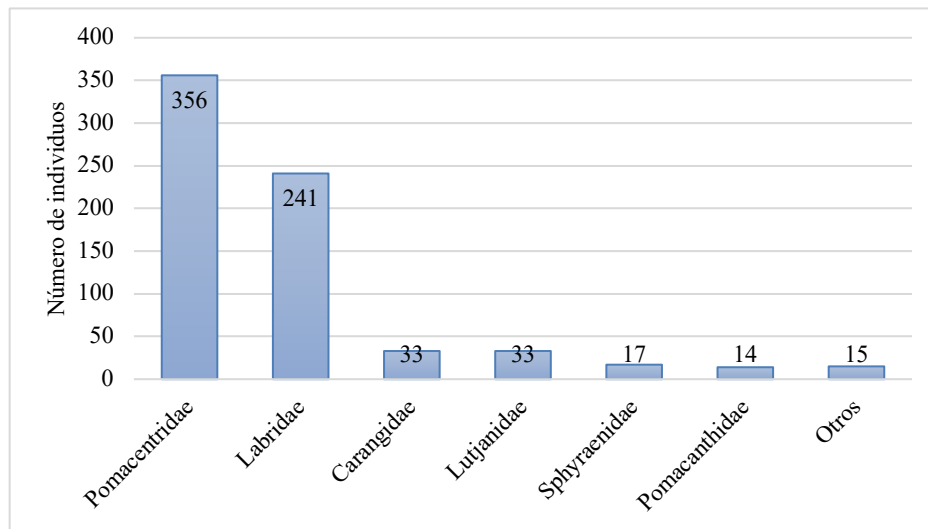
Para esta plataforma se identificaron un total de 1126 individuos, pertenecientes a 24 especies, 20 géneros, 12 familias y seis órdenes (Tabla 2).

**Tabla 2.** Abundancia por especie presentes en la plataforma marsopa.

Especie	Censo 1 (20-30 m)	Censo 2 (10-20 m)	Censo 3 (0-10 m)	Total
<i>Abudefduf saxatilis</i>	9	22	199	230
<i>Bodianus Rufus</i>	26	28	34	88
<i>Canthidermis sufflamen</i>	1	0	0	1
<i>Caranx crysos</i>	0	23	1	24
<i>C. latus</i>	0	0	26	26
<i>Chromis multilineata</i>	65	54	117	236
<i>Clepticus parrae</i>	0	41	45	86
<i>Holacanthus bermudensis</i>	2	0	0	2
<i>H. tricolor</i>	0	2	0	2
<i>Lutjanus griseus</i>	10	9	7	26
<i>Malacoctenus triangulatus</i>	0	0	6	6
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0	1	6	7
<i>Neopomacentrus cyanomos</i>	13	10	13	36
<i>Ocyurus chrysurus</i>	10	13	1	24
<i>Parablennius marmoratus</i>	0	1	0	1
<i>Paranthias furcifer</i>	0	0	4	4
<i>Pomacanthus paru</i>	6	2	4	12
<i>Pterois volitans</i>	1	2	0	3
<i>Sphyræna barracuda</i>	13	8	6	27
<i>Stegastes adustus</i>	23	12	11	46
<i>S. partitus</i>	1	7	0	8
<i>S. variabilis</i>	4	5	0	9
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	52	31	135	218
<i>Tigriobius redimiculus</i>	0	4	0	4
<b>Totales</b>	<b>236</b>	<b>275</b>	<b>615</b>	<b>1126</b>

La especie con mayor abundancia fue *Chromis multilineata* con 236 individuos, seguido por *Abudefduf saxatilis* y *Thalassoma bifasciatum* con 230 y 218 individuos respectivamente.

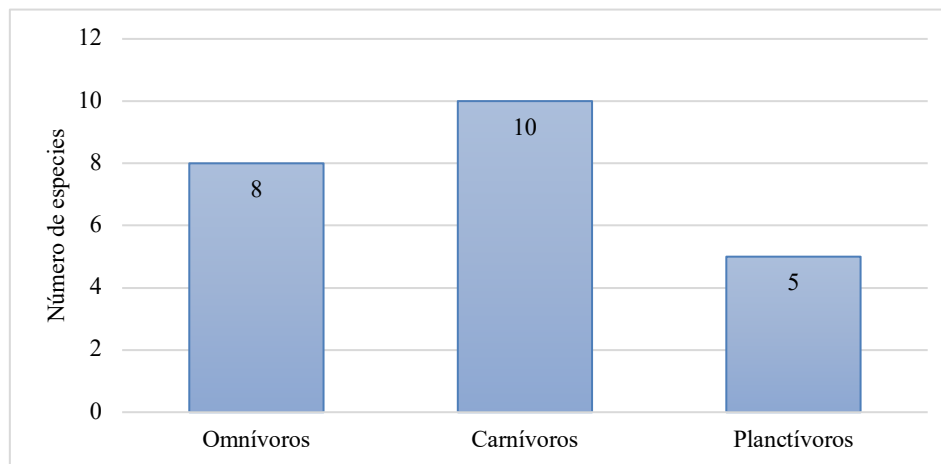
La familia más abundante fue Pomacentridae con siete especies y 572 individuos, seguida de Labridae con tres especies y 392 individuos (Figura 3).



**Figura 3. Proporción de abundancia de las familias de peces (marsopa).**

La mayor abundancia se observó en el censo tres con 615 individuos identificados. ocho especies fueron encontradas en todos los censos: *Bodianus rufus*, *Chromis multilineata*, *Lutjanus griseus*, *Neopomacentrus cyanomos*, *Pomacanthus paru*, *Sphyraena barracuda*, *Stegastes adustus* y *Thalassoma bifasciatum*, Se registraron dos especies exóticas (*P. volitans* y *N. cyanomos*).

Se encontraron 11 especies de hábitos mayormente carnívoros (43%), ocho especies de hábitos omnívoros (35%) y cinco de hábitos planctívoros (22%) (Fig. 4).



**Figura 4. Abundancia de especies por nivel trófico (Marsopa).**

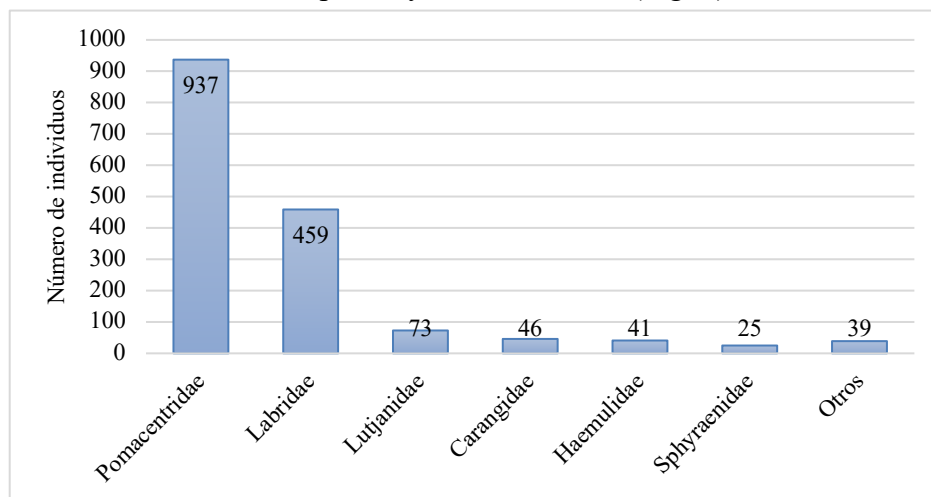
## Plataforma Atún B

Para esta plataforma se identificaron un total de 1620 individuos, pertenecientes a 27 especies, 23 géneros, 12 familias y tres órdenes (Tabla 3).

Tabla 3. Abundancia por especie, plataforma Atún B.				
Especie	Censo 1 (20-30 m)	Censo 2 (10-20 m)	Censo 3 (0-10 m)	Total
<i>Abudefduf saxatilis</i>	51	76	330	457
<i>Anisotremus surinamensis</i>	3	0	0	3
<i>Anisotremus virginicus</i>	0	2	9	11
<i>Bodianus Rufus</i>	12	31	50	93
<i>Caranx latus</i>	16	0	17	33
<i>Chromis multilineata</i>	76	93	141	310
<i>Clepticus parrae</i>	0	21	44	65
<i>Epinephelus adscensionis</i>	0	0	5	5
<i>Haemulon flavolineatum</i>	10	11	0	21
<i>H. macrostomum</i>	6	0	0	6
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0	41	50	91
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0	1	0	1
<i>Kyphosus vaigiensis</i>	0	6	0	6
<i>Lutjanus griseus</i>	11	9	9	29
<i>Malacoctenus triangulatus</i>	0	5	4	9
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0	3	6	9
<i>Neopomacentrus cyanomos</i>	7	9	12	28
<i>Ocyurus chrysurus</i>	17	9	18	44
<i>Pomacanthus paru</i>	0	7	6	13
<i>Pterois volitans</i>	0	3	1	4
<i>Scorpaena plumieri</i>	0	1	0	1
<i>Seriola dumerili</i>	13	0	0	13
<i>Sphyrna barracuda</i>	9	7	9	25
<i>Stegastes adustus</i>	31	28	26	85
<i>S. partitus</i>	0	11	0	11
<i>S. variabilis</i>	23	14	0	37
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	44	35	131	210
Totales	329	423	868	1620

La especie con mayor abundancia fue *Abudefduf saxatilis* con 457 individuos, seguido por *Chromis multilineata* y *Thalassoma bifasciatum* con 310 y 210 individuos respectivamente.

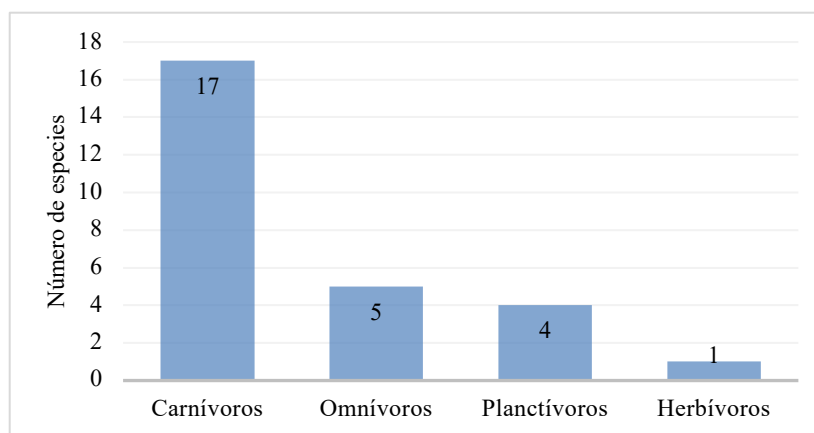
La familia más abundante fue Pomacentridae con siete especies y 937 individuos, seguida de Labridae con cuatro especies y 459 individuos (Fig. 5).



**Figura 5.** Proporción de abundancia de las familias de peces (Atún B)

La mayor abundancia se observó en el censo tres con 868 individuos identificados, nueve especies fueron encontradas en todos los censos: *Abudefduf saxatilis*, *Bodianus rufus*, *Chromis multilineata*, *Lutjanus griseus*, *Neopomacentrus cyanomos*, *Ocyurus chrysurus*, *Sphyraena barracuda*, *Stegastes adustus* y *Thalassoma bifasciatum*, Se registró la presencia de dos especies exóticas (*P. volitans* y *N. cyanomos*).

Se encontraron 17 especies de hábitos mayormente carnívoros (63%), 5 especies de hábitos omnívoros (18%), cuatro de hábitos planctívoros (15%) y una de hábitos herbívoros (4%) (Fig. 6).



**Figura 6.** Abundancia de especies por nivel trófico (Atún B).

## Plataforma Tiburón

Se identificaron un total de 3060 individuos para la plataforma Tiburón, pertenecientes a 42 especies, 34 géneros, 20 familias y seis órdenes (Tabla 4).

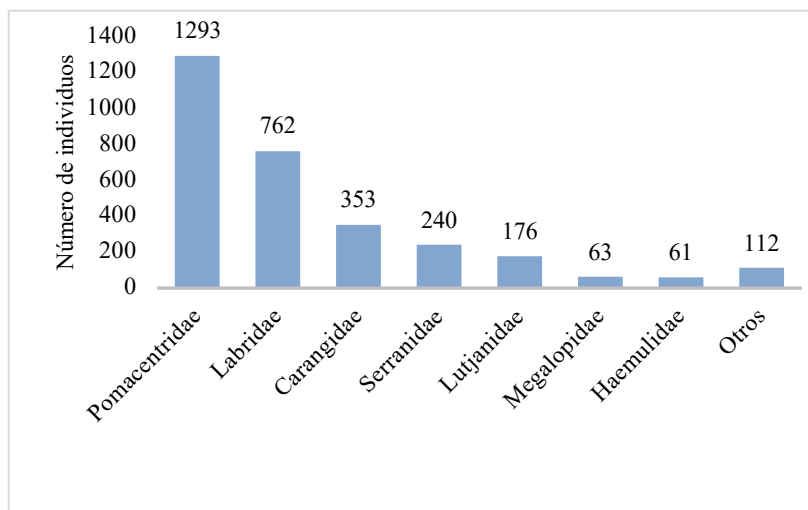
<b>Tabla 4:</b> Abundancia por especie, plataforma Tiburón.				
Especie	Censo 1 (20-30 m)	Censo 2 (10-20 m)	Censo 3 (0-10 m)	Total
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0	37	372	409
<i>Anisotremus surinamensis</i>	21	27	0	48
<i>A. virginicus</i>	6	5	0	11
<i>Balistes caprisus</i>	0	1	0	1
<i>Bodianus Rufus</i>	14	31	55	100
<i>Cantherhines pullus</i>	0	1	0	1
<i>Canthigaster rostrata</i>	0	0	1	1
<i>Caranx bartholomaei</i>	25	60	2	87
<i>C. hipos</i>	6	65	5	76
<i>C. latus</i>	20	107	23	150
<i>Chaetodipterus faber</i>	0	0	1	1
<i>Chaetodon capistratus</i>	0	0	1	1
<i>Chromis multilineata</i>	43	222	441	706
<i>C. scotti</i>	0	5	6	11
<i>Clepticus parrae</i>	0	14	5	19
<i>Echeneis naucrates</i>	0	8	5	13
<i>Epinephelus adscensionis</i>	0	5	1	6
<i>Gymnothorax funebris</i>	0	1	0	1
<i>Haemulon macrostomum</i>	0	2	0	2
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0	40	90	130
<i>H. burekai</i>	0	3	19	22
<i>Holacanthus bermudensis</i>	1	3	0	4
<i>Hypsoblennius invemar</i>	0	0	3	3
<i>Lutjanus analis</i>	1	0	0	1
<i>L. griseus</i>	22	25	42	89
<i>L. jocu</i>	32	36	0	68
<i>Malacoctenus triangulatus</i>	0	6	5	11
<i>Megalops atlanticus</i>	10	32	21	63
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0	5	7	12
<i>Mulloidichthys martinicus</i>	0	10	0	10
<i>Mycteroperca interstitialis</i>	1	0	0	1
<i>Neopomacentrus cyanomos</i>	11	18	12	41
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0	15	3	18
<i>Ophioblennius macclurei</i>	0	3	2	5
<i>Paranthias furcifer</i>	36	178	19	233



<i>Pomacanthus paru</i>	4	5	0	9
<i>Pterois volitans</i>	3	1	2	6
<i>Seriola dumerili</i>	10	29	1	40
<i>Sphyræna barracuda</i>	13	25	7	45
<i>Stegastes adustus</i>	0	34	65	99
<i>S. partitus</i>	0	5	10	15
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	30	53	408	491

La especie con mayor abundancia fue *Chromis multilineata* con 706 individuos, seguido por *Thalassoma bifasciatum* y *Abudefduf saxatilis* con 491 y 409 individuos respectivamente.

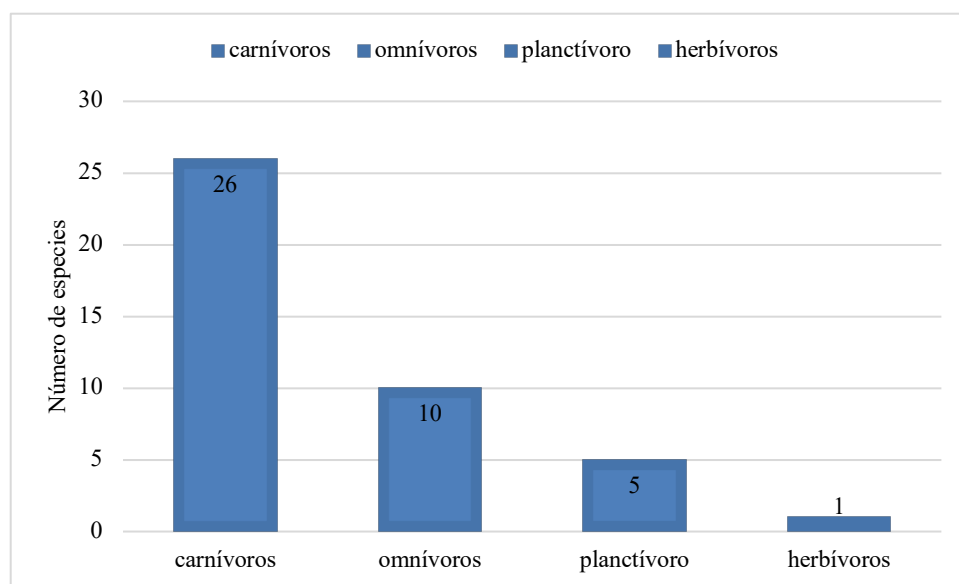
La familia más abundante fue Pomacentridae con siete especies y 1293 individuos, seguida de Labridae con cinco especies y 762 individuos (Fig. 7).



**Figura 7. Proporción de abundancia de las familias de peces (Tiburón)**

La mayor abundancia se observó en el censo tres con 1634 individuos identificados, 12 especies fueron encontradas en todos los censos: *Bodianus rufus*, *Caranx hipos*, *C. latus*, *Chromis multilineata*, *Lutjanus griseus*, *Megalops atlanticus*, *Neopomacentrus cyanomos*, *Paranthias furcifer*, *Pterois volitans*, *Seriola dumerili*, *Sphyræna barracuda* y *Thalassoma bifasciatum*. También se reportaron dos especies exóticas (*P. volitans* y *N. cyanomos*).

Se encontraron 26 especies de hábitos mayormente carnívoros (62%), 10 especies de hábitos omnívoros (24%), cinco de hábitos planctívoros (12%) y una de hábitos herbívoros (2%) (Fig. 8).



**Figura 8. Abundancia de especies por nivel trófico (Tiburón)**

### Análisis Estadísticos

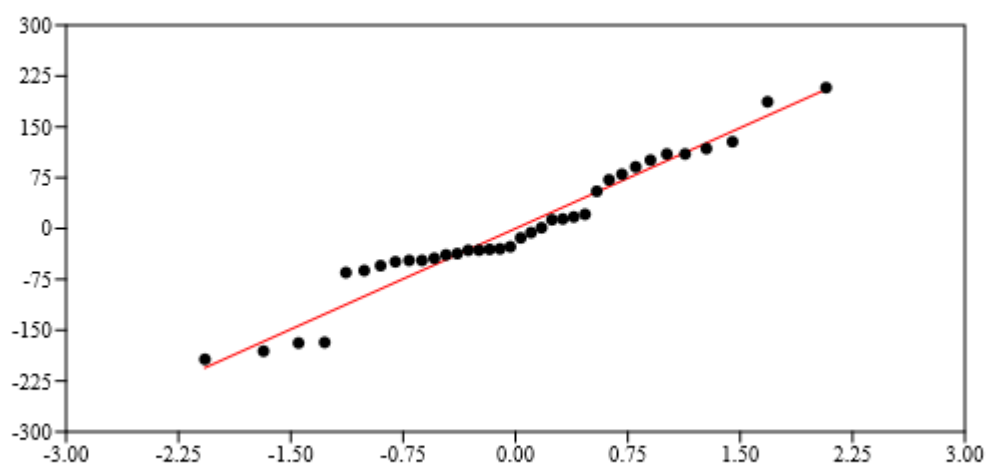
A continuación, se muestran los valores de las estadísticas univariadas de acuerdo con los valores obtenidos de cada plataforma, se puede apreciar una N de 12 repeticiones realizadas en cada una de las plataformas, se observan valores mínimos y máximos obtenidos, sumatoria total, valor de la media, etc. (Tabla 5).

Tabla 5: Valores estadísticos.			
	MAR	ATU	TIB
N	12	12	12
Min	39	70	62
Max	222	245	463
Sum	1116	1620	3060
Mean	93	135	255
Stand. Dev	53.21483	63.67389	148.9576

El análisis de las diferencias de medias mediante la prueba de Tukey señala que las plataformas Atún y Marsopa difieren con la plataforma Tiburón. Las plataformas Atún y Marsopa obtienen la puntuación media más alta y difieren de forma estadísticamente significativa con la plataforma Tiburón ( $p < .001$ ; Tabla 6).

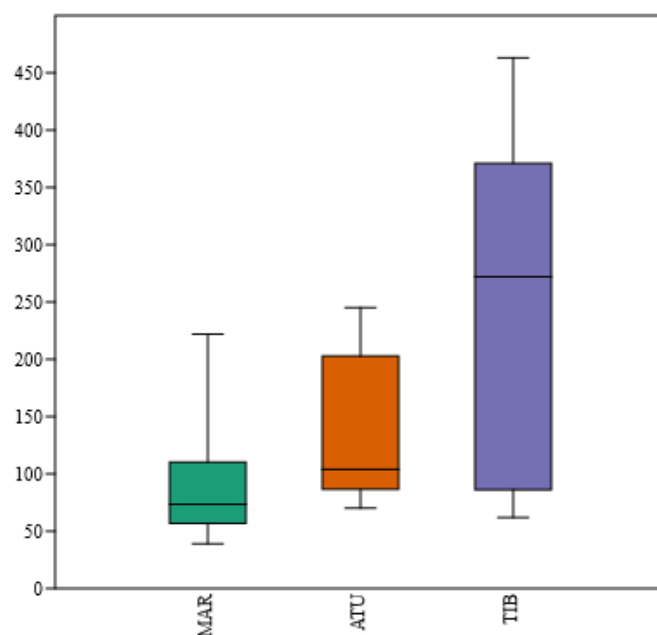
Tabla 6. Pruebas de comparaciones múltiples de Tukey.			
	MAR	ATU	TIB
MAR		0.5543	0.0008781
ATU	1.478		0.01427
TIB	5.7	4.223	

La grafica de residuales indicó que los datos siguieron una distribución normal, ya que el valor p fue 0.152, el cuál fue mayor que el nivel de significancia de 0.05 (Fig. 9).



**Figura 9. Gráfico de prueba de normalidad (residuales).**

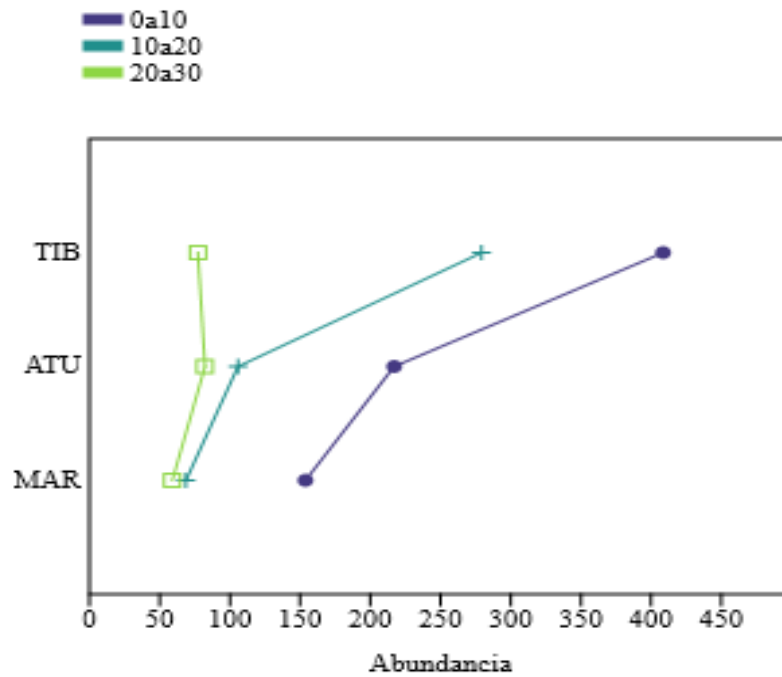
En la gráfica de caja (boxplot) se muestra que los valores de las medias entre las plataformas marsopa y atún fueron parecidas, mientras que existe una marcada diferencia con respecto a la plataforma tiburón, en cuanto a los sesgos, las plataformas marsopa y tiburón presentaron un rango de sesgo mayor con respecto a la plataforma atún (Fig. 10).



**Figura 10. Gráfico de caja (boxplot).**

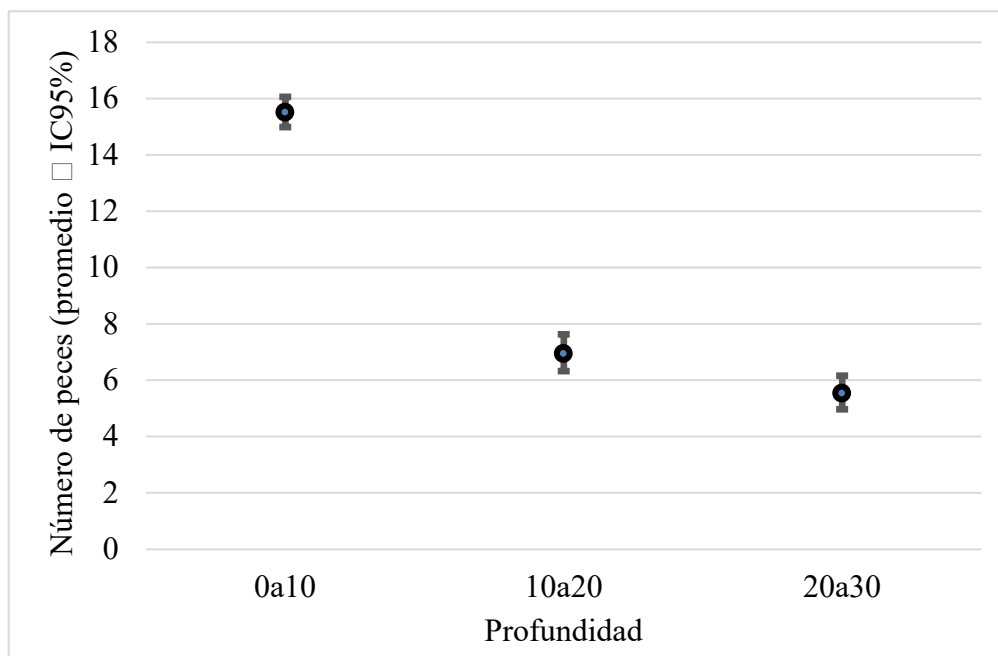
El Anova de 2 vías indicó claras diferencias entre las medias de los datos de abundancia y de profundidad en cada una de las plataformas de acuerdo con el estrato de profundidad que se tomó en cuenta. Se puede observar una clara tendencia a que las medias de abundancia aumentaron de acuerdo con la disminución de profundidad, teniendo las medias de abundancia más bajas para la profundidad de 20 a 30 m y las más altas en la profundidad de cero a 10 m. (Tabla 7; Fig. 11).

<b>Tabla 7. Anova de 2 vías.</b>					
Efectos	Suma de cuadrados	df	Medias	F	p (same)
Plataforma	169632	2	84816	65.73	4.21E-11
Profundidad	209473	2	104737	81.16	3.81E-12
Interacción	75505.3	4	18876.3	14.63	1.78E-06
Within:	34841.5	27	1290.43		
Total:	489452	35			



**Figura 11. Gráfico de Anova de 2 vías.**

El siguiente gráfico (Fig. 12) se observan las diferencias que se presentaron entre los niveles de las medias de acuerdo con los estratos de profundidad, con un nivel de significancia del 95%. Se puede apreciar una marcada diferencia de medias en los valores que van de cero a 10 m de profundidad.



**Figura 12. Gráfico de diferencias entre medias.**

El análisis SIMPER coincidió en que 10 especies tuvieron la mayor contribución relativa a las variables de disimilitud entre las plataformas, destacando a *Abudefduf saxatilis*, *Chromis multilineata* y *Thalassoma bifasciatum* como las especies que mayormente contribuyeron a las diferencias entre las plataformas (Tabla 8).

Tabla 8: análisis SIMPER	
Especie	Contribución
<i>Abudefduf saxatilis</i>	19.49%
<i>Chromis multilineata</i>	14.73%
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	11.74%
<i>Paranthias furcifer</i>	7.452%
<i>Halichoeres bivittatus</i>	4.686%
<i>Caranx latus</i>	4.611%
<i>Clepticus parrae</i>	3.708%
<i>Stegastes adustus</i>	3.176%
<i>Caranx bartholomaei</i>	2.975%
<i>Lutjanus jocu</i>	2.584%

El análisis de similitud nMDS indicó claras diferencias entre los valores de abundancia obtenidos en la plataforma Tiburón con respecto a las plataformas Atún B y Marsopa en los tres estratos de profundidad (Fig 13).

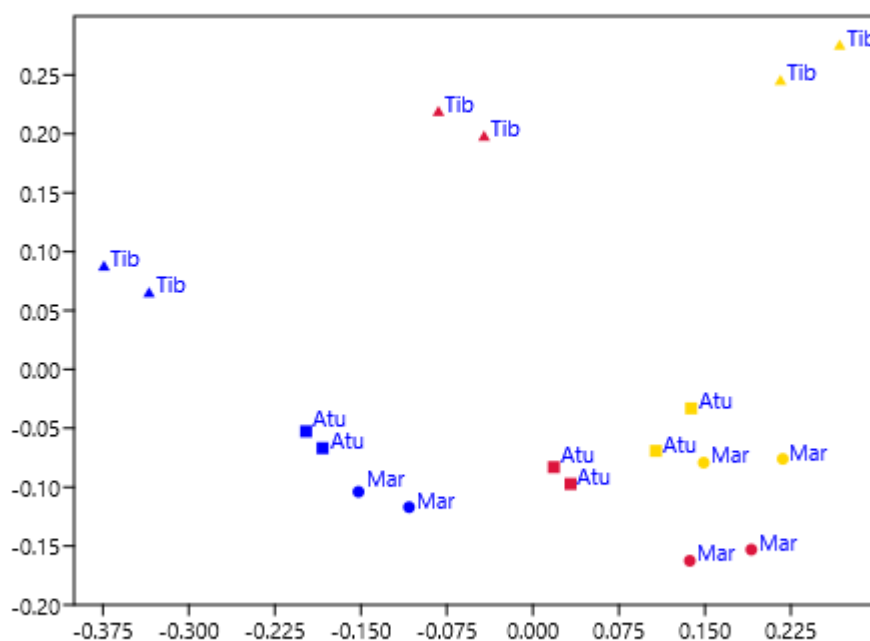


Figura 13. Gráfico de análisis nMDS.

## VII. Discusión

### - Listado taxonómico de la ictiofauna

En el presente trabajo se reportó la presencia de 52 especies de peces para las plataformas Marsopa, Atún B y Tiburón, siendo este el primer registro ictiológico para arrecifes artificiales en la costa norte de Veracruz. Las investigaciones realizadas en peces en ambientes arrecifales del estado de Veracruz han indicado la presencia de 392 especies de peces (e.g. Del Moral-Flores *et al.*, 2013; González-Gándara *et al.*, 2013; González-Gándara y De la Cruz, 2014; Cortés-Useche *et al.*, 2015; Valdez-Melo, 2015; Romero-Morales, 2016; Soberano-Espinosa, 2018; Robertson *et al.*, 2019), por lo cual las especies reportadas en el presente trabajo representan el 13.27% del total de especies registradas hasta el momento en el área de estudio. En este sentido, hay que considerar que el número menor encontrado puede deberse a diferentes situaciones, principalmente a que el conocimiento sobre la riqueza de especies de peces en este tipo de ambientes artificiales se encuentra en proceso, y a que el esfuerzo de muestreo e investigación es mayor en ecosistemas naturales, como el trabajo de Robertson y colaboradores en 2019, quienes incluyeron bases de datos de la Comisión Nacional para la Biodiversidad CONABIO, la Integrated Digitized Biocollections iDigBio, y Global Biodiversity Information Facility GBIF, entre otros. Otro factor que incide en este caso en particular es el estudio más detallado de las especies muy pequeñas y crípticas, las cuales suelen ser poco observadas, como es el caso de *Hypsoblennius invemar* o de *Parablennius marmoreus*. Un aspecto más que se debe considerar, es que las plataformas petroleras son ambientes artificiales que tienen claras diferencias morfológicas con los arrecifes de coral como la ausencia de hábitats (lagunas, planicies, crestas arrecifales, etc.; Sánchez-Sánchez, 2019), lo cual se observó durante el presente estudio en las tres plataformas. Es por ello por lo que en estos ambientes la profundidad es un factor de gran importancia ya que la distribución vertical de las comunidades y especies de peces está relacionada con aspectos como la cobertura coralina, profundidad, disponibilidad de alimento y de refugio (Martínez-Rivera, 2012).

La ictiofauna presente en ambientes artificiales en el norte de Veracruz es prácticamente desconocida, pero por la cercanía con los arrecifes del SALT debería existir una amplia relación con la reportada para estos ambientes naturales. En esta zona norte existen arrecifes

no emergentes fuera del área de protección en los cuales el esfuerzo de muestreo y la metodología utilizada para conocer la ictiofauna presente en ellos fue similar, como lo son los arrecifes Oro Verde y Pantepec (Cortés-Useche, 2015). La riqueza de especies en estos arrecifes fue menor a la reportada en las plataformas petroleras, al tener registradas 45 y 42 especies respectivamente (Cortés-Useche et al., 2015). Cabe señalar que es posible que al realizar un esfuerzo de muestreo mayor al realizado en el presente estudio aumente el número de especies registradas, por ejemplo, incluyendo otras plataformas como Bagre o Carpa. En contraste, para el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT) se encuentran reportadas un total de 282 especies pertenecientes 74 familias y 155 géneros (González-Gándara, 2013).

## **-Descripción de la estructura comunitaria de los peces**

De las 23 familias de peces registradas en el presente trabajo, las que presentaron un mayor número de especies fueron Pomacentridae (8), Labriidae (5) y Carangidae (5), las cuales son familias de peces típicamente arrecifales y también son comunes de encontrar en arrecifes de toda la costa de Veracruz (Martínez-Rivera, 2012). La familia Carangidae posee especies que son muy deseables para su comercialización en el mercado, tales como *Caranx bartholomaei*, *C. crysos*, *C. hipos*, *C. latus*, y *Seriola dumerili*, las cuales fueron reportadas en este trabajo. La pérdida de especies comerciales y de grandes depredadores en los arrecifes de coral ha sido ampliamente mencionada en los sistemas arrecifales y marinos en general, y es una de las mayores preocupaciones para la conservación de esos ecosistemas (SEMARNAT, 2018), es por ello que el reporte de estas y otras especies que igualmente son objetivo de pesca en la zona norte de Veracruz podrían indicar que las plataformas petroleras son ambientes artificiales en los cuales estas especies pueden desenvolverse sin mayores preocupaciones ya que las plataformas como tal no son zonas de explotación pesquera, es por ello que familias como Carangidae y Serranidae estuvieron presentes en las tres plataformas. La segregación de peces en estos ambientes se realiza con la finalidad de obtener protección contra depredadores y encontrar mayor disponibilidad de alimento (Narváez et al., 2021).

La composición trófica de las especies de peces reportadas dio un total de 33 especies de hábitos mayormente carnívoros, 13 omnívoros, cinco planctívoros y una herbívora, existiendo una marcada dominancia de carnívoros con respecto a los otros grupos (63%). Lo



anterior sirve como indicador de un ecosistema estable a pesar de ser un ambiente artificial, Velázquez- Velázquez y Vega-Candejas, (2004) establecieron que un ecosistema acuático que cuente con menos del 20% de individuos omnívoros son buenas, en el presente trabajo el porcentaje de omnívoros fue del 25%. A medida que el número de omnívoros aumenta y la de carnívoros disminuye, la calidad ambiental declina (Karr, 1981), por lo cual, considerando el porcentaje de especies de hábitos carnívoros reportado para las tres plataformas (59%), se muestra un buen estado trófico en estos ambientes, ya que indica que existe abundancia de presas, las cuales pueden ser otras especies de peces o bien, especies de invertebrados como crustáceos, esponjas o moluscos (Martínez-Servín, 2021).

Entre las especies registradas en el presente trabajo, fueron encontradas dos especies exóticas de carácter invasivo en los arrecifes veracruzanos: *Pterois volitans* y *Neopomacentrus cyanomos*. El pez león rojo (*Pterois volitans*) es un pez de la familia Scorpaenidae que se caracteriza por ser un organismo sumamente voraz y de reproducción veloz que ha afectado en gran medida los ambientes marinos en donde se le ha encontrado (Akins, 2013). En el presente estudio fueron registrados reportado un total de 13 individuos de esta especie en las tres plataformas. Es importante registrar su presencia debido a que actualmente es un depredador tope que se posiciona incluso arriba de los tiburones en las redes alimenticias y tróficas, afectando a los ambientes arrecifales aledaños a las plataformas (Ávila-Varillas, 2014). Además, dentro de su alimentación se encuentran especies de algunas de las familias más comunes como lo son Labridae, Pomacentridae, Gobiidae, entre otras, las cuales pueden llegar a presentar afectaciones por la depredación por parte de esta especie, y esto también puede generar competencia con especies de importancia pesquera por alimento (Akins, 2013). En el trabajo de Baracaldo-Sánchez en 2019 se contabilizaron un total de 16 individuos de esta especie (tres más que en el presente trabajo. Lozano (2021) refiere que la presencia de este depredador debe ser monitoreada de manera constante ya que puede llegar a tener un impacto considerable en la riqueza y abundancia de sus presas, provocando alteraciones en la estructura de la comunidad, las redes tróficas y el equilibrio ecológico del ecosistema.

Otra especie exótica registrada para las tres plataformas fue *Neopomacentrus cyanomos*, el cual es un pez de la familia Pomacentridae originario del Indo pacífico que fue

reportado por primera vez en los arrecifes los Tuxtlas (SAT) por González-Gándara y De la Cruz-Francisco (2014); posteriormente fue reportada su presencia en los diferentes arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y a su vez también en los arrecifes correspondientes al Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT) (De la Cruz-Francisco *et al.* 2015). La presencia de *N. cyanomos*, debe ser continuamente monitoreada junto con su posible crecimiento poblacional, ya que las inspecciones de estas especies son importantes para valorar el nivel invasivo y las afectaciones que pueden ocasionar en los ambientes donde se encuentran (De la Cruz y Franco, 2017).

Otro aspecto relevante para destacar en este trabajo es el avistamiento de *Halichoeres burekai* (Doncella Mardi Gras) en la plataforma Tiburón. Esta especie ha sido identificada como endémica de los arrecifes del suroeste del Golfo de México (Del Moral-Flores, *et al.*, 2013). También es destacable el registro del Sábalo del Atlántico (*Megalops atlanticus*) en este estudio, con la presencia de 63 individuos distribuidos en todos los estratos de profundidad de la plataforma Tiburón. Dado que esta especie sostiene una pesquería económicamente importante, es relevante mencionar que hay información limitada sobre el estado de su población y pesquería. Por tanto, este hallazgo contribuye significativamente al conocimiento de los ambientes marinos en los que habita esta especie (Griffin *et al.*, 2023). La ausencia de *M. atlanticus* en las otras dos plataformas puede indicar, de acuerdo con lo reportado por Kurth y colaboradores en 2019, que estas dos plataformas no son sistemas que puedan proveer de suficiente alimento a esta especie, esto debido a posibles actividades pesqueras típicas que se llevan a cabo en los arrecifes del polígono Tuxpan y que son mayores a las que se dan en el polígono Lobos (que es el más cercano a la plataforma Tiburón). Además, se registró la presencia de un individuo de *Mycteroperca intersitalis* en la plataforma Tiburón. Esta especie también tiene una gran importancia pesquera y está catalogada en la lista roja de la UICN como vulnerable, con una población en decrecimiento. La escasa presencia de esta especie podría deberse a la sobreexplotación pesquera, que ha provocado una disminución en la frecuencia de avistamientos de poblaciones de meros. Como resultado, muchas especies de peces de este grupo se encuentran actualmente en peligro de extinción o han experimentado un marcado declive en los últimos años (Schmitter-Soto, 2017).

## - Similitudes y diferencias de los patrones de la riqueza íctica

Se han producido cambios significativos en los métodos utilizados para obtener información en las últimas décadas, pasando de emplear redes en zonas arrecifales en los años 70 a utilizar actualmente muestreo con censos visuales apoyados de videograbaciones y fotografía submarina. Si bien los métodos extractivos proporcionan información detallada, también pueden tener un impacto severo en el ecosistema, que, aunque para el caso de este trabajo se trata de arrecifes artificiales, estos tienen su propia red trófica que puede verse afectada si se realizan demasiadas extracciones (Navarro-Martínez *et al.* 2017). Sin embargo, los censos visuales aún presentan algunas desventajas, como la dificultad para reconocer especies crípticas o de carácter evasivo (Martínez-Rivera, 2012).

En comparación con los trabajos de González-Gándara de 2013 y 2015, que incluyeron la recolección de organismos para su identificación en laboratorio, el esfuerzo de muestreo en esta investigación fue mucho menor y no invasivo haciendo uso solamente de censos visuales con apoyo de fotografía y videograbación submarina, evitando así el impacto negativo de los métodos de muestreo extractivos.

En cuanto a la distribución vertical de las especies reportadas en el presente trabajo a través de los diferentes estratos de profundidad establecidos, se puede inferir que las diferencias entre los patrones de riqueza se deben en mayor medida a los comportamientos propios de cada especie (Sánchez-Uvera, 2012). Aunque Bolser y colaboradores en el año 2020 determinaron que la mayoría de los peces asociados a plataformas petroleras tienen un rango relativamente amplio de distribuciones en este tipo de ambientes, en el presente trabajo se observaron especies que claramente preferían ciertos estratos, eso explicado en las abundancias encontradas, como ejemplo se tiene a *Abudefduf saxatilis*, una de las tres especies más abundantes en todas las plataformas, pero cuya abundancia fue mucho mayor en el rango de profundidad de entre 0 y 10 metros con 901 de 1096 individuos totales identificados encontrados en este rango, lo cual indica que esta especie prefiere las aguas someras, estos resultados son un ejemplo claro de que la conformación de la comunidad íctica se encuentra determinada primordialmente por la profundidad (Contreras-Juárez, 2020), ya que en las tres plataformas los valores de riqueza y abundancia fueron disminuyendo a la par de los gradientes de profundidad establecidos.

## VIII. Conclusiones

En este estudio se generó un listado taxonómico de las comunidades de peces en plataformas petroleras del norte de Veracruz, mostrando un total de 52 especies, incluidas en 40 géneros, 23 familias y siete órdenes, reportando dos especies exóticas para los arrecifes veracruzanos.

Las especies reportadas en este trabajo representan el primer registro ictiológico para ambientes artificiales en esta zona.

La familia Pomacentridae fue la más abundante en las tres plataformas, con un total de 2802 individuos (48.26% del total) seguida por Labriidae con 1613 (31.71% del total).

*Chromis multilineata* fue la especie con mayor número de individuos con 1252 (22% del total) seguida por *Abudefduf saxatilis* con 1096 (19%) y *Thalassoma bifasciatum* con 919 (16%)

Los peces de hábitos carnívoros fueron los más abundantes (59% del total), a su vez, la especie más abundante *A. saxatilis* también es de hábitos carnívoros (*C. multilineata* es planctívora, *S. adustus* es omnívoro) demostrando que la ecología trófica en estos ambientes está en buenas condiciones.

De las 52 especies reportadas en este trabajo, 23 son consideradas objetivo de pesca. *Mycteroperca intersialis* y *Megalops atlanticus* son especies que se encuentran en un rango de vulnerabilidad dentro de la lista roja de la UICN.

Los índices de diversidad mostraron un incremento de acumulación de especies muy marcado de acuerdo con el avance en cuanto al número de muestreos.

## IX. Aplicación Práctica

El presente trabajo funge como el primer registro ictiológico para la zona norte del estado de Veracruz, por lo que se considera un parteaguas para continuar con futuros trabajos de investigación en estas y otras plataformas que permitan expandir el conocimiento sobre la ictiofauna presente en ambientes artificiales en México y como estas comunidades influyen en ecosistemas naturales aledaños, para este caso, el sistema arrecifal Lobos-Tuxpan. Por lo tanto, esta investigación servirá para el desarrollo de prácticas sostenibles, ya que los resultados obtenidos de este estudio pueden ayudar a la industria petrolera (PEMEX) a minimizar el impacto que tienen sus actividades en la biodiversidad marina. Este estudio contribuirá también a sentar las bases para la implementación de medidas de conservación y gestión adecuada en plataformas petroleras en estado de abandono (ejemplo, plataforma Tiburón) que ayuden a mantener las comunidades de peces reportadas, y de esta manera, tener un ambiente artificial controlado que tenga un impacto positivo en las áreas naturales protegidas aledañas (Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan). Por lo tanto, la información obtenida de este estudio también ayuda a identificar especies de peces que se encuentran en alguna categoría de riesgo. Esto último puede deberse a las diferentes actividades humanas asociadas tanto a la explotación petrolera como a las actividades turísticas y pesqueras de la región. Un ejemplo de ello es el sábalo rey (*Megalops atlanticus*), una especie reportada en la presente investigación, que se ubicó en la plataforma Tiburón, se encuentra en la lista roja de la UICN como especie vulnerable en el Golfo de México. Así como esta, existen otras especies que se encuentran en diferentes grados de vulnerabilidad, por lo cual, conciernen a dependencias como CONAPESCA, contribuir a un manejo sostenible de los recursos pesqueros, particularmente ensamblajes comunitarios propensos a cambios por actividades humanas y factores ambientales a través del tiempo, la vinculación con esta dependencia puede realizarse con la propuesta e implementación de programas de monitoreo en todas las plataformas petroleras de la región que se encuentren con actividades de extracción cerradas y de esta manera obtener información que permita establecer estas estructuras como ambientes arrecifales artificiales de importancia para la conservación de, por ejemplo, especies de importancia pesquera. La presencia y la dinámica comunitaria de los peces presentes en estos ambientes artificiales también pueden representar una oportunidad económica para la región, ya que se pueden realizar actividades de buceo recreativo en este

tipo de lugares, como ejemplo de esto, desde su abandono en el año de 2004, la plataforma tiburón se ha vuelto un afamado destino turístico para los buzos certificados provenientes tanto de esta zona como de todo el país. Esto podría replicarse en un futuro en otras plataformas que también entren en categoría de abandono, y de esta manera se pueden aprovechar que estos espacios para obtener beneficios tanto económicos como ambientales. Se debe considerar que este tipo de actividades recreativas pueden suponer riesgos para personas que no tengan la capacitación necesaria para bucear en este tipo de ambientes, por lo tanto, también se deben considerar ciertas regulaciones legales para evitar en la medida de lo posible problemas derivados de estas actividades. En este contexto y tomando como referencia lo mencionado anteriormente, este tipo de trabajos son útiles no solamente para las empresas petroleras nacionales, sino también de manera internacional ya que la presencia de comunidades ícticas en ambientes artificiales marinos se da de manera mundial. Se debe considerar que los peces son el grupo de vertebrados más abundante del mundo y que tienen presencia en todos los mares del planeta, además, muchas de las especies funcionan como indicadores sobre el estado de salud del ecosistema en donde estos se encuentran. Estudios como este pueden realizarse incluso como trabajos de tesis en las licenciaturas de biología, biología marina o carreras afines, o bien, como trabajos de investigación en posgrados como maestrías y doctorados en ciencias biológicas como lo fue este trabajo. El continuar con las investigaciones correspondientes a este tema en estas y otras plataformas puede generar una mayor contribución al conocimiento de las dinámicas comunitarias de estos organismos, y con ello trabajar en la elaboración de escenarios benéficos para estas especies y para los ecosistemas marinos en general.

## **X. Recomendaciones**

- Realizar un aumento del esfuerzo de muestreo y continuar con este tipo de trabajos añadiendo más plataformas, esto con el fin de obtener datos actualizados sobre la dinámica comunitaria íctica en este tipo de ambientes.
- Tiempo: Considerar un mayor espacio de tiempo es necesario para cubrir más plataformas y poder apreciar los cambios en las comunidades de peces tomando en cuenta no solo las plataformas y la profundidad, sino también las diferentes épocas del año o los cambios a través de monitoreos cada mes o cada año.
- Análisis complementarios: Al ser reportadas especies que son objetivos de pesca comunes, es recomendable complementar este trabajo con otros estudios que pudiesen incluir otros aspectos importantes para la dinámica comunitaria de los peces como los análisis de contenidos estomacales, cálculo de biomasa, conocimiento de posibles extracciones, intercambio con los arrecifes de la región, etc.
- Implementar programas de monitoreo de especies invasoras, incluyendo también otro tipo de animales (corales).
- Ampliar el estrato de profundidad para abarcar la distribución vertical completa en cada plataforma (60 m).

## XI. Referencias

- Abarca-Arenas, L. G. N. Cruz, J. Franco-López, C. González-Gándara y G. Silva-López. (2012). *Distribution and biogeographical notes of the coastal fish fauna of Veracruz, Mexico*. In: *Frontiers in Biodiversity Studies*. D. Thangadurai, C. A. Busso, L. G. Abarca-Arenas y S. Jayabalan (eds.) I. K. International Publishing House. Nueva Delhi, India. pp. 190-212.
- Ajemian M. J., Jarrell-Wetz, J., Shipley-Lozano B., Stunz, G., (2015). *Rapid assessment of fish communities on submerged oil and gas platform reefs using remotely operated vehicles*. *Fisheries Research*. Volume 167. 143-155, ISSN 0165-7836.
- Álvarez-Guillén, H., M. García-Abad, G. J. Villalobos- Zapata y A. Yañez-Arancibia. (1986). *Prospección ictioecológica en la zona de pastos marinos de la laguna arrecifal en Puerto Morelos, Quintana Roo, verano 1984*. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM* 13:317-336.
- Andaloro, F., Castriota, L., Ferraro, M., Romeo, T., Sarà, G., y Consoli, P. (2011). Evaluación de las comunidades de peces asociadas con plataformas gaseras: Evidencia de una técnica de censos visuales y estudios pesqueros experimentales. *Ciencias marinas*, 37(1), 1-9.
- Árcega Cabrera, F., y Dótor Almazán, A. (Eds.) (2021). Hidrocarburos. En S. Z. Herzka, R. A. Zaragoza Álvarez, E.M. Peters y G. Hernández Cárdenas. (Coord. Gral.). *Atlas de línea base ambiental del golfo de México (tomo IV)*, México: Consorcio de Investigación del Golfo de México. Recuperado de: [https://atlascigom.cicese.mx/map\\_data/T004/ATLAS-TOMO-04.pdf](https://atlascigom.cicese.mx/map_data/T004/ATLAS-TOMO-04.pdf) Consultado agosto 2022.
- Ayala-Pérez, L. A., A. Aguirre-León, O. A. Avilés-Alatriste, M. T. Barreiro-Güemez y J. L. Rojas-Galaviz. (1993). *Peces de sistemas fluvio-lagunares, laguna de Términos, Campeche*. In *Biodiversidad marina y costera de México*, S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Conabio/Ciqro. México, D. F. p. 596-608.
- Baracaldo-Sánchez, V. (2019). Estructura de la comunidad íctica y aportes al plan de control y manejo del pez león *Pterois volitans* en el proyecto Marina Internacional de Santa Marta.
- Bayle-Sempere, J. T. (2020). Fundamentos de ordenación y conservación de recursos vivos marinos. *Objetivos e Instrumentos de Política Pesquera*, Departamento de Ciencias del Mar, Universidad de Alicante, España.
- Bolser, D., Egerton, J., Grüss, A., Loughran, T., Beyea, T., McCain, K. y Erisman, B. (2020). Impulsores ambientales y estructurales de las distribuciones de pescado entre las plataformas petroleras en el Golfo de México de EE. UU. *Pesca Marina y Costera*, 12 (2), 142-163.
- Bull, A. y Love, M., (2019). Desmantelamiento de plataformas de petróleo y gas en todo el mundo: una revisión de las prácticas y las opciones de arrecifes. *Gestión costera y oceánica*, 168, 274-306.



- Calderón- Rodríguez, A., Gonzalo-Pérez, L., Castrejón-Pineda, J., Robles-Carrillo, C., Palma-Cruz, M. (2019).  
Instalación y monitoreo de arrecifes artificiales en la zona marina adyacente al Parque Nacional Isla  
Isabel. *Acta Pesquera*, 5(10).
- Castanedo-Manchón, H. (2021). *Estudio de la costa de Cantabria para la ubicación óptima de arrecifes artificiales*, trabajo  
de grado, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad De Cantabria.  
Santander, España.
- Castro-Aguirre, J. L. y A. Márquez-Espinoza. (1981). *Contribución al conocimiento de la ictiofauna de la isla de Lobos y  
zonas adyacentes, Veracruz, México*. Serie Científica No. 22. Dirección General del Instituto Nacional de  
Pesca. 85 p.
- Castro-Aguirre, J. L., H. S. Espinosa-Pérez y J. J. Schmitter-Soto. (1999). *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de  
México*. Limusa-Instituto Politécnico Nacional, México, D. F. 711 p.
- Chávez, E. A., Tunnell Jr, J. W. y Withers. K. (2007). *Reef Zonation and Ecology: Veracruz Shelf and Campeche Bank*.  
Cap. 5. Pp. 41-67. In: Tunnell Jr. J. W., E. A. Chávez y K. Withers (Ed.). *Arrecifes coralinos del Sur del Golfo  
de México*. AyM University Press College Station. Texas. 194 pp.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). A further biodiversity index applicable to species lists: variation in  
taxonomic distinctness. *Marine ecology Progress series*, 216, 265-278.
- Contreras-Juárez, B. M. C. (2020). Cambios en la estructura de la comunidad íctica de profundidades someras a  
mesofóticas y su relación con la complejidad topográfica en el Sistema Arrecifal Veracruzano, tesis de  
maestría en Ecología y Pesquerías, instituto de ciencias marinas y pesquerías, Doctoral dissertation,  
Universidad Veracruzana.
- Cortés-Useche, C. (2014). *Herramientas para incluir tres arrecifes no emergentes en el área de protección de fauna y  
flora–Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias,  
Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México. 153.
- Cortés-Useche, C., J. Calle-Triviño y J. Martos-Fernández. (2015). *Lista de peces de los arrecifes Oro Verde, Pantepec y  
Blake Veracruz, México*. *Revista de Investigaciones Marinas*. 35(1): 112-118.
- Cuéllar, J. A. G., Sánchez, F. A., Vázquez, S. H., y Cota, D. B. L. (2004). Impacto ecológico de la industria petrolera  
en la Sonda de Campeche, México, tras tres décadas de actividad: una revisión. *Interciencia*, 29(6), 311-319.
- Cuéllar, J. A. G. (2006). Análisis del impacto de la industria petrolera en el ecosistema y su relación con las  
pesquerías de la sonda de Campeche, México. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del  
Noroeste, S.C, La Paz, B.C.S. México.

- De la Guardia, E., Cobián-Rojas, D., González Gándara, C., Espinosa, L., Chevavier-Monteagudo, P. P., Hernández-González, Z., & Arias-González, J. E. (2023). Asociaciones de peces de arrecifes en el Parque Nacional Cayos de San Felipe, Cuba: Influencia de la pesca y el hábitat.
- Delgadillo-Garzón, O. y García, C., (2009). *Impacto de dos arrecifes artificiales en la pesca artesanal diurna del Golfo de Morrosquillo, Caribe de Colombia*. Revista de Biología Tropical, 57 (4), 993-1007.
- Del Moral-Flores, L. F., J. L. Tello-Musí, H. Reyes-Bonilla, H. Pérez-España, J. A. Martínez-Pérez, G. Horta-Puga, L. A. Velazco-Mendoza y P. A. Castillo-Cárdenas. (2013). *Lista sistemática y afinidades zoogeográficas de la ictiofauna del Sistema Arrecifal Veracruzano, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad. 84: 825-846
- Eschmeyer, W. N. y Fong, J. D. SPECIES BY FAMILY/SUBFAMILY.  
(<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>). Electronic version accessed 27 10 2016.
- Eschmeyer, W. N. (2018) *Catalog of fishes: Genera, Species, References*. Electronic version accessed on 31/01/2018.  
<https://www.calacademy.org/scientists/projects/catalog-of-fishes>.
- Flores-Ortega, J., Godínez-Domínguez, E. y González-Sansón, G. (2015). *Ecología trófica de siete especies de batoides (Batoidea) en el Pacífico Central Mexicano*. Revista de biología marina y oceanografía, 50 (3), 521-533.
- Friedlander AM, Ballesteros E, Fay M, Sala E (2014) Marine Communities on Oil Platforms in Gabon, West Africa: High Biodiversity Oases in a Low Biodiversity Environment. PLoS ONE 9(8): e103709.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103709>
- Froese, R. y D. Pauly. (2017). FishBase. <http://www.fishbase.org/>.
- Fortier, L. y Harris R., (1989). *Optimal foraging and density-dependent competition in marine fish larvae*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 51:19-33.
- Gaspar-Dillanes, M. T. y H. Espinosa-Pérez. (1989). *Resultados ictiológicos de los cruceros PROIBE III, IV y V del Caribe mexicano*. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 60:247-256.
- González-Gándara, C.; De La Cruz-Francisco, V.; Salas-Pérez, J.; Domínguez-Barradas, C., (2012), *Lista de los Peces de Tuxpan, Veracruz, México*, Laboratorio de Arrecifes Coralinos. Carrera de Biología. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Campus Tuxpan. Universidad Veracruzana.
- González-Gándara, C. y G. González-Sansón. (1997). *Composición y abundancia de la ictiofauna del arrecife Tuxpan, Veracruz, México*. Revista de Investigaciones Marinas 18:249-259.

- González-Gándara, C. y J. E. Arias-González. (2001). *Lista actualizada de los peces del arrecife Alacranes, Yucatán, México*. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 72:245-258.
- González-Gándara, C., (2003), *Ictiofauna de los arrecifes veracruzanos*, Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, serie zoología 74 (2): 163-177.
- González-Gándara, C. 2003b. Peces asociados a *Thalassia testudinum* en el arrecife Lobos, Veracruz, México. BioTam Nueva Serie 14:63-72.
- González-Gándara, C. y V. De la Cruz-Francisco. (2014). *Unusual record of the Indo-Pacific pomacentrid Neopomacentrus cyanomos (Bleeker, 1856) on coral reefs of the Gulf of Mexico*. BioInvasions Records, 3(1): 49-52.
- González Gándara, C., C. Domínguez Barradas, V. De la Cruz Francisco, F. A. Solís-Marín & J. P. Carricart-Ganivet. (2015). *Esponjas, corales escleractinios, equinodermos y peces de arrecifes coralinos del norte y sur de Veracruz*. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JFI24. México D.F.
- González Gándara, C., Lozano Vilano, M. D. L., de la Cruz Francisco, V., & Domínguez Barradas, C. (2013), *Peces del sistema arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México*. Universidad y ciencia, 29(2), 191-208.
- Greene CH. (2013). *Towards a more balanced view of marine ecosystems*. Fisheries Oceanography 22: 140-142.
- Griffin, L. P., Casselberry, G. A., Markowitz, E. M., Brownscombe, J. W., Adams, A. J., Horn, B., & Danylchuk, A. J. (2023). *Angler and guide perceptions provide insights into the status and threats of the Atlantic tarpon (Megalops atlanticus) fishery*. Marine Policy, 151, 105569.
- Helfman, G. S.; B. B. Collette, D. E. Facey y B. W. Bowen. (2009). *The diversity of fishes. Biology, Evolution, and Ecology*. 2nd Ed. Wiley-Blackwell. Malasia. 720 p.
- Herrera-Pérez, R. (1998). *Dinámica de las comunidades bentónicas de los arrecifes artificiales de Arguineguín (Gran Canaria) y Lanzarote* (Doctoral dissertation), facultad de ciencias del mar, departamento de biología, Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Juárez-Hernández, D. (2021). *Principales amenazas de los arrecifes de coral*. LUM revista científica de divulgación, enero-junio, vol. 2, no. 1, pag. 30-38.
- Kurth, B. N., Peebles, E. B., & Stallings, C. D. (2019). *Atlantic Tarpon (Megalops atlanticus) exhibit upper estuarine habitat dependence followed by foraging system fidelity after ontogenetic habitat shifts*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 225, 106248.

- Leis, J. M. (1986). *Vertical and horizontal distribution of fish larvae near coral reefs at Lizard Island, Great Barrier Reef*. Mar. Biol. 90:505-516.
- Leis, J. M. (1993). *Larval fish assemblages near Indo-Pacific coral reefs*. Bull. Mar. Sci. 53:362-392
- Lekanda-Guarrotxena, A., (2018), *Relevancia de la detectabilidad individual en la estima de la abundancia de peces empleando cámaras subacuáticas*, Trabajo de fin de grado, Facultad de ciencias de la universidad de Alicante, Alicante, España
- Liddell, W.D. (2007). Origin and geology. In Tunnell, J.W., E. Chávez y K. Whithers (eds.) *Coral reefs of the southern Gulf of Mexico*. Texas A&M University Press, College Station, Texas. 33 pp.
- López-Dupré. A., (2012). *Comparación de la estructura íctica del arrecife artificial “blue diamond” y el arrecife natural adenaño, en la isla de San Andrés, Caribe Colombiano*, Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana, facultad de estudios ambientales y rurales carrera de ecología Bogotá d.c, Colombia.
- López-Ordaz, A. y Rodríguez-Quintal, J., (2010). *Ictiofauna asociada a un arrecife somero en el Parque Nacional Morrocoy, Venezuela*. Revista de Biología Tropical, 58 (Supl. 3), 163-174.
- Lozano, J. P. (2021). *Patrones tróficos inter e intraespecíficos del pez león y dos especies nativas del caribe colombiano*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/22264>.
- Lozano-Vilano, M. L., M. E. García-Ramírez y S. Conteras-Balderas. (1993). *Peces costeros y marinos del estado de Veracruz*. In Biodiversidad marina y costera de México, S.I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Conabio/Ciqro, México, D. F. p. 576-595.
- Martínez Servín, F. (2021). *Relación de las comunidades ícticas con la heterogeneidad del hábitat en cuatro sitios de la costa de Zihuatanejo, Guerrero*, Tesis de maestría en ciencias biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.
- Martos-Fernández, J. (2010) *Evaluación de la salud de los corales del arrecife Blake, Cazonas, Veracruz, México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México, 93 pp.
- Morales, J.; García-Alzate, C., (2018), *Ecología trófica y rasgos ecomorfológicos del pez Triportheus magdalenae (Characiformes: Triportheidae) en el embalse El Guájaro, río Magdalena, Colombia*, Revista de Biología Tropical, Vol. 66(3): 1208-1222.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. I. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO. Zaragoza, 84 pp.
- Narváez, P., Vaughan, D.B., Grutter, A.S. y Hutson, K.S. (2021). *New perspective on the role of cleaning symbiosis in the possible transmission of fish disease*. Fish Biology Fisheries, 31(2). doi: 10.1007/s1160-021-09642-2.

- Navarro-Martínez, Z., de la Guardia, T., García López, L., Angulo-Valdés, J., (2017), *First experiences with diver operated stereo video to survey reef fishes in Cuba*. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Cuba.
- Nelson, J. S., T. C. Grande y V. H. Wilson. (2016). *Fishes of the World*. Fifth edition. Wiley. New Jersey. 752 p.
- Obregón-Barboza, H., S. Contreras-Balderas y M. L. Lozano-Vilano. (1994). *The fishes of northern and central Veracruz, Mexico*. *Hydrobiología* 286:79-95.
- Pérez del Toro Rivera T., R. (2001). *Arrecifes Artificiales. Una nueva forma de conservación de ecosistemas marinos*. México. pp. 8.
- Pickering, H. y D. Whitmarsh. (1997). *Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the attraction versus production debate, the influence of design and its significance for policy*. *Fish. Res.* 31: 39-59
- Reséndez-Medina, A. y A. Kobelkowsky-Díaz. (1991). *Ictiofauna de los sistemas lagunares costeros del golfo de México, México*. *Universidad y Ciencia* 8:91-110.
- Reyna González, P. C., (2014). *Modelo de soporte para la toma de decisiones en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. Tesis doctoral, instituto de ciencias marinas y pesquerías, doctorado en ecología y pesquerías Universidad Veracruzana, Boca del Rio, Veracruz, México.
- Rigby, J. K. y McIntire, W. G. (1966). *The Isla Lobos and associated reefs, Veracruz, México*. *Geology Studies*. Brigham Young University. (13):3-46.
- Robertson, D. R., Pérez-España, H., Domínguez-Domínguez, O., Estapé, C. J., & Estapé, A. M. (2019). *An update to the inventory of shore-fishes from the Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz, México*. *ZooKeys*, 882, 127.
- Rodríguez J. y Villamizar E. 2000. Estructura de la comunidad de peces arrecifales de Playa Mero, Parque Nacional, Venezuela. Postgrado de Ecología, Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Rombouts I, G Beaugrand, X Fizzala, F Gaill, SPR Greenstreet, S Lamare, F Le Loc'h, A McQuatters-Gollop, B Mialet, N Niquil, J Percelay, F Renaud, AG Rossberg y JP Féral. (2013). *Food web indicators under the Marine Strategy Framework Directive: From complexity to simplicity?* *Ecological Indicators* 29: 246-254.
- Romero-Morales, Y. A. (2016). *Las comunidades de peces de los arrecifes: La Perla y Zapotitlán, Veracruz*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México. 45 p.
- Sánchez-Uvera, A., (2012). *Distribución vertical de larvas de peces por estadio de desarrollo en el alto Golfo de California*, Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

- Sancibrián-Span, I., (2016). *Comparación de dos métodos de muestreo visual de peces de arrecifes coralinos en la Bahía de Murdeira, isla de Sal, Cabo Verde*. Máster en Biología Marina: Biodiversidad y Conservación, Universidad de la Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España.
- Santamaría Reyes, J. A. (2019). Arrecifes artificiales, su influencia en la sustentabilidad de la pesca artesanal en el Municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán.
- Santander, L. C., Mejía, M. L., Ortiz, L. M. M., y Jiménez, O. G. (2012). Evaluación del impacto ambiental de arrecifes artificiales para uso turístico en Cozumel, México. *Investigación y Ciencia*, 20(56), 18-26.
- Santander-Monsalvo, J. (2010), *Ecología trófica de los peces más importantes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*, Tesis de Maestría, instituto de ciencias marinas y pesquerías, Universidad Veracruzana, Boca del Rio, Veracruz, México.
- Schmitter-Soto, J. J., L. Vásquez-Yeomans, A. Aguilar-Perera, C. Curiel Mondragón y J. A. Caballero-Vásquez. (2000). *Lista de peces marinos del Caribe mexicano*. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 71:43-177.
- Schmitter-Soto, J. J., A. Aguilar-Perera, A. Cruz-Martínez, R. L. Herrera-Pavón, A. A. Montes-Aranda, y D. Cobian-Rojas. 2017. *Interdecadal trends in composition, density, size and mean trophic level of fish species and guilds before and after coastal development in the Mexican Caribbean*. Biodivers. Conserv., doi: 10.1007/s10531-017-1446-1
- Seaman, Jr. W. y A.C. Jensen. (2000). *Purposes and practices of artificial reef evaluation*, p. 1-9. In W. Seaman Jr. (ed.). *Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats*. CRC, Boca Ratón, Florida, EEUU.
- Shokry, M. (2009). *Coral Reef Restoration and Artificial Reef Management, Future and Economic*. Environmental Engineering 2: 37-49.
- Soberano-Espinosa, J., (2018). *Comparación de la ictiofauna herbívora en dos arrecifes del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz*, Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.
- Todd, V. L., Lazar, L., Williamson, L. D., Peters, I. T., Hoover, A. L., Cox, S. E., Todd Ian. B., Macreadie P. I. y McLean, D. L. (2020). Underwater visual records of marine megafauna around offshore anthropogenic structures. *Frontiers in Marine Science*, 7, 230.
- Torrejón Arellano, N., 2017. La ictiofauna asociada al muelle de Punta El Limantur, en Santa Rosalía, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México pp. xv, 84 h.

- Torruco, D., González, A., & González, N. T. (2017). *Diversidad y distribución de peces y su relación con variables ambientales, en el sur del Golfo de México*. Revista de Biología Tropical, 66(1), 438.  
<https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.26255>
- Triviño, J. y F. J. Martos – Fernández. 2014. Manual de Métodos de Monitoreo en sitios permanentes en arrecifes coralinos del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México. 40 pp.
- Valdez-Melo, A. (2015). *Estructura comunitaria de la ictiofauna de los arrecifes Palo Seco y Tripié de la zona costera del sur de Veracruz*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México. 50 p.
- Vásquez-Yeomans, L. y M. A. González-Vera. (1992). *Peces marinos de las costas de Quintana Roo: un listado preliminar. In Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*, D. Navarro y E. Suárez (eds.). Ciqro, Chetumal. p. 361-373.
- Wiseman, W.J. y Sturges, W. (1999). *Physical oceanography of the Gulf of Mexico: Processes that regulate its biology*, pp. 77-91. En: *The Gulf of Mexico large marine ecosystem: Assessment, sustainability, and management*. Ed. Blackwell Science Malden, Texas. USA.
- Zavala-Hidalgo J., S. Morey. y O'Brien. J. (2003). *Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of México using a high resolution numerical model*. Journal of Geophysical Research. (108): 33-89.

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

**[www.uv.mx](http://www.uv.mx)**

