



**ESTADO POBLACIONAL DEL PEZ LEÓN *Pterois volitans* (Linnaeus 1758)
(Scorpaenidae) EN EL SECTOR OESTE DE LA ISLA DE SAN ANDRÉS, CARIBE
COLOMBIANO**

JOSSELYN BRYAN ARBOLEDA

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELÍAS BECHARA ZAINÚM
SECCIONAL CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y BIOTECNOLÓGICAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA
CARTAGENA, COLOMBIA.**

Junio 2020



UNIVERSIDAD DEL SINÚ
Elías Bechara Zainúm
Seccional Cartagena

**ESTADO POBLACIONAL DEL PEZ LEÓN *Pterois volitans* (Linnaeus 1758)
(Scorpaenidae) EN EL SECTOR OESTE DE LA ISLA DE SAN ANDRÉS, CARIBE
COLOMBIANO**

Presentado por:

Josselyn Bryan Arboleda

Asesor Disciplinar:

M. Sc. Luz Marina Mejía Ladino

Asesor Metodológico:

Dra. Patricia Romero Murillo

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELÍAS BECHARA ZAINÚM
SECCIONAL CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y BIOTECNOLÓGICAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA
CARTAGENA, COLOMBIA.
Junio 2020**

AGRADECIMIENTOS

En especial quiero agradecer a mi madre Julissa Arboleda Romero por brindarme siempre el apoyo incondicional para hacer posible mis sueños y metas, sin importar los obstáculos económicos y emocionales, ya que era un trabajo arduo el tener que viajar mensualmente para poder cumplir mi cuota de captura del presente trabajo de grado.

No obstante, es muy importante agradecer al profesor de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, el Dr. Adolfo Sanjuan, por brindarme desde el año 2016, los conocimientos y destrezas en laboratorio acerca de todo lo relacionado con el pez león.

A la Dra. Diana Bustos Montes por depositar su confianza en mí para colaborar en su tesis doctoral, quien me reconoció viáticos y pagos teniendo en cuenta el incentivo por cada pez capturado, de igual forma, me dio a conocer en la Universidad Nacional Sede Caribe con profesionales del ámbito marino-costero, permitiéndome procesar los peces en la Sede.

Quiero agradecer a mi compañero de buceo, el Instructor Miguel Hinestroza por ser mi guía y dejar a un lado el trabajo, el cual era casi imposible, para ayudarme y colaborar en la captura de peces león a lo largo del año de muestreo.

Agradecer a mi amigo Mario Plata por colaborarme en la compra de los insumos personales para poder procesar en campo los especímenes de estudio.

A la Universidad del Sinú, por permitirme ir como representante de la Escuela de Biología Marina a la Expedición Científica *Seaflower Old Providence* 2019, para capturar peces león para el presente estudio.

Un especial agradecimiento a la profesora Eugenia Arrieta por permitirme viajar a la isla de San Andrés los días de su asignatura P1 y P2 para hacer mis capturas en los meses que realicé muestreos, adicionalmente, por reconocer mi destacamiento en el presente proyecto.

A mi asesora disciplinar, Luz Marina Mejía Ladino por ser una pieza clave para realizar mi trabajo de grado, así como, en mi presentación para la aprobación del anteproyecto en el 2019 y del proyecto en el 2020.

A mi asesora metodológica, la Dra. Patricia Romero por impulsar mi proyecto por medio de los semilleros y acompañar mi presentación ante jurados profesionales de mi ámbito calificando mi poster acerca del anteproyecto de este trabajo de grado,

A la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina por medio de mi contratación como Tecnóloga en Biotecnología Acuática, enviarme a Curazao para socializar el trabajo interinstitucional titulado “Acciones del Gobierno en los Primeros Diez años de la Invasión de *P. volitans* en Colombia: logros, dificultades y desafíos”, además de realizar intercambios de ideas y como han manejado la invasión de *P. volitans* en cuanto precios, ventas en restaurantes y joyería, por último, ha *Lionfish Caribbean* de Curazao por mostrar las zonas más pobladas de la especie invasora y ejercer capturas para luego degustar en sus diferentes presentaciones.

Josselyn Bryan Arboleda, 24 de junio del 2020

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	9
INTRODUCCION.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1. Descripción del problema	12
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Justificación	14
1.4. Alcance	16
1.5. Objetivos.....	17
2. MARCO DE REFERENCIA.....	18
2.1. Estado del arte	18
2.2. Marco teórico	20
2.2.1. Generalidades de la especie.....	20
2.2.2. Morfología general	21
2.2.3. Crecimiento poblacional	22
2.3. Marco conceptual.....	23
2.4. Consideraciones éticas y marco legal.....	27
2.4.1. Marco Legal	27
2.4.2. Consideraciones Éticas:	28
3. METODOLOGÍA.....	30
3.1. Área de estudio	30
3.2. Diseño del proyecto	32
3.3. Variables y factores	33
3.3.4. Métodos y técnicas de recolección	33
3.5. Análisis Estadístico:	37

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. DENSIDAD EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO	40
4.2. Densidad en los meses de muestreo	42
4.3. Densidad de machos y hembras por estaciones de muestreo	43
4.4. Composición por tallas	45
4.5. Densidad de machos y hembras por meses	50
4.8. Relación longitud–peso (lh-w)	56
4.9. Longitud asintótica y coeficiente de crecimiento	59

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

PRODUCTOS

IMPACTOS

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Densidad discriminados por sexos en Punta Padi y <i>West Point</i>	43
Tabla 2. Densidad de (No. Ind./60 min) de <i>P.volitans</i> en <i>West Point</i> discriminados por sexos.	50
Tabla 3. Densidad de (No. Ind./60 min) de <i>P.volitans</i> en Punta Padi discriminados por sexos..	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 1. Longitud asintótica y coeficiente de crecimiento de la población de <i>P.volitans</i> en el Gran Caribe y el presente estudio.....	51

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Invasión de <i>P. volitans</i> en el mar Caribe colombiano en el 2008 y 2009.....	13
Figura 2. Propagación actual de <i>P. volitans</i> en el Gran Caribe (Tomado de USGS, en línea). 18	
Figura 3. Estructura morfológica de <i>P. volitans</i> (Tomado de Moreira, 2012).....	22
Figura 4. Estaciones de muestreo en la isla de San Andrés puntos amarillos: Punta Padi y West Side (Tomado y modificado de Google Earth, en línea).....	31
Figura 5. Diagrama de flujo del muestreo del presente proyecto.....	32
Figura 6. Equipo autónomo y arpón hawaiano utilizado para la captura de <i>P. volitans</i> (Tomadas por Santiago Estrada)	34
Figura 7. Captura de los ejemplares dentro de la unidad de muestreo (n° de individuos x 60 min.).....	35
Figura 8. Toma de datos morfométricos en campo y en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe (Tomada por: Laura Lynn Bryan).....	36
Figura 9. Toma de medidas morfométricas en la Universidad Nacional Sede Caribe. (Tomada por: Laura Lynn Bryan).....	36
Figura 10. Cinta métrica (ictiómetro de campo) utilizada para la medida de tallas LE: Longitud estándar; LT: Longitud Total).	37
Figura 11. Densidad de <i>P. volitans</i> por estación de muestreo.....	41
Figura 12. Densidad poblacional de <i>P. volitans</i> por meses de muestreo.	42
Figura 15. Frecuencia de tallas en Punta Padi.....	48
Figura 16. Densidad de individuos de <i>P. volitans</i> en meses de muestreo discriminada por sexos	52
Figura 17. Distribución de la Longitud Total de los individuos de <i>P. volitans</i> (LT) entre meses.	53
Figura 18. Caja y Bigotes representando los cuartiles superiores e inferiores de la Longitud Total (LT) por estaciones de muestreo.....	55
Figura 19. Relación longitud total-peso de las hembras de <i>P. volitans</i> en las estaciones de muestreo.....	57
Figura 20. Relación longitud total-peso de los machos de <i>P. volitans</i> en las estaciones de muestreo.	58
Figura 21. Modelo de crecimiento de von Bertalanffy	60
Figura 21. Modelo de crecimiento Gulland y Holt	60
Figura 22. Productos en los cuales se ha presentado este proyecto de grado	64
Figura 23. Impactos que se han generado con este proyecto de grado.	65

RESUMEN

El pez león (*Pterois volitans*) actualmente se ha declarado como especie invasora o exótica de todo el Gran Caribe, desde el Golfo de México, incluyendo las Islas de Bonaire, Curazao, Aruba, Gran Cayman y el Caribe colombiano (Bolaños *et al.*, 2018). El principal objetivo del presente trabajo fue evaluar el estado poblacional de *P. volitans* (Linnaeus 1758) (Scorpaenidae) en el sector oeste de la isla de San Andrés. El estudio se realizó en dos estaciones (*West Point* y Punta Padi) ubicadas en el sector oeste de la isla de San Andrés por medio de la técnica de muestreo de buceo errante (Tiempo de buceo= 60 min.), con equipo autónomo y el uso de un arpón hawaiano. En cada estación se realizaron seis muestreos (uno por mes). Los ejemplares capturados fueron posteriormente medidos y pesados para obtener datos biológicos de la especie. Se realizó inicialmente una estadística descriptiva de los datos, y posteriormente, se hicieron las validaciones de la normalidad de los datos para la aplicación de las pruebas estadísticas respecto a la densidad, la longitud total y la densidad de hembras y machos, entre las estaciones y los meses de muestreo. Finalmente, se corrió el modelo de crecimiento para la especie en el tiempo de muestreo realizado y también se estimó la longitud asintótica y el coeficiente de crecimiento por medio de la ecuación de *von Bertalanffy* y el modelo de *Gulland y Holt*. Se capturó un total de 214 ejemplares, en Punta Padi (76 indiv./5 meses) y en *West Point* (138 indiv./6 meses), lo cual sugiere que el sitio con mayores densidades fue *West Point*. El mes que presentó una mayor densidad fue junio/2019 (35 indiv./60 mins.), seguido de abril/2019 (31 indiv./60 mins.), y la menor densidad se presentó en agosto/2019 (9 indiv./60 mins.). En cuanto a la densidad de machos y hembras se determinó el sexo de 158 individuos, observándose un predominio de hembras superior al 50% respecto a los machos (hembras= 113 indiv./11 meses; machos= 44 indiv./11 meses; *West Point*, con 63

hembras/6 meses y 24 machos/6 meses; Punta Padi, con 51 hembras/5 meses y 20 machos/5 meses). La media total de la LT entre las estaciones de muestreo fue de 26.79 ± 6.759 cm, la cual es similar a la encontrada en otros estudios sobre esta especie. Las densidades de *P. volitans* en los meses de muestreo discriminadas por sexos, presentan mayores valores de hembras en los meses abril/19 (20 indiv./60 min.), enero/20 (17 indiv./60 min.) y julio/19 (15 indiv./60 min.), y de machos en abril/19 (11 indiv./60 min.) y julio/19 (9 indiv./60 min.). Se obtuvo una longitud asintótica de $L_{\infty}=41,8$ y un coeficiente de crecimiento de $K=0,56$, similares a los reportados en otras áreas del Caribe continental colombiano. El estado poblacional de la especie *P. volitans* en el sector oeste de la isla de San Andrés es similar en las poblaciones encontradas a lo largo del Caribe colombiano, aunque difieren en tamaño y crecimiento respecto a otras poblaciones del Gran Caribe (p.e. México y Bahamas). La longitud total media fue mayor a los 20 cm en ambos sitios de muestreo. La tendencia observada en esta población es una predominancia de hembras, que no presentan diferencias significativas espaciales (estaciones de muestreo) en cuanto a su longitud total, pero sí se presentan diferencias significativas temporales (meses). El crecimiento de la especie fue desigual (alométrico negativo), es decir que no crecen en el tiempo en la misma proporción. La longitud asintótica o longitud máxima teórica fue similar a los resultados reportados en otros estudios del Caribe colombiano, y en comparación con los valores de otros países, el presente estudio tiene un coeficiente de crecimiento bajo pero una longitud asintótica alta.

INTRODUCCION

El pez león *P. volitans* actualmente se ha declarado como especie invasora o exótica de todo el Gran Caribe, desde el Golfo de México, incluyendo las Islas de Bonaire, Curazao, Aruba, Grand Cayman y el Caribe colombiano (Bolaños *et al.*, 2018). Después de haber sido avistado por primera vez en el año 2008 en las islas de San Andrés y Providencia, la especie ha ido invadiendo más áreas marinas en diferentes profundidades (Coralina, 2016).

La especie al ser introducida de manera accidental en un ecosistema nativo genera una afectación ecológica, predominando ante especies autóctonas y de importancia ecosistémica para el lugar (Morris, 2013). Asimismo, la especie tiene una importancia económica a nivel mundial, pues tiene una gran demanda para los acuarios marinos por su llamativa coloración. De igual forma, hoy en día esta especie es empleada para fines alimentarios en diferentes países (Rausch, 2014; Bolaños *et al.*, 2018).

El presente proyecto de grado estudió la población de *P. volitans* en el sector oeste de la isla de San Andrés por medio de la captura de individuos en un periodo de un año (Marzo 2019 - Marzo 2020). A cada ejemplar se le realizaron las mediciones morfométricas correspondientes, siguiendo la metodología de Bustos-Montes *et al.* (en prensa).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

P. volitans es una especie invasora en el mar Caribe colombiano desde el 2008 cuando llegó al archipiélago de San Andrés y Providencia, y se registró por primera vez en Colombia, en el Parque Nacional Natural *Mc Bean Lagoon*. En el 2009, fue registrado en la costa occidental de Colombia, los Parques Nacionales Naturales Tayrona y Corales del Rosario y San Bernardo (**Fig. 1**). El problema ecológico, es que en la última década, con la implementación del Plan para el Manejo y Control de *P. volitans* en el Caribe colombiano, Sanabria *et al.* (2017) encontró que por la captura de 100 peces de esta especie, se cree que logran sobrevivir 3.416.400 peces arrecifales, 613.200 crustáceos y 35.000 especies de invertebrados marinos.

La principal preocupación ecológica es que en la isla de San Andrés el estado poblacional no es tan conocido, lo que podría ocasionar la disminución del 90% de la biodiversidad de peces (Albins y Hixon, 2008), de acuerdo a lo que se ha presentado en otras áreas. De acuerdo con Morris y Whitfield (2009), *P. volitans* genera una degradación de la integridad ecológica y la reducción de la diversidad genética del ecosistema.

El crecimiento poblacional anual de *P. volitans* difiere en cuanto a su longitud asintótica y coeficiente de crecimiento, en diferentes sectores del Gran Caribe que se han estudiado (p.e. Bahamas, México, islas Marianas e islas Caiman, entre otros), y por eso, es importante determinar el crecimiento poblacional de esta especie para la isla de San Andrés.



Figura 1. Invasión de *P. volitans* en el mar Caribe colombiano en el 2008 y 2009 (Tomado y modificado de GCFI, en línea).

A nivel biológico-pesquero, el crecimiento es un factor importante al momento de interpretar la historia del individuo y su vida, teniendo en cuenta; la sobrevivencia, la madurez sexual, los movimientos, su éxito reproductivo y la migración que ha tenido durante los últimos años describen una relación con el crecimiento y la talla del cuerpo del individuo (Enberg *et al.* 2012).

1.2. Formulación del problema

Como se mencionaba anteriormente, el problema pesquero es que el crecimiento poblacional por año de *P. volitans* difiere en diferentes sectores del Gran Caribe, por lo cual, es importante determinar el crecimiento poblacional de esta especie, teniendo en cuenta que estudios realizados previamente han demostrado que llega a crecer rápidamente en otras áreas, así como, puede pasar en la isla de San Andrés (Bustos-Montes *et al.*, en prensa), infiriendo que en todas las capturas que se realicen es común encontrar individuos grandes.

De acuerdo a lo anterior, la pregunta de investigación del presente trabajo es: ¿Cuál es el estado poblacional de *P. volitans* en el sector oeste de la isla de San Andrés, Caribe colombiano en el año 2019-2020?

1.3. Justificación

Actualmente, la isla de San Andrés se posiciona como el tercer lugar con densidades poblacionales altas de *P. volitans* (96 ind/ha) en el año 2015, y (32 ind/ha) en el 2018 (Abril-Howard, 2018), después de Bahamas (196 ind/ha), y Cuba (96 ind/ha); y con tallas promedio mayores a los 20 cm en el Caribe colombiano (Invemar, 2015). Por lo tanto, al determinar los parámetros de crecimiento de *P. volitans* se puede corroborar este posicionamiento, y los insumos resultantes de

este trabajo serán importantes para el control y toma de decisiones de esta especie invasora (Bolaños *et al.*, 2018).

En el Sector Oeste de la isla de San Andrés se encuentran los sitios de buceo que más frecuentan a menudo los visitantes y residentes, asimismo, West Point y Punta Padi presentan geomorfologías óptimas para *P. volitans* como los son los arrecifes rocosos y las cuevas (Bolaños *et al.*, 2018).

También se ha demostrado que la presencia de *P. volitans* reduce las poblaciones de peces nativos, incluyendo aquellos con alguna importancia ecológica y económica, tales como los integrantes de las familias Haemulidae (roncos), Pomacentridae (damiselas), Lutjanidae (pargos), Scaridae (peces loro) y algunos invertebrados marinos (Bolaños *et al.*, 2018).

Según Bustos-Montes *et al.* (en prensa), en la isla de San Andrés se ha podido observar que la población de *P. volitans*: 1) abunda de igual forma, entre los 5 m hasta los 35 m de profundidad; 2) que la especie sigue reproduciéndose y migrando a zonas más profundas, donde no es fácil cazarlo en algunas épocas del año; y 3) que su talla de madurez gonadal se da desde los 19,5 cm de longitud estándar, lo cual demuestra que está en condiciones óptimas reproductivas. Sin embargo, otros autores afirman que la talla media de madurez para hembras y machos es 14 cm de LT (Green *et al.*, 2012a) y de 18 cm LT (Green *et al.*, 2012b), lo cual se ha observado en el presente

estudio, hembras ovadas a los 14.5 cm de LT, al determinar el sexo de los ejemplares, sin embargo, el determinar esta talla media de madurez sexual no era un objetivo de este trabajo.

Esta especie exótica puede estar causando una alteración ecosistémica en la isla de San Andrés, lo cual respalda la ejecución de este proyecto, ya que con los resultados obtenidos de esta investigación, se podría posteriormente relacionar el estado poblacional de *P. volitans* con la densidad poblacional de otras especies vitales para el ecosistema.

1.4. Alcance

Se espera registrar el estado poblacional de *P. volitans* en el sector oeste de la isla de San Andrés respecto a su densidad, longitud total y peso, con el fin de comparar con estudios previos, y aportar insumos importantes para los planes de control de la isla de san Andrés establecidos por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina) y la Secretaría de Agricultura y Pesca del Departamento.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Evaluar el estado poblacional del pez león *Pterois volitans* (Linnaeus 1758) (Scorpaenidae) en el sector oeste de la isla de San Andrés con el fin de brindar insumos para los planes de manejo de la especie.

1.5.2. Específicos

- Conocer la variación temporal y espacial de la población de *Pterois volitans* en el sector oeste de la isla de San Andrés.
- Determinar la frecuencia de tallas y la proporción sexual de los ejemplares capturados de *Pterois volitans* en el sector oeste de la isla de San Andrés.
- Estimar la longitud asintótica y el coeficiente de crecimiento anual de *Pterois volitans* con el fin de aportar información actualizada del estado de la población.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Estado del arte

El primer avistamiento del invasor *P. volitans* en América fue en La Florida y desde los 90s empezó a dispersarse por el resto del Caribe hasta llegar a Brasil (González *et al.*, 2009) (Fig. 2).



Figura 2. Propagación actual de *P. volitans* en el Gran Caribe (Tomado de USGS, en línea).

Estudios realizados en el Gran Caribe demuestran que *P. volitans* se reproduce constantemente, alcanzando su madurez con rapidez, y sus tallas varían en los lugares donde la especie ha invadido.

A saber: en Yucatán (México), la especie tiene una L_{∞} de 42,2 cm, con un crecimiento anual de K 0.88 (Rodríguez-Cortés *et al.*, 2015); en Islas Caimán y Bahamas, tiene una L_{∞} de 32,2 cm, con un crecimiento anual de K 1,48 (Pusack *et al.*, 2016); en Filipinas e Islas Marianas (Estados Unidos), tiene una L_{∞} de 22,5 cm, con un crecimiento anual de K 1,62 (Pusack *et al.*, 2016); en el Caribe colombiano, tiene una L_{∞} de 47,17, con un crecimiento anual de K 0.45 (Bustos-Montes *et al.*, en prensa); en Magdalena (Colombia), tiene una L_{∞} de 42,53 cm, con un crecimiento anual de K 0.47 (Bustos-Montes *et al.*, prensa); en Bolívar (Colombia), tiene una L_{∞} de 40.01 cm, con un crecimiento anual de K 0.51 (Bustos-Montes *et al.*, en prensa); y en San Andrés Islas, tiene una L_{∞} de 42,50 cm, con un crecimiento anual de K 0.56 (Bustos-Montes *et al.*, en prensa).

Con el primer registro de *P. volitans* en el Caribe colombiano en el año 2008, se hizo un esfuerzo interinstitucional de Coralina y otras entidades regionales donde se formuló el “Plan para el Control y Manejo del pez león *Pterois volitans* en el Caribe Colombiano” (Coralina, 2016), y adicionalmente, Coralina y la Secretaria de Agricultura y Pesca de San Andrés Islas hicieron talleres de educación ambiental (Bolaños *et al.*, 2018). En el año 2010, se realizó un *Workshop* en Cancún, donde se creó el “Protocolo para la Captura, Extracción y Disposición Final del Pez León (*Pterois volitans*)”, el cual fue usado en todos los Parques Naturales Nacionales de Colombia de la región Caribe. A raíz de esta reunión, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y las Corporaciones Autónomas Regionales, capacitaron a las corporaciones de pescadores y otras agrupaciones para el manejo y disposición de *P. volitans* (MADS *et al.*, 2013).

2.2. Marco teórico

2.2.1. Generalidades de la especie

P. volitans pertenece a la familia Scorpaenidae, y también es conocido como pez león, el cual se distingue fácilmente por sus visibles espinas venenosas en sus aletas dorsales, así como, sus largos radios de las aletas pectorales. De esta familia se registran al menos 180 especies en el Caribe, y del género *Pterois* se conocen ocho especies (Bustos-Montes *et al.*, en prensa).

Esta especie es un depredador voraz alimentándose de toda clase de peces e invertebrados marinos y crece exponencialmente, lo cual genera un impacto negativo para el ecosistema coralino. La especie puede alcanzar los 50 cm de longitud estándar, consumiendo sólo el 6% equivalente a su peso corporal (Albins y Hixon, 2008). Esta especie se alimenta preferiblemente de crustáceos desde los 15 cm de LT (Longitud Total), y luego en su fase adulta, consumen peces, predominando *Thalassoma bifasciatum* en su dieta alimentaria.

P. volitans tiene hábitos nocturnos y se han observado individuos migrando hacia la superficie, saliendo de las cuevas o piedras en las que se encuentran en el día. Su mecanismo de defensa es a través de sus aletas dorsales, anales y pélvicas, pues liberan una toxina de origen proteico proveniente de una glándula presente en la base de las espinas, que afecta de forma letal a otras especies y sin afectación letal a los humanos (Myers, 1991; Albins y Hixon, 2008).

Registros de esta especie en el Caribe evidencian que tienen una alta adaptación como en las Bahamas, cuya densidad máxima ha sido de 390/ha, con una talla de promedio de 50 cm LT (Albins, 2008). En la isla de San Andrés, los peces león se reproducen permanentemente y las hembras crecen menos que los machos (Bustos-Montes *et al.*, en prensa), y se cree que en tan sólo 30 días pueden depositar 210.000 huevos que se dispersan por medio de las corrientes marinas (Morris *et al.*, 2009), con esta cifra se ha estimado que cada hembra puede liberar 2 millones de huevos (Mark *et al.*, 2002).

2.2.2. Morfología general

P. volitans a lo largo de su cuerpo presenta rayas con patrones rojizos y blancos, a simple vista se puede apreciar las ostentosas aletas pectorales y dorsales, *P. volitans* cuenta con 18 espinas venenosas: 13 en las aletas dorsales, 3 en las aletas anales y 2 en las aletas pélvicas (**Fig. 3**).

P. volitans no tiene dimorfismo sexual, por tal razón el sexo se define haciendo una disección del individuo, y por la coloración de las gónadas se define si es hembra o macho (Morris *et al.*, 2009).

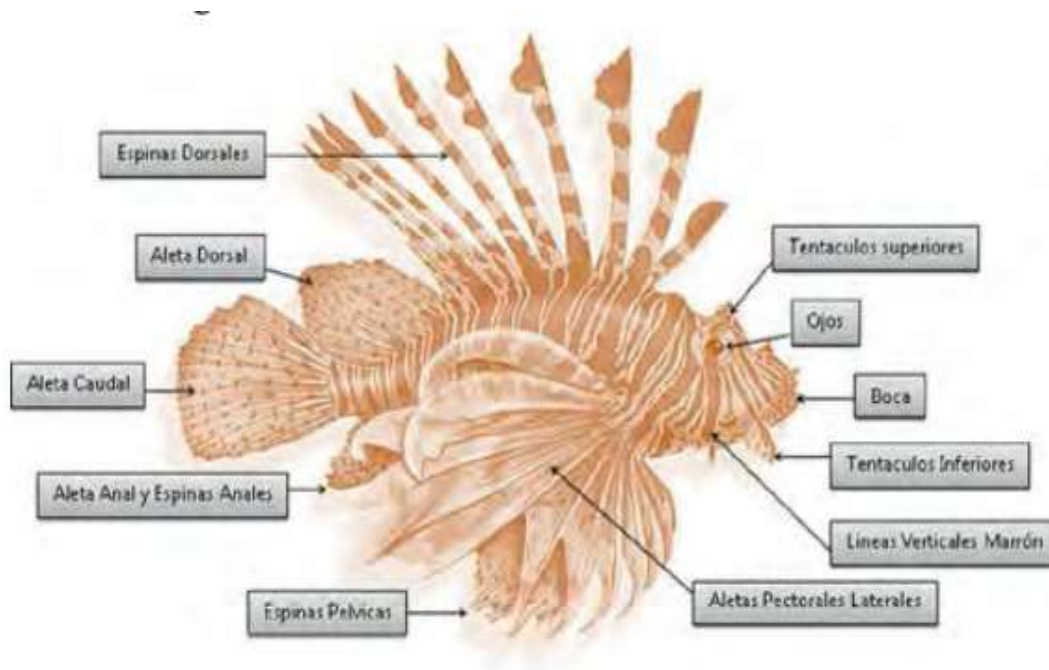


Figura 3. Estructura morfológica de *P. volitans* (Tomado de Moreira, 2012).

2.2.3. Crecimiento poblacional

El crecimiento poblacional es un fenómeno biológico y natural que está ligado con la capacidad reproductiva de los seres vivos. Es decir, el hecho de que una población llegue, con el tiempo, a saturar una determinada área geográfica, además de haber agotado todos los recursos que éste le pueda brindar (UNAP, en línea). Los principales parámetros que se pueden medir para determinar el crecimiento poblacional son: densidad, natalidad, mortalidad, inmigración, emigración, flujo de genes y volumen, entre otros (UNAP, en línea).

El crecimiento poblacional del *P. volitans* en cuanto a su peso no es dependiente a la talla, este puede tener un crecimiento desproporcional o en otras palabras alométrico (Sabido *et al.* 2012), teniendo un crecimiento lento al inicio y posteriormente entra en una fase de crecimiento exponencial y finalmente una fase de equilibrio, la fase de equilibrio ocurre cuando *P. volitans* se ve limitado por factores como competencia por alimento, depredación entre la misma especie, enfermedades y los factores fisicoquímicos u abióticos (Akins, 2013). Esta especie al competir por alimento lo hace con su misma población o con especies nativas del lugar invadido limita su supervivencia, crecimiento, comportamiento y distribución, no obstante llega a disminuir las densidades poblaciones de las especies nativas (Albins, 2012).

2.3. Marco conceptual

A lo largo del presente documento se usarán algunos términos técnicos y biológicos que son importantes conocer, los cuales se definen a continuación, para tener una mayor claridad a lo largo de la lectura del texto.

Abundancia: se calcula como el número de individuos por una unidad de volumen, de superficie y/o de esfuerzo de captura, es decir, la densidad de una población (Hubbell, 2001).

Área Marina Protegida (AMP): son zonas delimitadas específicamente por tener riqueza de especies, hábitats y procesos ecológicos, las cuales están establecidas por leyes y decretos para que éstas sean protegidas, conservadas y restauradas (Coralina, 2016).

Arpón hawaiano: es una herramienta de pesca utilizada desde la prehistoria como una lanza que se emplea manualmente con un ligero botón para presionar, el cual se usa para la captura del pez león, por tener una lanza con una punta partida en tres o cinco. Su uso es legal, siempre y cuando sea para capturar tal especie (Delgado y Fonseca, 2013).

Coefficiente de crecimiento: es una constante corporal del individuo por medio de parámetros determinados por la longitud y edad del individuo, estimado a partir de registros previos (Csirke, 1989).

Crecimiento poblacional: se mide como el cambio en el número de individuos por unidad del tiempo, expresado como tasa de crecimiento; (Csirke, 1989).

Datos morfométricos: mediciones cuantitativas de la forma (largo, ancho, grueso, etc.) de un organismo (Bookstein, 1991).

Densidad poblacional: abundancia de individuos de una especie expresada por unidad de área o volumen en un lugar delimitado, (Morlans, 2004).

Demografía: Estudio estadístico de las poblaciones según su estado y distribución en un momento determinado o según su evolución histórica (Massimo, 1993).

Dimorfismo sexual: se refiere a la variación fenotípica o fisionómica que tienen ambos sexos de la misma especie, cada uno tiene un rasgo distinto que se nota a simple vista (Morris, 2013).

Especie autóctona o nativa: es una especie que pertenece a una región o ecosistema determinados. Su presencia en esa región es el resultado de fenómenos naturales sin intervención humana (pasada o actual) (Arriaga *et al.*, 1994).

Especie exótica: conocida también como especie introducida o alóctona, es aquella especie foránea que ha sido introducida en una zona fuera de su distribución natural. Esta introducción se suele producir siempre por causas humanas, ya sea de forma voluntaria o involuntaria. El concepto contrario es el de especie autóctona (García *et al.*, 2011).

Especie invasora: Una especie es invasora cuando, siendo exótica o autóctona, el aumento de su población supone un problema ambiental, pues pone afecta las poblaciones de las especies nativas presentes en aquella zona determinada. Aunque la gran mayoría de especies invasoras son exóticas, también hay algunos casos en que puede ser autóctona (Schofield *et al.*, 2009).

Estado poblacional: Se determina por medio de los caracteres merísticos, fenotípicos y genéticos de una población de cualquier especie (Fisher, 1999)

Frecuencia de tallas: sirve para separar grupos de edad bajo la suposición de que la distribución de tallas en cada grupo de edad es normal (o al menos unimodal) alrededor del valor más frecuente (Sparre y Venema, 1997).

Hope spot: los puntos calientes son regiones que se caracterizan por tener altas concentraciones de especies nativas y endémicas; su tamaño, en términos de superficie está disminuyendo (Pinzón y Spence, 2011).

Introducción accidental: especies ingresadas de manera no intencional en lugares o territorios foráneos (García *et al.*, 2011).

Introducción intencional: se efectúa de manera organizada y planeada con un objetivo final (Schofield *et al.*, 2009).

Longitud Asintótica (L_{∞}): se define como la longitud media que un pez que puede alcanzar a una edad avanzada (Csirke, 1989).

Longitud Total: la longitud total (LT) es la medición que abarca todo el cuerpo del individuo midiendo la unidad entera más cercana; se utiliza para la obtención de registros adecuados en los análisis de stocks pesqueros (Sparre y Venema, 1997).

Parámetro de crecimiento: son métodos y datos de la medida y peso de una especie para la determinación del crecimiento en el tiempo que se ejerció captura (Sparre y Venema, 1997).

Tamaño mínimo de muestra: aquel número determinado de sujetos o cosas que componen la muestra extraída de una población, necesarios para que los datos obtenidos sean representativos de la población (García-García, 2013).

2.4. Consideraciones éticas y marco legal

2.4.1. Marco Legal

- Resolución 0675 de 2013, mediante la cual se adopta el Plan para el Manejo y Control del Pez León, y el Protocolo para la Captura, Extracción y Disposición final de los especímenes.
- Resolución número (0848) 23 de Mayo de 2008 “Por la cual se declaran unas especies exóticas como invasoras y se señalan las especies introducidas irregularmente al país que pueden ser objeto de cría en ciclo cerrado y se adoptan otras determinaciones”.
- En Colombia, esta especie se declaró como especie exótica invasora por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Resolución 0207, 3 de febrero de 2010). En Colombia el consumo, caza, creación de artesanías y uso como carnada de esta amenaza es legal de acuerdo a la Resolución 0675 del 2013.
- Resolución 0132 de 2010: protocolo para la Captura, Extracción y Disposición final del pez león (*Pterois volitans*), en Colombia, empleado en los Parques Naturales Nacionales de Colombia.
- Ley 84, sancionada por el congreso de Colombia el 27 de diciembre de 1989, “Por la cual se adopta el estatuto Nacional de Protección de los Animales”, en su capítulo sexto hace referencia a los animales de experimentación. Capítulo VI “Del Uso de Animales vivos en Experimentos e Investigación”.
- La Ley 576 de febrero 15 de 2000 emitida por el Congreso de Colombia: “Por la cual se dicta el código de ética para el ejercicio profesional de la medicina veterinaria, la medicina

veterinaria y zootecnia, y zootecnia”. Establece en su Artículo 51 que los profesionales de las ciencias animales al participar en el desarrollo de estudios relacionados con la conservación de ecosistemas animales, su entorno de vida y bienestar, sistemas de confinamiento y prácticas sostenibles de producción animal, frente a la biotecnología de avanzada, aplicarán siempre criterios bioéticos de calidad.

- Resolución número 776 de 2008. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos para consumo humano.
- Invima - Resolución 675 del 2013. Se entiende que si el producto ha transcurrido su *rigor mortis* y sus condiciones vitales han cesado, no hay impedimento para su proceso y consumo. Finalmente, el Invima podrá verificar las condiciones de inocuidad, tanto en la recepción de la materia prima como en el producto terminado y garantizar que el alimento no sea factor de peligro para la población”.

2.4.2. Consideraciones Éticas:

El proyecto está clasificado de acuerdo a Formato de Solicitud de Aval Ético. Capítulo V como: Proyectos que incluyan especímenes de la diversidad biológica.

Este es un proyecto que no representa ningún riesgo para la especie a investigar (*P. volitans*), de acuerdo con la Resolución 0675 de 2013, mediante la cual se adopta el Plan para el Manejo y

Control de *P. volitans*, y el Protocolo para la Captura, Extracción y Disposición final de los especímenes. Se busca determinar el crecimiento o decrecimiento de la población de *P. volitans*.

Por tanto, sus ejemplares serán capturados en condiciones favorables, sin que se genere dolor, ni angustia durante la manipulación y captura de la especie, manteniendo en todos los casos posibles, adecuados niveles de bienestar.

La toxina de *P. volitans* contiene un dominio B30.2 / SPRY (~200 residuos de aminoácidos) en la región C-terminal de cada subunidad. La afectación de *P. volitans* hacia una persona puede ser dolorosa, pero no letal, si se llega a incurrir en un accidente durante la manipulación y captura de la especie, esta es considerada como invasora, por lo cual no representa un daño integral al ejercer su captura para mitigar su población.

Finalmente las principales normas de seguridad (Coralina, 2016) que se deben realizar en este proyecto, tienen que ver con las precauciones ya reglamentadas para desarrollar buceo deportivo (p.e. buceo en parejas, profundidad máxima permitida, entre otros), pesca con arpón (p.e. buena visibilidad al disparar, recaptura del arpón, entre otros) y manipulación de los ejemplares con espinas venenosas (p.e. uso de pinzas especiales para su captura, empleo de nasas o dispositivos especiales para su transporte durante la inmersión, entre otros).

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

La isla de San Andrés, se encuentran ubicada al noroccidente del mar Caribe colombiano, a 800 km al noroeste de Colombia, y 150 km al este de Nicaragua ($12^{\circ}35'37''$ latitud norte, $81^{\circ}40'49''$ y $81^{\circ}43'23''$ longitud oeste) (**Fig.4**). Todo el complejo de islas que se encuentran en el Archipiélago fueron declaradas como Reserva de la Biosfera por la UNESCO en el año 2000, debido a la riqueza de los ecosistemas estratégicos, y posteriormente, fue declarado por UAESPNN, Coralina y el Gobierno como Área Marina Protegida (*MPA Seaflower*) por contar con una de las áreas más grandes de arrecife coralino (65.000 km^2); y también fue declarado como *Hot Spot* con el objetivo de incrementar su buen manejo, conservación, control y vigilancia (Howard, 2006).

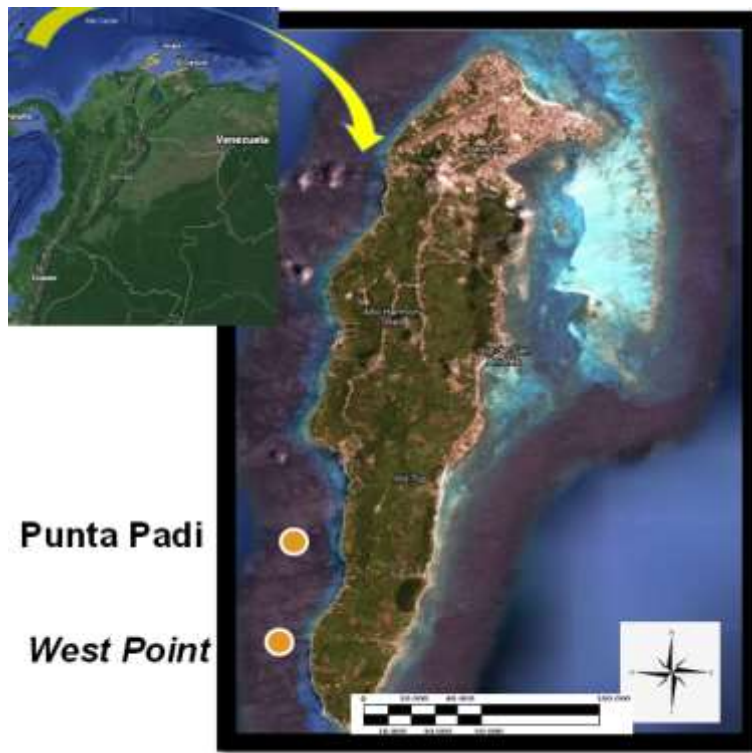


Figura 4. Estaciones de muestreo en la isla de San Andrés puntos amarillos: Punta Padi y *West Side* (Tomado y modificado de *Google Earth*, en línea).

El presente trabajo se realizó en el sector oeste de la isla de San Andrés, seleccionado por los altos avistamientos que se logran percibir por los buzos y trabajos realizados en esa área en años anteriores. Se delimitaron dos estaciones de muestreo teniendo en cuenta: 1) el fácil acceso a los sitios; 2) que este sector se encuentra en la zona protegida de la isla; 3) por su condiciones geomorfológicas, como arrecifes rocosos y cuevas, favorables para el *P. volitans*; y 4) el factor económico (autofinanciación de los buceos).

3.2. Diseño del proyecto

Se realizaron seis muestreos mensuales en cada estación (para un total de 11 muestreos), iniciando en marzo 2019 y terminando en febrero 2020 (**Fig. 5**), el último mes de muestreo (marzo 2020) no se logró hacer porque coincidió con el inicio de la cuarentena obligatoria nacional por la pandemia del Covid 19. El esfuerzo de captura fue del número de especímenes que se logran capturar en 60 minutos de buceo errante.

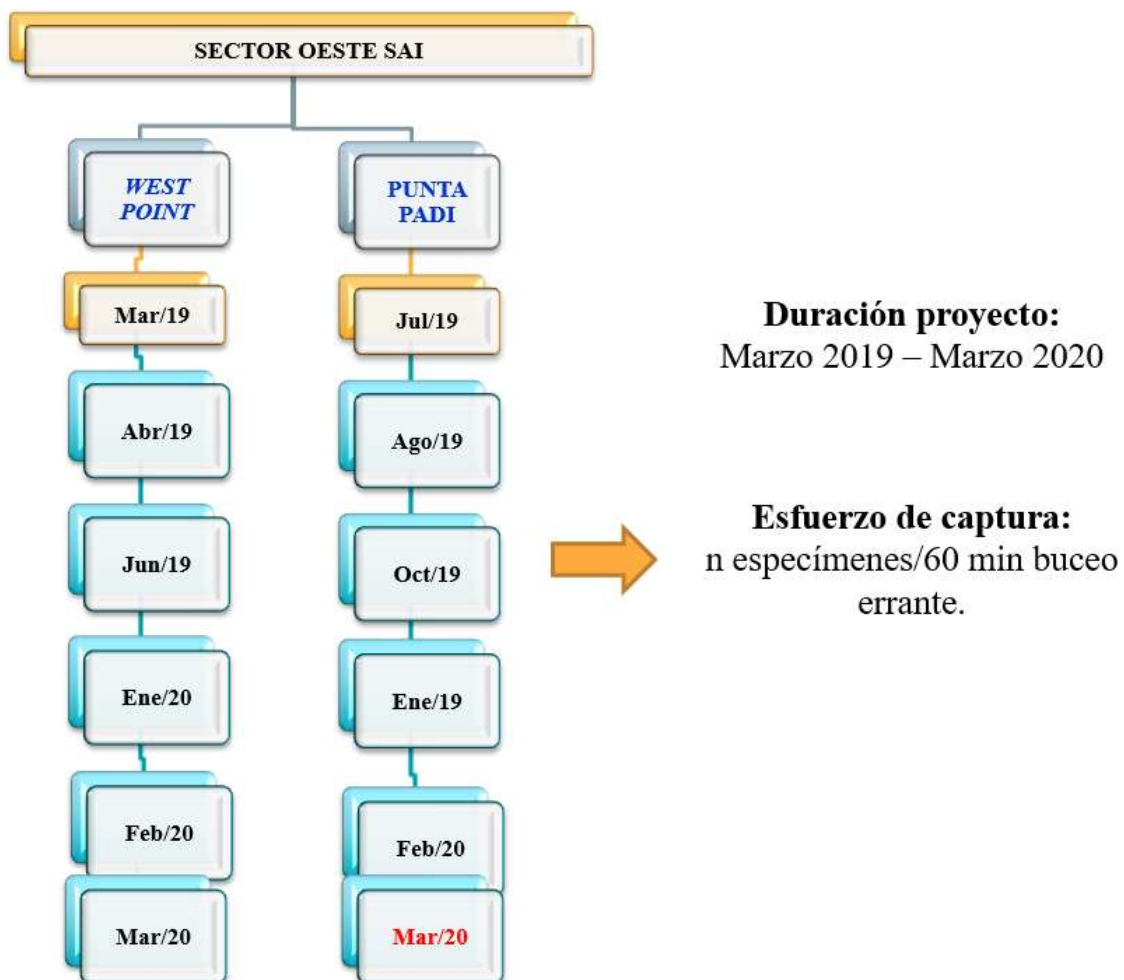


Figura 5. Diagrama de flujo del muestreo del presente proyecto

3.3. Variables y factores

Las variables y factores de estudio se procesaron en bases de datos mensuales, en donde se cuantificaron las siguientes:

Variable		Indicador	Niveles	
Variables independientes o factores	Ubicación	Sector	<i>West Point</i>	<i>Punta Padi</i>
	Mes	Mes	Marzo 19	Abril 19
			Mayo 19	Julio 19
			Junio 19	Agosto 19
			Ene 20	Oct 19
			Feb 20	Feb 20
			Marzo 20	Marzo 20
Variables biológicas	Sexo	Sexo	Machos, Hembras	
	Peso	Peso Total (g)	-	
	Talla	Longitud Total (cm)	-	
		Longitud estándar (cm)	-	
	Densidad	No. Individuos /60 min)	-	

3.3.4. Métodos y técnicas de recolección

Mediante la técnica de muestreo para peces marinos de buceo errante, se realizó la captura de los ejemplares a lo largo de 60 min. de inmersión (la hora inicial y final de las inmersiones fueron consignadas en la bitácora de buceo), en las estaciones Punta Padi y *West Point*, realizando nados en zigzag en un transecto imaginario de 30 m de largo x 4 m (2 m a cada lado del transecto). He ingresando en cuevas. Para el muestreo se utilizó equipo *Scuba* con aire comprimido y un arpón hawaiano de aluminio aeronáutico, Marca Cressi, referencia *Spearfishing*, con una longitud total de seis pies y una punta *Lionfish Cluster* de siete pulgadas (**Figs. 6 y 7**).



Figura 6. Equipo autónomo y arpón hawaiano utilizado para la captura de *P. volitans* (Tomadas por Santiago Estrada)

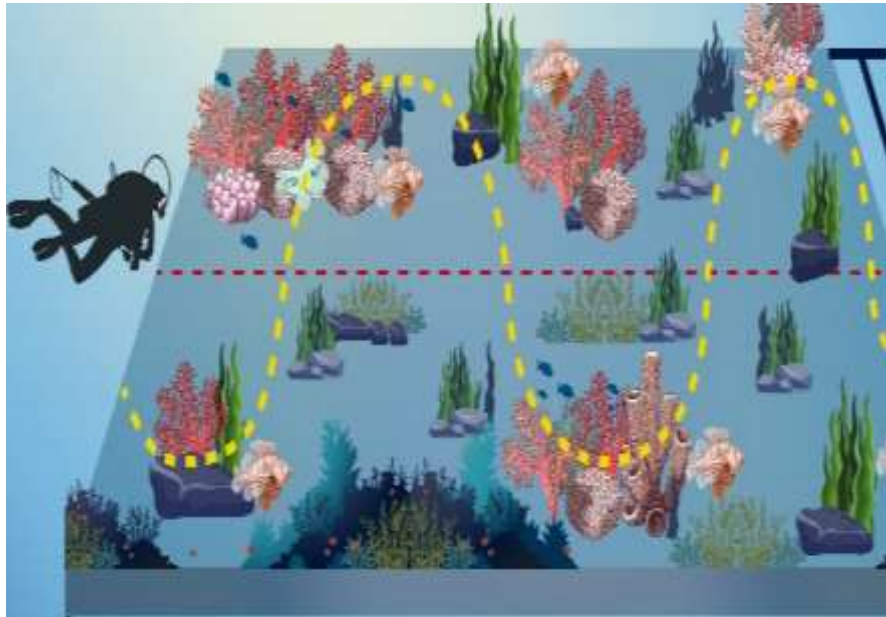


Figura 7. Captura de los ejemplares dentro de la unidad de muestreo (n° de individuos x 60 min.).

Asimismo, se usaron tanques artesanales para introducir el ejemplar capturado sin riesgo alguno (Navarrete-Ramírez, 2014).

Por otro lado, la toma de datos morfométricos se realizó en campo (**Fig. 8**) y en el laboratorio de la Universidad Nacional Sede Caribe (**Fig. 9**), y a la hora de medir y pesar los individuos se utilizó una balanza eléctrica y un ictiómetro (cinta métrica) (**Fig. 10**).



Figura 8. Toma de datos morfométricos en campo y en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe (Tomada por: Laura Lynn Bryan).



Figura 9. Toma de medidas morfométricas en la Universidad Nacional Sede Caribe. (Tomada por: Laura Lynn Bryan)

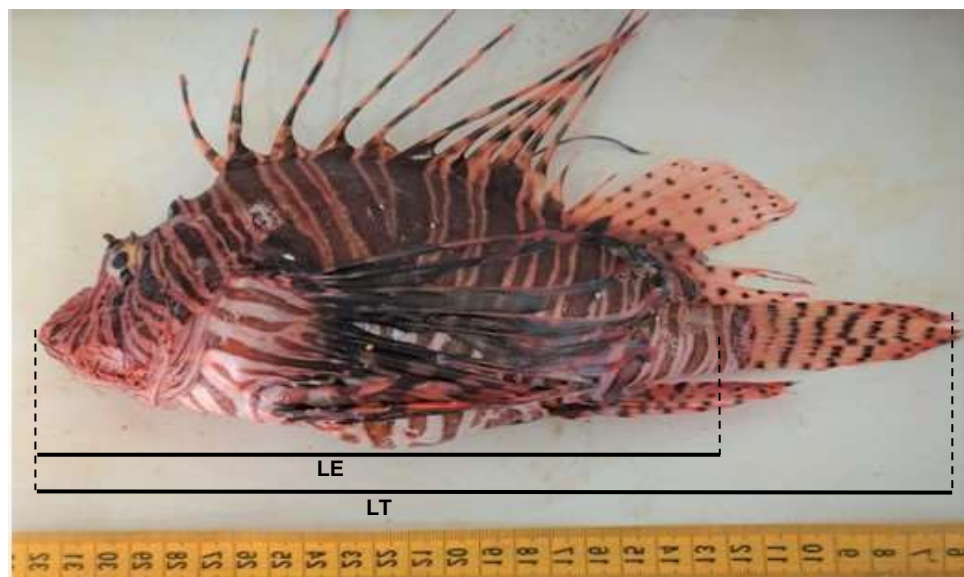


Figura 10. Cinta métrica (ictiómetro de campo) utilizada para la medida de tallas LE: Longitud estándar; LT: Longitud Total).

3.5. Análisis Estadístico:

Una vez obtenidos los datos morfométricos, se realizó un análisis estadístico descriptivo (es decir, medidas de tendencia central - p.e. media aritmética- y medidas de variabilidad - p.e. desviación estándar, coeficiente de variación, error estándar, valores mínimos y valores máximos -, entre otros) de cada variable medida de los individuos (longitud total, sexo y densidad poblacional) en las estaciones y meses de muestreo con ayuda del software estadístico PAST 3.0.

Posteriormente, se realizaron histogramas de frecuencia de ocurrencia de las tallas de los individuos discriminado por época y sitios de muestreo, asimismo, se realizó este procedimiento discriminando por sexos. Teniendo en cuenta la importancia del sesgo y la kurtosis como

indicadores del estado de las poblaciones, estos se calcularon dentro de la estadística descriptiva y acompañaron el análisis de las gráficas de distribuciones.

Con el fin de conocer si existían diferencias significativas de las tallas y densidades de los individuos de *P. volitans* capturados entre los meses y sitios de muestreo, se procedió a realizar una prueba no paramétrica de comparación de múltiples muestras *Kruskal-Wallis*. Esto previo a comprobación de supuestos de normalidad (*Shapiro-Wilk*) y homocedasticidad (*Levene*). En los casos que se requería comparar dos muestras (p. e. tallas y densidades por sexo) se aplicaron pruebas de U de *Mann Whitney*, previo a comprobación de supuestos de normalidad y homocedasticidad. Estas pruebas estadísticas se realizaron con el software *Statistica 7.0* (Zar, 1999).

Finalmente, se usaron los parámetros de *von Bertalanffy Growth Function* (VBG) aplicando el método de ELEFAN para la estimación de la longitud asintótica y el coeficiente de crecimiento (Pauly, 1980; Pauly y David 1981). Para este estudio se usó la versión estacional de VBGF (Somers, 1988) por medio de la siguiente fórmula:

$$(L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Dónde: (L_t) es la longitud del organismo a la edad t , (L_{∞}) es la longitud máxima asintótica, (k) es la tasa crecimiento, (t_0) parámetro de ajuste; punto en el tiempo, en el cual el organismo tiene una talla cero y t es la edad en años.

Para describir el crecimiento que presenta la especie, se empleó el modelo de crecimiento de *von Bertalanffy* (1938), ecuación que satisface ciertas condiciones primordiales como son, el que la expresión matemática sea coherente con el proceso biológico del crecimiento, tener una formulación que pueda ser incorporada fácilmente a los modelos de dinámica de poblaciones y de administración de recursos pesqueros, y lo más importante, que la ecuación se ajuste bien a la mayor parte de los datos observados sobre crecimiento de los peces.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo describe los resultados del estudio, inicialmente se presentan la **estadística descriptiva** de los datos y luego se muestra una **comparación** de los diferentes sitios geográficos y meses en cuanto a su **longitud total, densidad y sexo**. Finalmente se presenta el **modelo de crecimiento (peso – longitud total)** que arrojan los datos para el sector oeste de la isla de San Andrés, y luego se muestran los valores de la **longitud asintótica y el coeficiente de crecimiento**.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

4.1. DENSIDAD EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Se capturaron en total 214 ejemplares, en Punta Padi (76/ 5 meses) y en *West Point* (138/ 6 meses), lo cual indica que este último sitio fue el que presentó mayores densidades (**Fig. 11**), explicado, en parte por tener menor frecuencia de buzos, y por otro lado, por contar con cuevas a mayores profundidades, ya que en recientes estudios, y con la experiencia del presente muestreo, han afirmado que los peces león migran a mayor profundidad para reproducirse con éxito e incrementar en tamaño (Claydon *et al.* 2012). En contraste, Punta Padi también cuenta con cuevas y arrecifes rocosos, pero este lugar es un sitio más frecuentado por buzos y quizás por esto, es probable que

el número de captura sea menor que en *West Point*, pero la presencia de buzos y esfuerzo de captura fueron variables indirectas que no se tuvieron en cuenta en el presente estudio.

Es importante tener en cuenta que González (2014) realizó censos entre Febrero 2012 a Marzo 2013 en tres estaciones en la isla de San Andrés, y una de ellas fue *West Point*, encontrando densidades más altas en esa estación que en las otras dos estaciones, y también mayores a las del presente estudio, explicado por la metodología empleada.

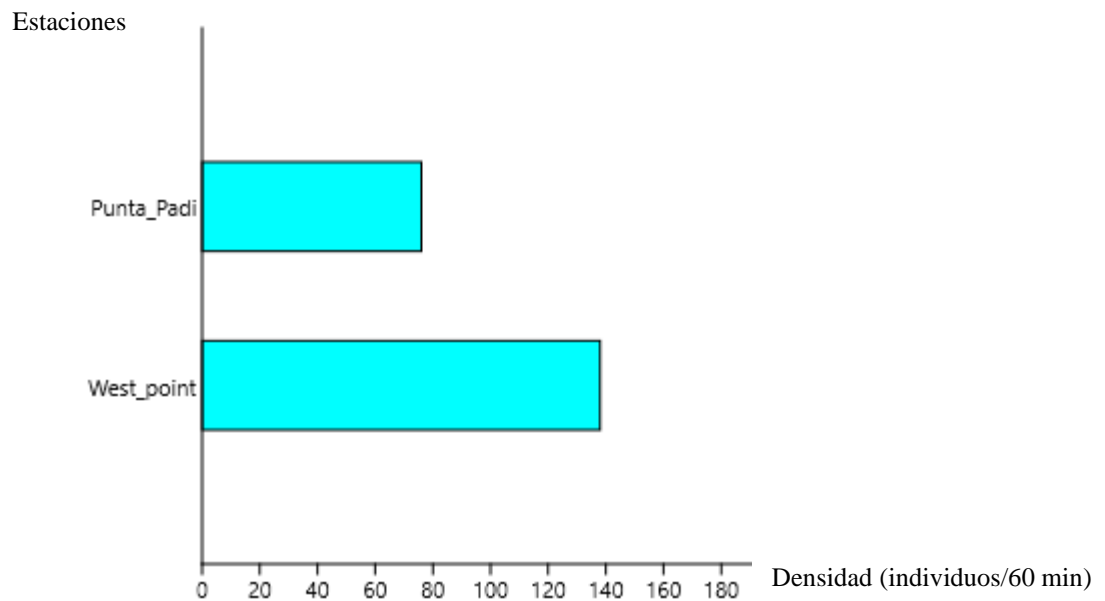


Figura 11. Densidad de *P. volitans* por estación de muestreo

4.2. Densidad en los meses de muestreo

La densidad poblacional de *P. volitans* en este estudio fue de 214 ejemplares/11 meses de muestreo (entre marzo-2019 y marzo-2020), y en algunos meses se dificultó la captura por condiciones meteorológicas. El mes que presentó una mayor densidad fue Junio/2019 (35 indiv./60 min.), seguido del mes de abril/2019 (31 indiv./60 min.) (**Fig.12**); y la menor densidad se presentó en el mes de agosto/2019 (9 indiv./60 min.).

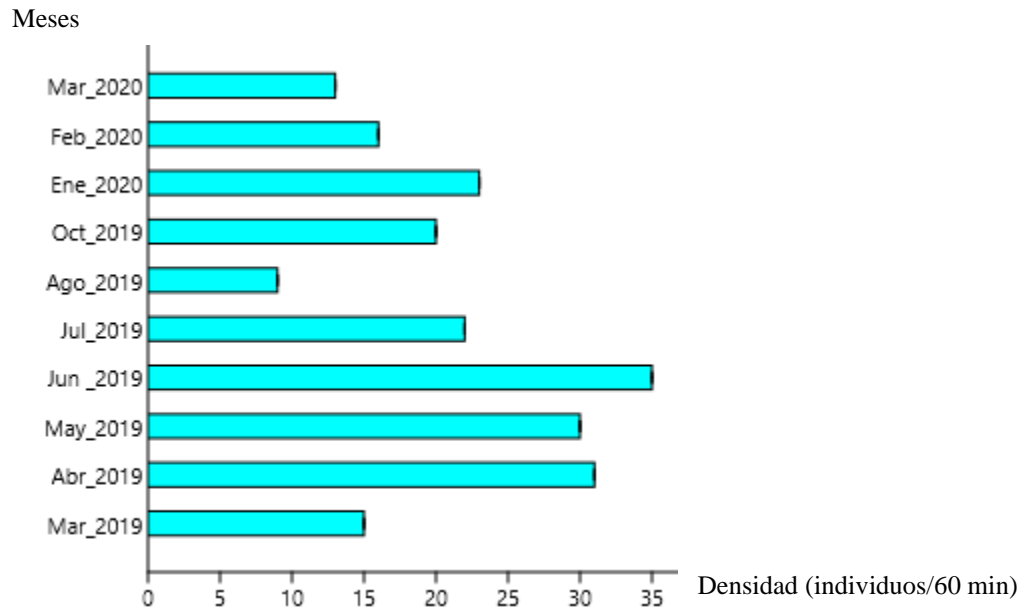


Figura 12. Densidad poblacional de *P. volitans* por meses de muestreo.

4.3. Densidad de machos y hembras por estaciones de muestreo

En cuanto a la presencia de machos y hembras se determinó el sexo de 158 individuos/11 meses (**Tabla 1**), calculando la proporción en su totalidad y en las estaciones de muestreo, observándose un predominio de hembras superior al 50% respecto a los machos (Hembras= 113/6 meses; Machos =44 indiv./6 meses) (**Fig. 13**).

Tabla 2. Densidad discriminada por sexos en Punta Padi y *West Point*.

Sitio	Sexo	Densidad (Indiv. /60 min.)
Punta Padi	Machos	20
	Hembras	51
West Point	Machos	24
	Hembras	63
TOTAL		158

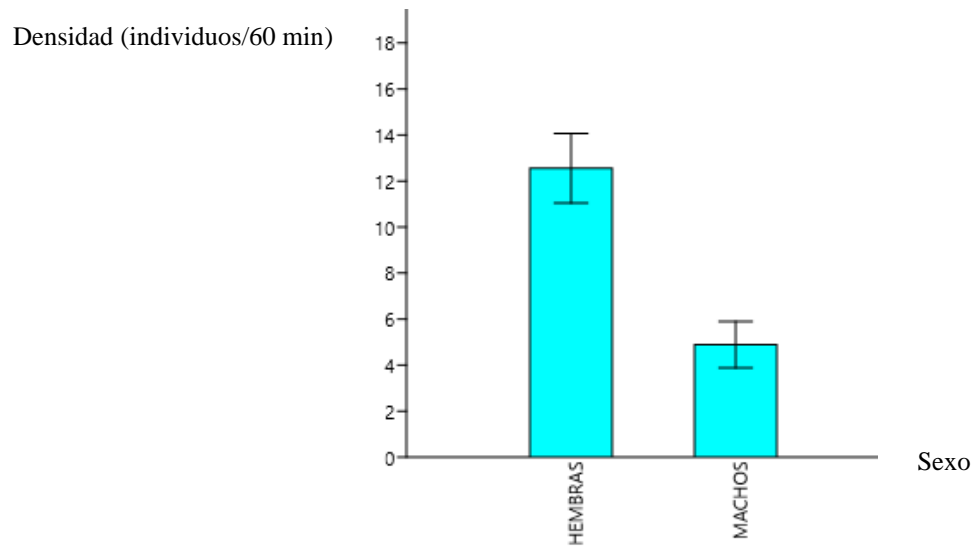


Figura 13. Media y error estándar de la densidad de machos y hembras para este estudio.

Ante la predominancia de hembras en las estaciones de muestreo, *West Point* con un total de 63 hembras/6 meses y 24 machos/6 meses., y Punta Padi con 51 hembras/5 meses y 20 machos/5 meses se puede pensar que posiblemente ante la presión de captura que se ejerce sobre esta especie, una adaptación que esta realiza para mantener la población, es que los individuos pueden cambiar de sexo, para asegurar el éxito reproductivo, como ocurre en otras especies de peces.

Asimismo, otro factor importante en *West Point* en cuanto a las altas densidades encontradas de *P. volitans* en el presente estudio, puede estar relacionado con más sitios de refugio, como lo son las cuevas amplias, la presencia del cantil y posiblemente esto es un reflejo de la disponibilidad de presas, no obstante, Punta Padi aunque tiene geomorfologías similares, presenta una presión de pesca mucho mayor, por lo tanto, y de acuerdo con (Claydon *et al.* 2012), el hábitat es un dato relevante al momento de evaluar el estado poblacional de *P. volitans*.

4.4. Composición por tallas

Al realizar la frecuencia de tallas, se obtiene una media total de la LT entre las estaciones de muestreo de 26.79 ± 6.759 cm (**Fig. 15**). La distribución de esta frecuencia de tallas es simétrica.

De acuerdo a la curtosis presentada en las frecuencias de tallas, se tiene que para la población del sector oeste se presenta una agrupación leptocúrtica, para *West Point* es mesocúrtica, y para Punta Padi es platicúrtica.

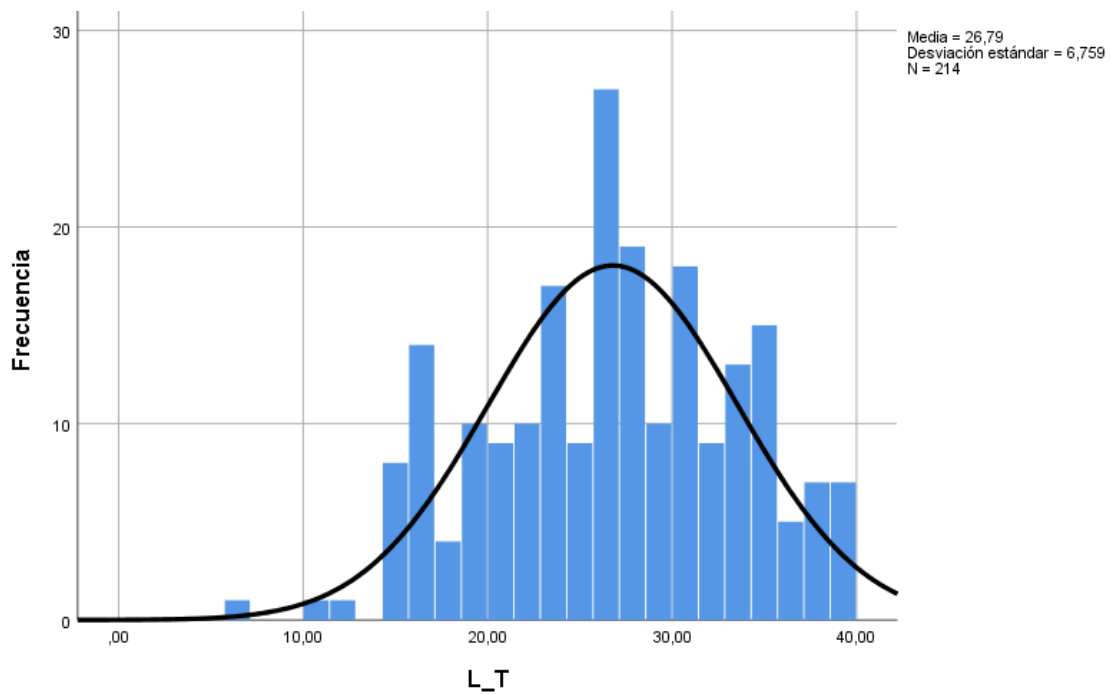


Figura 14. Frecuencia de tallas para este estudio.

Reynaldo *et al.* (2018) Realizó un estudio en un sitio de frecuencia turística en Cuba, entre los periodos de abril a noviembre del 2016, encontrando un total de 365 individuos, y confirma que el sitio con mayor talla promedio fue Playa Blanca (25.0 ± 5.3 cm), seguido de Parque Subacuático (24.8 ± 4.8 cm), Bahía de Naranjo (24.7 ± 5.0 cm) y Punta Ingles (24.6 ± 5.1 cm), siendo mayor la talla promedio en el presente estudio (26.7 ± 6.8 cm LT).

Por otro lado, González (2014) en su estudio realizado en el Caribe occidental insular colombiano, capturó 100 individuos de *P. volitans*, estableciendo una talla promedio de (29.0 ± 2.4 cm), resaltando que en las estaciones de muestreo todas las tallas promedio superaban los 23 cm, obteniendo una mayor talla promedio en mayo 2012, con un valor de 33.8 cm LT; y el valor más bajo obtenido fue en agosto de 2011, con un valor de 24 cm LT. El autor reporta que el 43.7 % presentó tallas superiores a los 30 cm, el 8.4 % menores a 20 cm, y el 47.9 % entre los 20 cm y 30 cm. Esta tendencia también se observó en el presente trabajo.

En el seguimiento de la distribución de *P. volitans* (2015) con base en información del Monitoreo Ecosistémico y Geoportal y Aplicación Android de Avistamientos (Invemar, 2015), reportan que el 31.2 % de los individuos están entre los 10 – 20 cm, el 30.8 % corresponden a tallas de un rango promedio de 20 – 30 cm, el 12 % entre 1 – 5 cm y el 15 % entre los 5 – 10 cm; y las tallas menos frecuentes fueron entre los 30 – 50 cm, con un 9 %, confirmando la tendencia encontrada en los anteriores trabajos.

Posteriormente varios autores determinaron la longitud media del Caribe colombiano, demostrando que la media iba aumentando: Gómez (2012), con 1042 individuos, registró una media de 23.8 ± 0.2 cm; luego para el año 2014, Pabón y Acero (2014) obtuvieron una talla media de 26.1 ± 5.0 cm, con un N=114; y para el año 2015, Sanjuan *et al.* (2015) obtuvieron una talla media de 24.6 ± 0.2 cm, con un N=1585; y luego Invemar, 2015 fue quien desarrolló un estudio más reciente y determinó una talla media de 26.1 ± 5.5 , con un N=123.

Finalmente, al realizar los histogramas de tallas en cada una de las estaciones de muestreo, se encontraron los mayores porcentajes en ambas estaciones, entre los 20 y 30 cm LT (*West Point* 27.3 ± 6.4 cm LT; Punta Padi $25.9b \pm 7.3$ cm LT) (**Figs. 14 y 15**), similar a lo encontrado en estudios previos. Respecto al sesgo se observa que en *West Point* tiende a presentarse una distribución simétrica, en cambio en Punta Padi, la distribución asimétrica hacia la izquierda ya que la media es menor que la mediana.

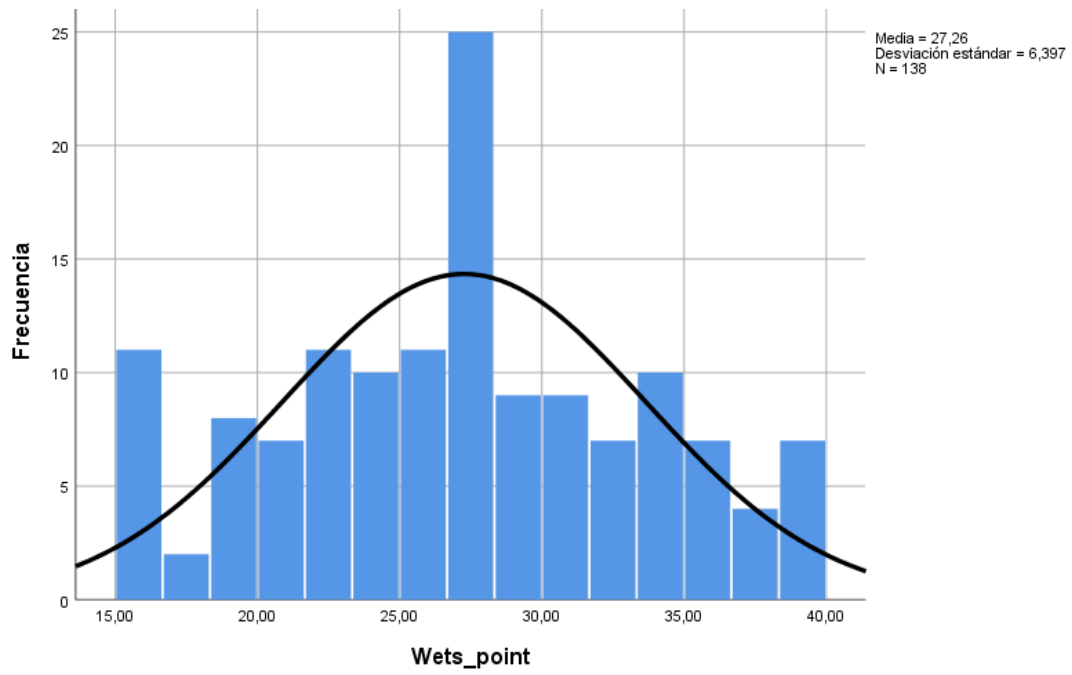


Figura 15. Frecuencia de tallas en *West Point*.

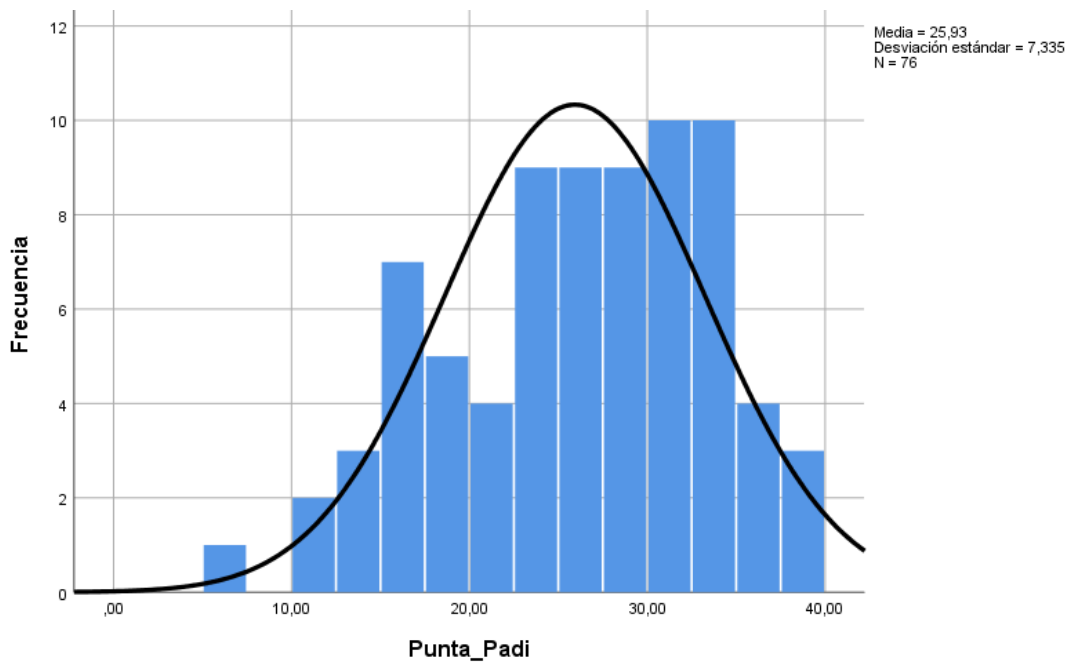


Figura 13. Frecuencia de tallas en Punta Padi.

Sin embargo, Caamal (2018) reporta en su informe de *P. volitans* en México (años 2009 al 2017), una longitud total promedio de 23.4 cm (año 2016) y de 24.4 cm \pm 0.5 cm (año 2017), además, afirma que desde el año 2009, cuando se dio el primer avistamiento de esta especie, la talla promedio se ha ido incrementado, inició con una talla promedio de 13.0 cm, y se estabilizó en 24.4 cm, confirmando también, que los especímenes pueden llegar a reproducirse a partir de los 14 cm (talla media de madurez) en hembras y machos (Green *et al.*, 2012), y asegura que no es usual encontrar especímenes con una talla total tan alta (en su estudio sólo capturó pocos individuos de 53 cm LT) (Caamal, 2018). Además, el autor indica que existen dos picos modales en las poblaciones de *P. volitans*, es decir que, presentan dos cohortes, y que además, se desarrollan de manera simultánea generalmente a los 20 m de profundidad, generando una estructura de tallas con un promedio mayor y con frecuencias de tallas más grandes en todo el área.

Finalmente, la frecuencia de tallas indica que pese a que se presentó una captura de adultos y juveniles en ambas estaciones, la presencia de pocos ejemplares pequeños (menores a 20 cm), podrían indicar que no hay un ingreso de nuevas cohortes o un reclutamiento. Asimismo, existe otros postulados que plantean que, los peces león llegan a encontrarse en aguas poco profundas en su etapa juvenil, y migran a aguas más profundas donde incrementan de tamaño y empiezan a reproducirse en su etapa adulta, lo cual se observa en el presente trabajo, donde la predominancia de tallas fueron mayores de 20 cm entre los 15 m y 25 m de profundidad (Barbour *et al.*, 2010).

4.5. Densidad de machos y hembras por meses

Se determina que en *West Point* (87 indiv./6 meses), el mes con mayor densidad de hembras y machos, fue abril del 2019, con 20 hembras/60 min, y 11 machos/60 min. (**Tabla 2**), en cambio, en la estación Punta Padi (71 indiv./5 meses), el mes con mayor número de hembras capturadas fue enero del 2020, con 17 ejemplares/60 min.; y para machos, fue el mes de junio del 2019 con un 7 especímenes/60 min. (**Tabla 3**).

Tabla 3. Densidad de *P. volitans* en *West Point* discriminados por sexos.

MESES	Densidad (Indiv. /60 min.)	
	HEMBRAS	MACHOS
MAR_2019	11	4
ABR_2019	20	11
JUN_2019	10	4
FEB_2020	14	-
MAR_2020	8	5
TOTAL	63	24

Tabla 3. Densidad de *P. volitans* en Punta Padi discriminados por sexos.

MESES	Densidad (Indiv./60 min.)	
	HEMBRAS	MACHOS
JUL_2019	15	7
AGO_2019	6	3
OCT_2019	11	4
ENE_2020	17	6
FEB_2020	2	
	51	20

Tabla 4. Densidad de *P. volitans* en las estaciones de muestreo.

SITIO	SEXO	Densidad (Indiv./5-6 meses)
Punta Padi (5 meses)	Machos	20
	Hembras	51
West Point (6 meses)	Machos	24
	Hembras	63
TOTAL		158

ANÁLISIS COMPARATIVOS

4.6. Análisis comparativo de la densidad por sexo y por meses

Las densidades de *P. volitans* en los meses de muestreo discriminadas por sexos (**Fig. 14**), presentan mayores valores de hembras en los meses Abr/19, Ene/20 y Feb/20, y para los machos de presentan en Abr/19 y Jul/19, aunque nunca superaron a las hembras en el mes de muestreo.

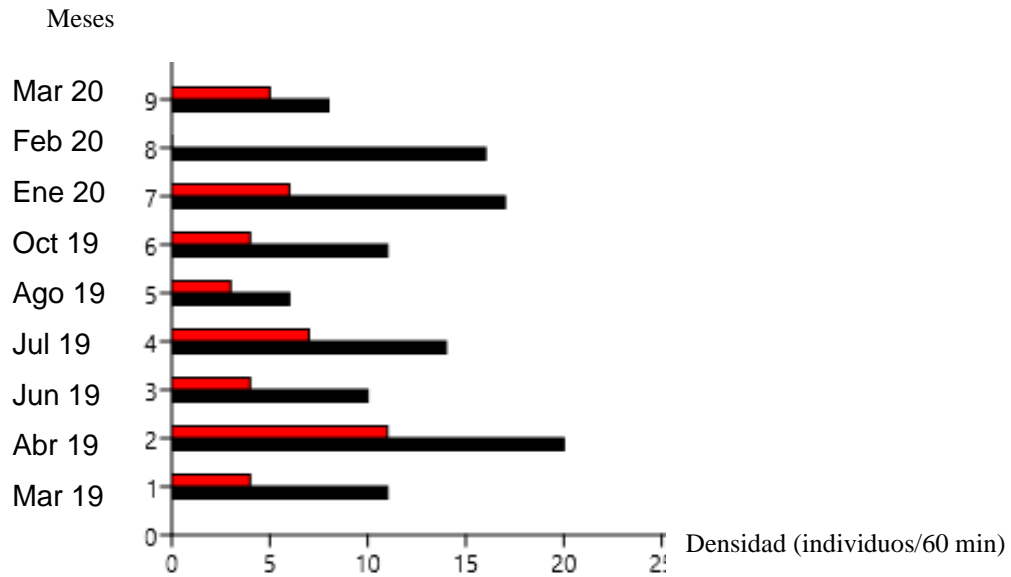


Figura 14. Densidad de individuos de *P. volitans* en meses de muestreo discriminada por sexos (Hembras: negro; Machos: rojo).

La predominancia de hembras del presente estudio es de un 72%, y en una menor proporción se encuentran los machos, con un 28%.

Debido a que se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se procedió a realizar una prueba *t-student*, aplicando el 95% de nivel de confianza, en donde se encontraron estadísticamente diferencias significativas entre los meses de muestre respecto a la variable densidad ($t=4,2247$) y ($p= 0,00064434$).

4.7. Análisis comparativo de la longitud total por meses y por estaciones de muestreo

Con el fin de determinar si existen diferencias de las poblaciones en su longitud total entre las estaciones y los meses de muestreo fue necesario realizar la comprobación de los supuestos, para saber si se aplicaba estadística paramétrica o no paramétrica, estableciendo por medio de la prueba de homocedasticidad (Levene) para la (LT) entre meses, y con la prueba de normalidad aplicando el método de (*Shapiro -Wilk*) como resultado ($W=0,98343$), ($p=0,01303$).

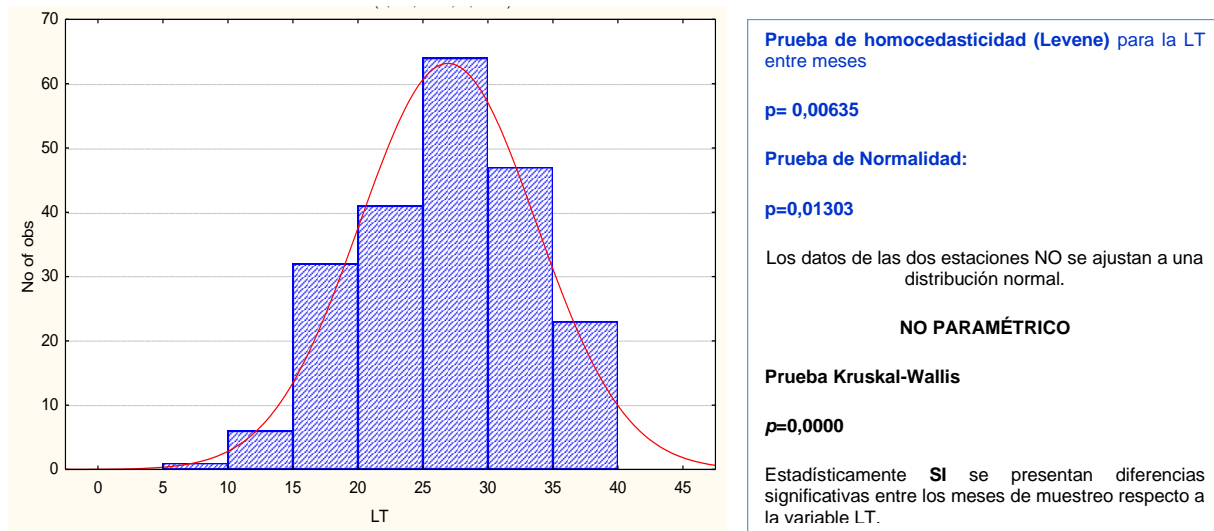


Figura 15. Distribución de la Longitud Total de los individuos de *P. volitans* (LT) entre meses.

Los datos de la longitud por meses no cumplieron con los supuestos, por lo tanto, las pruebas que se pueden aplicar a estos datos es no paramétrica, por ende, se realizó la prueba de *Kruskal-Wallis* por rangos de la Longitud Total (LT) con las variables independientes (meses/año), y como resultado se obtuvo que estadísticamente si se presentan diferencias significativas en los meses de muestreo respecto a la variable LT ($p= 0,0000$) en las poblaciones de *P. volitans* del sector oeste de la isla de San Andrés.

Posteriormente se aplicó la prueba de normalidad en ambos sitios de muestreo para determinar si se obtiene una distribución normal de las medias y si cumple con una prueba paramétrica, como resultado en Punta Padi se obtuvo ($W= 0,97097$, $p= 0,07863$); y para *West Point* ($W= 0,97527$, $p= 0,01306$).

Al aplicar la prueba de *Shapiro-Wilk*, se obtiene que las estaciones de muestreo no se ajustan a una distribución normal, por lo cual se procede a realizar una prueba comparativa entre dos muestras independientes con estadística no paramétrica, en este caso, se usó la prueba U de *Mann-Whitney* ($U= 4822,500$; $Z= 0,972350$), obteniendo en *West Point* ($Z= 15256,50$; $p= 0,330877$), y en Punta Padi ($Z=7748,500$; $p=0,330827$) (**Fig. 17**), lo cual indica que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo (*West Point* y Punta Padi) respecto a la Longitud Total, corroborando con lo encontrado en los histogramas de tallas, donde el mayor porcentaje de individuos se concentraron entre los 20 y 30 cm en ambas estaciones.

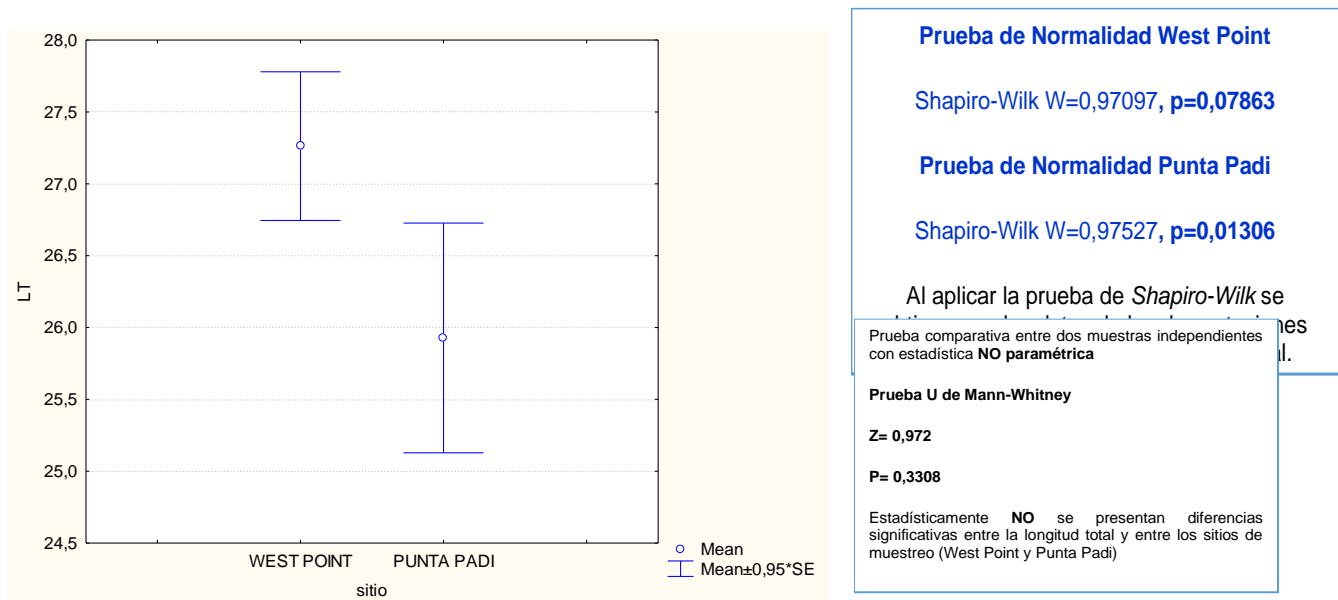


Figura 16. Caja y Bigotes representando los cuartiles superiores e inferiores de la Longitud Total (LT) por estaciones de muestreo.

Asimismo, en *West Point* (138 ind./6 meses) se obtuvo una talla promedio de 27,2 cm LT, talla mínima de 15,0 cm LT y máxima de 39,8 cm LT, mientras que en Punta Padi (74 ind./5 meses) la talla promedio fue de 25,9 cm LT, talla mínima de 6,0 cm LT y máxima de 38,3 cm LT. Al representar la LT por estaciones de muestreo (**Fig. 18**) se confirma que no existen diferencias estadísticas significativas entre los sitios de muestreo respecto a la variable Longitud Total ($p<0,05$), cuya varianza fue de 40,9 cm, la desviación estándar de 6,3 cm y el error estándar de 0,4 cm para *West Point*; y en la estación Punta Padi los valores fueron: varianza 53,8 cm, desviación estándar 7,3 cm y error estándar 0,8 cm.

De acuerdo a lo encontrado, se obtuvieron individuos de tallas más grandes en *West Point*. lo cual se explica en parte, por la profundidad de muestreo a la que se realizó en esa estación (25 m) en comparación con Punta Padi (15 m), corroborando lo expuesto por otros autores, que a mayor profundidad, la especie tiende a ser más grande, y a mantener un mismo rango de talla (Andradi-Brown *et al.*, 2019), los cuales encontraron que en profundidades de 0 –25 m se tiene una talla media de 25.8 ± 0.26 cm, y en mayores profundidades (40-75 m), la talla media fue de 28.1 ± 0.7 cm), sin embargo, por los recursos económicos con los que se contaban para el desarrollo del presente estudio, no fue posible controlar la profundidad como un estrato de agrupación, ya que se realizaban los muestreos de acuerdo a la disponibilidad de la jornada de buceo programada.

RELACIÓN DE CRECIMIENTO EN LT Y PESO

4.8. Relación longitud–peso (lh-w)

En todas las pruebas de modelos se deben separar los machos de hembras para hacer una comparación de ambos, con e fin de determinar los coeficientes de las variables dependientes e independientes. Se deben aplicaron pruebas estadísticas (con un 95% de intervalo de confianza) para determinar si hay un crecimiento homogéneo (crecimiento isométrico) o un crecimiento desigual (crecimiento alométrico) (FAO, 1989). Por lo anterior, para la elaboración de este modelo, se separaron los datos en hembras y machos y se procedió a comprobar la relación

existente entre Longitud Total (LT) y el peso de los individuos, encontrando que para las hembras, la curva se llega a ajustar de manera potencial (Fig. 19), al igual que para los machos (Fig. 20), con un valor de $r^2=0,875$.

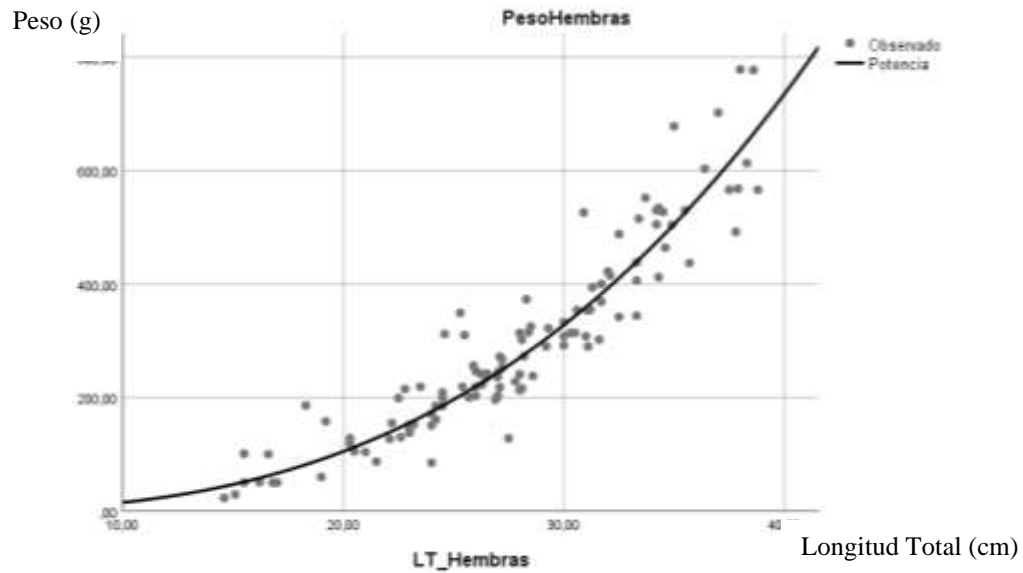


Figura 17. Relación longitud total-peso de las hembras de *P. volitans* en las estaciones de muestreo..

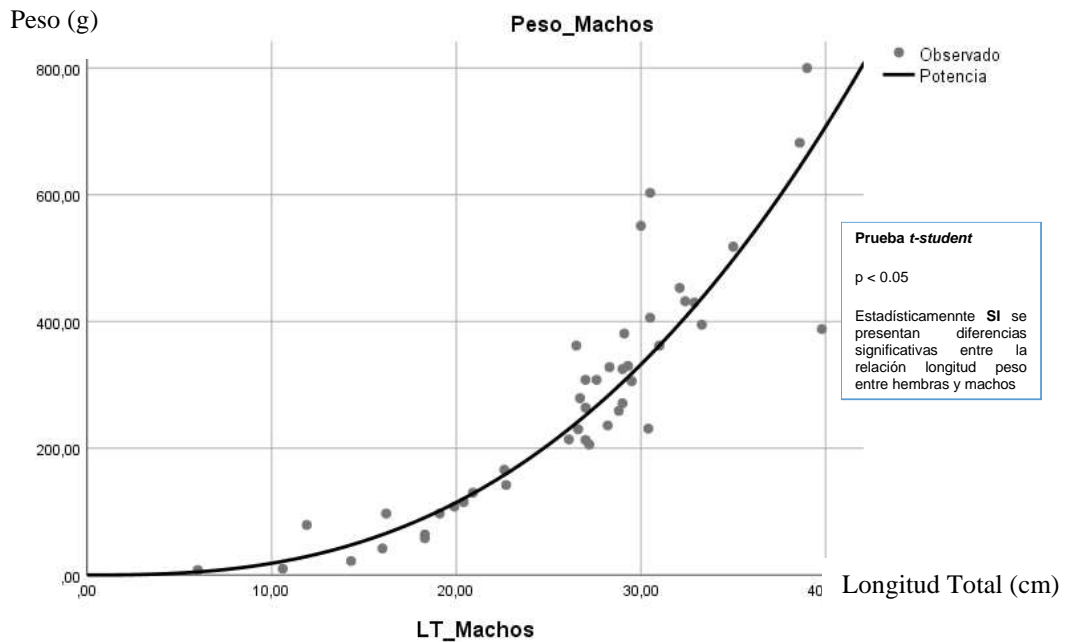


Figura 18. Relación longitud total-peso de las machos de *P. volitans* en las estaciones de muestreo.

Los valores de las pendientes fueron de $b=2,807$, para el caso de las hembras, y para machos de $b=2,627$, con el fin de conocer qué tipo de crecimiento presenta la especie, para los cual se realizó una prueba *t-student*, encontrado que estadísticamente si se presentan diferencias significativas entra la relación longitud-peso entre las hembras y machos ($p < 0.05$), lo cual indica que *P. volitans* presenta un crecimiento alométrico negativo. Estos resultados concuerdan, en parte, con lo reportado por Sabido-Itza *et. al.* (2016), ya que en su estudio realizado en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México, obtuvo un tipo de crecimiento alométrico ($p < 0.05$) y una curvatura de tipo potencial con un valor de $r^2= 0,9803$ (hembras) y $r^2= 0,9876$ (machos), con valores de las pendientes $b= 3,2788$ en las hembras, y $b= 3,2341$ en machos.

En el presente trabajo se puede inferir que la estrategia de vida de *P. volitans* es fluctuante, ya que presenta una maduración temprana (T.M.M.= 14 cm) (Green *et al.*, 2012) y un número de crías elevado, y aunque en el presente estudio no se hizo conteo de ovocitos ni se evidenció el éxito reproductivo, se cree que, al tener una mayor predominancia de hembras ovadas (cada una deposita 210.000 huevos) se pueden tener varias camadas por año, con un crecimiento alométrico, tal como lo indica la relación LT-P del presente estudio.

Asimismo, este tipo de crecimiento alométrico indica que la población de *P. volitans* tiene un crecimiento acelerado al inicio en cuanto a la LT, el cual puede estar relacionado con la alimentación, la época de muestreo, la talla de madurez sexual, y no obstante, los factores medioambientales (Martínez-Fernández *et al.*, 2015).

4.9. Longitud asintótica y coeficiente de crecimiento

Al aplicar la ecuación de *von Bertalanffy* y corroborarlo con el modelo de *Gulland y Holt* (**Fig. 22**), se obtuvo una L_{∞} de 41,8 y un coeficiente de varianza de K 0,56 (**Fig. 23**).

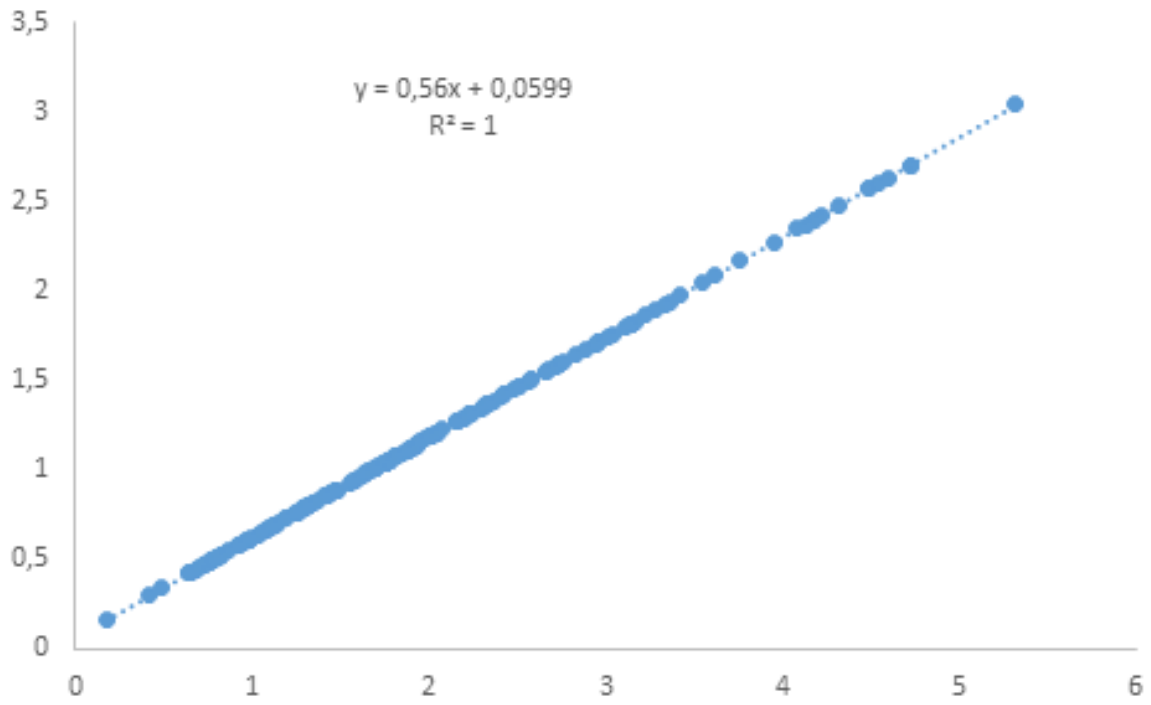


Figura 19. Modelo de crecimiento de *von Bertalanffy*

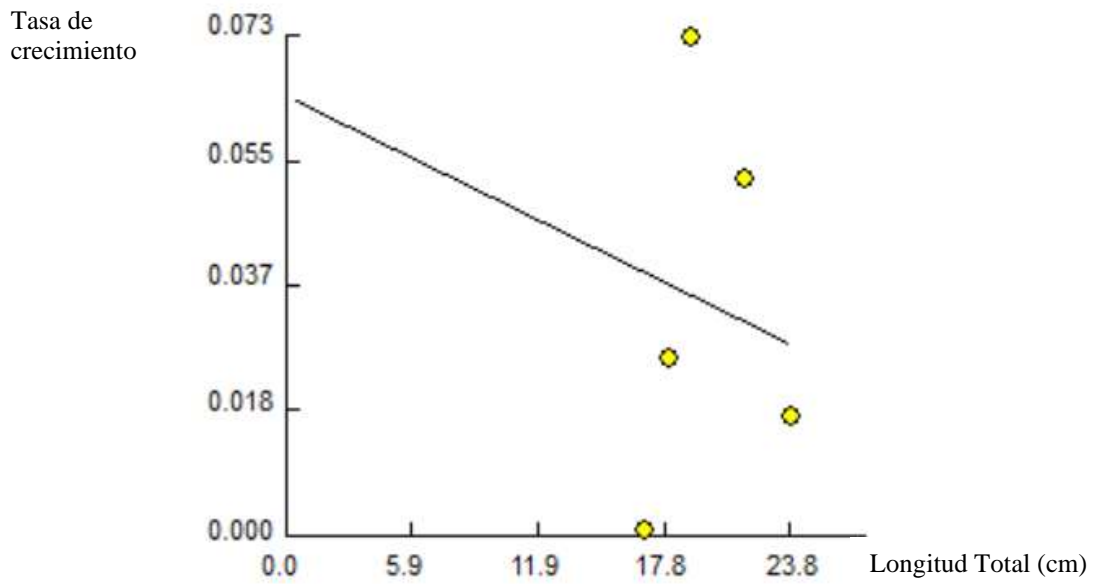


Figura 20. Modelo de crecimiento Gulland y Holt

P. volitans a lo largo del Gran Caribe ha tenido una longitud asintótica mayor a los 20 cm y para la isla de San Andrés hasta el año 2017, reportando una L_{∞} de 42,50 cm y un coeficiente de crecimiento K de 0.88; sin embargo, en el presente estudio, la longitud máxima asintótica fue de L_{∞} 41,8 cm y un K 0,56, lo cual concuerda con los valores reportados por otros estudios para el Caribe continental colombiano (Bustos *et al.*, en prensa) (**Tabla 5**).

Tabla 5. Longitud asintótica y coeficiente de crecimiento en el Gran Caribe y el presente estudio.

UBICACIÓN	L_{∞} (cm)	K (year ⁻¹)
Yucatán (México) (Rodríguez-Cortés <i>et al.</i> 2015)	42,2	0.88
Islas Caimán y Bahamas (Pusack <i>et al.</i> 2016)	32,2	1,48
Islas Marianas Filipinas (Estados Unidos) (Pusack <i>et al.</i> 2016)	22,5	1,62
Caribe colombiano (Bustos-Montes <i>et al.</i> en prensa)	47,1	0.45
Magdalena/Colombia (Bustos-Montes <i>et al.</i> en prensa)	42,5	0.47
Bolívar/Colombia (Bustos-Montes <i>et al.</i> en prensa)	40.0	0.51
San Andrés Islas (Bustos-Montes <i>et al.</i> en prensa)	42,5	0.56
San Andrés Isla (Presente estudio)	41.8	0.56

CONCLUSIONES

- La longitud total media de la población de *P. volitans* del sector oeste de la isla de San Andrés fue mayor a los 20 cm en ambos sitios de muestreo, lo cual concuerda con lo encontrado en otras áreas para esta especie.
- La talla de *P. volitans* en el sector oeste de la isla de San Andrés es similar en las poblaciones encontradas a lo largo del Caribe colombiano, pero difieren respecto a otras poblaciones del Gran Caribe (p.e. México y Bahamas).
- En los sectores muestreados se presenta una predominancia de hembras; En términos de longitud total, no presentan estadísticamente diferencias significativas espaciales (estaciones de muestreo), pero sí temporales (meses). Esta tendencia es similar a lo observado en el resto del Caribe.
- La especie *P. volitans* en el sector oeste de la isla de San Andrés (2019-2020) presenta un crecimiento alométrico negativo, es decir, no crecen en la misma proporción con el tiempo, evidenciándose un mayor peso en estado juveniles que en adultos, en relación a su longitud total, lo cual es un comportamiento característico de la especie.
- La longitud asintótica o longitud máxima teórica, así como, el coeficiente de crecimiento fueron similares a los encontrados en otros estudios poblacionales de *P. volitans* del Caribe colombiano, resaltando que en comparación con las otras áreas del Gran Caribe, el sector oeste de la isla de San Andrés tiene un coeficiente de crecimiento bajo pero longitudes máximas teóricas altas.

RECOMENDACIONES

- Los meses de Abril/19 y Junio/19 presentan una tendencia a tener mayores densidades, lo cual puede ser útil a la hora de implementar controles de la especie o torneos en esos sitios de buceo (*West Point* y *Punta Padi*).
- Es primordial siempre validar el procedimiento para medir y pesar los ejemplares, para los cual se debe considerar: 1) la experiencia de la persona, buzo o investigador con el fin de disminuir el error; 2) preferiblemente realizar las mediciones en material fresco que permita estirar completamente el ejemplar para lograr las mediciones a lo largo del cuerpo y manteniendo el pez con la boca cerrada; y 3) los ejemplares se deben lavar para limpiarles las algas y la materia orgánica del cuerpo.
- Tener precaución al momento de capturar los ejemplares para evitar ser chuzado con alguna de sus espinas venenosas. Para esto se deben usar los elementos de bioseguridad de buceo: guantes, arpón, traje de buceo y tijeras; así como, y los insumos para el transporte de ejemplares: tanques artesanales plásticos de recolección.

PRODUCTOS

A lo largo de mi proyecto de grado he tenido la oportunidad de participar con la presentación de resultados parciales en:

- Medalla Espíritu Semillerista Unisinú.
- Encuentro Regional de Semilleros.
- Expedición *Seaflower Old Providence*.
- Campeona departamental de tres torneos de cacería de *P. volitans*
- Presentación a corto plazo de los resultados en una conferencia nacional y/o internacional.



Figura 21. Productos en los cuales se ha presentado este proyecto de grado

IMPACTOS

El alcance logrado en mi proyecto de grado ha sido en diferentes comunidades y entidades, tales como:

- Socialización con estudiantes acerca de *P. volitans*, morfología general, usos y aprovechamiento.
- Trabajo social con Pescadores de la isla de San Andrés.
- Socialización con la comunidad científica acerca de las acciones por parte del gobierno colombiano en los últimos 10 años desde su avistamiento.
- Participación en informes técnicos de algunas entidades, como la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA) y la Gobernación del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.



Figura 22. Impactos que se han generado con este proyecto de grado.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril-Howard, A. 2018. Monitoreo abundancia de Pez León y sus impactos sobre el ecosistema con énfasis en recursos pesqueros. Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe, Jardín Botánico San Andrés Isla. 30 pp.
- Akins, J.L. 2013. Educación y divulgación. Fomentar el apoyo y las capacidades, Páginas 17-26 en: J.A. Morris Jr. (ed.) El pez león invasor: guía para su control y manejo. Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series Number 2, Marathon, Florida, USA. 126 pp.
- Andradi-Brown, D. 2019. Invasive Lionfish (*Pterois volitans* and *P. miles*): Distribution, Impact, and Management. Springer Nature Switzerland AG 2019.
- Albins, M. A. y M. A. Hixon. 2008. *Invasive Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* reduce recruitment of Atlantic coral reef fishes. Marine Ecology Progress Series, 367:233.*
- Albins, M.A. 2012. Effects of invasive Pacific red lionfish (*Pterois volitans*) vs. A native predator on Bahamian coral-reef fish communities. *Biological Invasions* DOI 10.1007/s10530-012-0266-1.
- Arriaga, V, Cervantes, V, Vargas-Mena, A. 1994. Manual de reforestación con especies nativas.
- Barbour, A., M.L. Montgomery, A.A. Adamson, E. Díaz-Ferguson y B.R. Silliman. 2010. Mangrove use by the invasive lionfish *Pterois volitans*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 401: 291-294.

- Barriga, O & Henríquez, G. 2011. La relación Unidad de Análisis-Unidad de Observación Unidad de Información: Una ampliación de la noción de la Matriz de Datos propuesta por Samaja. Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social. N°1. Año 1. Abril - Sept. de 2011. Argentina. ISSN 1853-6190. Pp. 61 - 69
- Bolaños, N.; Gonzalez, A.; Chasqui, L.; Acero, A. 2018. *Government actions in the first ten years of lionfish Invasion in Colombia: Achievements, Difficulties and Challenges*. 2008- 2018.
- Bookstein F.L., 1991. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press, Cambridge. Bookstein F.L., 1996a. Biometrics, biomathematics and the morphometric synthesis. Bull. Math. Biol. 58: 313–365
- Bustos-Montes, D.; Wolff, M.; Sanjuan, A, Acero, A. 2019. *Population structure, growth and mortality of *Pterois volitans* in Colombian Caribbean*. En prensa.
- Caamal, E. 2018. Reporte técnico el pez león (*Pterois spp*) en el Parque Nacional Costa Occidental de isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc. 2017.
- Claydon, J., M. Calosso y S. Traiger. 2012. Progression of invasive lionfish in seagrass, mangrove and reef habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser., 448: 119-129.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2016. Áreas Marinas Protegidas (AMP Seaflower). Tomado online: <https://www.coralina.gov.co/nuevositio/areas-marinas-protegidas>
- Csirke, B. 1989. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, Documentos Técnicos de Pesca No 192, Roma 87pp.

- Delgado, C & Fonseca, E. 2013. Análisis diacrónico de la actividad pesquera en el corredor Tijuana-Ensenada: una propuesta transdisciplinaria SCA Proceedings, Volume 27, p. 89.
- Enberg K, Jørgensen C, Dunlop ES, Varpe Ø, Boukal DS, Baulier L, Eliassen S, Heino M (2012) Fishing-induced evolution of growth: Concepts, mechanisms and the empirical evidence. *Mar Ecol* 33:1–25 . doi: 10.1111/j.1439-0485.2011.00460.
- Fisher, R. A. (1999). *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-850440-5.
- García-García, J, Reding-Bernal, A, y López-Alvarenga, J. 2013. Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Inv Ed Med* 2013;2(8):217-224.
- GCFI (en línea). Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Fecha de Consulta: 16 de septiembre de 2019. En: http://lionfish.gcfi.org/manual/InvasiveLionfishGuide_GCFI_SpecialPublicationSeries_Number2_2013_Esp.pdf.
- Gracia, A., Medellín-Mora, J., GilAgudelo, D.L. y V. Puentes (eds.). 2011. Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 23. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 136 p.
- Green, S. 2013. El monitoreo: una actividad fundamental. Pág. 59- 78. En: J. A. Morris Jr. (Ed.). 2013. El pez león invasor: guía para su control y manejo. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series Number 2*, Marathon, Florida, USA. 126 pp.

- Green SJ, Akins JL, Maljković A, Côté IM (2012b) *Invasive Lionfish Drive Atlantic Coral Reef Fish Declines*. PLoS ONE 7(3): e32596
- Green, S.J., Akins, J.L., y Morris, Jr., J.A. (2012b): *Lionfish dissection: Techniques and applications*. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 139. 24 pp
- González, J.; Grijalba-Bendeck, M.; Acero, A. y R. Betancur. 2009. *The invasive red lionfish, Pterois volitans (Linnaeus 1758) in the southwestern Caribbean Sea. Aquatic Invasions*, 4(3): 507-510.
- Hubbell, S. P. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University Press, Princeton, N.J
- MADS– PNN–CORALINA–Invemar. 2013. Protocolo para la captura, extracción y disposición final del pez león (*Pterois volitans*) en Colombia. San Andrés Isla. 38 p.
- Massimo, B. 1993. *Introducción a la demografía*. Grupo Planeta (GBS). ISBN 9788434465732. Consultado el 05 de abril de 2019.
- Morlans, C. 2004. Introducción a la Ecología de poblaciones. Area ecología - Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca ISSN: 1852-3013.
- Moreira, M. 2012. Efectos tóxicos y manejos de las lesiones provocadas por el pez león (*Pterois volitans* y *P. miles*). Revista de la Facultad de Ciencias Médicas. Vol. 9 Año 9 No. 2. Jul – Dic.

- Morris, J. 2013. El pez león invasor: guía para su control y manejo. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series*, No. 2, Marathon, Florida, USA. 126 pp.
- Morris, J.A. y A.K. Whitfield. 2009. *Biology, ecology, control and management of the invasive Indo-Pacific lionfish: an updated integrated assessment*. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS, No. 99. NOAA, Beaufort, NC. 57 p.
- Myers, R.F. 1991. *Micronesian reef fishes*. Coral Graphics, Barrigada, Guam. 298 p.
- Navarrete-Ramírez, S. 2014. Protocolo Indicador Densidad poblacional de pez león (*Pterois volitans*). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). Invemar, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invemar No. 70, Santa Marta. 24 p.
- Odum, E. (1959). *Fundamentals of Ecology* (Second edición). Philadelphia and London: W. B. Saunders Co. p. 546 p ISBN 9780721669410. OCLC 554879.
- Pabón P, Acero, A. (2016). Ecología trófica del invasor pez león *Pterois volitans* en el Caribe colombiano: Impacto sobre familias ícticas de Santa Marta y San Andrés. In: Campos-Campos-N, Acero PA (eds) *Contribuciones en Ciencias del Mar*. Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta, pp 50–74.
- Pauly, D. 1980. *On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks*. *J. Cons. Expl. Mar.* 39:175–192.

Pauly, D. y David, N. 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforschung* 28:205–211.

Pinzon, J & Spence, R. 2011. Modelos de distribución de especies y hotspots de biodiversidad. Memorias 40° Congreso Socolen. Conference paper: XV Congreso Colombiano de Entomología.

Polanco, A.; Bolaños, N. y Acero, A. 2011. El pez león (*Pterois volitans*) en el Caribe colombiano. 7 p. En: Gracia, A.; Medellín-Mora, J.; Gil-Agudelo, D.L. y V. Puentes (Eds.). Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia. Invemar. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 136 p.

Proteinaceous toxins from three species of scorpaeniform fish (lionfish *Pterois lunulata*, devil stinger *Inimicus japonicus* and waspfish *Hypodytes rubripinnis*): Close similarity in properties and primary structures to stonefish toxins
Abril-Howard. 2018. Monitoreo y abundancia del pez león y sus impactos sobre el ecosistema con énfasis en recursos pesqueros. Informe Final.

Pusack, T.J.; Benkwitt, C.; Cure, K.; Kindinger, T.L. 2016. *Invasive red lionfish (Pterois volitans) grow faster in the Atlantic Ocean than in their native Pacific range. Environ Biol Fishes* 99:571–579.

Rausch, J. 2014. Pez León. Marea by Rausch <https://www.mareabyrausch.com/receta-del-pez-leon-por-jorge-rausch/> Visitado: 15 de Junio del 2020.

- Reynaldo, E, Vega, A, Fernández, A, Cruz, J, Córdova, E y Cruz, P. 2018. Distribución y Abundancia del pez león *Pterois volitans* en la Zona Costera de uso turístico de Holguín, Cuba. *Novitates Caribaea* 12: 63-73, 2018.
- Rodríguez-Cortés K.D.; Aguilar-Perera, A.; Bonilla-Gómez, J. L. 2015. *Growth and mortality of red lionfish, Pterois volitans* (Actinopterygii: Scorpaeniformes: Scorpaenidae), in the *Parque Nacional Arrecife, Alacranes, southern Gulf of Mexico, as determined by size-frequency analysis*. *Acta Ichthyol Piscat* 45:175–179.
- Sabido-Itza, Aguilar-Pereira, A and Medina, A. 2012. Length–weight and length–length relations, and relative condition factor of red lionfish, *Pterois volitans* (actinopterygii: scorpaeniformes: scorpaenidae), From two Natural Protected Areas in the Mexican Caribbean. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria* (2016) 46 (4): 279–285.
- Sandel, V., Martínez-Fernández, D., Wangpraseurt, D., & Sierra, L. (2015). Ecology and management of the invasive lionfish *Pterois volitans/miles* complex (Perciformes: Scorpaenidae) in Southern Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 213-221.
- Sanabria, A.; Ramos, A.; Alonso, D.; Polanco, A.; Suárez, F.; Bolaños, N., Martínez, H.; Acevedo, L. 2017. Plan para el manejo y control del pez león, *Pterois volitans*, en el Caribe colombiano.
- Sanjuan, A, Grijalba, M, Cárdenas, E, Polo, C, Nava, G, Gómez H, Gómez, S, García, A, Acero, A. 2015. Hábitos alimentarios del pez león (*Pterois volitans*) en dos formaciones coralinas del Caribe colombiano. Simposio 23, Resumen 87.

Schofield, P.J., Langston, J.N. y P.L. Fuller. 2009. *Pterois volitans*/miles. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL. <<http://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.asp?speciesID=963>> (Fecha de consulta: 03/2009).

Sparre, P. y venema, S. 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 2. Ejercicios. FAO Fisheries Technical Paper. N° 306.2, Rev. 2. Rome 420 pp.

Somers, I. 1988. *On a seasonally oscillating growth function*. Fishbyte 6:8–11.

UNAP. En línea. Universidad Nacional del Antiplano Puno. Ingeniería Geológica. Estimación de parámetros de población. Fecha de consulta: 13 de agosto de 2019. Hora: 8:00 am. En: <https://es.slideshare.net/explorerscorp/estimacion-de-parametros-de-poblacion>.

USGS. En línea. *United States Geological Survey*. Fecha de consulta: 13 de agosto de 2019. Hora: 10:00 am. En: <https://www.usgs.gov/science-explorer-results?es=lion+fish>

Zar, H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey, USA. 663p.