

**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**

VALENTINA BARACALDO SÁNCHEZ

**trabajo profesionalizante
para optar al título de Biólogo Marino**

**Supervisor
DEIMER JOSÉ LÓPEZ HERNÁNDEZ
Gestor Ambiental y de Calidad
Ingeniero Ambiental y Sanitario**

**Tutor
CARLOS JULIO POLO SILVA
Biólogo Marino
Doctorado en Ciencias Marinas y Limnología**

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA
SANTA MARTA, COLOMBIA
2019**

CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
2.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
2.2. OBJETIVOS	4
2.2.1. Objetivo general	4
2.2.2. Objetivos específicos.....	4
2.3. HIPÓTESIS.....	4
3. METODOLOGÍA.....	4
3.1. FASE DE CAMPO	4
3.1.1. Extracción del pez león.....	5
3.1.2. Talla y peso del pez león	5
3.1.3. Acompañamiento de actividades.....	6
3.2. FASE DE GABINETE	6
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
4.1. PEZ LEÓN.....	7
4.2. FAUNA ÍCTICA.....	8
5. RECOMENDACIONES.....	17
6. BIBLIOGRAFÍA.....	17
7. ANEXOS	23

1. INTRODUCCIÓN

La composición y abundancia (estructura) de los ensamblajes de peces depende de sus hábitos ecológicos en donde hacen uso del habitat durante su ciclo de vida como el litoral rocoso, el cual también utilizan como refugio contra depredadores, principalmente las tallas pequeñas (Bellwood y Wainwright, 2002; Galván-Villa *et al.*, 2011), el ecosistema tiene sitios de reproducción donde los reclutas encuentran protección y entre estos elementos destacan la zonación del arrecife coralino (Alevizon *et al.*, 1985), siendo los factores físicos como profundidad y grado a exposición al oleaje los que afectan las distribuciones de los organismos, que son a menudo mediadas por sus relaciones con el entorno físico (McGehee, 1994; Mejía y Garzón-Ferreira, 2000).

En ecosistemas coralinos y rocosos existe una elevada diversidad de especies de peces, la cual resulta en la eficiencia del uso de hábitat de acuerdo a los procesos de especialización trófica y morfológica (Gladfelter *et al.*, 1980; Sale y Douglas, 1981). La relevancia de estudiar el componente íctico asociado a fondos duros radica en que los peces muestran gran sensibilidad a los cambios ambientales, tanto naturales como antropogénicos sirviendo como indicadores de las condiciones del ecosistema (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2004), por ello es fundamental desarrollar trabajos que evalúen las fluctuaciones temporales de la ictiofauna (Fariña *et al.*, 2014).

La introducción de especies invasoras o no nativas en el ecosistema arrecifal actualmente se considera un problema importante (Calado y Chapman, 2006). En Colombia a partir del 2009, instituciones encargadas del control y manejo de especies invasoras ha seguido el caso de la invasión del pez león (*Pterois volitans*) ya que en el Caribe colombiano se reportó su llegada en ese año (González *et al.*, 2009). La generalidad de la especie es que amenaza la biodiversidad al modificar la estructura, función de los ecosistemas y propicia la degradación en cuanto a la integridad ecológica y diversidad genética (Albins y Hixon, 2008; Brown *et al.*, 2009; Albins, 2011; Arias *et al.*, 2011; Albins, 2012; Green *et al.*, 2012; Layman *et al.*, 2014).

Se considera un depredador oportunista y voraz ya que tiene la capacidad de consumir entre 2,5 al 6 % de su peso corporal, haciendo uso de técnicas de caza efectivas al utilizar sus aletas para arrinconar a sus presas, lo cual afecta considerablemente la tasa de reclutamiento de peces arrecifales e igualmente de crustáceos (Meister *et al.*, 2005), debido a sus hábitos tróficos generalmente se alimenta de más de 107 especies de peces comprendiendo más de 33 familias (Higgs, 2009; Morris, 2009; Morris y Akins, 2009; Muñoz *et al.*, 2011; Muñoz y Gil, 2012; Layman y Allgeier, 2012; Côté *et al.*, 2013; Gómez-Pardo, 2014; Pabón y Acero, 2016), incluso con estimadores de riqueza se describió que puede consumir alrededor de 300 especies, siendo la mayoría habitantes de los arrecifes (Acero *et al.*, 2019). Por otro lado, durante el día permanece casi inmóvil con la cabeza hacia abajo y teniendo preferencia por lugares no expuestos (Schoefield y Fuller, 2006; Ruíz *et al.*, 2006; USGS-NAS, 2019).

En todo el Caribe colombiano la especie se ha encontrado ampliamente distribuida a diferentes profundidades y en diversidad de ecosistemas ya que presenta gran adaptabilidad a varias condiciones ambientales, por consiguiente, es prioritario establecer su manejo y control (Arbeláez y Acero, 2011; Biggs y Olden, 2011; Claydon *et al.*, 2012; Pimiento *et al.*, 2013; Jud *et al.*, 2014). El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) expidió las resoluciones 0848 de 2008 donde se declaran ciertas especies exóticas como invasoras y en la resolución 0207 de 2010 se adicionó al listado el pez león (*Pterois volitans*), así se diseñó el Plan para su Manejo y Control nacional en el periodo 2012-2014 cuyo objetivo es controlar el incremento de su abundancia en el país y establece tres programas: el Programa de Investigación, Monitoreo y Análisis de la Información; el Programa de Control y Manejo del Pez León y el Programa de Comunicación y Educación (MADS, 2012), siendo en el Programa de Control y Manejo, conjuntamente al Programa de Investigación, Monitoreo y Análisis de la Información a los que se encuentra enmarcado este estudio.

En el Proyecto Marina Internacional de Santa Marta debido a su infraestructura, la cual se basa de un enrocado artificial que forma espolones paralelos a la costa, generan un ecosistema tipo arrecife artificial que puede llegar a ser considerado por el pez león habitable (Figuras 1. a, b. y c.), es por esto que debe estar acogido a los programas anteriormente mencionados (Wiesner, 2009; Mejía y Jáuregui, 2010; Dahl y Patterson,

2014), teniéndose establecido el Departamento de Gestión Ambiental y Seguridad el cual esta enfocado en la preservación y mejoramiento del medio ambiente, bajo este lineamiento se hace seguimiento y monitoreo de los recursos naturales con el objetivo de medir, controlar y mejorar posibles cambios que se le pueda dar a los ecosistemas debido a las acciones que se desarrollan dentro de la Marina, donde llegan embarcaciones internacionales (Marina de Santa Marta, 2015).

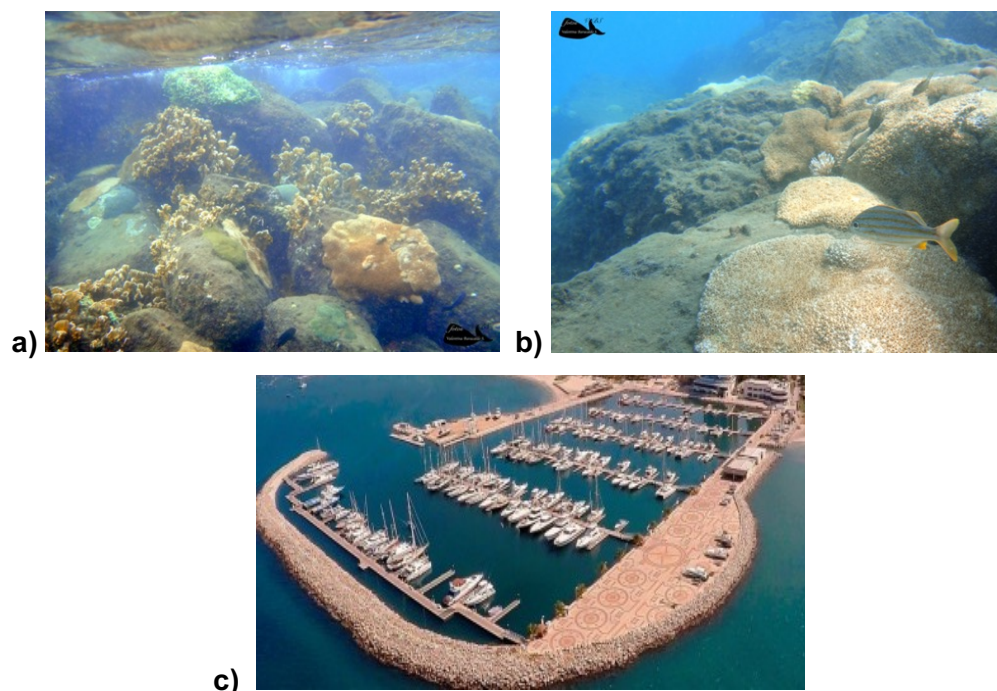


Figura 1. a y b) Arrecifes en los espolones (Baracaldo, 2019). **c)** Vista aerea de los espolones (Marina de Santa Marta, 2015).

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Teniendo presente que el pez león es una especie invasora, al afectar los ecosistemas donde llega, se hace necesario conocer los aspectos ecológicos de *Pterois volitans* como la abundancia, en el área de influencia directa de la Marina Internacional de Santa Marta, para poder estructurar su Plan de Control y Manejo. Por lo tanto, conocer ¿como es la estructura poblacional del pez león en el área de influencia directa de la Marina Internacional

de Santa Marta y determinar si la presencia de la especie esta afectando la comunidad de la fauna íctica arrecifal?

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo general

Caracterizar en los arrecifes artificiales (espolones) del área de influencia directa de la Marina Internacional de Santa Marta la estructura de la comunidad íctica y determinar como esta siendo afectada por la presencia y abundancia del pez león (*Pterois volitans*).

2.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la abundancia relativa de pez león en el área de influencia directa de la Marina Internacional de Santa Marta.
- Diagnosticar la composición y abundancia (estructura) de la comunidad íctica en términos de especies y familias en el área de influencia directa de la Marina Internacional de Santa Marta.
- Evaluar la presencia de juveniles de peces arrecifales, potenciales presas del pez león.

2.3. HIPÓTESIS

- La estructura de la comunidad íctica en el área de influencia directa de la Marina Internacional de Santa Marta será la típica reportada para el Caribe colombiano y zonas de Santa Marta.
- La presencia del pez león en el área de influencia directa de la Marina Internacional de Santa Marta puede estar afectando a la comunidad de la fauna íctica.

3. METODOLOGÍA

3.1. FASE DE CAMPO

Se desarrollaron once muestreos (inmersiones con buceo libre errante) entre los meses de junio y octubre de 2019, llevando a cabo censos visuales con una duración aproximada de tres horas cada uno en horas de la mañana (Fig 2.), siendo este el esfuerzo de muestreo,

un solo observador (siempre la misma persona) fue quien cuantificó los organismos observados de la fauna íctica para reportar la incidencia en cada muestreo, identificando las especies en campo a partir de la experiencia y con la implementación de la guía de corales y peces de la Florida, Bahamas y el Caribe de Idaz Greenberg (2013), así mismo a partir de fotografías para identificarlas posteriormente.

3.1.1. Extracción del pez león

Durante los muestreos se recolectó el individuo siguiendo lo recomendado por el Protocolo de Extracción y Control de la Especie Exótica Invasora Pez León *Pterois volitans* (MAVDT, 2010) empleando un arpón hawaiano (Fig 2.). El ejemplar fue depositado en la canasta para facilitar su transporte y al finalizar el muestreo se dispuso el espécimen capturado en hielo para llevar a cabo su morfometría.



Figura 2. Buceo libre errante para llevar a cabo los censos visuales y la caza del pez león con arpón hawaiano (Piñeros, 2019).

3.1.2. Talla y peso del pez león

La talla de longitud total (LT) y longitud estándar (LE) del ejemplar se midió con un ictiómetro al centímetro más cercano según lo recomendado por Macpherson *et al.* (2000) luego de llevar a cabo la extracción del espécimen. Para evitar sesgos en la estimación de la talla, la morfometría fue desarrollada por una sola persona. Se pesó al individuo en las grameras del laboratorio de química de la universidad Jorge Tadeo Lozano, sede Santa Marta.

3.1.3. Acompañamiento de actividades

Acompañamiento en la actividad desarrollada en el marco del Día Mundial de los Océanos el 8 de junio, liderada por la fundación Akwamare de limpieza de la playa Lipe y liberación de tortugas liderada por el programa de conservación de tortugas y mamíferos marinos (proCTMM) para la concientización y educación ambiental de la necesidad de reducir el consumo de plásticos con el propósito de proteger los océanos a fin de mantener la diversidad y calidad ecosistémica.

3.2. FASE DE GABINETE

Se tabularon las especies observadas en el área de influencia directa del proyecto Marina Internacional de Santa Marta, teniendo presente la clasificación por familia y orden de cada especie para conocer la estructura de la comunidad íctica. Con esto se obtuvo la riqueza observada de la comunidad o total de especies (S), el conteo total de los organismos durante todos los muestreos, lo cual es útil para identificar las especies abundantes y raras de la zona empleando gráficos de diagramas de barras, el total de individuos censados (N), el número de familias y ordenes identificadas en el área de estudio lo cual puede ser indicador indirecto de la calidad del ecosistema a partir de las abundantes.

De cada muestreo se determinó el total de especies observadas, teniendo en cuenta la incidencia de las especies se estableció la frecuencia entre los 11 muestreos, se cuantificó el número de especies con cada frecuencia y particularmente se tuvieron en cuenta el conteo de especies con una ocurrencia (especies únicas) y dos ocurrencias (especies duplicadas) para llevar a cabo los estimadores de riqueza no paramétricos (Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2), ya que se tiene presente que no todos los organismos tienen igual probabilidad de pertenecer a una especie específica, puesto que en una comunidad hay especies comunes y muy raras. Los respectivos estimadores utilizados tienen como aplicación tratar de estimar o extrapolar de lo conocido hacia lo que aún no se conoce (Escalante, 2003). Cada estimador tiene características que los hacen más favorables según el tipo de muestreo desarrollado, es así como Colwell y Coddington (1994) describieron que el estimador de Chao 2 es el menos sesgado para muestras pequeñas.

Jackknife 1 se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestreo (L). Este estimador reduce el sesgo de los valores observados, en este caso para reducir la

subestimación del verdadero número de especies en una comunidad con base en el número representado en una muestra reduciendo el sesgo del orden $1/m$ (Palmer, 1990; Krebs, 1989).

Mientras que Jackknife 2 se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra, así como en el número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (Palmer, 1990; Krebs, 1989).

Se elaboraron fichas descriptivas de cada especie para permitir la identificación de los organismos principalmente a partir de fotografías, conociendo las características morfológicas y de coloración con lo cual es posible la distinción. En las fichas se consignó información sobre las características morfológicas principales de la familia a la cual pertenece cada especie, de la distribución de la especie a nivel mundial, así como su preferencia de habitat y el tipo de alimentación principal para determinar los hábitos tróficos.

El dato de LT del espécimen extraído de pez león fue categorizado entre los cuatro grupos de acuerdo con la distribución de frecuencia de tallas, la I entre 8-14 cm, la II entre 15-21 cm, la III entre 22-28 cm y la IV entre 29-35 cm, indicando la presencia de los dos primeros grupos que en el ecosistema hay continua adición de nuevas cohortes, siendo aportados por los dos grupos finales, los individuos maduros que tienen posibilidad de reproducción (Hernández *et al.*, 2015).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PEZ LEÓN

Se observaron 16 organismos distribuidos a lo largo del sustrato rocoso entre orificios, debajo de las rocas más grandes de los espolones, observados en siete días de buceo libre errante, nueve de los organismos se observaron en la zona del taller, cuatro en el espolón del muelle C y tres en el espolón del muelle E.

Se capturó un individuo al cual se le hizo morfometría (Fig 3.), el cual se categorizó en el grupo III establecido por Hernández *et al.* (2015), en el estudio los autores reportaron al

grupo II como el que obtuvo la mayor abundancia de forma general entre todas las localidades estudiadas (Chengue, Cinto, morro Grande, isla Aguja, Remanso). Sin embargo, el grupo III al cual perteneció este individuo obtuvo la mayor abundancia en la localidad de Morro Grande, siendo esta cercana a la Marina Internacional de Santa Marta puede explicar que este organismo halla sido clasificado a este grupo.



Figura 3. Pez león capturado con arpón hawaiano (Baracaldo, 2019).

Al comparar la longitud total (LT) de este organismo (23,3 cm) respecto a los promedios encontrados por otros autores en el Caribe colombiano, este organismo capturado se encontró cerca al promedio (22,7 cm) reportado por Franco-León (2016) y por los autores recopilados por Gómez-Pardo (2014) [14,1 – 23,8 cm]. Respecto al peso (192,44 g) también concuerda con el reportado por Franco-León (2016) [194,9 g] y con Darling *et al.* (2011) [194,5 g]. Con los datos reportados por Córtes (2019) fue con los que se presentó mayor diferencia al ser los individuos de ese estudio de mayor tamaño.

4.2. FAUNA ÍCTICA

se registraron en total 2735 organismos (N) por medio de conteo de incidencia, teniendo una riqueza (S) de 50 especies pertenecientes a 33 géneros y distribuidas en 24 familias (Tabla 1). Siendo la especie más abundante *Stegastes leucostictus* seguida de *Acanthurus*

chirurgus (Fig. 5, Anexo A), de este modo la familia que obtuvo la mayor abundancia fue Pomacentridae seguida de acanthuridae (Fig. 6, Anexo B).

Tabla 1. Composición de especies ícticas del área de la Marina Internacional de Santa Marta, cada especie relacionada a su respectiva orden y familia, las incidencias totales y frecuencia en los muestreos. Las especies con asterisco (*) indican que hubo observación de juveniles.

Orden	Incidencia	Familia	Incidencia	Especie	Incidencia	Frecuencia
Perciformes	2180	Acanthuridae	461	<i>Acanthurus coeruleus</i> *	170	7
				<i>Acanthurus chirurgus</i> *	291	10
		Pomacanthidae	28	<i>Pomacanthus paru</i> *	8	4
				<i>Holacanthus tricolor</i>	11	5
				<i>Holacanthus ciliaris</i>	9	5
		Lutjanidae	98	<i>Lutjanus analis</i>	18	6
				<i>Lutjanus cyanopterus</i>	39	5
				<i>Lutjanus griseus</i>	5	3
				<i>Lutjanus apodus</i> *	36	5
		Pomacentridae	660	<i>Microspathodon chrysurus</i> *	40	2
				<i>Stegastes partitus</i> *	50	3
				<i>Stegastes adustus</i> *	30	2
				<i>Stegastes leucostictus</i>	310	10
				<i>Abudefduf saxatilis</i> *	130	7
				<i>Abudefduf taurus</i>	100	7
		Labridae	187	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	150	7
				<i>Bodianus rufus</i> *	37	7
		Haemulidae	373	<i>Haemulon chrysargyreum</i>	60	2
				<i>Haemulon aurolineatum</i>	75	2
				<i>Anisotremus virginicus</i> *	38	5
				<i>Haemulon plumieri</i>	15	1

				<i>Haemulon flavolineatum</i>	185	9
		Scaridae	204	<i>Sparisoma viride</i>	100	10
				<i>Sparisoma atomarium</i>	4	4
				<i>Scarus iseri</i>	100	8
		Gerreidae	64	<i>Gerres cinereus</i>	64	1
		Carangidae	50	<i>Caranx crysos</i>	40	3
				<i>Caranx ruber</i>	10	1
		Serranidae	3	<i>Mycteroperca bonaci *</i>	3	3
		Sciaenidae	5	<i>Pareques acuminatus *</i>	5	1
		Mullidae	28	<i>Mulloidichthys martinicus</i>	28	4
		Sphyraenidae	19	<i>Sphyraena barracuda</i>	19	4
Tetraodonti- formes	142	Diodontidae	21	<i>Diodon hystrix</i>	12	5
				<i>Diodon holocanthus</i>	9	6
		ostraciidae	6	<i>Lactophrys triqueter</i>	4	4
				<i>Acanthostracion polygonius</i>	2	2
		Tetraodontidae	112	<i>Canthigaster rostrata</i>	110	5
				<i>Sphoeroides testudineus</i>	2	2
		Monacanthidae	3	<i>Cantherhines macrocerus</i>	1	1
				<i>Cantherhines pullus *</i>	2	2
Scorpaeniformes	17	Scorpaenidae	17	<i>Scorpaena plumieri</i>	1	1
				<i>Pterois volitans</i>	16	7
Chaetodonti- formes	80	Chaetodontidae	80	<i>Chaetodon ocellatus</i>	55	4
				<i>Chaetodon capistratus</i>	23	3
				<i>Chaetodon striatus</i>	2	2
Blenniiformes	86	Chaenopsidae	86	<i>Acanthemblemaria rivasi</i>	86	4
anguiliformes	4	muraenidae	4	<i>Echidna catenata</i>	4	3
Mugiliformes	19	Mugilidae	19	<i>Mugil curema</i>	19	2

Holocentriformes	7	Holocentridae	7	<i>Holocentrus adscensionis</i>	7	2
clupeiformes	200	Clupeidae	200	<i>sardinella aurita</i>	200	6
9		24		50	2735	Total

Respecto a la abundancia de la familia Acanthuridae, se explica debido a que se caracteriza por ser uno de los herbívoros más importantes en las regiones costeras, tienen dientes denticulados y espatulados lo que les facilita hacer parte de los procesos erosivos de estas formaciones (Breder y Clark, 1947), al alimentarse de macroalgas que no son fácilmente digeribles o comestibles para otros herbívoros, les permite tener a su disposición alimento (Duarte y Acero, 1988), es posible encontrarlos desde zonas someras donde hacen pastoreo e igualmente realizan migraciones verticales a zonas más profundas (Bakus, 1969), así mismo esta familia tiende a constituir grupos de forrajeo entre la misma especie para protegerse de los depredadores, también para incrementar la eficiencia de alimentación individual y de la misma manera para tener la capacidad de competir por alimento contra los individuos de la familia pomacentridae los cuales se caracterizan por ser territoriales (Duarte y Acero, 1988).

A partir de las abundancias reportadas para las familias Acanthuridae y Scaridae se puede evidenciar que el pez león no está afectando el equilibrio ecosistémico del área del proyecto de la Marina Internacional de Santa Marta ya que se conoce que la especie se alimenta de las larvas y juveniles de estas especies, demostrando que la abundancia baja del pez león no interviene en la fauna íctica del área de estudio (Sanabria *et al.*, 2017).

El censo de múltiples juveniles (Tabla 1, Fig 4.) de varias especies de la fauna íctica permite dilucidar que el pez león no está generando una presión sobre la comunidad, así mismo las altas incidencias de los peces arrecifales lo demuestra ya que para considerar a la especie invasora una amenaza para el ecosistema, deben haber evidencias de los deterioros en las abundancias de sus presas más comunes, lo cual, basado en su mecanismo de alimentación y aspectos ecológicos, son principalmente juveniles de la fauna íctica, de una amplia lista de especies (Meister *et al.*, 2005; Albins y Hixon, 2008; Higgs, 2009; Morris, 2009; Morris y Akins, 2009; Muñoz *et al.*, 2011; Muñoz y Gil, 2012; Layman y Allgeier, 2012; Coté *et al.*, 2013; Gómez-Pardo, 2014; Pabón y Acero, 2016; Acero *et al.*, 2019).

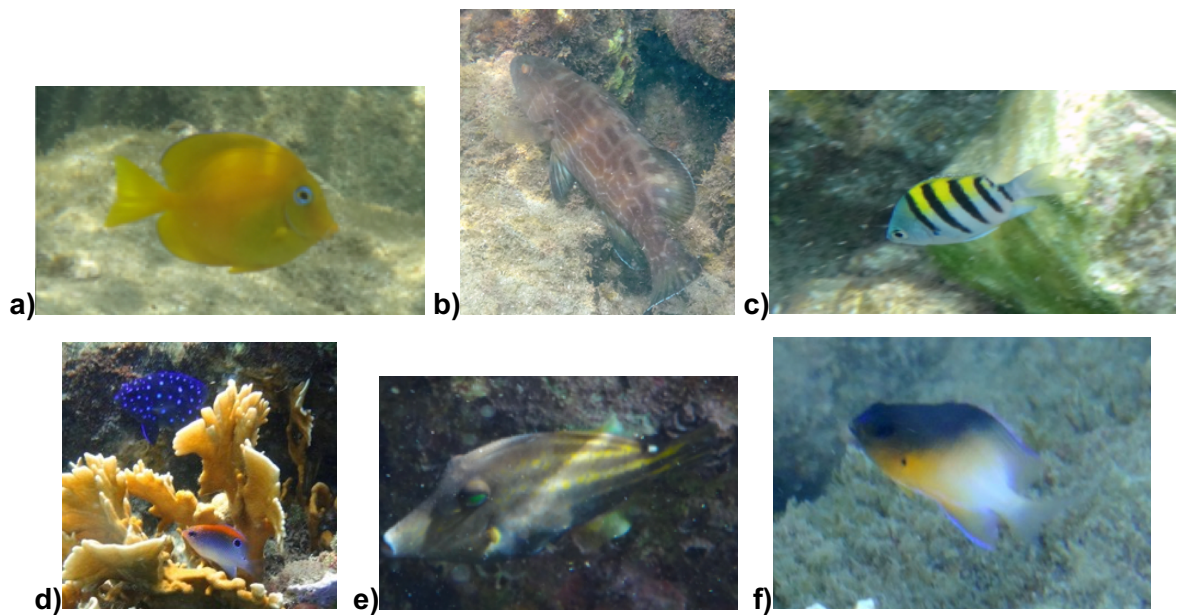
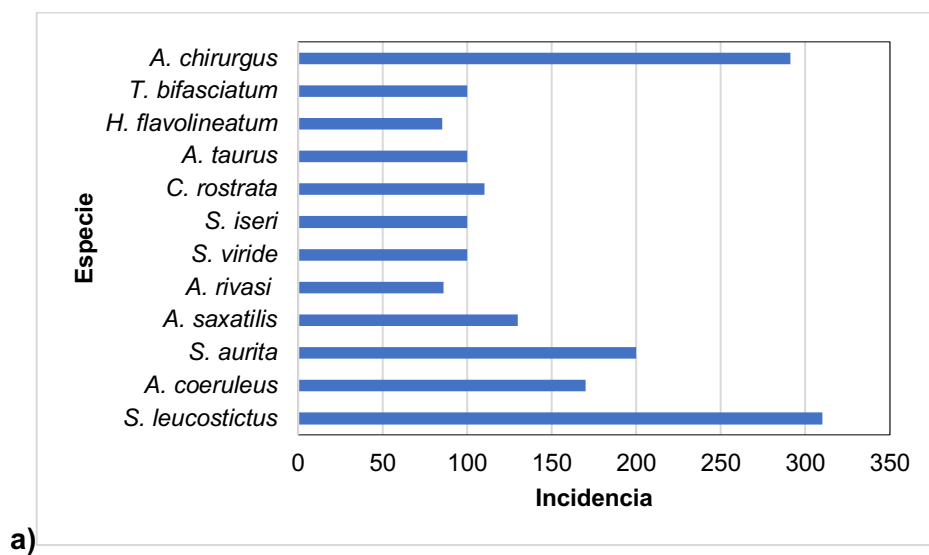


Figura 4. Juveniles de diferentes especies de peces arrecifales: **a)** *A. coeruleus* (Baracaldo, 2019). **b)** *M. bonaci* (Baracaldo, 2019). **c)** *A. saxatilis* (Baracaldo, 2019). **d)** *M. chrysurus* y *S. adustus* (Baracaldo, 2019). **e)** *C. pullus* (Baracaldo, 2019). **f)** *S. partitus* (Baracaldo, 2019).

En cuanto a las especies que son raras en el área de la Marina Internacional, es decir que se observaron pocos individuos a lo largo de los muestreos están *Scorpaena plumieri*, *Chaetodon striatus*, *Mycteroperca bonaci*, *Lutjanus griseus*, *Sparisoma atomarium*, *Pareques acuminatus*, *Lactophrys triqueter*, *Acanthostracion polygonius*, *Echidna catenata*, *Holocentrus adscensionis*, *Sphoreoides testudineus*, *Cantherhines pullus* y *C. macrocerus*.



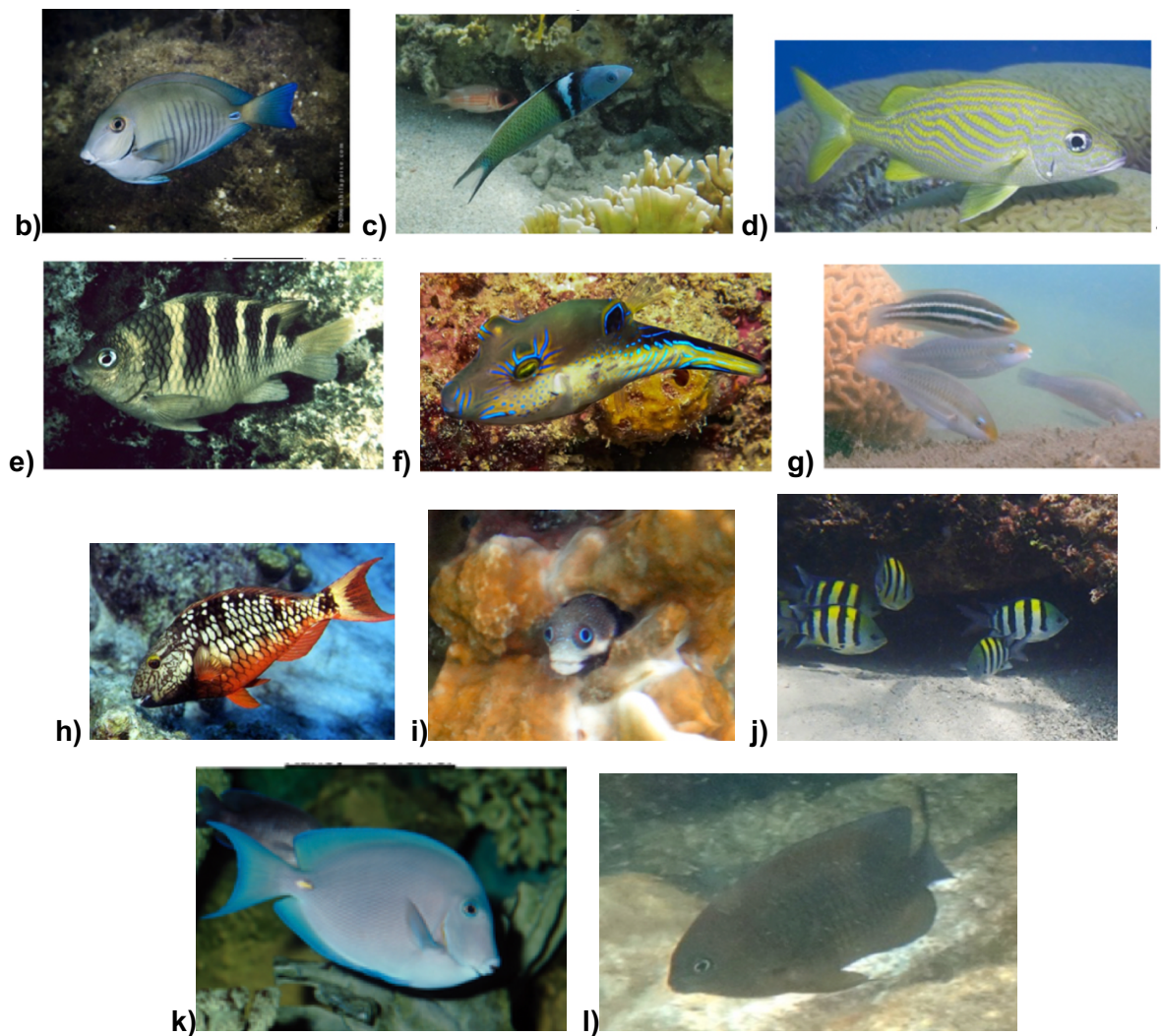


Figura 5. a) Especies ícticas con las mayores incidencias en el área de la Marina, **b)** *A. chirurgus* (Andrade, 2009). **c)** *T. bifasciatum* (Jamouille, 2016). **d)** *H. flavolineatum* (Greenfield, s.f). **e)** *A. Taurus* (Randall, 1995). **f)** *C. rostrata* (Estrada, 2019). **g)** *S. iseri* (Baracaldo, 2019). **h)** *S. viride* (Patzner, 1999). **i)** *A. rivasi* (Baracaldo, 2019). **j)** *A. saxatilis* (Baracaldo, 2019). **k)** *A. coeruleus* (Terver, s.f). **l)** *S. leucostictus* (Baracaldo, 2019).

En relación a las familias que obtuvieron la mayor riqueza de especies están las familias Pomacentridae con seis especies, Haemulidae con 5 especies, Lutjanidae con 4, seguida por Pomacanthidae, Scaridae y Chaetodontidae con tres especies cada una. Haemulidae, Scaridae y Pomacentridae también han sido reportadas en el Gran Caribe y el Caribe colombiano con alta riqueza de especies, por lo que esto sugiere que este patrón es típico de las comunidades de peces arrecifales de los arrecifes del Caribe (Phillips y Pérez-Cruet, 1984; Mejía *et al.*, 1998; Cuadrado, 2002; Pattengil-Semmens y Semmens, 2003; Reyes-Nivia *et al.*, 2004; Olaya *et al.*, 2008).

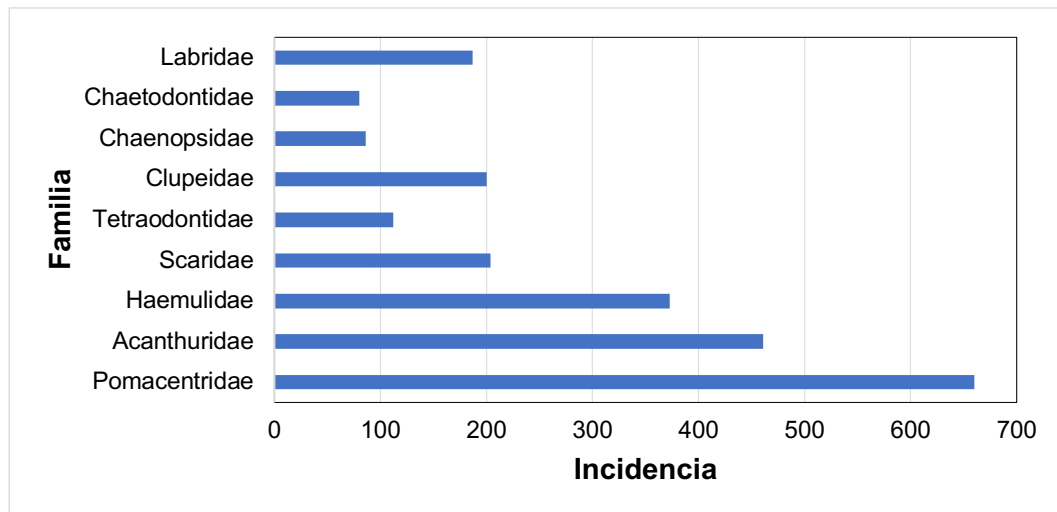


Figura 6. Familias ícticas con las mayores incidencias en el área de la Marina.

A partir de los estimadores de riqueza Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2, se obtuvieron las riquezas estimadas respectivas (51,8; 55,45 y 53). En relación de los estimadores de riqueza se identifica que la riqueza observada (50) estuvo cerca de los estimadores haciendo uso de las especies con las categorías de frecuencia única y duplicadas en las frecuencias de los muestreos. Aún así, la riqueza obtenida está subestimada respecto a lo estimado, siendo esto lo común al medir la riqueza de especies en un área de estudio debido a la problemática de la incidencia de especies, que expone que una especie ausente puede ser verdadera o falsa ausente del ensamblaje (Gotelli y Colwell, 2011).

En relación a los muestreos desarrollados se obtuvo variedad de número de incidencias (Figuras 7 y 8) de especies (riqueza) e individuos a lo largo de los muestreos, teniendo como rango (7-28) especies, siendo el promedio por muestreo de 17 especies, en la mayoría de los muestreos se evidencia que hay cierta relación entre el número de individuos observados y el número de especies identificadas, siendo la relación positiva ($R^2=0,71$) [Fig. 9], siendo común que en una comunidad se supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 1998).

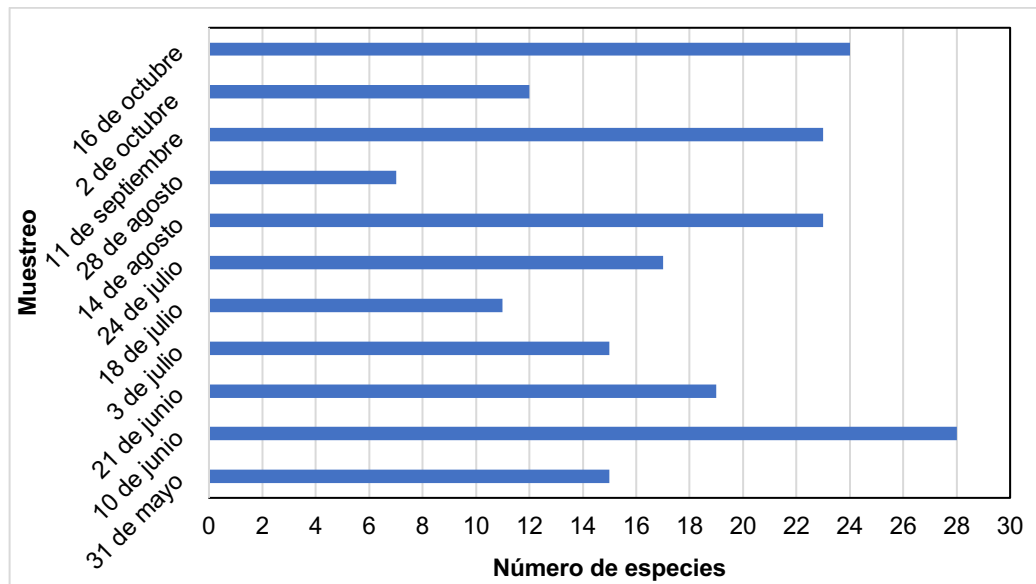


Figura 7. Número de especies observadas en los respectivos muestreos.

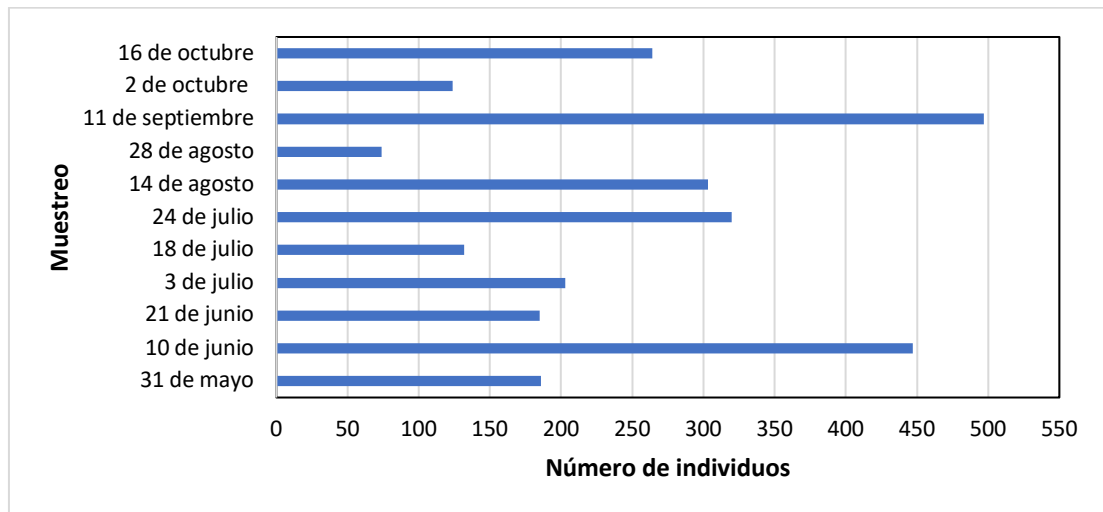


Figura 8. Número de individuos observados en los respectivos muestreos.

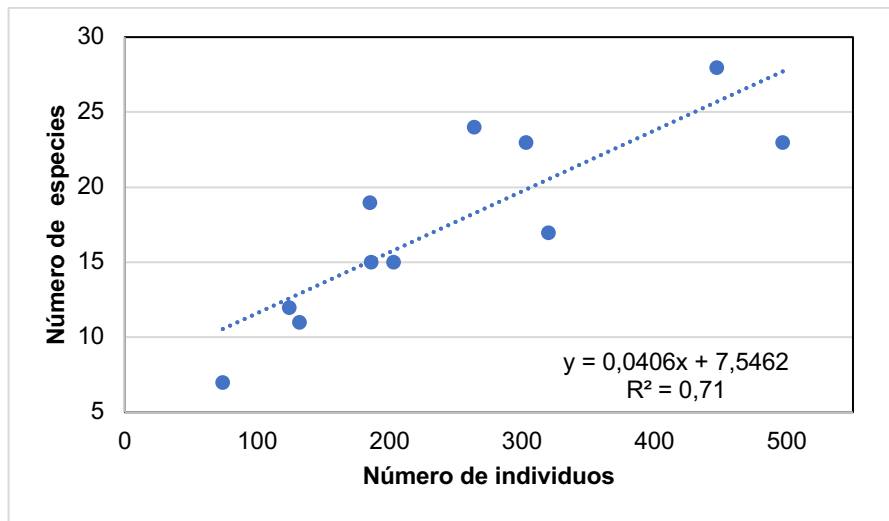


Figura 9. Relación lineal entre el número de individuos y el número de especies.

Respecto a la frecuencia de incidencia de especies en las muestras (tabla 1), en la figura 10 se observa a partir de la línea de tendencia que hubo más especies con poca frecuencia de incidencia (especies raras) entre todos los muestreos llevados a cabo. Diez especies fueron las que obtuvieron la frecuencia de dos (duplicadas), siendo la frecuencia con mayores especies, seguido por las frecuencias de cinco y seis ocurrencias obteniendo ambas 7 especies. No hubo ninguna especie con frecuencia de incidencia en todas las muestras (11).

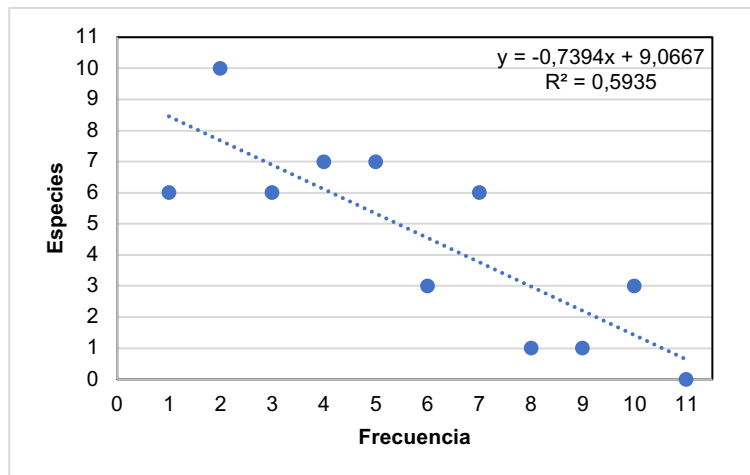


Figura 10. Frecuencia de ocurrencia de especies en los muestreos.

5. RECOMENDACIONES

A pesar de la baja abundancia identificada (16) de pez león (*Pterois volitans*) en el área de influencia directa de la Marina Internacional de Santa Marta, se evidenció la presencia de la especie, y debido a que la marina Internacional debe acogerse al plan nacional de control y manejo de la especie invasora se aconseja desarrollar un monitoreo de la abundancia de la especie por lo menos tres años consecutivos para identificar si la población de la especie incrementa.

Es necesario establecer periódicamente jornadas de extracción de la especie, llevar un registro donde se incluya la zona de avistamiento o captura del pez para identificar si hay preferencia de zonas o espolones, también datos morfométricos para que aporten al registro nacional de estructura de tallas de individuos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acero, A., Bustos, D., Quintero, P., Polo, C. y A., Muñoz. 2019. Feeding habits of *Pterois volitans*: a real threat to Caribbean coral reef biodiversity. 269-314. En: Makowski, C y C., Kinkl. (Eds.) Impacts of Invasive Species on Coastal Environments. Springer, Cham. 482 p.
- Alevizon, W., Richardson, R., Pittis, P. y G., Serviss. 1985. Coral zonation and patterns of community structure in Bahamian reef fishes. Bull Mar Sci, (36): 304-318.
- Albins, M. 2011. Effects of the invasive Pacific red lionfish *Pterois volitans* on native Atlantic coral-reef fish communities. Requisito parcial para el grado de Doctor en Filosofía en zoología. Oregon State University. 224 p.
- Albins, M. 2012. Effects of invasive Pacific red lionfish *Pterois volitans* versus a native predator on Bahamian coral-reef fish communities. Biol. Invasions, 15 p.
- Albins, M. y M., Hixon. 2008. Invasive Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* reduce recruitment of Atlantic coral-reef fishes. Mar. Ecol. Prog. Ser., 367: 233-238.
- Arbeláez, N. y A., Acero. 2011. Presencia del pez león *Pterois volitans* (Linnaeus) en el manglar de la bahía de Chengue, Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 40(2): 431-435.
- Arias, J., González, C., Cabrera, J. y V., Christensen. 2011. Predicted impact of the invasive lionfish *Pterois volitans* on the food web of a Caribbean coral reef. Environmental Research. 917-925.
- Bakus, G. 1969. Energetics and feedings in shallow marine waters. Int. Rev. Ex. Zool., 4: 275-369.

- Bellwood, D. y P., Wainwright. 2002. The history and biogeography of fishes on coral reefs. 5-32. En: Sale, P. (Ed.) Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem. Academic Press London. 549 p.
- Biggs, C. y J., Olden. 2011. Multi-scale habitat occupancy of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in coral reef environments of Roatan, Honduras. *Aquatic Invasions*, 6 (3): 447-453.
- Breder, C y Clark, E. 1947. A contribution to the visceral anatomy, development and relationship of the plectognathi. *Bull. Amer. Mus. Nat. His.*, 88: 291-319.
- Brown, M., Cowhey, J., Dawson, S., Farrington, M., Nash, M., Shi, J. y S., Young. 2009. Lionfish (*Pterois volitans*) affecting biodiversity of patch reef species. Cape Eleuthera Institute. Poster.
- Calado R. y P., Chapman. 2006. Aquarium species: Deadly invaders. *Mar. Pollut. Bull.*, 52: 599 - 601.
- Claydon, J., Calosso, M. y S., Traiger. 2012. Progression of invasive lionfish in seagrass, mangrove and reef habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 448: 119-129.
- Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 345: 101-118.
- Córtés, C. 2019. Condición energética en la maduración ovocitaria del pez león (*Pterois volitans*) en el Caribe colombiano. Tesis Mar. Biol. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 32 p.
- Coté, I., Green, S., Morris. J., Akins, J. y D., Steinke. 2013. Diet richness of invasive Indo-Pacific lionfish revealed by DNA barcoding. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 472: 249-256.
- Cuadrado, J. 2002. Caracterización de la estructura de las comunidades ícticas en las zonas arrecifales de isla Aguja, Parque Nacional Natrual Tayrona, Caribe colombiano. Tesis Biología. Pontificia Universidad Javeriana.
- Dahl, K. y W., Patterson. 2014. Habitat-Specific Density and Diet of Rapidly Expanding Invasive Red Lionfish, *Pterois volitans*, Populations in the Northern Gulf of Mexico. *Plos One*, 9(8): 13 p.
- Darling, E., Green, S., O'Leary J. y I., Cote. 2011. Indo-Pacific lionfish are larger and more abundant on invaded reefs: a comparison of Kenyan and Bahamian lionfish populations. *Biol. Invasions.*, 13: 2045-2051.
- Duarte, S y Acero, A. 1988. Hábitos alimentarios de los peces del género *acanthurus* (Perciformes: Acanthuridae) en la región de Santa Marta (Caribe colombiano). *Rev. Biol. Trop.*, 36: 399-405.

Escalante, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos: ciencia y cultura*, 52: 53-56.

Fariña, A., Méndez, E., Rabascall, C., Márquez, A., Rojas, M., Peñuela, J., Rodón, J. y E., Flores. 2014. Cambios mensuales e intradiarios de la ictiofana asociada a una playa arenosa en isla Caracas este, parque nacional Mochima, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 53 (2): 171-183.

Franco-León, L. 2016. Morfología y morfometría de los otolitos *Sagittae* del pez león (*Pterois volitans*) en dos ambientes del caribe colombiano. Tesis Mar. biol. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 57 p.

Galván-Villa, C., López-Uriate, E. y L., Arreola-Robles. 2011. Diversidad, estructura y variación temporal del ensamble de peces asociados el arrecife coralino de Playa Mora, Bahía de Teacatita, México. *Hidrobiológica*, 21 (2): 135-146.

Gladfelter, W., Ogden, J. y E., Gladfelter. 1980. Similarity and diversity among coral reef fish communities: A comparison between tropical western Atlantic (Virgin Islands) And tropical Central Pacific (Marshall Islands) patch reef. *Ecology*, 61(5): 1156-1168.

Gómez-Pardo, H. 2014. Ecología trófica del pez león *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) en tres formaciones coralinas del Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 58 p.

Gotelli, N. y R., Colwell. 2011. Estimating species richness. Oxford university press. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. 39-54.

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: 381-389.

Green, S., Akins, J. y J., Morris. 2012. Lionfish dissection: Techniques and applications. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 139, 24 p.

Greenberg, I. 2013. Guía de corales y peces de la Florida, Bahamas y el Caribe. Seahawk Press. 64 p.

Grijalba-Bendeck, M., Castañeda-Moya, E. y A., Acero. 2004. Estructura de un ensamblaje íctico asociado a fondos duros en el Caribe colombiano empleando la técnica del censo visual estacionario (CVE). *Actual Biol*, 26 (81): 197-211.

Hernández, J., García, R. y A., Acero. 2015. Estructura de tallas y preferencia al sustrato del pez león (*Pterois volitans*) (Scorpaeniformes: Scorpaenidae) en Santa Marta (Colombia). *Acta Biol. Colomb.*, 20(2): 175-182.

Higgs, N. 2009. The feeding habits of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* at artificial lobster habitats in the Bahamas. Personal Publications. <https://www.nickhiggs.com>. 4 de mayo de 2019.

Jud, Z., Nichols, P. y C., Layman. 2014. Broad salinity tolerance in the invasive lionfish *Pterois* spp. May facilitate estuarine colonization. *Environ Biol Fish.*, 98: 135-143.

Krebs, C. J. 1989. *Ecological methodology*. Harper Collins Publ. 654 p.

Layman, C. y J., Allgeier. 2012. Characterizing trophic ecology of generalist consumers: a case study of invasive lionfish in The Bahamas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 448: 131-141.

Layman, C., Jud, Z. y P., Nichols. 2014. Lionfish alter benthic invertebrate assemblages in patch habitats of a subtropical estuary. *Marine Biology*. International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters. Springer.

Macpherson, E., García, A. y A., Gordon. 2000. Direct estimation of natural mortality rates for litoral marine fishes using populational data from a marine reserve. *Mar Biol.*, 137: 1067-1076.

MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. Plan Para el Manejo y Control del Pez León *Pterois volitans* en el Caribe colombiano 2012-2014. Bogotá. 45 p.

Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.

Marina de Santa Marta. 2015. Gestión ambiental y seguridad. <http://www.marinasantamarta.com.co/sitio/ambietalyseguridad/> . 29 de abril de 2019

MAVDT. 2010. Resolución 0132 del 4 de agosto de 2010 por la cual se establece el protocolo de extracción y control de la especie exótica invasora pez león (*Pterois volitans*) presente en las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia. 6 p.

McGehee, M. 1994. Correspondence between assemblages of coral reef fishes and gradients of water motion, depth, and substrate size off Puerto Rico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 105: 243-255.

Meister, H., Wyanski, D., Loefer, J., Quattrini, A. y K., Sulak. 2005. Further evidence for the invasion and establishment of the *Pterois volitans* (Teleostei-Scorpaenidae) along the Atlantic coast of the United States. *Southeast. Nat.*, 4: 193-206.

Mejía, L.S., J. Garzón-Ferreira y A. Acero. 1998. Peces registrados en los complejos arrecifales de los cayos Courtown, Albuquerque y los bancos de Serrana y Roncador, Caribe occidental, Colombia. *Bol. Ecotrópica*, 32: 25-42.

Mejía, L. y J., Garzón-Ferreira. 2000. Estructura de comunidades de peces arrecifales en cuatro atolones del Archipiélago de San Andrés y Providencia (Caribe sur occidental). *Rev. Biol. Trop.* 48 (4): 883-896

Mejía, B. y A. Jáuregui. 2010. Forestación de *Rhizophora mangle* en la Marina Internacional de la bahía de Santa Marta, Colombia: Etapa preliminar. Informe Técnico, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 36 p.

Morris, J. 2009. The biology and ecology of invasive Indo-Pacific lionfish. PhD Thesis, North Carolina State University, USA. 168 p.

Morris, J. y J., Akins. 2009. Feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in the Bahamian archipelago. Environ Biol Fish., 86: 389-398.

Muñoz, L. y D., Gil. 2012. Composición dietaria del pez león *Pterois volitans* (Pisces: Scorpaenidae), en Santa Marta y el Parque Nacional Tayrona. Bol. Invest. Mar. Cost., 41(2): 471-477.

Muñoz, R., Currin, C. y P., Whitfield. 2011. Diet of invasive lionfish on hard bottom reefs of the southeast USA: insights from stomach contents and stable isotopes. Mar. Ecol. Prog. Ser., 432: 181-193.

Olaya, J; Reyes, M y Rodriguez, A. 2008. Ensamblajes de peces arrecifales del área de Santa Marta y el parque nacional natural Tayrona. Bol. invest. Mar. Cost. Santa Marta, Colombia, 37(1): 111-127.

Pabón, P. y A., Acero. 2016. Ecología trófica del invasor pez león en el Caribe colombiano. Impacto sobre familias ícticas de Santa Marta y San Andrés. SENALMAR. 2015.

Palmer, M. W. 1990. The estimation of species richness by extrapolation. Ecology, 71: 1195-1198.

Pattengill-Semmens, C.V. y B.X. Semmens. 2003. Status of coral reefs of Little Cayman and Grand Cayman, British West Indies, in 1999 (part 2:fishes). Atoll Res. Bull., 496: 226-247.

Phillips, P.C. y M.J. Pérez-Cruet. 1984. A comparative survey of reef fish in Caribbean and Pacific Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 32 (1): 95-102.

Pimiento, C., Nifong, J., Hunter, M., Monaco, E. y B., Silliman. 2013. Habitat use patterns of the invasive red lionfish *Pterois volitans*: a comparison between mangrove and reef systems in San Salvador, Bahamas. Marine Ecology, 1-10.

Reyes-Nivia, M.C., Rodríguez-Ramírez, A y J. Garzón-Ferreira. 2004. Peces asociados a formaciones coralinas de cinco áreas del Caribe colombiano: listado de especies y primeros registros para las áreas. Bol. Invest. Mar. Cost., 33: 99-113.

Ruíz, R., Matheson, R., Roberts, D. y P., Whitfield. 2006. The western Pacific red lionfish, *Pterois volitans* (Scorpaenidae), in Florida: Evidence for reproduction and parasitism in the first exotic marine fish established in state waters. Biological Conservation, 128: 384-390.

Sale, P. y W., Douglas. 1981. Precision and accuracy of visual census technique for fish assemblages on coral patch reefs. Environ. Boil. Fish., 6, 333-339.

Sanabria, A., Ramos, A., Alonso, D., Polanco, A., Suárez, F., Bolaños, C., Nacor W., Martínez, H. y L., Acevedo. 2017. Plan para el manejo y control del pez león, *Pterois volitans*, en el Caribe colombiano. Bogotá. D.C., Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 32 p.

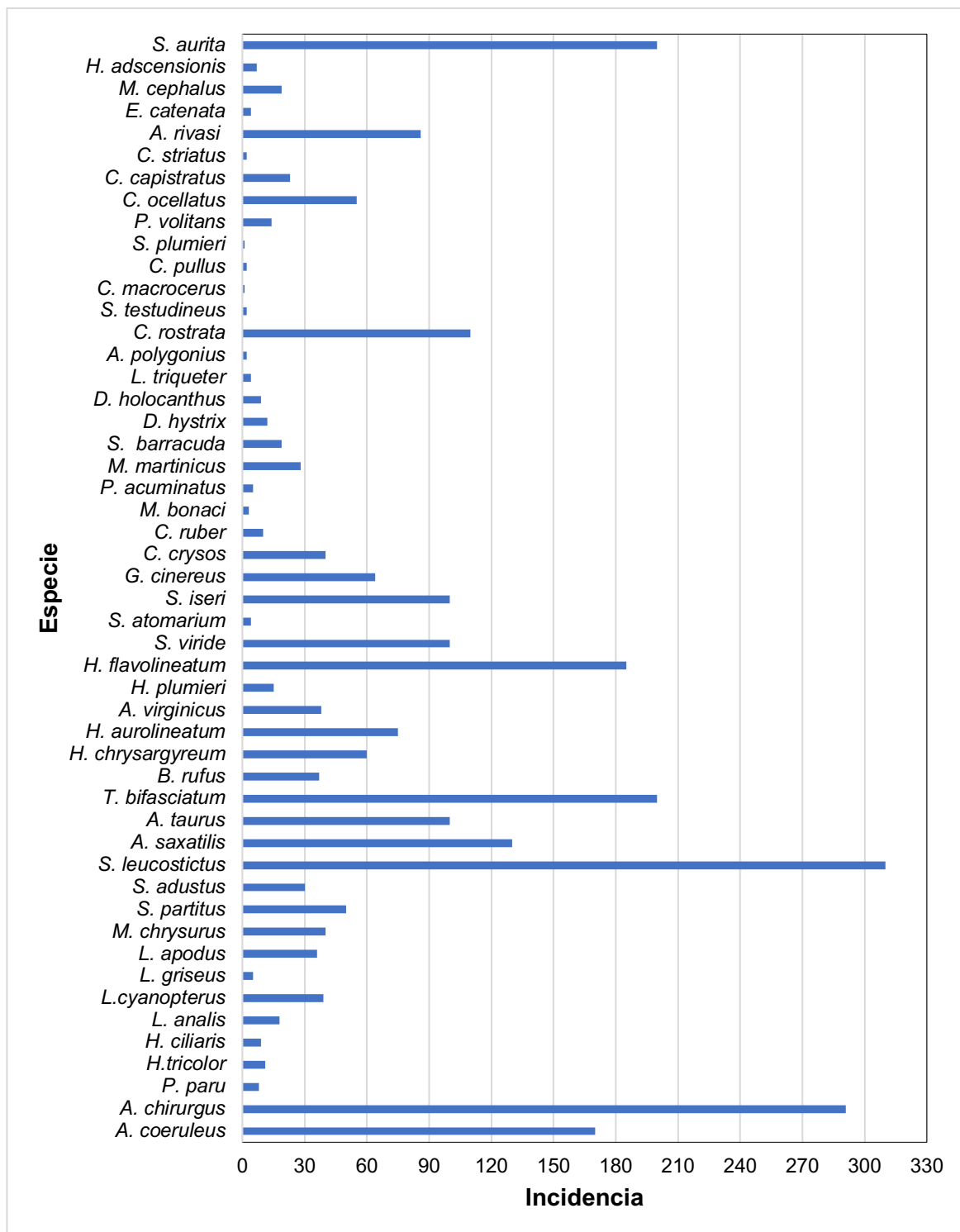
Schofield, P. y P., Fuller. 2006. *Pterois volitans*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL.

USGS-NAS. 2019. United States Geological Survey - Nonindigenous Aquatic Species database (USGS-NAS). <http://nas.er.usgs.gov> . 07 de abril de 2019.

Wiesner, D. 2009. Diana Wiesner Arquitectura y paisaje eu-Marina Internacional de Santa Marta. <http://dianawiesner.com/?portfolio=marina-santa-marta>. 30 de abril de 2019.

7. ANEXOS

Anexo A. Diagrama de barras donde el eje X representa la incidencia total de cada especie íctica del área de la Marina Internacional de Santa Marta.



Anexo B. Diagrama de barras donde el eje X representa la incidencia total de cada familia íctica del área de la Marina Internacional de Santa Marta.

