

## Índice

RESUMEN.....	IV
ABSTRACT .....	VI
Índice.....	XIV
Lista de Figuras .....	XV
Lista de Tablas.....	XVI
Glosario.....	XVII
<b>Capítulo I. Introducción .....</b>	<b>20</b>
1.1.    Conectividad un término universal.....	21
1.2.    La conectividad, una herramienta de gestión en AMP's .....	22
1.3.    Métodos de evaluación de la conectividad marina.....	23
1.4.    Transporte de larvas en la zona costera, procesos biológicos y físicos .....	25
1.5.    Océano = movimiento .....	28
1.6.    Conectividad vs invasiones biológicas.....	31
1.7.    Modelo de estudio .....	32
1.8.    La invasión del pez león en el Caribe.....	33
1.9.    Biología de la especie .....	34
<b>Capítulo II. Uso de RFLPs para la diferenciación de <i>Pterois volitans</i> y <i>Pterois miles</i> .....</b>	<b>38</b>
2.1.    Introducción .....	40
2.2.    Objetivo .....	40
2.3.    Hipótesis .....	40
2.4.    Métodos .....	41
2.5.    Resultados.....	44
2.6.    Discusión.....	48
<b>Capítulo III. Primer registro molecular de <i>Pterois miles</i>, (Bennett, 1828) en el Caribe Mexicano.....</b>	<b>50</b>
3.1.    Introducción .....	52
3.2.    Métodos .....	53
3.3.    Resultados.....	55
3.4.    Discusión.....	58
<b>Capítulo VI. Conectividad genética de <i>Pterois volitans</i> en Golfo de México y Caribe .....</b>	<b>60</b>
4.1.    Introducción .....	62
4.2.    Objetivos .....	63
4.3.    Hipótesis .....	63
4.4.    Métodos .....	63
4.5.    Resultados.....	65
4.6.    Discusión.....	71
<b>Capítulo V. Discusión General.....</b>	<b>78</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>83</b>
<b>Perspectivas.....</b>	<b>84</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>85</b>

## Lista de Figuras

Figura 1. Distribución de <i>Pterois volitans</i> y <i>Pterois miles</i> en el Mundo.....	34
Figura 2. Área de estudio y sitios de muestreo.....	42
Figura 3. Patrones de bandas de DNA de <i>P. miles</i> y <i>P. volitans</i> después de la actividad enzimática con EcoRV y Cac8I: De izquierda a derecha: KB marcador molecular. Bloque 1 (controles de cada especie), Pv ( <i>Pterois volitans</i> ) y Pm ( <i>Pterois miles</i> ). Bloque 2 productos de la actividad enzimática de EcoRV sobre el fragmento de cyt b, Pv1C, Pv2C y Pv3C (haplotipo del Caribe); PmA (haplotipo africano), PmI (haplotipo indonesio), PmC (haplotipo del Caribe). Bloque 3, productos de actividad enzimática de Cac8I sobre el fragmento de cyt b, Pv1C, Pv2C, Pv3C, PmA, PmI y PmC.....	45
Figura 4. Alineación de secuencias de diferentes cyt b de <i>P. volitans</i> descargadas del Banco genómico (NCBI) Los títulos de cada secuencia corresponden al número de accesión con el que se puede encontrar en la página en internet. <i>Pterois volitans</i> no tiene sitio de corte con EcoRV; Las letras en negrita corresponden al sitio de restricción enzimática de Cac8I. ***, indica un 100% de presencia de sitios de enzimas de restricción. La alineación se realizó con el programa MEGA 6.....	46
Figura 5. Alineación de secuencias diferentes de cyt b de <i>P. miles</i> obtenidas del Banco Genómico (NCBI). En negritas se resaltan los nucleótidos que corresponden a los sitios de restricción de la enzima Cac8I, los nucleótidos subrayados corresponden al sitio de restricción de la enzima EcoRV. *** indica un 100% de presencia de sitios de corte enzimático; ** indica 81%, y * indica 12,5%. La alineación se realizó con el programa MEGA 6.....	47
Figura 6. Sitio donde se capturó un ejemplar de <i>P. miles</i> en Chinchorro Bank. El mapa georreferencia la ubicación del arrecife "Baliza" donde se capturó el espécimen.....	55
Figura 7. Espécimen de <i>P. miles</i> capturado en el arrecife "Baliza" e identificado mediante análisis molecular.....	56
Figura 8. Árbol filogenético construido con las secuencias de cyt b de todos los haplotipos disponibles del Banco Genómico (NCBI) de <i>P. volitans</i> y <i>P. miles</i> , usando el método Neighbor-Joining (Saitou y Nei, 1987), con una suma total de longitud de rama = 0,136082 (longitudes de ramificación anotadas sobre cada rama). La muestra colectada en Banco Chinchorro se identifica en el clado correspondiente a las muestras de <i>P. miles</i> y se identifica con el punto rojo (●) en el costado del nombre de la secuencia.....	57
Figura 9. Análisis de coordenadas principales (PCoA). Gráfica basada en los valores del índice de Fst por pares entre localidades. Tuxpan (◆ TUX), Veracruz (● VER), Cozumel (◎ COZ), Chinchorro (★ CHI), Xcalak (⊗ XKL), Guatemala (□ GUA), Utila (■ UTI), Chiriviche (Δ VEN) y los Roques (+ ROQ).....	69
Figura 10. Estructura Demográfica estimada de <i>Pterois volitans</i> . Cada organismo está representado por una línea vertical, que está dividida por segmentos de colores que representan el porcentaje de cada asociación estimada de cada K. La línea abajo de la figura muestra la localidad y el número de organismos que fueron colectados en ese sitio.....	70

## RESUMEN

En este trabajo se utilizó como modelo de estudio a la especie invasora conocida como el Pez león (*Pterois volitans*) para desarrollar una evaluación regional de la conectividad en el Golfo de México y el Caribe. La invasión del pez león en el Caribe se extendió significativamente en toda la región con notable velocidad. Esta situación, puede evidenciar en sí la existencia de conectividad. Por lo tanto, el principal objetivo de este estudio fue explorar en base a el uso de marcadores microsatélites específicos para el género *Pterois* spp., la conectividad genética entre subpoblaciones de *Pterois volitans* en nueve Áreas Marinas Protegidas localizadas en el Golfo de México y el mar Caribe. Para lograr el objetivo se colectaron 476 muestras de género *Pterois* spp. de mayo 2013 a enero 2015 en 9 áreas marinas protegidas: Tuxpan (35), Veracruz (13), Cozumel (76), Banco Chinchorro (77), y Xcalak (89) en México; Punta Manabique, en Guatemala (44); Utila, en Honduras (54); Las Islas los Roques, (32) y Chiriviche, en Venezuela (55). Cada organismo colectado se pesó, se midió, y se obtuvo una muestra de tejido muscular del pedúnculo caudal para la extracción de su DNA genómico para la realización de todos los análisis genético-moleculares de esta investigación, la cual se divide en cuatro capítulos:

Capítulo 1) Introducción al caso de estudio. En el capítulo se describe que es la conectividad, cuáles son los métodos para evaluarla, cuáles son los factores que la promueven, las implicaciones de la conectividad cuando existen especies invasoras y la biología de nuestro modelo de estudio.

Capítulo 2) Establecimiento de un método fácil y efectivo para identificar a nivel molecular las especies *P. volitans* y *P. miles*. En este capítulo se detalla la problemática en la identificación de *P. volitans* en el Caribe, debido a la presencia de dos especies del mismo género que presentan similitudes morfológicas. Debido a esto, desarrollamos un método molecular basado en el análisis de polimorfismos en el ADN genómico de longitud de fragmentos de restricción (RFLP) de los individuos colectados amplificando por PCR un fragmento del gen citocromo b (cyt b, 1160 pb), los productos de PCR se sometieron a la actividad enzimática de las endonucleasas EcoRV y Cac8I. Cada enzima generó un patrón de bandas específicas para cada especie que permitió la diferenciación entre las especies *P. volitans* y *P. miles*.

Capítulo 3). El primer registro confirmado genéticamente de *Pterois miles* en aguas del Caribe Mexicano. Este capítulo se describe la identificación del primer registro genéticamente confirmado de la especie *Pterois miles*, obtenido en Banco Chinchorro, Quintana Roo, México; gracias a la metodología desarrollada en el capítulo 2.

Capítulo 4). Este capítulo comprende el estudio de la conectividad de *Pterois volitans* en nueve Áreas Marinas Protegidas del Golfo de México y Mar Caribe, a partir del análisis genético mediante el uso de 12 marcadores moleculares tipo microsatélites. Los resultados revelaron un flujo genético sutil a grandes escalas y una fuerte estructura genética local. Esto permitió concluir que las barreras geográficas y físicas se observan con la distancia,