



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Taxonomía, biología reproductiva y usos de rayas de agua dulce (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) en el río Amazonas colombiano

Astrid Alexia Acosta Santos

Universidad Nacional de Colombia – Sede Amazonia

Maestría en Estudios Amazónicos

Leticia (Amazonas – Colombia)

2020

Taxonomía, biología reproductiva y usos de rayas de agua dulce (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) en el río Amazonas colombiano

Astrid Alexia Acosta Santos

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Estudios Amazónicos

Línea de Investigación Ecosistemas, Biodiversidad y Conservación

Maestría en Estudios Amazónicos

Universidad Nacional de Colombia

Sede Amazonia

Director:

Edwin Agudelo Córdoba PhD.

Investigador Grupo de Ecosistemas Acuáticos

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

Codirector:

Santiago R. Duque Escobar MSc.

Profesor Asociado

Universidad Nacional de Colombia – Sede Amazonia

Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonia

Leticia (Amazonas, Colombia)

2020

A mis padres Rosalba Santos y Orlando Acosta, quienes siempre han estado conmigo, apoyando e impulsando cada uno de mis pasos.

Agradecimientos

A mi director Edwin Agudelo Córdoba y a mi codirector Santiago Duque, gracias infinitas por no abandonar esta causa que yo misma consideré perdida en varias oportunidades, por las conversaciones en torno al tema, los concejos y directrices, las cuales se reflejan en este documento.

Al Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, y a la Colección Ictiológica de la Amazonia Colombiana CIACOL, los cuales me han ofrecido el escenario ideal para el desarrollo de este trabajo y en general de mi vida profesional.

A la Universidad Nacional de Colombia, sede Amazonia, a través de la beca otorgada por el Programa Nacional de Proyectos para el Fortalecimiento de la Investigación, la Creación y la Innovación en Posgrados 2013-2015.

A Carlos Lasso del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, por el apoyo en la identificación de algunos ejemplares y la consecución de fondos para adquirir algunos de ellos.

A Fernando Trujillo y especialmente a la querida Lilia Java quienes, en el municipio de Puerto Nariño, apoyaron y participaron activamente en este proceso.

A los pescadores locales en Leticia y Puerto Nariño, especialmente a Jesús Dámaso Yoni, por la colecta del material biológico.

A Olivia Ramírez Gil y su esposo Diego, Lucila Do Santos, Abner, Gustavo y Alejandro Manrique, acopiadores de peces ornamentales por su buena disposición siempre para colaborar con la información empleada en la elaboración del capítulo 3, por su confianza y el tiempo dedicado.

A la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP, por las estadísticas pesqueras de peces ornamentales, empleadas para la elaboración del capítulo 3.

A Ricardo S. Rosa, Thiago Lobola, Matt Kolmann por la revisión de algunos ejemplares.

Infinitas gracias a Alejandro Henao Castro, Adriana Bermúdez y Juan Bogotá, por la paciencia, buena disposición y empeño con el que revisaron mis datos, por las indicaciones dadas para el análisis y manejo estadístico, por regañarme en la demora de la escritura del documento final y por animarme a cerrar un ciclo más.

A mi profe Danny Mahecha R., gracias a su orientación y consejos elaboré la idea del capítulo 3. A Daniela y Alexis por la ayuda con la toma de información en las encuestas realizadas en las comunidades de Yahuaraca.

Ahora si vienen los agradecimientos que van más allá de la institucionalidad y la academia, el agradecimiento para cada una de las personas que me acompañaron y animaron durante este largo proceso y con quienes tengo la fortuna de contar cada día de mi vida... (☺)... y la primera es Gina Ximena Díaz Páramo, gracias por alentarme a concluir este proceso, por ofrecerme toda la ayuda necesaria para lograrlo, recibirme y acogerme en su casa un mes y medio mientras resolvía mi tema estadístico.

A mis amigos, mi familia en Leticia que hacen que la vida con sus “bemoles” sea mucho más simple: Mónica Natalia Pérez (agradecimiento adicional por la lectura juiciosa de los textos), Angélica Torres, Iván González, Armando Camacho, Juan D. Bogotá (incluidos los agradecimientos adicionales en la revisión de datos), gracias a cada uno por el continuo apoyo moral, gracias por su amistad incondicional, por estar ahí siempre.

A mis amigos lejos de mi mundo Amazónico: Taty Meneses, Fabio Cristancho, Jaime Solar, Ginna González, sé que si alguno de ustedes fuera mi evaluador obtendría un contundente 5, por eso: ¡Gracias por verme con los ojos del corazón!... A Magda Angarita, acá hay tanto que agradecer, pero lo resumo así: ¡gracias por ayudarme a cambiar la percepción de mí misma!

A mis compañeros del SINCHI: Marcela Núñez, Diana Guerrero, Nelly Amias, Clara Peña, Lilia Pérez, Ramces Caicedo, Mariela Osorno, William Castro, Jhon Jairo Patarroyo, Diana Mora, Cesar Bonilla y Luis Fernando Jaramillo, quienes siempre consideraron que debía terminar, hoy les puedo decir que tenían razón. A mis amigas de la U. Nacional Sandra Karina Gil y Eliana Jiménez, por animarme a acabar.

A mis Santos, todos y cada uno de ellos, gracias por creer en mí por acompañarme, por su interés genuino en mí bienestar, por anhelar siempre lo mejor para mi vida, por ser mi refugio en los momentos difíciles, por estar siempre presentes así vivamos tan lejos, por tantos momentos maravillosos sin importar las circunstancias... Los amo con el corazón.

A Netflix por sus series Chef's tables, Street food, Cooked, Flavorful origins y Ugly delicious que me acompañaron en las largas jornadas de escritura (jajajajaja). ¡Finalmente, a mí por animarme a terminar, por tanta y tanta paciencia!

Resumen

A partir de la revisión de 116 especímenes de la familia Potamotrygonidae colectados en el río Amazonas colombiano, se registran para la zona de estudio los cuatro géneros descritos para la familia, con las especies *Heliotrygon gomesi*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon constellata*, *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. scobina* y *P. tigrina*. Considerando el número de especímenes de cada una de las especies, se describe la biología reproductiva de *Potamotrygon motoro* la cual aportó el 50% de los individuos colectados. Las hembras y machos presentaron crecimiento alométrico positivo e isométrico, respectivamente. La fecundidad ovárica osciló entre 4 y 25 ovas, se estableció correlación estadística entre el número de huevos, su diámetro y el ancho del disco de la madre. La talla media de madurez sexual para hembras y machos se estableció en 38 y 35 cm de ancho de disco (AD), respectivamente, mientras que la talla mínima de madurez sexual fue de 27,8 cm AD para hembras y 26,5 cm AD para machos. Lagos interconectados al río Amazonas como los del sistema de Yahuaraca, el de la isla Korea y el Correo en el sistema de Tarapoto son ecosistemas estratégicos como áreas de crianza para la especie. Dadas las particularidades de las pesquerías locales de rayas, el uso de este recurso como ornamental no denota gran importancia para la economía de pescadores y acopiadores de la región, sugiriendo que esta actividad no genera una presión pesquera fuerte sobre las especies objeto de uso, siendo *Potamotrygon motoro*, *Paratrygon aiereba* y *Potamotrygon orbignyi*, quienes realizan los mayores aportes a las cifras de movilización y extracción en la zona de estudio. Esta información es esencial para la formulación de estrategias apropiadas de manejo que aseguren el aprovechamiento sostenible del recurso, particularmente para la especie *Potamotrygon motoro*.

Palabras clave: Potamotrygonidae, rayas de agua dulce, taxonomía, biología reproductiva, usos locales.

Abstract

From the revision of 116 specimens of the Potamotrygonidae family collected in the Colombian Amazon River, the four genera described for the family are registered for the study area, with the species *Heliotrygon gomesi*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon constellata*, *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. scobina* and *P. tigrina*. Considering the number of specimens of each of the species, the reproductive biology of *Potamotrygon motoro* is described, which contributed 50% of the studied individuals, females and males showed respectively allometric and isometric growth, the ovarian fecundity ranged between 4 and 25 eggs, a statistical correlation was established between the number of eggs, their diameter and the female's width disk (WD). The average size of sexual maturity for females and males was set at 38 and 35 cm AD respectively, the minimum size for sexual maturity was 27,8 cm AD for females and 26,5 cm AD for males. Lakes interconnected to the Amazon River such as those of the Yahuaracaca system, Korea Island and the Post in the Tarapoto system are strategic ecosystems as breeding areas for *P. motoro*. Due to the particularities of local fisheries, the use of this resource as an ornamental does not denote great importance for the economy of fishermen and gatherers in the region, suggesting that this activity does not generate strong fishing pressure on the species being used, being *Potamotrygon motoro*, *Paratrygon aiereba* and *Potamotrygon orbignyi*, who make the greatest contributions to the mobilization and extraction figures in the study area. This information is essential for the formulation of appropriate management strategies that ensure the sustainable use of the resource, particularly for *P. motoro*.

Keywords: Potamotrygonidae, freshwater stingray, taxonomy, reproductive biology, local uses.

Contenido

	Pág.
Resumen	10
Lista de figuras.....	14
Lista de tablas	17
Lista de anexos	18
Generalidades	19
Introducción	19
Planteamiento del problema.....	21
Descripción del problema.....	21
Formulación del problema.....	21
Objetivos.....	22
Objetivo general.....	22
Objetivos específicos	22
Metodología general	22
Zona de estudio	22
Obtención de especímenes	26
Capítulo 1: Taxonomía de las rayas de agua dulce (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) presentes en la zona de estudio.....	
Resumen	28
1.1 Introducción.....	29
1.2 Antecedentes	31
1.3 Métodos	32
1.3.1 Toma de datos	32
1.3.2 Análisis de datos	36
1.4 Resultados	38
1.4.1 Generales	38
1.5 Discusión.....	59

1.6	Conclusiones	62
1.7	Recomendaciones	63
Capítulo 2. Biología reproductiva de <i>Potamotrygon motoro</i> (Müller & Henle 1841) en el sector medio de la cuenca del río Amazonas		65
	Resumen.....	65
2.1	Introducción.....	66
2.2.	Antecedentes.....	68
2.3	Métodos	71
2.3.1	Toma de datos	71
2.3.2	Análisis de información.....	73
2.4	Resultados	76
2.4.1	Aspectos reproductivos	76
2.4.2	Período reproductivo	88
2.5	Discusión.....	91
2.5.1	Aspectos reproductivos	91
2.5.2	Períodos reproductivos.....	95
2.6	Conclusiones.....	98
2.7	Recomendaciones	99
Capítulo 3. Usos del recurso rayas de agua dulce en la zona de estudio.....		101
	Resumen.....	101
3.1	Introducción	102
3.2	Antecedentes.....	104
3.3	Métodos	105
3.4	Resultados	108
3.4.1	Potamotrygonidos como recurso ornamental.....	108
3.4.2	Usos locales	112
3.5	Discusión.....	119
3.5.1	Potamotrygonidos como recurso ornamental.....	119
3.5.2	Usos locales	125
3.6	Conclusiones.....	128
3.7	Recomendaciones.....	129
Consideraciones finales		130
Anexos		133
Bibliografía		146

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Zona de estudio. Cuerpos de agua próximos a los municipios de Leticia y Puerto Nariño, Amazonas, Colombia. Modificado de Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI (2007) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2003).	25
Figura 2: Espécimen de <i>Potamotrygon scobina</i> colectada mediante el uso de línea de mano.....	27
Figura 1.1: Ilustración de la toma de datos morfométricos, excepto 11 Ac: Alto de la cola.	36
Figura 1.2: Ejemplar adulto de <i>Heliotrygon gomesi</i> , en vista ventral y dorsal. Inferior izquierda, detalle de los ojos, espiráculos y dentículos dérmicos; derecha: detalle de la espina caudal.....	42
Figura 1.3: Ejemplar juvenil de <i>Plesiotrygon iwamae</i> , en vista ventral y dorsal. Inferior izquierda ejemplar adulto, derecha superior: detalle del filamento caudal de un adulto; derecha inferior: detalle de los ojos, espiráculos y dentículos dérmicos.	44
Figura 1.4: Hembra adulta de <i>Plesiotrygon nana</i> en vista ventral y dorsal. Inferior izquierda, detalle del ojo y espiráculo; inferior derecha: dentículos dérmicos del filamento caudal..	45
Figura 1.5: Análisis discriminante para el género <i>Paratrygon</i> , las frecuencias en líneas verticales corresponden a la asignación PAI1 y en puntos a PAI2, basadas en los patrones de coloración. Eigenvalues: eje 1: 7,199 (100%).....	46
Figura 1.6: Macho adulto de <i>Paratrygon aiereba</i> en vista ventral y dorsal. Inferior izquierda, detalle del ojo y espiráculo; inferior derecha: dentículos dérmicos del filamento caudal..	47
Figura 1.7: Macho adulto de <i>Potamotrygon constellata</i> en vista dorsal y ventral. Inferior izquierda, dentículos dérmicos del disco, inferior derecha: detalle del ojo y espiráculo. ...	48
Figura 1.8: Variaciones en la distribución de tubérculos dérmicos en la especie <i>Potamotrygon constellata</i>	49
Figura 1.9: Macho juvenil de <i>Potamotrygon motoro</i> en vista dorsal y ventral. Derecha superior, detalle del ojo y espiráculo; derecha inferior: dentículos dérmicos del disco.....	50
Figura 1.10: Variaciones en el patrón de coloración de <i>Potamotrygon motoro</i> , registradas en la zona de estudio.	51
Figura 1.11: Hembra de <i>Potamotrygon orbignyi</i> en vista dorsal y ventral y los diferentes patrones de coloración registrados para la especie. Inferior izquierda, detalle del ojo y espiráculo; inferior derecha: detalle de los surcos labiales.	53

Figura 1.12: Hembra adulta de <i>Potamotrygon scobina</i> en vista ventral y dorsal y los diferentes patrones de coloración registrados. Inferior izquierda, detalle del ojo y espiráculo; inferior derecha: detalle del filamento caudal.....	54
Figura 1.13: Ejemplar de <i>Potamotrygon tigrina</i> colectado en el canal principal del río Amazonas, Leticia. Hembra en posición ventral y dorsal. Inferior izquierda: detalle del ojo y espiráculo; inferior derecha: detalle del filamento caudal.	56
Figura 2.1: Variación en el nivel del río Amazonas a la altura de Leticia, desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre de 2014. Fuente: Dirección General Marítima DIMAR...	76
Figura 2.2: Estructura de tallas para hembras y machos de <i>Potamotrygon motoro</i> , colectadas durante el 2014	77
Figura 2.3: Variación temporal de cada uno de los estadios gonadales de <i>Potamotrygon motoro</i> en relación con las variaciones en el nivel del río Amazonas. a. Hembras, b. Machos. El número de individuos se presentan en columnas apiladas.	78
Figura 2.4: Gónadas en diferentes estadios de <i>Potamotrygon motoro</i> , registrados durante la época de estudio. a. inmadura i, b. en maduración ii, c. madura iii, d. madura iiib y e. ovocitos hembra gestante.	80
Figura 2.5: Ovocitos encontrados en dos hembras de <i>Potamotrygon motoro</i> , durante la época de estudio. a. colectada en febrero y b. colectada en julio.	81
Figura 2.6: Relación entre el diámetro de los ovocitos y el AD de hembras de <i>Potamotrygon motoro</i> en estadio iii.	81
Figura 2.7: Vista ventral de embriones de <i>Potamotrygon motoro</i> . a. grado de desarrollo 3, b. 4 y c. 5.....	82
Figura 2.8: Estadios gonadales para machos de <i>Potamotrygon motoro</i> colectados durante el período de estudio, a. inmaduros i. b. en maduración ii. c. maduros iii.	83
Figura 2.9: Relación entre el ancho del disco y la longitud del cláspes para machos de <i>Potamotrygon motoro</i>	84
Figura 2.10: Proporción de los estadios gonadales para los machos de <i>Potamotrygon motoro</i> colectados. i. inmaduros, ii. en maduración, iii maduros.	85
Figura 2.11: Número ejemplares de hembras y machos de <i>Potamotrygon motoro</i> , colectados durante el período de estudio.	85
Figura 2.12: Relación entre el ancho del disco (cm) vs. peso (g) para hembras de <i>Potamotrygon motoro</i>	86
Figura 2.13: Relación entre el ancho del disco (cm) vs. peso (g) para machos de <i>Potamotrygon motoro</i>	86
Figura 2.14: Relación entre el ancho del disco (cm) vs. peso (g) para hembras y machos de <i>Potamotrygon motoro</i>	87
Figura 2.15: Comparación entre las variaciones del Factor de Condición FC para hembras y machos de <i>Potamotrygon motoro</i> , durante la época de muestreo	88
Figura 2.16: Comparación entre las variaciones del Índice Gonadosomático IGS para hembras y machos de <i>Potamotrygon motoro</i> , durante la época de muestreo.	89
Figura 2.17: Comparación entre las variaciones del Índice Hepatosomático IHS para hembras y machos de <i>Potamotrygon motoro</i> , durante la época de muestreo.	89
Figura 2.18: Hembra de <i>Potamotrygon motoro</i> en estadio iii con marcas de mordidas, colectada durante el período de aguas bajas.	90

Figura 2.19: Tallas medias de madurez sexual para hembras y machos de <i>Potamotrygon motoro</i> en el sector del río Amazonas, Leticia, Colombia.	91
Figura 3.1 Estadísticas de movilización de peces ornamentales para Colombia entre el 2013 y 2018. Total general: todas las especies excepto rayas de agua dulce; Rayas Nacional: todas las especies de la familia Potamotrygonidae, excepto las que tienen como origen Leticia.	103
Figura 3.2: Dibujos de rayas elaborados por algunos de los participantes en las encuestas.	107
Figura 3.3: Guías visuales para la identificación de las especies usadas en las diferentes actividades. Comunidad de San Pedro, Sistema lagunar de Yahuaraca.	107
Figura 3.4: Localización de los sectores de extracción de rayas, identificados por los acopiadores de ornamentales en el área de estudio.	110
Figura 3.5: Proceso de embalaje de raya motora (<i>Potamotrygon motoro</i>) para ser despachadas desde Leticia hacia Bogotá.	112
Figura 3.6: Porcentaje de usos dados a las rayas y sus subproductos, en el río Amazonas, Colombia.	113
Figura 3.7: Elaboración de patarasca de raya en la comunidad de la Milagrosa en el área de influencia del sistema lagunar de Yahuaraca, Leticia.	114
Figura 3.8: Frecuencia de uso dado al aceite de hígado de raya en la medicina tradicional, en el río Amazonas, Colombia.	115
Figura 3.9: Aceite de hígado de raya. Comunidad de San Pedro de los Lagos, sistema lagunar de Yahuaraca, Leticia.	116
Figura 3.10: Venta de artesanías elaboradas a partir de las espinas de rayas. Municipio de Puerto Nariño.	119
Figura 3.11: Estadísticas de las unidades de rayas movilizadas ente el 2013 y el 2018, desde la ciudad de Leticia. Fuente: AUNAP 2019.	121
Figura 3.12: Nasa manual empleada en el municipio de Puerto Carreño, Vichada para capturar rayas. Imagen tomada de Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez 2008.	123
Figura 3.13: Comparación de los porcentajes de individuos movilizadas por especie desde cada una de las cuencas. Estimaciones del autor con base en reportes oficiales (AUNAP 2019).	124

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1.1: Listado de las medidas tomada a los ejemplares. Modificado de Lasso <i>et al.</i> 2013.	33
Tabla 1.2: Medidas de las dos especies excluidas de los análisis estadísticos, se presenta estandarizadas en proporción al ancho del disco, datos originales en centímetros. *Filamento caudal, ausente.	36
Tabla 1.3: Medidas de los especímenes de <i>Heliostrygon gomesi</i> , tomadas a cuatro hembras adultas. X: Media; Desvest: Desviación estándar. Ancho del disco (AD) y longitud del disco (LD) reportada en centímetros; las demás variables se reportan como porcentaje del AD.	41
Tabla 1.4: Medidas de los especímenes de <i>Plesiotrygon iwamae</i> , tomadas a cuatro ejemplares adultos y uno juvenil X: Media; Desvest: Desviación estándar. AD y LD reportada en centímetros; las demás variables se reportan como porcentaje del AD.	43
Tabla 1.5: Asociación entre los patrones de coloración y el hábitat de <i>Potamotrygon motoro</i>	51
Tabla 2.1: Biología y ecología de Potamotrygonidos presentes en la cuenca del río Amazonas. AD (Ancho del Disco). Tomada y modificada de Lasso (2009) y Mejía-Falla <i>et al.</i> 2009.	70
Tabla 2.2: Relaciones morfométricas para hembras de <i>Potamotrygon motoro</i> . AD: Ancho de Disco, LD: Longitud de Disco.	79
Tabla 2.3: Relaciones morfométricas para machos de <i>Potamotrygon motoro</i> . AD: Ancho de Disco, LD: Longitud de Disco.	82
Tabla 2.4: Parámetros de la relación entre peso y ancho del disco para los ejemplares de <i>Potamotrygon motoro</i> analizados.	87
Tabla 3.1: Cantidad de entrevistas realizadas, discriminadas por comunidades.	10808
Tabla 3.2: Enfermedades, tratamientos, especies empleadas para la elaboración del aceite de raya y tratamientos sustitutos para reemplazar el aceite.	11717
Tabla 3.3: Unidades de ejemplares movilizados desde la ciudad de Leticia, entre el 2013 y 2018. Datos tomados y modificados de AUNAP 2019.	12121

Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1: Estadística descriptiva para el set de medidas tomadas a los ejemplares de los géneros de la familia Potamotrygonidae.	1333
Anexo 2: Resultados de las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (W) para el set de medidas tomadas a los ejemplares del género Potamotrygon y de Levene (F) para homogeneidad de varianzas, grados de libertad F`s:3,76. Los valores en rojo señalan las variables que presentaron homogeneidad de varianzas.	1377
Anexo 3: Prueba de colinearidad para el set de datos de ejemplares identificados para el género Paratrygon.	1411
Anexo 4: Preguntas para las entrevistas a los acopiadores de peces ornamentales..	1433
Anexo 5: Encuesta para conocer sobre el uso dado a las rayas (peces planos), por los pobladores de las comunidades indígenas localizadas alrededor del Sistema Lagunar de Yahuaraca y de Tarapoto.	1444

Generalidades

Introducción

Colombia cuenta en la actualidad con aproximadamente 176 de las 1173 especies de tiburones, rayas y quimeras identificadas a nivel mundial, equivalente al 37% de los géneros y 55% de las familias, por lo que se considera que el país posee una alta representatividad taxonómica de este grupo de peces (Mejía-Falla *et al.* 2007). La mayoría de las especies de rayas de agua dulce tienen alguna importancia social o económica en las regiones de la Orinoquia, Amazonia y Magdalena-Cauca, pues se extraen para consumo o como productos ornamentales, aunque sus capturas también suelen estar asociadas a la pesca incidental (Mejía-Falla *et al.* 2009).

Para la Amazonia colombiana, las rayas están representadas por la familia Potamotrygonidae, y un total de ocho especies (DoNascimento *et al.* 2017), seis de las cuales se comercializan como ornamentales en mercados nacionales e internacionales (Resolución 1924 de 2015), en los que se movilizan principalmente especímenes juveniles que no han alcanzado la talla mínima de madurez sexual (Mejía-Falla *et al.* 2009). Aunque sus volúmenes de exportación no superan el 0,2% en las estadísticas pesqueras nacionales anuales, tienen un alto valor comercial individual, superando el de especies como arawanas, tetras, otocinclos y corydoras (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012). Pese a ese interés comercial, existe una falencia crítica con respecto a la disponibilidad de datos sobre caracterización de las pesquerías, comercialización y aspectos biológicos y ecológicos de la mayoría de las especies (Caldas *et al.* 2010), razón por la cual, las rayas de agua dulce hacen

parte de la biodiversidad nacional que se utiliza como recurso pesquero, pero que no se aprovecha bajo estrategias apropiadas de manejo.

Teniendo en cuenta que el desarrollo de una actividad productiva basada en el uso de un recurso natural, afecta su capacidad de renovación, es necesario el establecimiento de normas que regulen su administración para asegurar su aprovechamiento sostenible (Sanabria & Muñoz 2011), para lo cual es fundamental generar información sobre aspectos reproductivos, esfuerzo pesquero y caracterización socioeconómica de la pesquería, como una forma de calcular la magnitud e intensidad de la actividad extractiva (Agudelo *et al.* 2000).

En ese sentido, en el 2010 se formula el Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de Tiburones, Rayas y Quimeras - PAN Tiburones, el cual establece una serie de líneas de acción a nivel nacional y local, dentro de las cuales está la de promover investigación biológica, ecológica y pesquera de las especies de Elasmobranchios. Así, para la Amazonia colombiana el PAN categoriza con un grado de prioridad muy alta la obtención de información para las especies *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle 1841), *P. orbignyi* (Castelnau 1855) y *P. schroederi* (Fernández-Yépez 1958) y con grado Alto *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle 1841) y *Potamotrygon constellata* (Vaillant 1880), (Caldas *et al.* 2010).

Considerando lo expuesto, la presente investigación busca contribuir al conocimiento de rayas de agua dulce (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) presentes en ambientes acuáticos aledaños a los municipios de Leticia y Puerto Nariño, a partir de la revisión taxonómica de especies, evaluación de la biología reproductiva y los usos dados a este recurso. Aspectos que constituyen elementos básicos para el desarrollo de futuras investigaciones en la zona de estudio y que pueden ser empleados en la generación de propuestas de manejo para su conservación, de acuerdo con los compromisos que el Estado colombiano ha asumido en el PAN Tiburones.

Para un mejor manejo de los temas la tesis se estructura en tres capítulos, el primero de ellos, aborda la biodiversidad de la familia Potamotrygonidae a partir de

la identificación taxonómica de especies, con lo cual se hace un aporte al conocimiento sobre distribución y diversidad. El segundo capítulo trata aspectos reproductivos de *Potamotrygon motoro*, especie más representativa dentro de las colectas y el tercero, establece los usos dados en la zona de estudio a las especies que conforman este grupo, con la intención de definir las posibles causas de presión sobre las poblaciones.

Esta investigación contó con el apoyo de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia, a través de la beca otorgada por el Programa Nacional de Proyectos para el Fortalecimiento de la Investigación, la Creación y la Innovación en Posgrados 2013-2015, el cual buscó fortalecer las capacidades de los grupos de investigación de la Universidad que vinculan estudiantes de posgrado en su desarrollo y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, entidad de orden Nacional comprometida con la generación de estudios biológicos, sociales y ecológicos en la región amazónica.

Planteamiento del problema

Descripción del problema

Las rayas de agua dulce son empleadas como recurso ornamental en la zona de estudio desde hace varias décadas (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012); sin embargo, no se han realizado estudios puntuales sobre este grupo que determinen la biodiversidad real de especies y que aporten información sobre aspectos biológicos, ecológicos y pesqueros, que permitan establecer con certeza la condición actual del recurso, sus amenazas y generar reglamentaciones para regular y hacer seguimientos a las actividades extractivas de las mismas.

Formulación del problema

Con base en lo anterior, se planteó la pregunta ¿Cuál es la biodiversidad real de especies de Potamotrygonidos, sus principales caracteres taxonómicos y condición

reproductiva, así como usos dados a este recurso, en el sector colombiano del río Amazonas?

Objetivos

Objetivo general

Identificar las especies de rayas de agua dulce y evaluar las principales características de la biología reproductiva, así como los usos dados a este recurso en el sector colombiano del río Amazonas.

Objetivos específicos

- Identificar las especies de rayas presentes en la zona de estudio empleando taxonomía basada en merística y morfometría.
- Caracterizar la condición reproductiva de hembras y machos de las especies más abundantes en las colectas, a partir de las variaciones durante el período de estudio de los índices gonadosomático, hepatosomático, factor de condición, proporción sexual, estado de madurez gonadal, para establecer tallas de madurez sexual y períodos de gestación.
- Determinar los usos dados a las especies de rayas de agua dulce encontradas en el sector colombiano del río Amazonas.

Metodología general

Zona de estudio

La colecta de especímenes se realizó en zonas de pesca en sectores aledaños a los municipios de Leticia y Puerto Nariño, extremo sur del trapecio Amazónico, en la región fronteriza entre Brasil y Perú (Figura 1). En este sector, el río Amazonas

se caracteriza por ser de tipo anastomosado debido a sus zonas de control con estrechos frecuentes (Rozo *et al.* 2014), con una profundidad media entre 15 y 20 m y una máxima de 50 m a la altura del estrecho de Nazareth (Aldana & Daza 2005). De acuerdo con Sioli (1967) el río Amazonas es de aguas blancas y en un contexto más regional, blancas tipo I (Núñez-Avellaneda & Duque 2001), con alta mineralización de aguas, pH cercano a la neutralidad y alta turbidez (transparencia ente 10 y 60 cm, dependiendo de la época del ciclo hidrológico), cargado de material en suspensión producto de la erosión de los Andes que le confieren un color blanco-amarillento (FAO 1979) y que marca patrones de media a alta productividad en su llanura aluvial (Núñez-Avellaneda & Duque 2001).

Como parte integral de la llanura inundable del río Amazonas se encuentra el sistema lagunar de Yahuaraca, localizado a 2 km al oeste de la ciudad de Leticia, considerado como uno de los ambientes de várzea¹ más importantes para la zona, gracias a la amplia red de 21 lagos interconectados que lo conforma (Alba 2011, Salcedo-Hernández 2012). Parte de la importancia de este ecosistema se debe a que está fuertemente influenciado por el río Amazonas, el cual lo inunda durante el período de aguas altas mezclándose con las aguas negras que aporta la quebrada de Yahuaraca (Prieto-Piraquive 2006). Dicha dinámica aumenta la riqueza de especies ícticas en esta época del año, siendo una fuente de recursos pesqueros para las comunidades asentadas alrededor de los lagos y para pobladores de centros urbanos cercanos.

Por su parte, el municipio de Puerto Nariño dista de la cabecera municipal de Leticia 75 km, aguas arriba por el río Amazonas. Está ubicado sobre la ribera izquierda del río Loretoyacu, el cual es de curso corto y aguas negras, características propias de ríos que nacen en la planicie amazónica (Palma 2011). Buena parte de las actividades económicas desarrolladas por los pobladores del municipio, se relacionan con la pesca de especies para consumo, realizada en el sistema lagunar

¹ Várzea: Nombre local dado a los bosques inundados por aguas blancas, como la del río Amazonas.

de Tarapoto y en los ríos Amazonas y Loretoyacu, caracterizados por su alta productividad pesquera (Duque *et al.* 2008).

En cuanto al régimen de precipitación, la zona presenta el comportamiento típico del hemisferio sur, de tipo unimodal, con niveles máximos de lluvia entre los meses de noviembre a mayo y mínimo entre julio y agosto (Galvis *et al.* 2006), los cuales dependen principalmente de la Zona de Convergencia Intertropical – ZCIT, en donde la confluencia de los vientos alisios del Noreste y Sureste propician la franja con mayor nubosidad y, por ende, de lluvias (Guzmán *et al.* 2014). Es importante resaltar que no existe correspondencia directa entre los regímenes hidrológicos y de precipitación, pues los niveles mínimos de caudal se presentan entre julio y septiembre, lo que evidencia un efecto hídrico retardado influenciado principalmente por las precipitaciones registradas en la cordillera de los Andes y en el sector medio de las cuencas de los ríos Huallaga, Marañón, Ucayali y Napo (Aldana & Daza 2005), principales tributarios del Amazonas.

Adicionalmente, las precipitaciones en la zona de estudio están influenciadas por la evotranspiración del bosque, la cual no depende de cadenas montañosas o del cruce de corrientes fuertes (Aldana & Daza 2005).

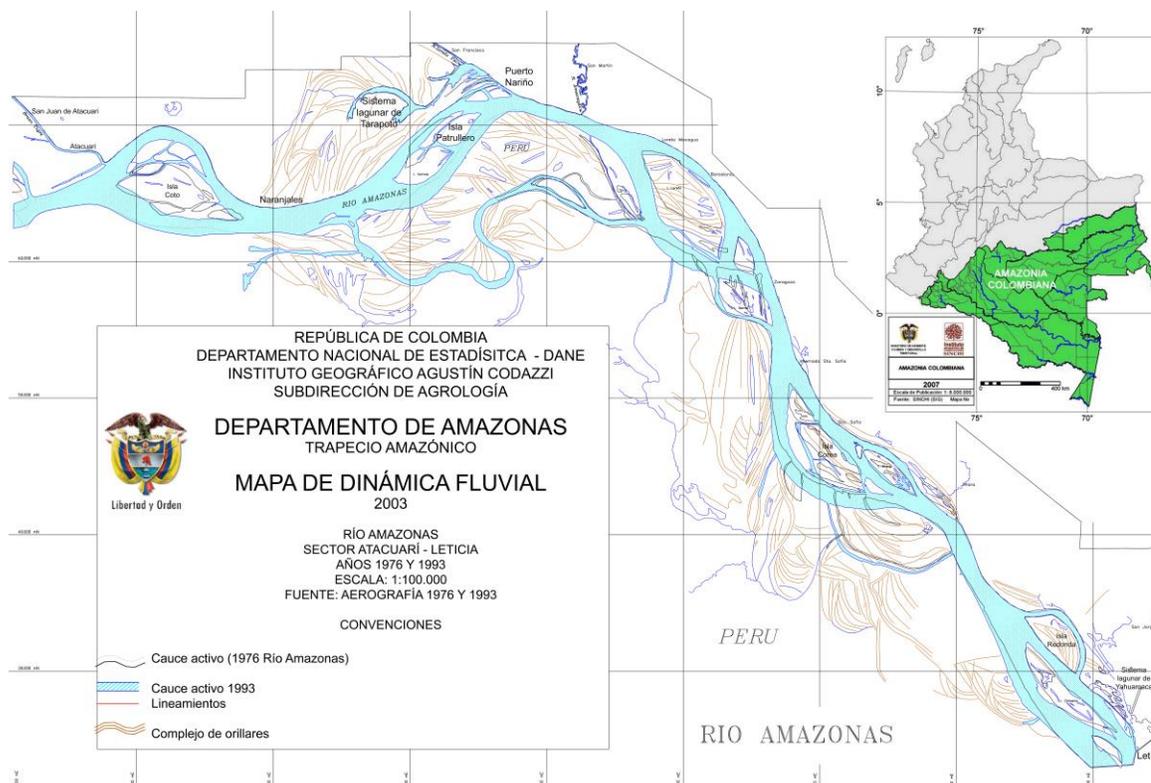


Figura 1: Zona de estudio. Cuerpos de agua próximos a los municipios de Leticia y Puerto Nariño, Amazonas, Colombia. Modificado de Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI (2007) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2003).

El comportamiento del río y su plano inundable está marcado por cuatro momentos hidrométricos: i). Aguas altas, entre marzo y mayo período en el que aumenta el espejo de agua al inundar los bosques circundantes, interconectado lagos y ríos, ii). Aguas en descenso (junio a julio), en las cuales los cuerpos de agua se contraen realizando el proceso contrario, al drenar desde el plano hacia el río, iii). Aguas bajas (agosto a octubre), momento en el que nivel del río se encuentra en su punto más bajo y iv). Aguas en ascenso (noviembre a enero), cuando inicia nuevamente la expansión del río hacia sus zonas inundables debido a un aumento en las lluvias presentes en el sector alto de la cuenca (Prieto-Piraquive 2000).

En términos generales, la altitud del tramo colombiano del río Amazonas está a 82 m.s.n.m., el promedio anual de precipitación oscila entre 3.200 y 3.400 mm, la temperatura promedio es de 25,7°C, con una humedad relativa del 87% (Moreno 2014). Usualmente, a mediados del año llegan los vientos del sur, generando un descenso en la temperatura que en promedio llega a los 21°C, y puede alcanzar una mínima de 15°C, época conocida como friaje (Quispe *et al.* 2015).

Obtención de especímenes

La colecta y transporte de los especímenes empleados durante el desarrollo de la investigación, hicieron parte de los procesos de colecta de la Colección Ictiológica de la Amazonía Colombiana CIACOL del Instituto Sinchi, cuyas actividades se amparan en el Decreto 1376 de 2013 “*por el cual se reglamenta el permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial*” que cubre, como en el caso de la CIACOL, a aquellas colecciones biológicas vigentes registradas en el Registro Único Nacional de Colecciones Biológicas, administrado por el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt.

Los datos se obtuvieron a partir de especímenes adquiridos de dos fuentes diferentes: i). Pescadores artesanales que los capturaron como pesca incidental y ii). Acompañamientos a faenas de pesca de consumo.

El período de colecta abarcó un año, desde diciembre de 2013 a diciembre de 2014. Los ejemplares se colectaron mediante el uso de redes estacionarias de diferentes ojos de malla colocadas a la deriva para la pesca de bagres de consumo o con mallas fijas, así como anzuelos colocados en calandrios o líneas de mano y redes de arrastre (Figura 2).



Figura 2: Especimen de *Potamotrygon scobina* colectada mediante el uso de línea de mano.

Los especímenes procedentes de Leticia y su zona de influencia fueron trasladados hasta las instalaciones del Instituto Sinchi para su procesamiento, mientras que los de Puerto Nariño, fueron acopiados en congeladores y analizados en las instalaciones de la Fundación OMACHA. Los individuos adquiridos como pesca incidental fueron comprados directamente a los pescadores, sin que esta estrategia aumentara la cantidad de ejemplares colectados. Los datos morfométricos fueron tomados antes del proceso de conservación. Todos los ejemplares fueron fotografiados en fresco para registrar los diferentes patrones de coloración.

Una vez revisados los ejemplares, se seleccionaron los más representativos para su preservación en una solución de formalina al 10%, los ejemplares de mayor tamaño fueron inyectados directamente en el disco para evitar su descomposición. En relación con el tamaño de las rayas, se dejaron en formol por un período mínimo de siete días, al cabo de los cuales fueron lavados con abundante agua para eliminar el exceso de formol. Finalizado este proceso, los especímenes se conservaron en alcohol al 70%, se almacenaron en contenedores plásticos con cierres herméticos, se catalogaron e incluyeron en la CIACOL.

Capítulo 1: Taxonomía de las rayas de agua dulce (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) presentes en la zona de estudio

Resumen

A partir de la revisión de 116 ejemplares colectados en ambientes acuáticos aledaños a Leticia y Puerto Nariño, Amazonas, se reconoce la presencia de los géneros *Heliotrygon*, *Paratrygon*, *Plesiotrygon* y *Potamotrygon* y un total de 9 especies: *Heliotrygon gomesi*, *Paratrygon iwamae*, *Paratrygon nana*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon constellata*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon scobina* y *Potamotrygon tigrina*, lo que significa que la cuenca del río Amazonas alberga el 82% de la biodiversidad del grupo, conocida a nivel nacional. Se propone una clave artificial construida a partir de caracteres diagnósticos genéricos, la cual es una herramienta valiosa para ser empleada en el reconocimiento de las especies presentes en la zona de estudio. Esta información es el punto de partida para consolidar cifras verídicas de movilización, las cuales deben abrir el camino a la generación de estrategias reales de control y manejo apropiados. Los resultados presentados en este capítulo aportan información concreta al componente de bioecología, en taxonomía y sistemática, propuesta en el Plan de Acción Nacional de Tiburones, Rayas y Quimeras - PAN Colombia.

Palabras clave: Biodiversidad, especies, río Amazonas.

1.1 Introducción

La familia Potamotrygonidae agrupa rayas de agua dulce endémicas de América del Sur, las cuales tienen una amplia distribución en los ríos de este subcontinente, exceptuando aquellos que drenan hacia la vertiente Pacífica (Compagno & Cook 1995). Se encuentran desde la zona noroccidental de la cuenca del río Atrato en el nor-occidente colombiano, hasta la cuenca del río de la Plata en el sur de Argentina (Rosa 1985). Por muchos años este grupo ha generado confusión en cuanto a su diversidad real e identificación adecuada de especies, razón por la cual se han realizado tres revisiones completas de la familia (Carvalho & Lovejoy 2011) a partir de las que se han diagnosticado los géneros *Heliotrygon* Carvalho & Lovejoy 2011, *Paratrygon* Duméril 1865, *Plesiotrygon* Rosa, Castello & Thorson 1987 y *Potamotrygon* Garman 1877 y 36 especies válidas (Frickie *et al.* 2020).

Actualmente en Colombia se reporta la presencia de los cuatro géneros y un total de 11 especies: *Heliotrygon gomesi* Carvalho & Lovejoy 2011, *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle 1841), *Plesiotrygon iwamae* (Rosa, Castello & Thorson 1987), *P. nana* Carvalho & Ragno 2011, *Potamotrygon constellata* (Vaillant 1880), *P. magdalenae* (Duméril 1865), *P. motoro* (Müller & Henle 1841), *P. orbignyi* (Castelnau 1855), *P. schroederi* Fernández-Yépez 1958, *P. scobina* Garman 1913 y *P. yepezi* Castex & Castello 1970, las cuales cuentan con soporte en colecciones ictiológicas. Para la cuenca Amazónica colombiana se tienen registros en colecciones de las especies *Heliotrygon gomesi*, *Paratrygon aiereba*, *Plesiotrygon iwamae*, *P. nana*, *Potamotrygon constellata*; *P. motoro*; *P. schroederi* y *P. scobina* (DoNascimento *et al.* 2017).

A lo largo de varias décadas la identificación de potamotrygonidos se ha realizado considerando los patrones de coloración, característica que tiene variaciones entre poblaciones, especialmente para aquellas especies con distribuciones geográficas amplias como *Potamotrygon motoro* y *P. orbignyi* (Charvet-Almeida 2001, Da Silva & Carvalho 2015) y que han demostrado incluir un complejo de especies (Renza-Millán *et al.* 2014). Este método ha generado identificaciones erróneas,

especialmente en las macrocuencas del Amazonas y Orinoco, entre las cuales las diferencias son más notorias.

En aras de solventar dichos conflictos taxonómicos, en los últimos 10 años investigadores e instituciones alrededor del mundo se ha esforzado para resolver conflictos en la sistemática de la familia, de forma tal que se han empleado herramientas valiosas como análisis genéticos, consulta con expertos, comparación con material previamente depositado en colecciones biológicas, actividades que requiere una inversión alta en tiempo y dinero (Becerra & Valdecasas 2004; Da silva & Carvalho 2015) y que no están disponibles para ser aplicadas en todos los campos que se requieren. Estos esfuerzos han aportado información valiosa sobre la biodiversidad real del grupo a partir de la descripción de 16 nuevas especies (Da silva & Carvalho 2015).

Si bien es cierto que los análisis genéticos permiten dilucidar la sistemática del grupo, es necesario traducir sus hallazgos a un lenguaje apto para ser aplicado en distintos campos, en donde la asignación de especies dependa de diagnósticos genéricos (Rosa *et al.* 2010) basados en caracteres morfológicos y morfométricos (Lasso 2009; Mejía-Falla *et al.* 2009) combinados con patrones de coloración de fácil reconocimiento, de forma tal que en términos prácticos la taxonomía sea una herramienta fundamental en la gestión de los recursos de cualquier cuenca hidrográfica (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012), más aun considerando el contexto nacional en que las estadísticas pesqueras se basan en reportes hechos por personal que usualmente no tiene conocimiento en sistemática.

En este sentido, los hallazgos presentados en este capítulo, a partir de la identificación de las especies de rayas presentes en la zona de estudio empleando taxonomía basada en merística y morfometría, son importantes para el ordenamiento del recurso en este sector, pues aporta información sobre la biodiversidad real del grupo, proponiendo elementos adecuados para la correcta identificación de especies a nivel local, las cuales están siendo objeto de uso en el mercado nacional e internacional de peces ornamentales. Esta información es el

punto de partida para consolidar cifras verídicas de movilización, las cuales deben abrir el camino a la generación de estrategias reales de control y manejo apropiados (Mejía-Falla *et al.* 2009; Araújo *et al.* 2004).

1.2 Antecedentes

La primera descripción formal de potamotrygonidos en Colombia fue realizada por Dumeril (1865) quien estableció el subgénero *Paratrygon* en el cual incluyó la especie *Trygon aiereba* (Müller & Henle 1841) y describió a *Taeniura magdalenae* (sinónimo junior de *Potamotrygon magdalenae*) para la cuenca del río Magdalena (Rosa *et al.* 2010).

En años siguientes la información publicada sobre rayas de agua dulce hace parte de listados taxonómicos, contruidos sin descripciones o información sobre las especies, exceptuando la cuenca o subcuenca a la que pertenecen. Tal es el caso del reporte de los peces de la zona hidrográfica de la Amazonia (Bogotá-Gregory & Maldonado-Ocampo 2006), el cual registra la presencia de *Potamotrygon* cf. *constellata* (Caquetá), *P. hystrix* (Putumayo y Caquetá), *P. motoro* (Amazonas), *P. schroederi* (Apaporis) y *P. cf. signata* (Amazonas).

Este mismo año 2006, Galvis y colaboradores publican el libro “Peces del alto Amazonas, región de Leticia”, registrando la presencia de *Potamotrygon motoro* para este sector de la cuenca, adicionando algunos caracteres diagnósticos e información de historia de vida. Un año más tarde, se publica la lista actualizada, revisada y comentada de tiburones y rayas de Colombia (Mejía-Falla *et al.* 2007), en la cual se menciona la presencia de nueve especies de potamotrygonidos para el país, sin especificar a cuál cuenca o subcuenca pertenecen.

Por su parte, Maldonado-Ocampo *et al.* 2008 en el listado de peces de agua dulce de Colombia adicionan al inventario previamente reportado en el 2006, las especies *Paratrygon aiereba* y *Potamotrygon castexi* Castello & Yagolkowski 1969. En el trabajo “Avances en el conocimiento de Tiburones, Rayas y Quimeras de Colombia” (Mejía-Falla *et al.* 2009), se hace una recopilación de la información disponible

hasta ese año, producto de la cual se reportan para la cuenca del río Amazonas *Potamotrygon constellata*, *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. schroederi* y *Paratrygon aiereba*.

El Instituto Alexander von Humboldt, en su serie de libros sobre recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia, recopila información sobre las rayas de agua dulce aportando al conocimiento sobre aspectos de distribución geográfica, taxonomía, sistemática, citogenética, biología, ecología, biología pesquera, normatividad, comercio, salud pública, usos y conservación de las especies de este grupo presentes en el territorio nacional y en países vecinos (Lasso *et al.* 2013, 2016).

Adicional a los listados taxonómicos, se conoce el trabajo de García-Villamil y colaboradores (2013) quienes aplicaron técnicas moleculares para la identificación de las especies *Heliotrygon gomesi*, *Paratrygon aiereba*, *Plesiotrygon iwamae*, *P. motoro*, *P. yepezi*, *P. schroederi* y *P. magdalenae*, las cuales se colectaron en las cuencas de los ríos Amazonas, Orinoco, Magdalena, Esequibo, Caribe y Maracaibo. Sugieren que *Potamotrygon motoro* posiblemente incluya un complejo de especies, en donde las poblaciones de la cuenca amazónica se encuentran separados de las de la Orinoquia.

1.3 Métodos

1.3.1 Toma de datos

La identificación de las especies se hizo siguiendo las descripciones originales para cada una de ellas, así como revisiones sistemáticas, en algunos casos estas fueron confirmadas o corregidas a partir de la consulta a especialistas del grupo. Se consideró la combinación de caracteres diagnósticos como patrón de coloración, largo y ancho del filamento caudal, presencia o ausencia de tubérculos dérmicos en el disco, tamaño y ubicación de la espina caudal y distribución de dentículos y espinas en el filamento caudal.

De acuerdo con Hubbs & Ishiyama (1968) las especies de rayas comúnmente presentan diferencias considerables en el tamaño relativo de algunas partes del cuerpo, de forma tal que estas pueden ser empleadas sistemáticamente para diagnosticar especies. En este contexto, se tomaron 29 variables morfométricas las cuales han sido ampliamente evaluadas y estandarizadas en estudios como los de Bigelow & Schroeder 1953, Thorson & Watson 1979, Rosa 1985, Charvet-Almeida 2001, Carvalho & Lovejoy 2011 y Carvalho 2016, a partir de las cuales se hicieron comparaciones entre ejemplares y especies. La Tabla 1.1 y la Figura 1.1, presentan las descripciones de las medidas tomadas.

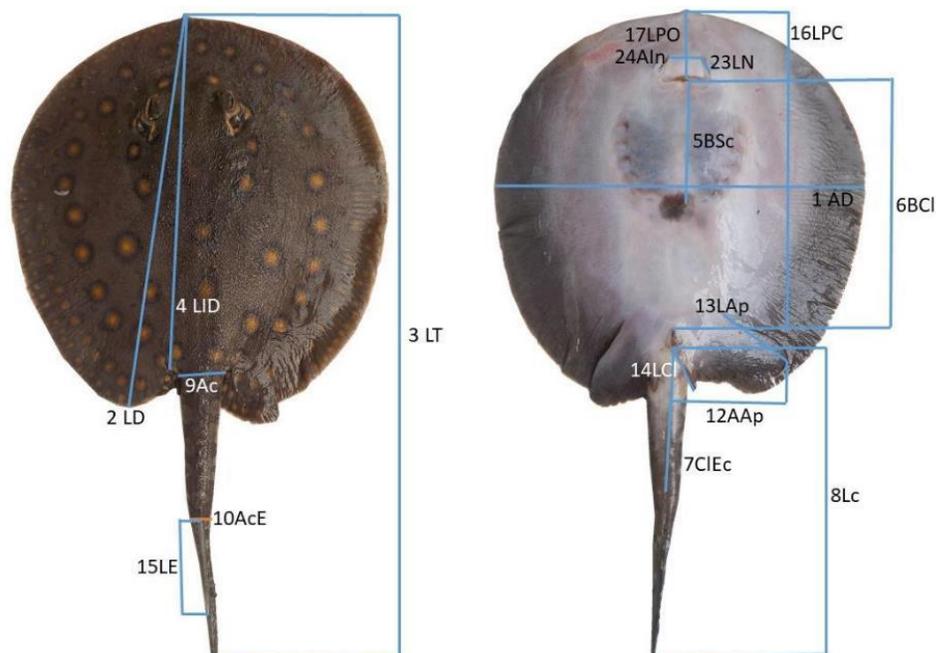
Tabla 1.1: Listado de las medidas tomada a los ejemplares. Modificado de Lasso *et al.* 2013.

Código	Medida	Descripción
1AD	Ancho del disco	Distancia máxima entre los puntos externos sobre la línea media del disco.
2LD	Largo del disco	Distancia máxima entre la punta del hocico hasta el extremo posterior del borde izquierdo del disco.
3LT	Largo total	Distancia máxima entre la punta del hocico hasta la punta del filamento caudal.
4LID	Longitud interna del disco	Distancia máxima entre la punta del hocico y la axila pectoral izquierda, tomada de forma oblicua a la línea media.
5BSc	Boca – Supracoracoideo	Distancia entre el margen anterior de la placa dentaria inferior y el margen anterior del cartílago coracoides.
6BCI	Boca – Cloaca	Distancia entre el margen anterior de la placa dentaria inferior y el margen anterior de la cloaca.
7CIEc	Cloaca – Espina caudal	Distancia desde el margen posterior de la cloaca hasta la base de la primera espina caudal, medida sobre la zona ventral, con el filamento caudal completamente estirado.
8Lc	Longitud cola	Distancia entre el margen posterior de la cloaca y la punta del filamento cauda. Se mide sobre la zona ventral.
9Ac	Ancho cola	Ancho máximo en la base de la cola, se toma excluyendo las espinas laterales.

10AcE	Ancho de la cola en la espina	Ancho del filamento caudal, tomado a la altura de la espina.
11Ac	Alto de la cola	Altura máxima de la cola, medida verticalmente en la base.
12AAp	Ancho aleta pélvica	Ancho máximo del margen posterior de la aleta pélvica, en machos incluye el margen interno del clasper.
13LAp	Largo aleta pélvica	Longitud máxima del margen anterior de la aleta pélvica.
14LCI	Longitud del clasper	Distancia entre el margen posterior de la cloaca hasta la extremidad del clasper izquierdo.
15LE	Longitud de espina	Longitud máxima de la porción expuesta de la espina.
16LPC	Longitud precloaca	Distancia entre la punta del hocico y el margen anterior de la cloaca, medida sobre la línea media.
17LPO	Longitud preoral	Distancia entre la punta del hocico y el margen anterior de la mandíbula inferior, tomada con la boca cerrada.
18LPN	Longitud prenarinas	Distancia entre la punta del hocico y el margen anterior de la narina.
19LHb	Longitud hendiduras branquiales	Distancia entre la primera y quinta hendidura branquial, tomada entre los márgenes internos.
20AHb1	Ancho entre las primeras hendiduras branquiales	Distancia entre el primer par de hendiduras branquiales, tomada entre los márgenes internos.
21AHb5	Ancho entre las últimas hendiduras branquiales	Distancia entre el último par de hendiduras branquiales, tomada entre los márgenes internos.
22AB	Ancho boca	Distancia máxima entre las comisuras bucales. Tomada con la boca cerrada.
23LN	Longitud narina	Distancia entre los márgenes anterior y posterior de la narina izquierda.
24Ain	Ancho internarinas	Distancia entre los márgenes anteriores de las narinas.
25DO	Longitud glóbulo ocular	Diámetro máximo horizontal.
26Les	Longitud espiráculo	Distancia oblicua entre los márgenes anterior y posterior del espiráculo.
27DI	Distancia interocular	Distancia entre los puntos medios de los márgenes superiores de los globos oculares.

28AIEs	Ancho interespiracular	Distancia entre los márgenes posteriores de los espiráculos.
29LPO	Longitud preocular	Distancia entre la punta del hocico y el margen anterior del ojo.

Las medidas fueron tomadas previo al proceso de conservación de los ejemplares, y se hizo de punto a punto, por considerarse la metodología más objetiva (Hubbs & Ishiyama 1968). Medidas inferiores a 15 cm fueron tomadas con ayuda de un calibrador digital electrónico (0,01mm/0,0005”) y se aproximaron a la décima de milímetro más cercana, las demás medidas fueron tomadas con una cinta métrica y aproximadas al milímetro más cercano (Rosa 1985). Como una forma de estandarización, los datos fueron tomados sobre el lado izquierdo del ejemplar ya que las dimensiones derecha e izquierda presentan variaciones (Hubbs & Ishiyama 1968).



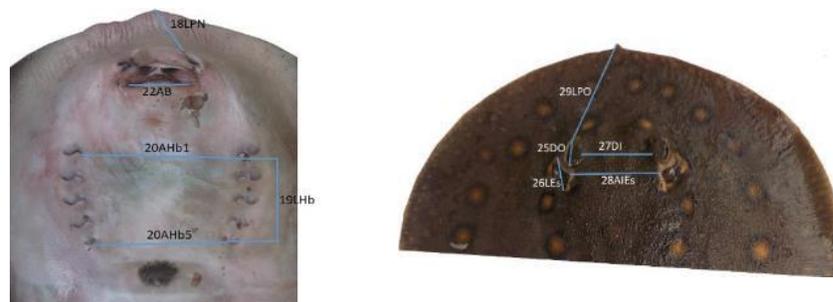


Figura 1.1: Ilustración de la toma de datos morfométricos, excepto 11 Ac: Alto de la cola.

Adicionalmente, se registró información relacionada con las colectas de cada ejemplar, como tipo de agua (blanca, negra) y hábitat (canal principal, lago, quebrada), con el ánimo de buscar asociaciones con los patrones de coloración.

1.3.2 Análisis de datos

Los datos fueron organizados en matrices, usando el software Microsoft Excel. Las medidas fueron estandarizadas siguiendo los protocolos previamente establecidos en los trabajos citados con anterioridad, presentándose como una proporción del ancho del disco (AD).

Para comparar las medidas se realizaron análisis estadísticos, de los cuales se excluyeron las especies representadas por un solo ejemplar (Tabla 1.2), ya que dicha cifra no es significativa (Henao-Castro 2013).

Tabla 1.2: Medidas de las dos especies excluidas de los análisis estadísticos, se presenta estandarizadas en proporción al ancho del disco, datos originales en centímetros. *Filamento caudal, ausente.

Medida	<i>Plesiotrygon nana</i>	<i>Potamotrygon tigrina</i>	Medida	<i>Plesiotrygon nana</i>	<i>Potamotrygon tigrina</i>
2LD	99,76	106,99	16LPC	95,38	88,54
3LT	*	182,34	17LPO	20,86	11,95
4LID	92,19	94,39	18LPN	15,98	7,95
5BSc	31,93	36,91	19LHb	16,40	18,89
6BCI	73,69	76,59	20AHb1	28,91	28,82

7CIEc	*	62,12	21AHb5	.	.
8Lc	*	86,36	22AB	9,45	10,09
9Ac	12,15	13,98	23LN	3,71	6,61
10AcE	*	5,30	24Aln	8,33	6,36
11Ac	6,32	6,30	25DO	1,71	3,10
12AAp	24,49	34,66	26LEs	1,77	6,61
13LAp	23,09	25,63	27DI	16,13	17,05
14LCI	0,00	27,08	28AIEs	16,21	17,30
15LE	*	18,90	29LPO	21,19	21,50

Como una primera aproximación numérica al set de datos se realizó un estudio de estadística básica descriptiva (promedio, mediana, mínimo, máximo, varianza, desviación y error estándar) para cada una de las especies. Estos análisis se realizaron para con ayuda del programa STATISTICA 7 (Anexo 1).

Para comprobar la normalidad de las variables se empleó la prueba Shapiro Wilk (W) para muestras cuantitativas, continuas y no agrupadas en intervalos, esta prueba es la más recomendada para muestras con n pequeños. Adicionalmente, se aplicó la prueba de Levene (F) para Homocedasticidad, la cual es más potente para la cantidad de datos a tratar (Guisande *et al.* 2013). Debido a que la mayoría de las variables no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Anexo 2), se emplearon análisis no paramétricos con el fin de hacer comparaciones entre las medidas de las diferentes especies.

Se realizaron pruebas de contraste de independencia con Chi-cuadrado (X^2) y test G, así como las medidas de asociación de V de Cramer y coeficiente de incertidumbre para establecer si existen asociaciones entre los diferentes patrones de coloración y el hábitat o tipo de agua de colecta de los ejemplares. Teniendo en cuenta el n de los individuos por cada patrón de coloración registrado, los análisis se realizaron solo para las especies *Potamotrygon motoro* y *Paratrygon aiereba*.

Debido a que el género *Paratrygon* se considera monotípico y durante la identificación de los ejemplares se observaron dos morfotipos, con patrones de coloración diferentes, las variables morfométricas fueron sujetas a análisis discriminante AD, técnica que clasifica distintos individuos en grupos o considerando la afiliación de un espécimen a un grupo determinado mediante una asignación categórica, en este caso, de acuerdo con la coloración. La información de cada una de estas variables se denomina “funciones discriminantes” y son las que se emplean para generar las clasificaciones/categorizaciones (de la Fuente 2011, Villa-Navarro 2012, Henao-Castro 2013). La información producto de los análisis se interpretó considerando los Eigenvalues, los cuales sugieren las varianzas entre los datos (Eigenvectors; Seitz & Hoover 2017).

Para evitar una sobre parametrización en el análisis discriminante, previamente se realizó una prueba de colinearidad o correlaciones simples, la cual busca eliminar variables que se encuentren altamente correlacionadas (superior al 0,6; McGarigal *et al.* 2000) y así establecer cuales variables son las que más aportan a la segregación de los grupos. Los análisis se realizaron con ayuda el programa Paleontological Statistics PAST.

1.4 Resultados

1.4.1 Generales

Se midieron un total de 116 ejemplares, pertenecientes a las especies: *Heliotrygon gomesi* (4 individuos), *Paratrygon iwamae* (5), *Paratrygon nana* (1), *Paratrygon aiereba* (25), *Potamotrygon constellata* (4), *Potamotrygon motoro* (50), *Potamotrygon orbignyi* (17), *Potamotrygon scobina* (10) y *Potamotrygon tigrina* (1).

En concordancia con lo anterior, para la zona de estudio se identificaron los cuatro géneros reportados para Colombia *Heliotrygon*, *Paratrygon*, *Plesiotrygon* y *Potamotrygon* (DoNascimento *et al.* 2017). Los géneros de la familia Potamotrygonidae están bien caracterizados y la identificación de cada uno de ellos no presenta grandes dificultades, pues se realiza a partir de caracteres

diagnósticos morfométricos bastante claros (Charvet-Almeida 2001). La descripción diagnóstica de las especies correspondientes a los géneros *Heliotrygon* y *Plesiotrygon* se realizó de manera simple, pues cada uno de estos grupos está representado por dos especies. A continuación, se presenta la descripción de los géneros y las especies registradas:

- **Género *Heliotrygon* Carvalho & Lovejoy 2011**

Etimología: Helios palabra de origen griego que significa “sol” y Trygon: “Raya que pica”

Los caracteres diagnósticos para el género fueron tomados y modificados de Charvet-Almeida 2001 y Carvalho & Lovejoy 2011.

Caracteres diagnósticos:

Se diferencia fácilmente de los otros géneros porque el largo del disco es casi igual al ancho, lo que le confiere un aspecto casi redondo. Los ojos no son pedunculados y pequeños, el diámetro ocular es menor que la longitud del espiráculo; presenta la mayor distancia pre ocular de los cuatro géneros. Las aletas pélvicas se encuentran cubiertas completamente por el disco. Este género presenta la espina caudal más corta, no excede la longitud del espiráculo. El filamento caudal es delgado, incluso en su zona basal, sin pliegues carnosos, ni espinas prominentes. *Heliotrygon* es considerado como el grupo hermano de *Paratrygon*, diferenciándose por la concavidad que presenta éste último en la región frontal del rostro (Carvalho & Lovejoy 2011).

- **Genero *Plesiotrygon* Rosa, Castello & Thorson 1987**

Etimología: Plesios palabra de origen griego que significa “cerca” y Trygon: “Raya que pica”

Los caracteres diagnósticos para el género fueron modificados de Rosa, Castello & Thorson 1987 y Charvet-Almeida 2001. Este género se diferencia de sus congéneres a partir de la combinación de los siguientes caracteres: Parte anterior del disco con un botón rostral. Comparado con los otros tres géneros presenta la mayor longitud del filamento caudal, el cual en ejemplares juveniles puede ser 4 veces o más el ancho del disco y 2 veces o más para adultos; el filamento presenta una membrana sobre la zona ventral, que inicia a la altura de la porción final de la espina, prolongándose casi hasta el final del filamento; los ejemplares adultos exhiben una o más filas de dentículos dérmicos conspicuos sobre la superficie dorsal de cola. El borde del disco deja parcialmente expuestas las aletas pectorales. Los ojos son pequeños, no pedunculados.

- **Género *Paratrygon* Dumeril 1865**

Disceus Garman 1877

Etimología: Para, del griego “del lado de” y Trygon “raya que pica”.

Los caracteres diagnósticos para el género fueron tomados y modificados de Charvet-Almeida 2001 y Rosa 1985. Este género, hasta el momento monotípico cuya única especie representante es *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle 1841) se reconoce de los otros tres géneros por la combinación de los siguientes caracteres morfológicos: Disco más largo que ancho, con la zona frontal cóncava, este carácter hace que se conozca comúnmente como raya manzana. El margen externo de los espiráculos presenta un lóbulo carnoso prominente. El filamento caudal es relativamente corto, siendo su longitud inferior a dos veces el largo del disco; los ejemplares adultos presentan espinas prominentes, laterales en la primera parte de la cola; carente de membranas; espina caudal bien desarrollada. Las aletas pélvicas están completamente cubiertas por el disco. Ojos pequeños, su diámetro es menor que la longitud de los espiráculos.

- **Género *Potamotrygon* Garman 1877**

Etimología: Potamos palabra de origen griego que significa “río” y *Trygon*: “Raya que pica”.

Los caracteres morfológicos empleados para identificar los ejemplares pertenecientes a este género fueron: Ojos grandes y pedunculados; botón rostral en la porción anterior del disco; aletas pélvicas parcialmente cubiertas por el disco; filamento caudal relativamente corto, su longitud no supera el doble del largo del disco, presenta pliegues membranosos en la zona dorsal y ventral; espina caudal bien desarrollada (Lobola & Carvalho 2013).

Una vez clasificados los identificados los ejemplares a nivel de género se procedió a la identificación de sus especies.

- **Especies identificadas**

Para el caso de *Heliotrygon*, las medidas para las comparaciones de los ejemplares se presentan en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3: Medidas de los especímenes de *Heliotrygon gomesi*, tomadas a cuatro hembras adultas. X: Media; Desvest: Desviación estándar. Ancho del disco (AD) y longitud del disco (LD) reportada en centímetros; las demás variables se reportan como porcentaje del AD.

Ejemplar	ADcm	LDcm	25DO	26LEs	15LE	17LPO
HG1	55,5	59,3	0,81	4,07	2,45	32,71
HG2	44,5	46,3	1,10	4,33	3,30	27,95
HG3	56,2	59,7	0,75	3,52	1,71	28,41
HG4	56,3	60,2	0,71	3,55	1,71	19,01
X	55,85	59,5	0,78	3,81	2,08	28,18
Desvest	5,76	6,72	0,17	0,39	0,75	5,75

Heliotrygon gomesi Carvalho & Lovejoy 2011

A partir de la identificación de los ejemplares colectados se amplió la distribución geográfica para Colombia del género y la especie (Lasso *et al.* 2003; Acosta-Santos *et al.* 2016).

CIACOL: 2899

Caracteres diagnósticos:

Esta especie se reconoce por la coloración de la superficie del disco, la cual es uniforme, carente de algún patrón, lo que la diferencia de la especie *Heliotrygon rosai* Carvalho & Lovejoy 2011. Los ejemplares encontrados presentaron coloración marrón uniforme, la zona ventral es color crema carente de patrones o marcas particulares (Figura 1.2). La superficie ventral es muy plana, comparada con las especies de los otros géneros. Los espiráculos se localizan muy cerca de los ojos, carecen de carnosidades en los bordes. La longitud de la boca es aproximadamente la mitad de la distancia entre las primeras aberturas branquiales. Los dentículos dérmicos son pequeños y con la punta redondeada, concentrados en la zona dorsal del disco, se van disipando hacia los bordes.



Figura 1.2: a. Ejemplar adulto de *Heliotrygon gomesi*, en vista ventral y dorsal. b. detalle de los ojos, espiráculos y dentículos dérmicos; c. detalle de la espina caudal.

Plesiotrygon iwamae Rosa, Castello & Thorson 1987

CIACOL: 677, 1054

Caracteres diagnósticos:

P. iwamae se diferencia de *P. nana* por que el disco es más largo que ancho, lo que le confiere una apariencia subelíptica. Ojos pequeños, menores que la longitud del espiráculo. Espiráculos más romboidales. Espina caudal relativamente larga (Tabla 1.4). Dentículos dérmicos en forma de estrellas. El principal carácter distintivo para diferenciar las especies es el patrón de coloración, superficie dorsal del disco de gris a marrón, con puntos crema, algunos de los cuales se agrupan para formar rosetas que se desvanecen sobre los bordes del disco; este patrón se extiende sobre la superficie dorsal del filamento caudal y las aletas pélvicas. Superficie ventral de color crema, con los bordes del disco con puntos marrón (Figura 1.3).

Tabla 1.4: Medidas de los especímenes de *Plesiotrygon iwamae*, tomadas a cuatro ejemplares adultos y uno juvenil X: Media; Desvest: Desviación estándar. AD y LD reportada en centímetros; las demás variables se reportan como porcentaje del AD.

Ejemplar	ADcm	LDcm	10Lc	25DO	26LEs	15LE
PIW1	52	54	140,89	1,15	6,14	16,86
PIW2	20,9	22,8	489,68	1,70	3,99	22
PIW3	61,6	66,3	183,11	1,30	5,36	-
PIW4	9,99	12,4	434,43	3,68	10,81	14,82
PIW5	56,7	58	146,2	1,58	7,40	18,34
X	52	54	183,11	1,58	6,14	17,6
Desvest	23,2	23,6	169,15	1,02	2,58	3,02





Figura 1.3: a. Ejemplar juvenil de *Plesiotrygon iwamae*, en vista ventral y dorsal; b. Ejemplar adulto; c. detalle del filamento caudal de un adulto y d. detalle de los ojos, espiráculos y dentículos dérmicos.

Plesiotrygon nana Carvalho & Ragno 2011

A partir de la colecta de este ejemplar se amplió la distribución geográfica de la especie para Colombia (Lasso *et al.* 2003; Acosta-Santos *et al.* 2016).

CIACOL: 1051

Caracteres diagnósticos:

P. nana se diferencia de *P. iwamae* por la forma casi circular del disco, ancho y largo muy similares (52,34 vs. 52,213mm); con la porción anterior redondeada, carente de protuberancia en forma de botón; espiráculos ligeramente romboidales, muy pequeños, 1,77% del ancho del disco (AD). Ojos pequeños, más pequeños que el diámetro del espiráculo (8,93mm vs. 9,29mm). Dentículos dérmicos pequeños, más dispersos hacia los bordes del disco, distribuidos sobre una línea central; los que se encuentran en la zona dorsal del filamento caudal son más pequeños que en *P. iwamae*. Las aletas pélvicas se proyectan por detrás del margen posterior del disco, márgenes ondulados. Aunque el espécimen revisado no presentó filamento caudal, la descripción original de la especie señala que este es muy largo y filiforme, de acuerdo con las características del género, contenida más de dos veces en el ancho del disco. La identificación de este ejemplar contó con la ayuda de expertos en el grupo.

Uno de los caracteres más importantes para la identificación de esta especie es el patrón de coloración que exhibe (Carvalho & Ragno 2011), caracterizado por la

superficie dorsal gris, con puntos y reticulaciones amarillas pálidas a blancas, los cuales forman patrones de rosetas irregulares, borde del disco con puntos blancos de diferentes tamaños, que siempre son más pequeños que la distancia interorbital (Figura 1.4).

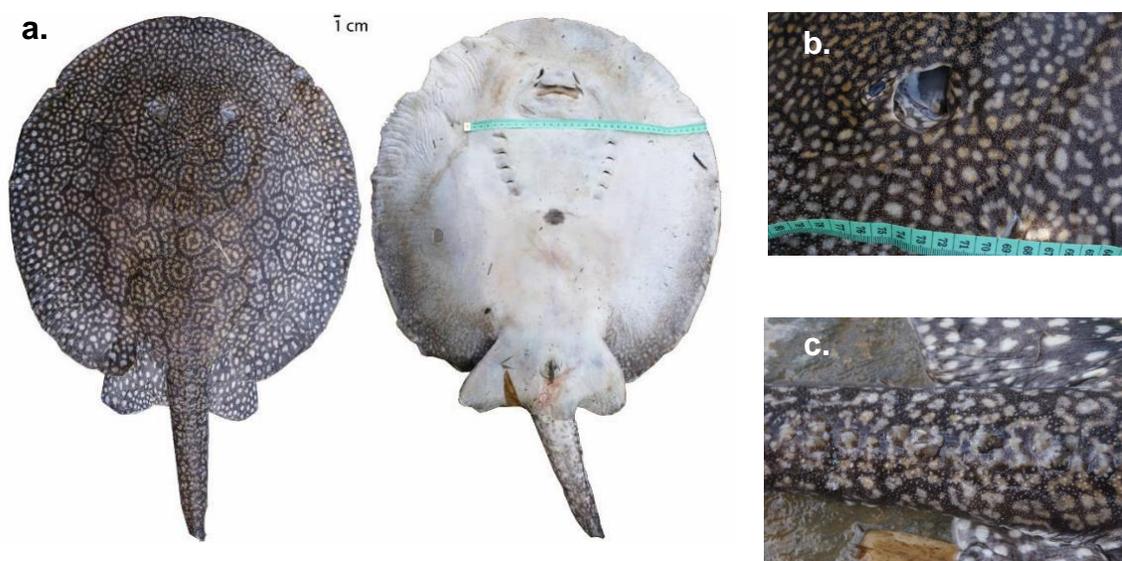


Figura 1.4: a. Hembra adulta de *Plesiotrygon nana* en vista ventral y dorsal. b. detalle del ojo y espiráculo; c. denticulos dérmicos del filamento caudal.

Por su parte, los ejemplares de *Paratrygon* fueron asignados a los grupos PA11 y PA12, a los cuales se les realizó una prueba de colinearidad (

Anexo 3), considerando este resultado se retuvieron las variables 2LD, 3LT, 4LID, 5BSc, 6BCI, 8Lc, 9Ac, 10AcE, 12AAp, 13LAp, 16LPC, 17LPO, 19LHb, 20AHb1,

23LN, 24Ain, 25DO, 26Les, 27DI, 28AIEs, las cuales fueron empleadas en el análisis discriminante (Figura 1.5). Esta prueba sugiere la presencia de dos morfotipos diferentes para dicho género, con relación a la merística tomada y los patrones de coloración. Adicionalmente, la prueba de contraste de independencia con X^2 y test G, no indican que exista una asociación entre las variables hábitat y patrón de coloración: $X^2_2= 3,20$, $p>0,001$ y test $G= 3,67$, $df=2$, $p>0,001$ o tipo de agua y patrón de coloración: $X^2_1=0,53$, $p>0,001$ y test $G= 0,54$, $df=1$, $p>0,001$.

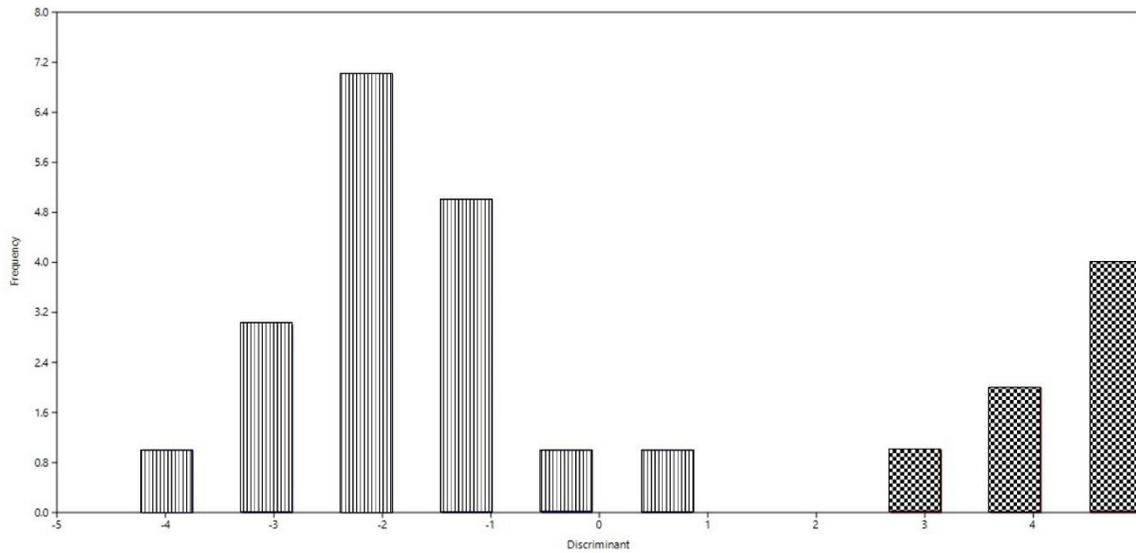


Figura 1.5: Análisis discriminante para el género *Paratrygon*, las frecuencias en líneas verticales corresponden a la asignación PAI1 y en puntos a PAI2, basadas en los patrones de coloración. Eigenvalues: eje 1: 7,199 (100%).

Paratrygon aiereba (Müller & Henle 1841)

Sinonimias: *Trygon aiereba* Müller & Henle 1841

Trygon stroglyopterus Jardine 1843

Disceus thayeri Garman 1913

CIACOL: 901, 1032, 1033, 1034, 1038, 1902, 1903

Caracteres diagnósticos:

Una vez expuestos los caracteres diagnósticos para el género resta poco por decir sobre las características que separan la única especie del grupo del resto, excepto que para la zona de estudio se registraron dos coloraciones diferentes; i. zona dorsal del cuerpo marrón oscuro, con o sin manchas negras sobre el centro del disco, dos marcas conspicuas en la región preocular, las cuales le otorga a la especie el nombre común de “Cejuda” y ii. Superficie marrón oscuro con manchas blancas y negras que forman rosetas, incluso sobre los bordes del disco, el filamento caudal no presenta este patrón (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Figura 1.6).

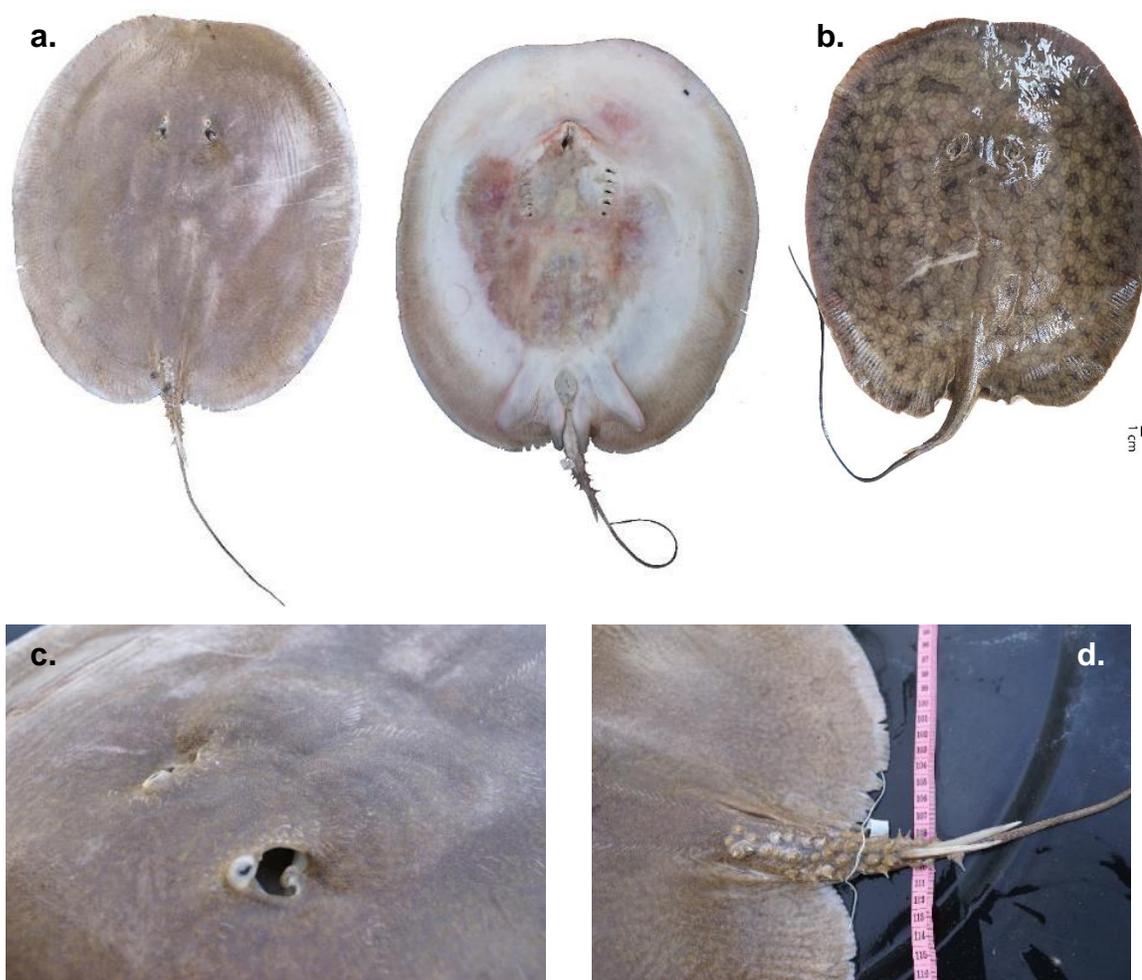


Figura 1.6: a. Macho adulto de *Paratrygon aiereba* en vista ventral y dorsal. b. ejemplar con patrón de coloración con rosetas; c. detalle del ojo y espiráculo y d. denticulos dérmicos del filamento caudal.

Potamotrygon constellata (Vaillant 1880)Sinonimias: *Potamotrygon circularis* Garman 1913*Taeniura constellata* Vaillant 1880

CIACOL: 4050

Caracteres diagnósticos (Tomados y modificados de Garman 1913).

Para la revisión de estos ejemplares se consideraron los siguientes caracteres: Disco subcircular, ligeramente más largo que ancho, presencia de tubérculos conspicuos en el disco, en la zona sub marginal y a lo largo de la línea media y laterales del filamento caudal. El color de la zona dorsal varió entre marrón y gris oscuro, con manchas naranja pálido que forman rosetas en el sector submarginal del disco, este patrón se extiende en la cola.

La zona ventral varió de beige a rosado, marrón oscuro en el borde del disco y de la zona media hasta las aletas pélvicas, manchas circulares del mismo tono sobre el resto de la superficie; aletas pélvicas con manchas amarillas; ojos prominentes (Figura 1.7). Las variaciones observadas en las superficies dorsales de los individuos colectados también estuvieron relacionadas con la cantidad y distribución de los tubérculos (Figura 1.8).





Figura 1.7: a. Macho adulto de *Potamotrygon constellata* en vista dorsal y ventral. b. dentículos dérmicos del disco y c. detalle del ojo y espiráculo.



Figura 1.8: Variaciones en la distribución de tubérculos dérmicos en la especie *Potamotrygon constellata*.

Potamotrygon motoro (Müller & Henle 1841)

Sinonimias: *Taeniura motoro* Müller Y Henle 1841

Trygon (Taenura) mulleri Castelnau 1855

Potamotrygon circularis Garman 1913

Potamotrygon laticeps Garman 1913

Potamotrygon alba Castex 1963

Potamotrygon pauckei

CIACOL: 1653, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908, 1909, 1910, 1911, 1912

Caracteres diagnósticos (Tomados y modificados de Lobola & Carvalho 2013).

Uno de los aspectos más importantes a considerar para la identificación de la especie es el patrón de coloración, caracterizado por la presencia de ocelos tricolores, con el centro blanco, alrededor un anillo amarillo a naranja y el anillo más externo, negro, distribuidos sobre disco; su diámetro es similar o mayor al diámetro ocular. Disco subcircular, ligeramente más largo que ancho; espiráculos trapezoides; las aletas pélvicas presentan manchas amarillas a naranja; el filamento caudal con manchas marrón claro. Dentículos dérmicos bien desarrollados, en la región central del disco presentan forma de estrella; carecen de surcos labiales. La región ventral color crema, con los bordes marrón, con una mancha oscura sobre el arco del escapulocoracoideo; ojos son grandes y pedunculados (Figura 1.9).



Figura 1.9: a. Macho juvenil de *Potamotrygon motoro* en vista dorsal y ventral. b. detalle del ojo y espiráculo y c. dentículos dérmicos del disco.

Se encontraron dos variaciones en el patrón de coloración, la primera de ellas, en la que dos manchas naranja comparten el anillo externo negro, en este caso la periferia del disco presenta círculos que varían entre negro y marrón oscuro, solo algunos círculos del borde presentan el centro amarillo. El filamento caudal de

estos ejemplares presentó un color marrón, con manchas vermiculares más claras, poco notorias. En la última variación el color del disco es marrón oscuro y los ocelos son poco llamativos, casi pasando desapercibidos. La cola presenta manchas beige formado rosetas (Figura 1.10). La coloración de la zona ventral en los dos casos es muy similar al primer patrón descrito, beige con una mancha oscura en el centro del disco, bordes marrón.



Figura 1.10: Variaciones en el patrón de coloración de *Potamotrygon motoro*, registradas en la zona de estudio.

El resultado de la prueba X^2 sugiere que el tipo de hábitat influye parcialmente en el patrón de coloración de los ejemplares de la especie $X^2_2 = 15,15$, $p < 0,001$ y test $G = 15,22$, $df = 2$, $p < 0,001$, (Tabla 1.5), no siendo así entre el tipo de agua y la coloración: $X^2_2 = 0,29$, $p < 0,001$ y test $G = 0,51$, $df = 2$, $p < 0,001$.

Tabla 1.5: Asociación entre los patrones de coloración y el hábitat de *Potamotrygon motoro*.

Statistics	Chi-square	df	p
Pearson Chi-square	15,14689	df=2	p=,00051
M-L Chi-square	15,22240	df=2	p=,00050
Contingency coefficient	,4859303		
Cramer`s V	,5559858		
Uncertainty coefficient	X=,2521753	Y=,2339062	

Potamotrygon orbignyi (Castelnau 1855)Sinonimias *Trygon (Taenura) dumerilii* Castelnau 1855*Trygon (Taenura) d`orbignyi* Castelnau 1855*Trygon reticulatus* Günther 1880*Potamotrygon humerosus* Garman 1913

CIACOL: 1895, 1896, 1897, 1898, 1899, 1900

Caracteres diagnósticos (tomados y modificados de Da Silva & Carvalho 2015).

Los ejemplares se identificaron a partir de la combinación de los siguientes caracteres: Boca pequeña, con surcos labiales bien marcados y evidentes; el dorso exhibe un patrón reticular que varía entre marrón oscuro y violeta, los cuales marcan manchas hexagonales de color marrón claro, el patrón reticulado puede estar incompleto, presentando solamente puntos violetas; el filamento caudal presenta franjas transversales oscuras; cola sin espinas laterales conspicuas. Aletas pélvicas con machas amarillas. Los ojos son relativamente grandes, ovalados y prominentes.

La coloración de la zona ventral es muy similar a la de *Potamotrygon constellata* varió de beige a rosado, marrón oscuro en el borde del disco y de la zona media hasta las aletas pélvicas, manchas circulares del mismo tono sobre el resto de la superficie (Figura 1.11).



Figura 1.11: a. Hembra de *Potamotrygon orbignyi* en vista dorsal y ventral y los diferentes patrones de coloración registrados para la especie; b. detalle del ojo y espiráculo y c. detalle de los surcos labiales.

Potamotrygon scobina Garman 1913

CIACOL 1090, 1652, 1901

Caracteres diagnósticos:

Los ejemplares identificados en esta especie presentaron tres patrones diferentes de coloración: i. Fondo del disco marrón oscuro con manchas redondas de diferentes tamaños, las cuales variaron entre amarillo y blanco, se extiende sobre las aletas pélvicas, las manchas sobre el filamento caudal forman rosetas; en estos ejemplares las espinas sobre la zona dorsal del filamento caudal se distribuyen

entre dos y tres filas, las cuales inician en la base y finalizan en la inserción de la espina. ii. Las manchas amarillas redondas se mantienen, pero a diferencia del primero el fondo es negro, se mantiene sobre las aletas pélvicas, la cola también presenta rosetas y iii. Las manchas amarillas son más pequeñas y numerosas, se distribuyen formando rosetas sobre un fondo marrón oscuro, este patrón se extiende hasta la base de la espina caudal, de ahí en adelante se intercalan franjas negras con pequeñas rosetas (Figura 1.12).

a.

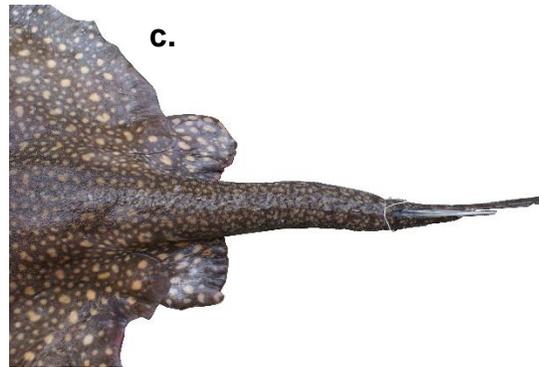


Figura 1.12: a. Hembra adulta de *Potamotrygon scobina* en vista ventral y dorsal y los diferentes patrones de coloración registrados; b. detalle del ojo y espiráculo y c. detalle del filamento caudal.

Potamotrygon tigrina Carvalho, Sabaj Pérez & Lovejoy 2011.

Esta especie no está reportada para Colombia, sin embargo, no cuenta con váucher en la CIACOL.

Caracteres diagnósticos:

Este ejemplar se identificó considerando el siguiente conjunto de caracteres: fondo del disco marrón oscuro, con reticulaciones y manchas redondas naranja delimitadas por bandas negras, los círculos se concentran en los márgenes del disco, los más pequeños se encuentran sobre el borde. Aletas pélvicas con círculos naranjas. Filamento caudal marrón con seis reticulaciones transversales más claras; superficie ventral beige claro con los márgenes del disco marrón oscuro, con una mancha redonda negra en la zona media (Figura 1.13).

Disco más largo que ancho (346,5mm vs. 323,85mm), relativamente ovalado; hocico con una protuberancia a manera de botón en la porción anterior, pequeño pero claramente visible; ojos pequeños, el diámetro es menor que el del espiráculo (10,04mm vs. 21,4mm); espiráculos próximos a los ojos, romboidales y amplios (21,4mm); cola robusta en la base, con las espinas dorsales cortas y bien espaciadas, distribuidas en dos hileras poco definidas; boca relativamente pequeña, equidistante entre el borde del hocico y el primer par de hendiduras branquiales; dientes relativamente pequeños y romboidales desprovistos de cúspides conspicuas; con cinco papilas bucales, tres sobre la zona central y dos laterales; espina caudal localizada en la zona posterior del filamento caudal, con aserraciones laterales, terminación muy aguda. Dentículos sobre la zona central del disco, de mayor tamaño, borde del disco carente de dentículos, filamento caudal con espinas sobre la línea media más conspicuas en la porción terminal. La determinación taxonómica de este ejemplar requirió de la ayuda de expertos.

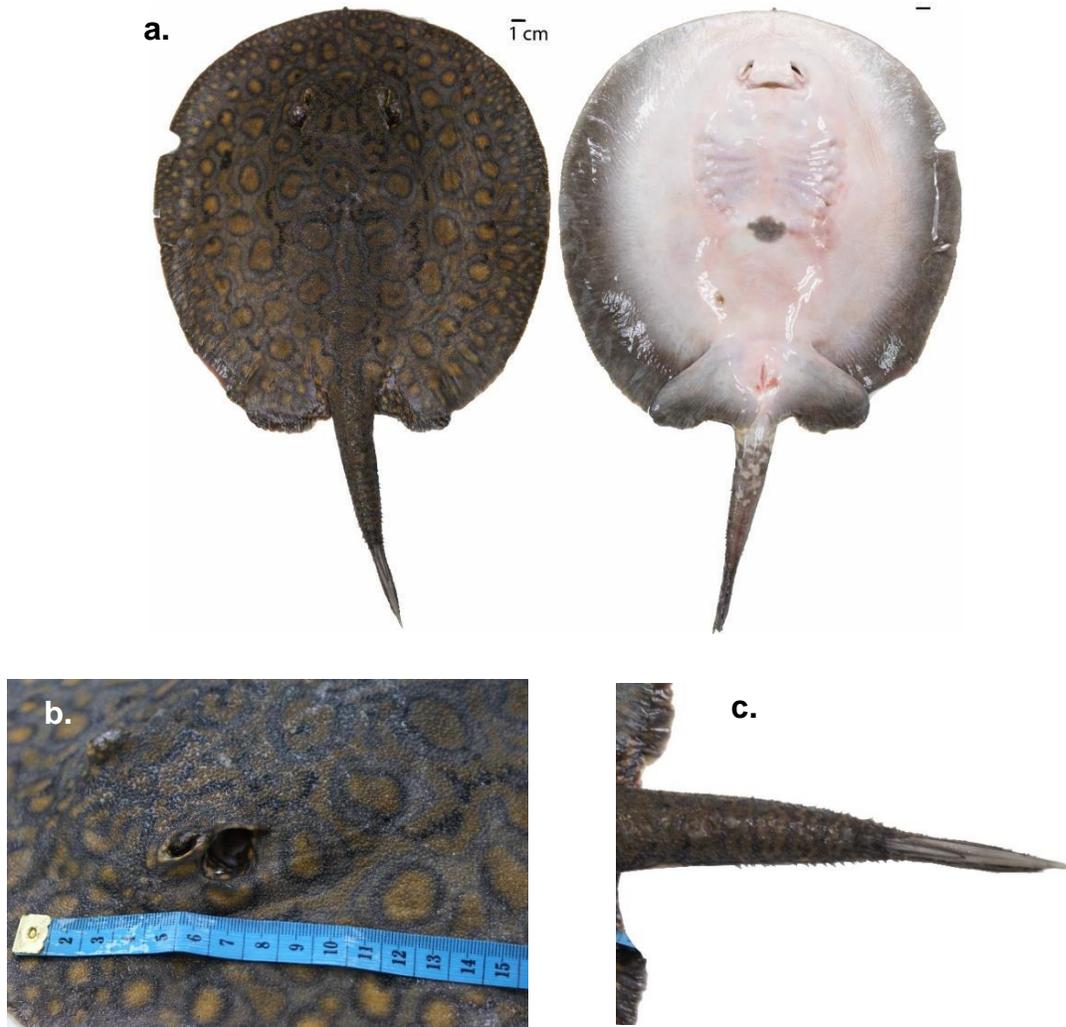


Figura 1.13: a. Ejemplar de *Potamotrygon tigrina* colectado en el canal principal del río Amazonas, Leticia. Hembra en posición ventral y dorsal; b. detalle del ojo y espiráculo y c. detalle del filamento caudal.

Con el ánimo de facilitar la identificación de los ejemplares de la familia Potamotrygonidae reconocidos a partir de este estudio, para el sector medio de la cuenca del río Amazonas, se sugiere una clave artificial para especies en la cual se resumen los atributos morfológicos más importantes para cada una de ellas y que esta actividad pueda ser realizada de forma asertiva en cualquier campo, la clave no considera el uso de relaciones entre variables morfométricas.

-
- 1a. Zona frontal del disco cóncava, margen externo de los espiráculos con un lóbulo carnoso, carente de pliegues membranosos en el filamento caudal, aletas pélvicas completamente cubiertas por el disco.....*Paratrygon aiereba*
- 1b. Zona frontal del disco sin concavidades 2
- 2a. Disco casi tan largo como ancho, lo que le confiere un aspecto casi redondo, ojos y espina caudal reducidos, aletas pélvicas completamente cubiertas por el disco, filamento caudal sin pliegues membranosos*Heliotrygon gomesi*
- 2b. Disco más largo que ancho, lo que le confiere un aspecto subcircular, ojos y espinas relativamente grandes, el disco no cubre por completo las aletas pélvicas, filamento caudal con mínimo un pliegue membranoso3
- 3a. Filamento caudal largo, en juveniles puede ser 4 veces o más el ancho del disco y en adultos 2 veces o más, presenta un pliegue membranoso sobre la zona ventral.....
Gro. Plesiotrygon 4
- 3b. Filamento caudal relativamente corto, su longitud no supera el doble del largo del disco, pliegues membranosos en la zona dorsal y ventral, botón rostral en la porción anterior del disco, espina caudal bien desarrollada.....
Gro Potamotrygon 5
- 4a. Superficie dorsal del disco de marrón claro a marrón oscuro, con puntos crema, algunos de los cuales se agrupan para formar rosetas que se desvanecen sobre los bordes del disco; este patrón se extiende sobre la superficie dorsal del filamento caudal, el disco es más largo que ancho, subcircular*Plesiotrygon iwamae*
- 4b. Superficie dorsal del disco gris, con puntos y reticulaciones amarillas pálidas a blancas, los cuales forman patrones de rosetas irregulares, borde del disco con puntos blancos de diferentes tamaños, que siempre son más pequeños que la distancia interorbital, disco casi tan largo como ancho, casi circular.....
Plesiotrygon nana

- 5a. Ocelos tricolores con el centro blanco, alrededor un anillo amarillo o naranja y el anillo más externo negro, muy llamativos distribuidos sobre disco; su diámetro es similar o mayor al diámetro ocular, esporádicamente agrupados o poco llamativos, casi desapercibidos.....*Potamotrygon motoro*
- 5b. Sin ocelos tricolores, en lugar de ellos la superficie del disco puede presentar manchas redondas amarillas a blancas, machas redondas formado rosetas o vermiculaciones amarillas con bordes negros6
- 6a. Superficie del disco con tubérculos bien desarrollados, especialmente distribuidos sobre la zona sub marginal y a lo largo de la línea media y laterales del filamento caudal, color de la zona dorsal entre marrón y gris oscuro, con manchas naranja pálido que forman rosetas en el sector submarginal del disco
Potamotrygon constellata
- 6b. Superficie del disco sin tubérculos.....7
- 7a. Manchas redondas amarillas a blanco de diferentes tamaños, distribuidas de manera irregular, el fondo puede variar entre marrón o negro o manchas redondas amarillas a blanco más pequeñas, distribuidas formando rosetas sobre un fondo marrón oscuro, en cualquiera de los casos el patrón se extiende sobre las aletas pélvicas y las 2/3 partes del filamento caudal
Potamotrygon scobina
- 7b. Sin manchas redondas, patrón reticulado continuo o interrumpido.....8
- 8a. Superficie dorsal con un patrón reticular continuo que varía entre marrón oscuro y violeta, los cuales marcan manchas hexagonales de color marrón claro, el patrón reticulado puede estar incompleto, presentando solamente puntos violetas; el filamento caudal presenta franjas transversales oscuras; cola sin espinas laterales conspicuas, con surcos labiales bien marcados y evidentes..... *Potamotrygon orbignyi*

- 8b. Superficie dorsal disco marrón oscuro, con reticulaciones interrumpidas y manchas redondas naranja delimitadas por bandas negras, margen del disco con puntos más pequeños; aletas pélvicas con círculos naranjas; cola marrón claro con seis reticulaciones transversales.....*Potamotrygon tigrina*

1.5 Discusión

La identificación a nivel de especie de la familia Potamotrygonidae ha sido una tarea difícil, no solo para biólogos, si no para comerciantes y criadores de peces ornamentales (Rosa *et al.* 2010); así como para el personal encargado de hacer seguimiento a las exportaciones y los registros de las estadísticas pesqueras de movilización, quienes usualmente están poco relacionados con la taxonomía. Este escenario, es producto de las pocas investigaciones específicas hechas sobre el grupo que puedan proporcionar especificaciones sólidas para cada especie, y ofrecer diagnósticos genéricos (Rosa *et al.* 2010) que puedan ser empleados eficaz y fácilmente en cualquier campo.

▪ **Género Heliotrygon**

La descripción original de la especie *Heliotrygon gomesi* se realizó a partir de ejemplares colectados en Benjamin Constant (Brasil) y en el río Nanay en Loreto (Perú). Los ejemplares base de la descripción de la especie provienen de ambientes de aguas blancas, mientras que los 4 especímenes reportados en este estudio se colectaron en las aguas negras del lago El Correo, sistema lagunar de Tarapoto (Puerto Nariño), el cual colinda directamente con el río Loretoyacu, también de aguas negras (Palma *et al.* 2004).

Es necesario considerar que, en años atípicos cuando el nivel del río Amazonas se eleva sobre el promedio alcanza a inundar el lago Tarapoto, mezclando sus aguas y confiriéndole características de aguas blancas (con. per. Duque 2020). Sin embargo, para el período de colecta (diciembre de 2014) el valor del nivel del río

fue normal en comparación a los datos entre 1999 y 2014. Estos hallazgos también pueden estar relacionados con el bajo número de estudios realizados sobre el grupo.

Aunque la distribución se ha establecido para el sector alto de la cuenca del río Amazonas, es posible que se localice en los tramos inferiores de la mayoría de los principales afluentes, así como en la cuenca baja del Amazonas, teniendo una distribución similar a la de *Plesiotrygon iwamae* (Carvalho & Lovejoy 2011).

▪ **Género Paratrygon**

Los resultados del análisis discriminante para el género sugieren la presencia de dos grupos diferenciados a partir de medidas como longitud total, longitud de la cola y longitud preocular principalmente y aunque este es el único género considerado monoespecífico, autores como Lasso 2006 sugiere que los ejemplares presentes en las cuencas de la Orinoquia y la Amazonia pertenecen a especies distintas.

Sin embargo, nuevas evidencias indican que entre más alejadas geográficamente se encuentran las poblaciones sus diferencias genéticas son mayores (Frederico *et al.* 2012) y estas diferencias podrían expresarse en cambios en el tamaño del cuerpo, e individuos de “tallas grandes” pueden ocurrir en simpatría con las de “tallas pequeñas” (conv. pers. M. Kolemman & J. P. Fontenelle 2020), sin que éstas diferencias indiquen necesariamente la presencia de una especie nueva para el grupo. Lo anterior resulta coincidente con los resultados obtenidos del análisis discriminante, sin embargo, para llegar a una conclusión es necesario realizar análisis moleculares entre los dos morfotipos para entender el origen de estas diferencias.

▪ **Género Plesiotrygon**

Para este género la especie *Plesiotrygon nana*, fue descrita recientemente a partir de material colectado en el canal principal de los ríos Itaya, tributario del Amazonas en el sector de Loreto y Pachitea tributario del río Ucayali en Perú, los cuales han

sido clasificados como de aguas blancas, al igual que los primeros especímenes observados, los cuales pertenecen al sector medio de la cuenca del río Solimões en Brasil (Carvalho *et al.* 2011).

A diferencia de los reportes ecológicos previos, el único ejemplar reportado en este estudio se colectó en ambientes lagunares de aguas negras, en el humedal de Tarapoto, (Puerto Nariño). El epíteto *nana* adjudicado originalmente a la especie hace referencia a la talla pequeña del ancho de disco registrado en el material tipo, el cual osciló entre 24,3 y 20,2 cm para machos y hembras respectivamente (Lasso *et al.* 2003), sin embargo, el ejemplar colectado acá presentó un AD de 52,34cm, aunque es acelerado concluir al respecto, podría ser que al igual que el caso de *Paratrygon aiereba* las diferencias entre las poblaciones se expresen en tallas diferentes.

- **Genero Potamotrygon**

Este género reúne el 87% (33) de las especies descritas para la familia (Fricke *et al.* 2020). La especie *Potamotrygon motoro* presenta la distribución geográfica más amplia del género, se encuentra desde la cuenca del río Orinoco en Venezuela hasta el sistema del río de la Plata en Argentina y Uruguay (Rosa 1985, Lobola & Carvalho 2013), considerando lo expuesto con anterioridad es probable que una especie con una distribución así de extensa y que habita en diferentes ambientes, presente variaciones en caracteres como el patrón de coloración, el cual puede variar entre poblaciones de diferentes cuencas, incluso de áreas adyacentes en una misma cuenca (Lobola & Carvalho 2013). Las diferencias en los patrones de coloración reportados en el presente estudio concuerdan con los encontrados, descritos y atribuidos a la especie por Lobola & Carvalho (2013).

Por su parte, la presencia de la especie *Potamotrygon tigrina* para el país era probable pues de acuerdo con la distribución del material tipo, fue registrada para el sector alto de la cuenca del río Amazonas, en el río Nanay, Perú. La diferencia principal con sus congéneres es el patrón de coloración de la zona dorsal del disco

y del filamento caudal y aunque está estrechamente relacionada con *P. schroederi*, ya que son muy similares en proporciones y conteos, esta última no se encuentra en la zona de estudio (Carvalho *et al.* 2011).

Como resultado de las diferencias químicas entre los ambientes acuáticos presentes en la cuenca amazónica, se ha sugerido que la dispersión de especies ícticas se ha dado como resultado de condiciones hidrográficas que restringen la distribución de especies, al actuar como barreras que selectivamente impulsan la especiación alopátrica (Lovejoy & Araujo 2000; Hubert & Reno 2006). Para el área de estudio, el río Amazonas actúa como corredor para la dispersión de la biota acuática entre diferentes tipos de agua (Duncan & Fernandes 2010).

Considerando que especies como *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi* exhiben una amplia distribución geográfica, no solo a nivel de cuencas y subcuencas, si no en diferentes tipos de agua, es plausible considerar que la familia Potamotrygonidae presenta patrones de distribución alopátricos (Toffoli *et al.* 2008; Duncan & Fernandes 2010).

La clave artificial sugerida a partir de este estudio presenta diferenciaciones claras para las especies encontradas en la zona, a partir de caracteres morfológicos y de coloración que han sido considerados diagnósticos en trabajos previos (Carvalho, Sabaj & Lovejoy 2011; Charvet-Almeida 2001; Lobola & Carvalho 2013; Da Silva & Carvalho 2015, entre otros). A partir de los resultados encontrados se cumplió el objetivo planteado inicialmente para el capítulo, y se plantean nuevos interrogantes en relación con las condiciones que determinan la distribución de las especies en la zona de estudio.

1.6 Conclusiones

- A partir de los resultados encontrados se reporta para la zona de estudio la presencia de los géneros *Heliotrygon*, *Paratrygon*, *Plesiotrygon* y *Potamotrygon*, así como de nueve especies: *Heliotrygon gomesi*, *Paratrygon*

aiereba, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Potamotrygon constellata*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon scobina* y *Potamotrygon tigrina*, lo que significa que la cuenca del río Amazonas alberga el 82% de la biodiversidad del grupo, conocida a nivel nacional.

- Las especies *Heliotrygon gomesi* y *Plesiotrygon nana* se habían reportado previamente en ambientes de aguas blancas, mientras que los ejemplares colectados en este estudio corresponden a ambientes de aguas negras, del lago El Correo, sistema lagunar de Tarapoto, Puerto Nariño, ampliando el rango de hábitats para las dos especies.
- La clave artificial realizada a partir de caracteres diagnósticos genéricos es una herramienta valiosa para ser empleada en el reconocimiento de las especies presentes en la zona de estudio, particularmente por quienes realicen actividades de control y vigilancia y los registros para las estadísticas pesqueras nacionales.
- Los resultados presentados en este capítulo aportan información concreta al componente de bioecología, en taxonomía y sistemática, propuesta en el Plan de Acción Nacional de Tiburones, Rayas y Quimeras - PAN Colombia.

1.7 Recomendaciones

- Desarrollar estudios que involucren información detallada de la fisicoquímica del agua, que pueda ser relacionada con la presencia de especies de Potamotrygonidos presentes en diferentes ecosistemas acuáticos, en aras de dilucidar los patrones de distribución de estas.

- Realizar estudios genéticos para la especie *Paratrygon aiereba* que ayuden a esclarecer si los dos morfotipos hallados se tratan de especies diferentes o no.
- Obtener especímenes de *Potamotrygon tigrina* para realizar formalmente la ampliación de distribución geográfica de la especie para Colombia.

Capítulo 2. Biología reproductiva de *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle 1841) en el sector medio de la cuenca del río Amazonas

Resumen

A partir de la revisión de 51 ejemplares de la especie *Potamotrygon motoro* (H: 22; M: 29) colectados en ambientes acuáticos en inmediaciones de Leticia y Puerto Nariño, Amazonas, se confirmó que el tipo de reproducción de la especie es vivipariedad aplacentaria trofonemática. A partir de la revisión de estadíos gonadales de hembras y machos y el análisis del factor de condición (K), índice hepatosomático (IHS) e índice gonadosomático (IGS) se sugiere que el ciclo hidrológico influye en los eventos reproductivos, siendo las aguas en descenso (junio y julio) cuando se presentan la mayoría de ejemplares maduros y, los nacimientos ocurren en septiembre cuando el nivel del río es mínimo e inicia su ascenso. La presencia de ejemplares maduros a mediados de aguas en ascenso, indica que existen diferencias individuales relacionadas con la maduración sexual. En cuanto a la relación longitud-peso, el parámetro de alometría obtenido fue de 3,1788 y 3,0659 para hembras y machos, respectivamente, señalando un tipo de crecimiento alométrico positivo en el primer caso e isométrico en el segundo, sugiriendo que las hembras ganan más peso en proporción a la talla, con relación a eventos reproductivos como la gestación. Se estableció la talla media de madurez sexual para hembras en 38 y para machos en 35 cm de ancho de disco. Las tallas mínimas fueron de 27,8 cm AD y 26,5 cm AD para hembras y machos, respectivamente.

Palabras clave: Ciclo hidrológico, *Potamotrygon motoro*, Reproducción, Tallas de madurez sexual.

2.1 Introducción

Para entender los procesos que determinan la permanencia de una especie en un ecosistema es necesario conocer la secuencia de eventos que les ocurren durante su ciclo de vida, especialmente los relacionados con la biología reproductiva, entendida como los procesos y mecanismos de reproducción, a través de los cuales se pueden determinar las variaciones en su vulnerabilidad, en función de aspectos como talla y edad a la cual alcanzan la madurez sexual, fecundidad (número de crías), e inversión energética en los procesos de crecimiento y reproducción (Saborido-Rey 2003).

Los potamotrygonidos presentan fecundación interna, con una estrategia reproductiva vivípara, aplacentaria (Thorson *et al.* 1983), de tipo trofonemática, en la cual el desarrollo embrionario se realiza en los oviductos hasta que las crías están listas para nacer. Durante el período de gestación existe una dependencia nutricional con la madre (Charvet-Almeida 2001), quien las alimenta a través de una serie de papilas localizadas sobre la pared uterina que secretan una sustancia líquida o “leche uterina” (Wourms 1977). Dicha estrategia depende de las reservas acumuladas en el hígado para los procesos de vitelogénesis y nutrición de embriones (Baldrige 1970).

Aunque no existe cuidado parental, las crías nacen con tallas relativamente grandes (superiores a los 12cm de ancho de disco), condición que reduce el número de depredadores potenciales y competidores mientras alcanzan tamaños mayores que les permitan acceder a presas más grandes y aumentar sus oportunidades de sobrevivencia (Bonfil 1994).

De acuerdo con Charvet-Almeida *et al.* (2005), la familia presenta períodos reproductivos anuales bien definidos, asociados con cambios en las características físicas y químicas del agua ocurridos una vez inicia el período de lluvias, descritos

en ciclos que involucran: i) maduración gonadal de 2 a 4 meses, ii) copulación, sincronizada con aguas altas o bajas según la especie, iii) gestación de 3 a 9 meses, iv) nacimiento, usualmente sincronizado con aguas altas y v) período de descanso. El éxito reproductivo depende en gran medida de cómo se invierten los recursos energéticos durante los diferentes períodos del ciclo, los cuales son identificados a través de observación micro y macroscópica de las estructuras reproductivas y de la evaluación de índices corporales, los cuales cuantifican el desarrollo gonadal (Saborido-Rey 2003).

Así, el índice más común es el gonadosomático (IGS) o coeficiente de madurez, el cual cambia notoriamente a lo largo del desarrollo gonadal en las especies con puesta estacional (Saborido-Rey 2003). Por su parte, el índice hepatosomático (IHS) permite cuantificar los cambios en el peso del hígado generados por la acumulación y pérdida de lípidos durante la vitelogénesis (Lucano-Ramírez *et al.* 2001). Se emplea como un indicador del nivel de reservas y su interpretación se relaciona directamente con el estado de madurez sexual (van Bohemen & Lambert 1981). La relación entre peso y longitud de los especímenes es un indicador importante para establecer el factor de condición corporal K, que permite evaluar el desarrollo sexual, así como la cantidad de energía invertida en crecimiento o reproducción (Le Cren 1951; Bolger & Connolly 1989).

La medición de la fecundidad (relativa y específica), caracteriza el potencial reproductivo de especies a partir de la fecundidad individual, talla de madurez sexual, proporción de sexos, periodicidad y frecuencia de las épocas reproductivas a lo largo del ciclo individual (Saborido-Rey 2003). La información obtenida a partir de estos procesos biológicos es fundamental para el manejo de un recurso (Arenas-Granados & Acero 1992) y adquieren una mayor relevancia cuando se trata de organismos como los Potamotrygonidos, los cuales tienen un potencial reproductivo reducido (Bonfil 1994).

En este contexto, el objetivo general del presente capítulo es aportar al conocimiento sobre rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) presentes en cuerpos

de agua aledaños a los municipios de Leticia y Puerto Nariño, a través de la descripción de la condición reproductiva de hembras y machos de *Potamotrygon motoro*, especie más abundante a lo largo del período de colecta, y las variaciones durante el período de estudio de los índices gonadosomático, hepatosomático, factor de condición, proporción sexual y estado de madurez gonadal, para establecer tallas de madurez sexual y períodos de gestación.

2.2. Antecedentes

Thorson y colaboradores (1983) observaron las características reproductivas y morfométricas de 40 ejemplares de *Potamotrygon circularis* (sinónimo de *P. constellata*) y 23 de *Potamotrygon motoro*, colectadas en los ríos Javará y Arara, afluentes directos del Amazonas. Describieron la estructura del sistema reproductivo de hembras y machos, sugiriendo que son vivíparos aplacentarios, donde los estadios avanzados son alimentados con una “leche uterina” secretada por trofonemas. La talla media de madurez sexual para *P. motoro* fue establecida entre 20 - 25 cm y entre 24 - 32 cm para machos y hembras, respectivamente, la cual es alcanzada al finalizar el segundo año de vida y la madurez sexual completa, aproximadamente a los 4 años.

Mejía-Falla y colaboradores (2009) realizaron una recopilación sobre aspectos biológicos y ecológicos de rayas con información del norte de América del Sur, principalmente en Brasil y Venezuela, en relación con tallas de reproducción, dieta, ciclos reproductivos y hábitats. Concluyen que para la mayoría de las especies sólo el ovario izquierdo es funcional, característica presente en *Potamotrygon motoro* (Pratt 1988), *P. constellata* (Thorson *et al.* 1983) y *P. orbignyi* (Lasso *et al.* 1996). Es importante resaltar que se presentaron diferencias de tallas de reproducción en relación con las condiciones específicas de los sitios de colecta, razón por la cual es necesario realizar estudios puntuales para cada cuenca y sus diferentes sectores (Barbarino & Lasso 2009).

La Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA), realizó una prueba piloto a partir de la cual logró reproducir en cautiverio 20 hembras de *Potamotrygon motoro*,

las cuales fueron colectadas del medio natural con tallas entre los 10 y 12 cm de ancho de disco (AD). Estas, se ubicaron en estanques en tierra por un período de 22 meses, después de los cuales alcanzaron la talla y edad de madurez sexual (27 a 31 cm AD) y fecundidad de dos crías por hembra (Argumedo 2008).

Aunque se conoce información biológica y ecológica sobre especies de potamotrygonidos generada en Brasil y Venezuela, es de vital importancia conocer las características del recurso para Colombia. Las generalidades de los rasgos reproductivos se mantienen entre especies, sin embargo, es importante conocer particularidades, las cuales varían de un lugar a otro asociado a factores ambientales. Conocer este tipo de información fundamenta las decisiones que se puedan tomar para generar medidas de manejo y regulación de extracción de este tipo de recursos (Charvet-Almeida *et al.* 2005).

Tabla 2.1: Biología y ecología de Potamotrygonidos presentes en la cuenca del río Amazonas. AD (Ancho del Disco). Tomada y modificada de Lasso (2009) y Mejía-Falla *et al.* 2009.

Especie	Talla máxima AD (cm)		Peso máximo (Kg)		Talla madurez sexual AD (cm)		Época reproductiva	Fecundidad	Hábitat	Fuente: Autor/País
	♂	♀	♂	♀	♂	♀				
<i>Paratrygon aiereba</i>	157	114	113.5?	24?	37	44.7	Lluvias (mayo-junio)	Entre 1 y 8 embriones. 2 crías cada dos años.	Canal principal de ríos y caños de aguas claras, blancas y negras. Fondos arenosos, zonas poco profundas	Barbarino y Lasso 2005. Río Apure, Venezuela. Charvet-Almeida <i>et al.</i> 2005, Brasil
<i>Plesiotrygon iwamae</i>	Sin datos		Sin datos		40	50	Sin datos	Sin datos	Cauce principal del río Amazonas	Rosa <i>et al.</i> 2010. Brasil
<i>Potamotrygon motoro</i>	Un poco más de 50 cm**		Superior a 10 Kg**		31.8*	>38*	Nacimientos en época de lluvias*	Entre 3 y 6 embriones* Entre 4 y 11 embriones	Fondos arenosos de aguas quietas, caños de aguas negras y claras, humedales	Thorson <i>et al.</i> 1983. *Lasso, datos no publicados, Río Inírida **Rosa 1985
<i>Potamotrygon constellata</i>	45		Sin datos		32-34	35-45	Sin datos	Entre 4 y 11 embriones	Sin datos	Thorson <i>et al.</i> 1983. América del Sur
<i>Potamotrygon orbignyi</i>	32.5	29	2	1.4	23	29.5	Nacimientos en época de lluvias	Entre 1 y 2 embriones	Caños "inactivos", lagos inundables y lagunas artificiales de aguas blancas y claras	Lasso <i>et al.</i> 1996. Venezuela

<i>Potamotrygon schroederi</i>	Entre 40 y 60 cm. Datos insuficientes	Sin datos	42	44	Nacimientos en época de lluvias	Entre 1 y 3 embriones. Datos insuficientes	Sin datos	De Carvalho <i>et al.</i> 2003. Brasil
--------------------------------	---------------------------------------	-----------	----	----	---------------------------------	--	-----------	--

2.3 Métodos

2.3.1 Toma de datos

Para el desarrollo de este capítulo se trabajó con la especie *Potamotrygon motoro*, la cual aportó casi el 50% del total de los ejemplares colectados, siendo el n de las especies restantes poco confiable para caracterizar la condición reproductiva. Como se mencionó en los métodos del capítulo uno, a cada uno de los ejemplares colectados se les tomaron 32 medidas corporales, 3 de las cuales se emplearon para evaluar la condición reproductiva de los especímenes: ancho del disco (AD), longitud del disco (LD) y longitud del clasper para machos (Lcl).

Para la obtención de la información relacionada con la biología reproductiva de los especímenes se determinó el sexo de los ejemplares, el peso total mediante el empleo de una balanza digital marca Kner con capacidad para 24 kg ($\pm 5g$), para especímenes más grandes se empleó una balanza marca Dibal con capacidad de 300 Kg ($\pm 10g$). A todos los ejemplares se les realizó una incisión desde el escapulocoracoideo hasta el centro de las aletas pélvicas para extraer los órganos de la cavidad, y obtener el peso eviscerado. Los pesos del hígado y gónadas fueron establecidos con una balanza analítica marca Pioneer, con capacidad máxima para 210 g ($\pm 0,1mg$).

Los aspectos reproductivos fueron evaluados a partir de la proporción entre hembras y machos, estos últimos fueron reconocidos por la presencia de cláspers u órganos copuladores, los cuales se calcifican a medida que el individuo alcanza la madurez sexual (Charvet-Almeida 2001). El estado de madurez de los ejemplares analizados se estableció siguiendo lo propuesto por Ramos-Socha (2010) para *Potamotrygon magdalenae* (Tabla 2.2).

Tabla 2.2: Escala de desarrollo gonadal. Tomada y modificada de Ramos-Socha 2010, propuesta para la especie *Potamotrygon magdalenae*

Estado	Hembras		Machos
Inmaduro I	Ovarios pequeños de textura acuosa, color crema, sin presencia de ovocitos, oviductos delgados poco diferenciados.		Testículos acuosos, ductos poco diferenciados, el cláspes no sobrepasa las aletas pectorales, flácidos, ausencia de semen, rotación nula y rifiodón cerrado.
En maduración II	Ovarios delgados, consistentes, sin ovocitos de apariencia uniforme, oviductos delgados y diferenciados, úteros poco desarrollados.		Testículos consistentes, ductos diferenciados, epidídimo en forma de rollos en la parte anterior, que se pueden extender hasta la parte media del conducto deferente, el cual se diferencia claramente, cláspes de mayor tamaño que en el estado anterior, sobrepasan el margen del disco, rotación reducida, casi nula, no hay presencia de semen, aunque hay un aumento en el grado de calcificación.
Maduros III	Sin embriones IIIa	Ovario con ovocitos fácilmente diferenciados oviductos gruesos y útero parcialmente ensanchado.	Testículos de apariencia lobulada, el conducto deferente se prolonga paralelo a la columna vertebral, epidídimo enrollado a lo largo de todo el ducto alcanzando la vesícula seminal, los cláspes sobresalen de las aletas pélvicas, aumentando notablemente su tamaño y grosor, totalmente calcificados, rifiodón abierto, rotación mayor a 360° y presencia de semen.
	Con embriones IIIb	Ovario con ovocitos grandes, embriones ubicados dentro de los úteros, que están ensanchados, ocupan gran parte de la cavidad visceral, vellosidades internas y leche intrauterina.	
	Postparto IV	Útero ensanchado con paredes flácidas y sanguinolentas	

En hembras la fecundidad ovárica se determinó de acuerdo con el número de folículos en maduración en el ovario funcional y la fecundidad uterina (Lasso 1996,

Garrone 2010, Ramos-Socha 2010), en caso de encontrarse, con el número de embriones en el útero y la presencia de leche intrauterina. A los embriones se les determinó la talla y el grado de desarrollo según lo propuesto por Lasso (2005; Tabla 2.3).

Tabla 2.3: Clasificación de los embriones de acuerdo con su grado de desarrollo. Tomada y modificada de Lasso (2005).

Estadio	Grado de desarrollo
1	Neonatos poco desarrollados, apenas visibles, casi transparentes
2	Neonatos poco desarrollados, visibles, con algunas estructuras diferenciadas
3	Neonatos con alto contenido de saco vitelino
4	Neonatos con saco vitelino, filamentos branquiales y dientes poco desarrollados, ejemplares abortados por la madre.
5	Neonatos con poco saco vitelino y estructuras bien desarrolladas, ejemplares abortados por la madre.

2.3.2 Análisis de información

- **Aspectos reproductivos**

La información tomada fue organizada en tablas con el programa Microsoft Excel. La descripción del sistema reproductor para cada uno de los ejemplares se realizó a partir de la observación de las estructuras macroscópicas.

La estructura de tallas se realizó a partir de la obtención de rangos, intervalos y amplitud, de acuerdo con la regla de Sturges, a partir de los resultados arrojados se construyeron histogramas de frecuencia.

Para determinar la fecundidad se consideró el número promedio de los huevos presentes en cada ovario (Babel 1967). Se empleó el programa STATISTICA 7 para calcular el coeficiente de correlación de Spearman entre la cantidad y el diámetro de los ovocitos y la talla de las hembras.

La proporción de sexos se determinó a partir de la cantidad de machos y hembras colectados mensualmente, estos datos se representaron gráficamente en términos de porcentaje. Para establecer si existen diferencias significativas entre las proporciones obtenidas, se realizó una prueba de Chi cuadrado (X^2) mediante el programa STATISTICA 7.

▪ **Período reproductivo**

El tipo de crecimiento se estableció a partir de la relación longitud-peso, para lo cual se empleó el ancho del disco vs. peso total de cada ejemplar (Rosa 1985). El crecimiento isométrico o alométrico se determinó considerando el valor de b en la ecuación:

$$Y=ax^b$$

Donde Y es el peso del ejemplar; a: es el intercepto de la curva; x: ancho del disco y b: coeficiente de alometría de la relación talla-peso (Froese 2006). Considerando que la longitud se expresa de forma lineal y el peso es igual al cubo de la talla, cuando un ejemplar conserva la forma durante el crecimiento ($b=3$), se considera isométrico, cuando $b>3$ en especímenes de mayor talla la ganancia en peso es mayor que en la talla y cuando $b<3$ los individuos aumentan su longitud más que su peso (Froese 2006). Una vez se obtuvo el valor de b, este fue reemplazado en la ecuación:

$$FC=P_T / AD^b \times 100$$

Donde P_T : peso del ejemplar, AD: ancho del disco y b es el valor obtenido de la relación peso-longitud (Tresierra & Culquichicón 1993).

Por su parte, el índice hepatosomático (IHS) fue calculado a partir del peso eviscerado de cada ejemplar y no del peso total, evitando de esta forma la incidencia del peso de las gónadas en la obtención (Sparre & Venema 1997), para lo cual se empleó la ecuación:

$$IHS: (Ph / Pv) * 100$$

Dónde: Ph corresponde al peso del hígado y Pv al peso eviscerado del animal.

En condriccios calcular el IHS es importante ya que el hígado es el órgano encargado de acumular las reservas energéticas empleadas en la reproducción, por tanto, su valor considerado en una escala temporal señala los períodos de actividad reproductiva.

Finalmente, el índice gonadosomático (IGS) se calculó a partir del peso promedio de ambas gónadas en machos y de la gónada de mayor desarrollo en hembras (Ramos-Socha 2010), en relación con el peso corporal eviscerado (Tresierra & Culquichicón 1993). Para esto se empleó la ecuación:

$$\text{IGS} = (\text{Pg} / \text{Pv}) * 100$$

Siendo Pg el peso gonadal y Pv el peso eviscerado del animal.

Para establecer la talla mínima (Tmin) y media de madurez sexual (TMM), se seleccionaron los datos correspondientes a hembras y machos en estado de madurez III. La TMM, entendida como el punto en el que el 50% de los especímenes son maduros, se determinó empleando el ajuste del siguiente modelo logístico de King (1995):

$$P = 1 / (1 + e^{-a \times (L - L_m)})$$

Donde P es la proporción de individuos maduros, L el valor central de cada clase de tamaño y a y Lm son constantes.

La talla mínima de madurez correspondió al menor ancho de disco en el que se encontró un ejemplar maduro.

Los resultados de los aspectos reproductivos fueron contrastados con la variación mensual del nivel del río (Figura 2.1), durante el período de colecta.

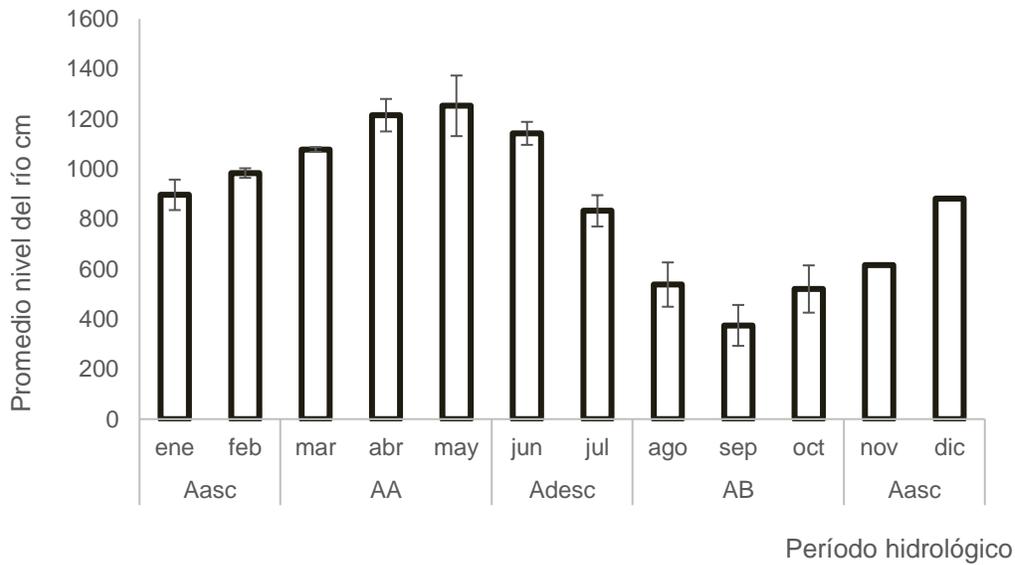


Figura 2.1: Variación en el nivel del río Amazonas a la altura de Leticia, desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre de 2014. Fuente: Dirección General Marítima DIMAR.

2.4 Resultados

Se colectaron un total de 51 ejemplares provenientes del área de estudio (22 H: 29 M), de los cuales 6 corresponden a individuos nonatos (3 H: 3M). En términos generales las tallas de las hembras oscilaron entre 7 y 45,2 cm de ancho de disco (AD), y para machos entre 6,77 y 55 cm (AD). Por su parte, los pesos variaron entre 14 – 7910g y 14 - 7600g para hembras y machos, respectivamente.

2.4.1 Aspectos reproductivos

En los cálculos no fueron incluidos los valores de ejemplares nonatos, en este sentido, la cantidad total de individuos analizados fue de 45. De acuerdo con el número de ejemplares examinados se establecieron 7 clases de tallas. Como se observa en la Figura 2.2, los intervalos de clases mejor representados fueron 13,2 - 19,1 y 25,1 - 31,1 cm AD, los cuales agruparon el 57% de los ejemplares. En todas las clases predominaron los machos, excepto en el intervalo entre 43,1 y 49,1

cm AD. En ninguna clase se registraron solo hembras, lo cual no evidenció dimorfismo sexual secundario, asociado al tamaño.

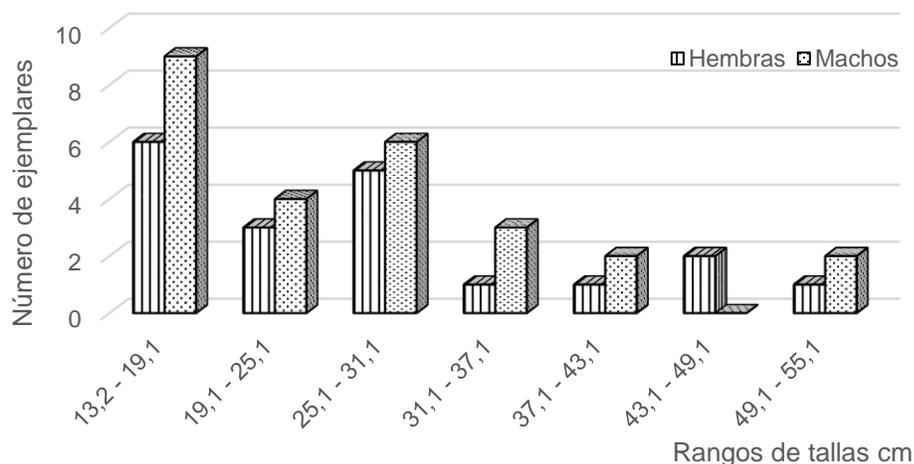


Figura 2.2: Estructura de tallas para hembras y machos de *Potamotrygon motoro*, colectadas durante el 2014

En términos generales se encontraron ejemplares inmaduros y maduros a lo largo del muestreo (Figura 2.3), las hembras maduras con embriones (iiib) fueron registradas en junio y noviembre, mientras que el estadio iv, en reposo se encontraron en diciembre. El estadio en maduración (ii) fue el que aportó la menor cantidad de especímenes, a partir de 2 hembras colectadas en julio y 3 machos en noviembre.

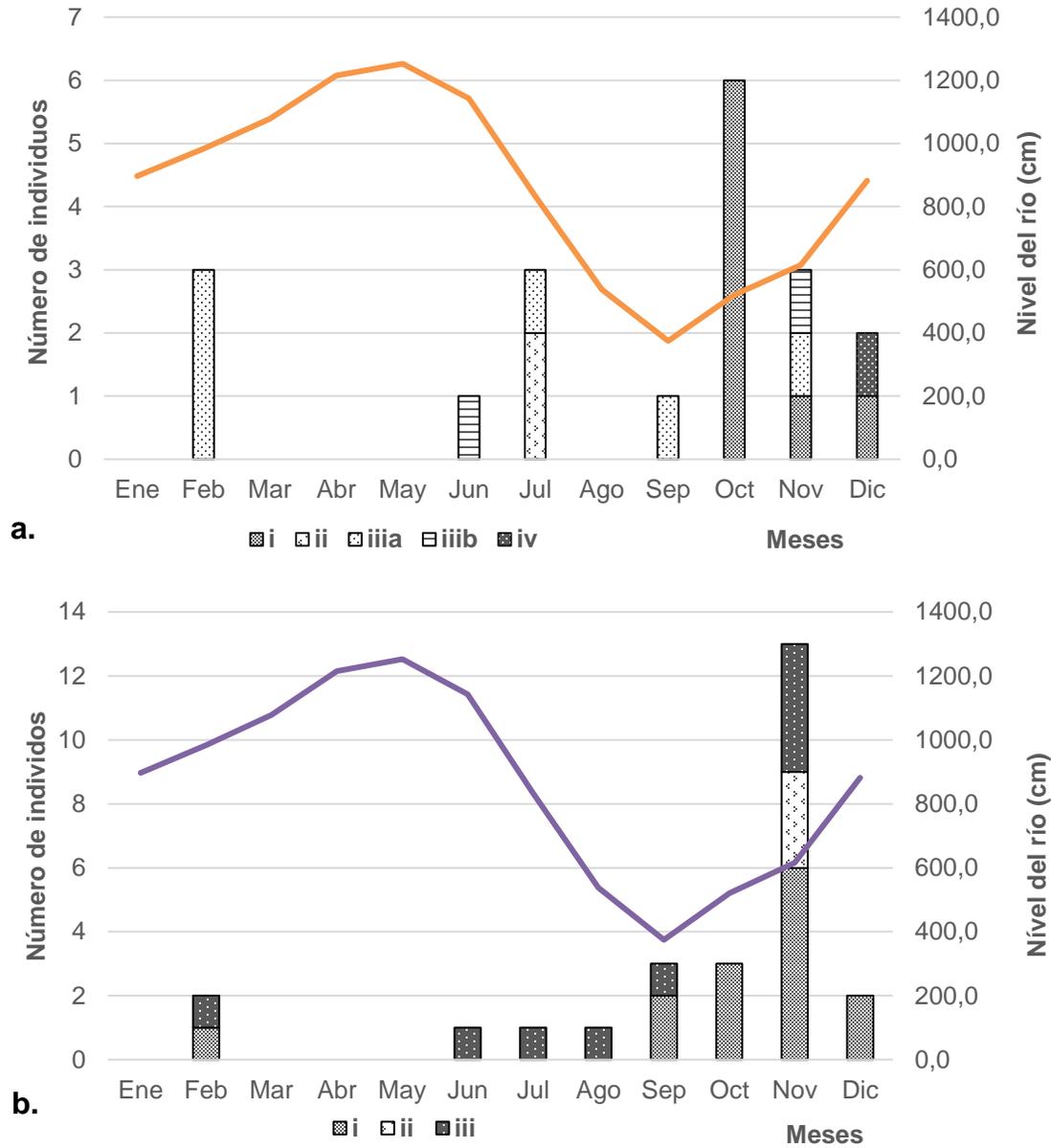


Figura 2.3: Variación temporal de cada uno de los estadios gonadales de *Potamotrygon motoro* en relación con las variaciones en el nivel del río Amazonas. a. Hembras, b. Machos. El número de individuos se presentan en columnas apiladas.

▪ Hembras

Las tallas de las hembras inmaduras correspondientes al estadio gonadal i, oscilaron entre 13,2 y 18,1 cm AD, mientras dos especímenes clasificados en el

estadio en maduración ii, presentaron un AD de 13 cm. Por su parte, los ejemplares maduros registraron tallas desde los 27,86 hasta 53,5 cm (Tabla 2.2).

Tabla 2.2: Relaciones morfométricas para hembras de *Potamotrygon motoro*. AD: Ancho de Disco, LD: Longitud de Disco.

Estadio	Intervalo cm		Promedio		%AD	
	AD	LD	AD	LD	AD	LD
Neonatos	7,058 - 8	7,327 - 8,8	7,391	7,77	100	105,12
Inmaduras	13,2 - 23,64	14,1 - 26,163	18,005	19,045	100	105,77
En maduración	23,8 - 26	25,5 - 27,5	24,9	26,5	100	106,42
Maduras	27,86 - 53,5	32,4 - 60	37,348	40,23	100	107,71

Las hembras maduras presentaron mayor desarrollo del ovario izquierdo, el derecho se caracterizó por presentar menor tamaño y peso. Los úteros de las hembras inmaduras presentaron una coloración rosa pálido, los ovarios se observaron como filamentos blancuzcos a cada lado de la columna vertebral. En las hembras en maduración, los ovarios sufren un engrosamiento, al igual que los úteros, la coloración es más opaca comparada con la anterior (Figura 2.4).

Por su parte, las hembras maduras (iiia) presentaron ramilletes de ovocitos en diferentes grados de desarrollo, envueltos por un epitelio delgado y transparente, se localizan en la zona superior izquierda de la cavidad visceral, los úteros mucho más ensanchados y visibles (Figura 2.4). En el estadio iiib el desarrollo de las crías se registró en $\frac{3}{4}$ partes del lado izquierdo, siempre se encontraron ovocitos, úteros prominentes con presencia de múltiples vellosidades blancas o trofonemas (Figura 2.4). Las hembras post parto presentan los ovarios y úteros flácidos y paredes delgadas.

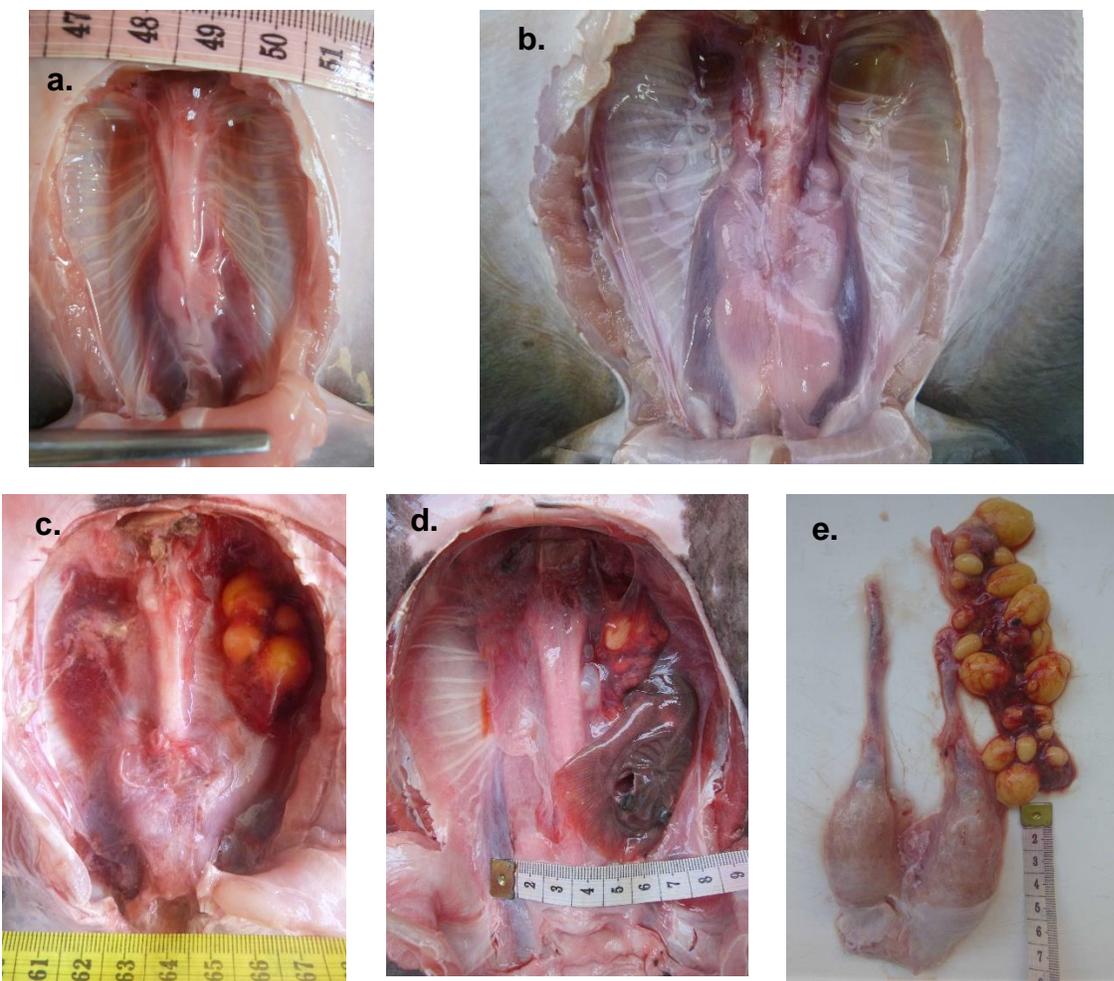


Figura 2.4: Gónadas en diferentes estadios de *Potamotrygon motoro*, registrados durante la época de estudio. a. inmadura i, b. en maduración ii, c. madura iii a, d. madura iii b y e. ovocitos hembra gestante.

- Fecundidad

Se encontraron hembras en estadio iii a durante febrero, julio, septiembre y noviembre, el 50% de ellas se registraron en febrero. La cantidad de ovocitos osciló entre 4 y 25, con diámetros entre 2,7 y 29mm y diferentes grados de desarrollo, todos registrados en el ovario izquierdo. La coloración varió entre amarillo cremoso, un poco translucido a amarillo fuerte, con paredes gruesas, bien definidas y opacos (Figura 2.5). El mayor número de ovocitos fue registrado en un ejemplar colectado en julio, la cual estaba en estado de gravidez con 6 crías, 3 de las cuales fueron

expulsadas al momento de la captura, los tres restantes fueron extraídos y procesados en el laboratorio.



Figura 2.5: Ovocitos encontrados en dos hembras de *Potamotrygon motoro*, durante la época de estudio. a. colectada en febrero y b. colectada en julio.

La Figura 2.6 muestra la relación entre el diámetro de los ovocitos y el AD de cada una de las hembras registradas en estadio iia. Se realizó una correlación de Spearman (0,4964) entre las variables, señalando que existe una correlación significativa y positiva entre ellas ($p < 0,05$).

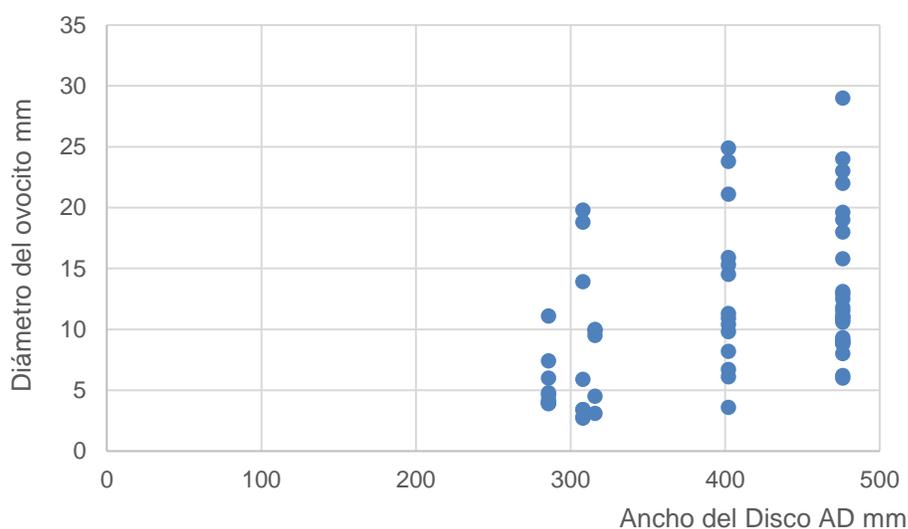


Figura 2.6: Relación entre el diámetro de los ovocitos y el AD de hembras de *Potamotrygon motoro* en estadio iia.

Se analizaron un total de 6 neonatos (3 H: 3M). El AD osciló entre 7,058cm – 8,964cm (\bar{x} 7,41 \pm 0,643) y el peso entre 14 y 29 g (\bar{x} 17,083 \pm 6,175), tres de los cuales se encontraron en desarrollo embrionario 3 (6,77-7,1), uno en estadio cuatro (7,11mm) y dos en estadio 5 (8-8,415mm; Figura 2.7).

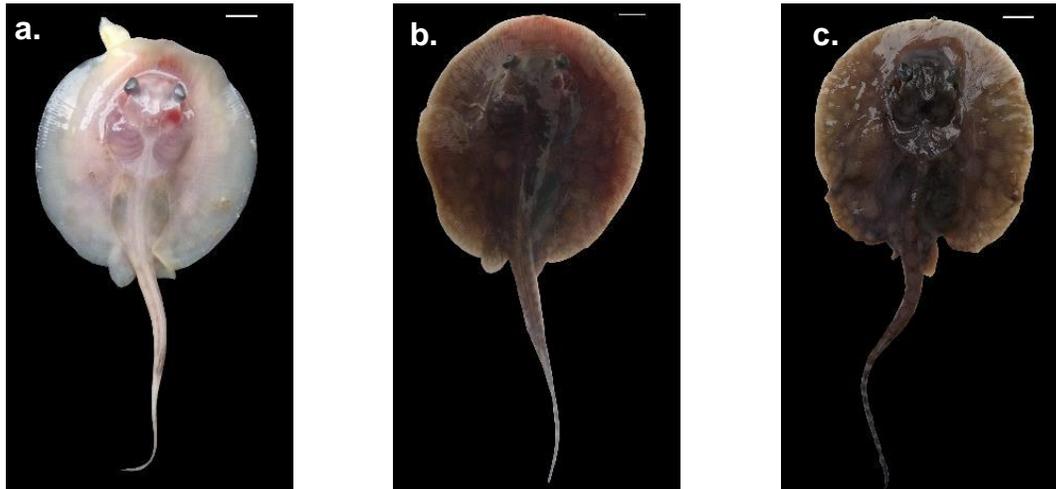


Figura 2.7: Vista ventral de embriones de *Potamotrygon motoro*. a. grado de desarrollo 3, b. 4 y c. 5.

▪ Machos

Las tallas de los machos inmaduros oscilaron entre 16 cm y 29,71 cm AD. El ejemplar que reportó la mayor talla dentro de este grupo, presentó el cláspere izquierdo menos desarrollados que el derecho. Por su parte, el ancho de disco para ejemplares maduros varió entre 26,7 y 55 cm AD (Tabla 2.3).

Tabla 2.3: Relaciones morfométricas para machos de *Potamotrygon motoro*. AD: Ancho de Disco, LD: Longitud de Disco.

Estadio	Intervalo cm		Promedio		%AD	
	AD	LD	AD	LD	AD	LD
Neonatos	6,772 – 8,415	7,23 – 8,964	7,429	7,931	100	106,62
Inmaduros	16 – 29,71	16,3 – 31,15	19,815	20,67	100	104,31
En maduración	26,8 – 32,9	28,6 – 34,8	29,85	31,7	100	106,19
Maduros	26,75 – 55	28,4 – 59,2	40,87	43,8	100	105,5

Al igual que en las hembras, el lado derecho presenta menos desarrollo que el izquierdo. Los testículos de los machos inmaduros se observaron como filamentos delgados a cada lado de la columna vertebral, de color blancuzco, el peso osciló entre 0,0136 y 0,309 g (\bar{x} 0,0952 \pm 0,102). Los ejemplares en maduración presentaron un engrosamiento en los testículos, haciéndose fácilmente identificables, la coloración es blancuzca, pero más opacos (Figura 2.8).

Para el caso de los machos maduros, los testículos se presentaron lobulados y prominentes, como en el caso de las hembras, también están rodeados por un epitelio delgado que los mantiene agrupados, la coloración es amarillo cremoso, y opaco. El peso de las gónadas osciló entre 5,672 y 184,71 g (\bar{x} 55,259 \pm 344,45).

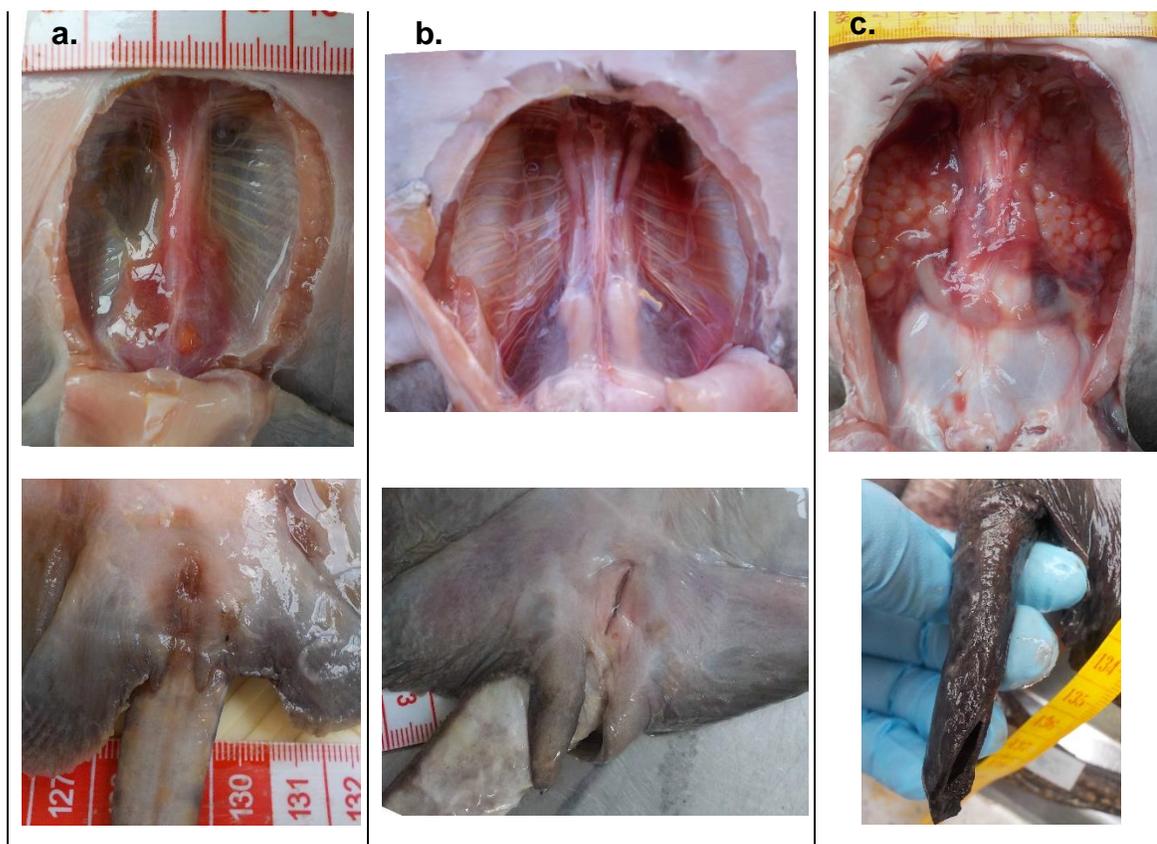


Figura 2.8: Estadios gonadales para machos de *Potamotrygon motoro* colectados durante el período de estudio, a. inmaduros i. b. en maduración ii. c. maduros iii.

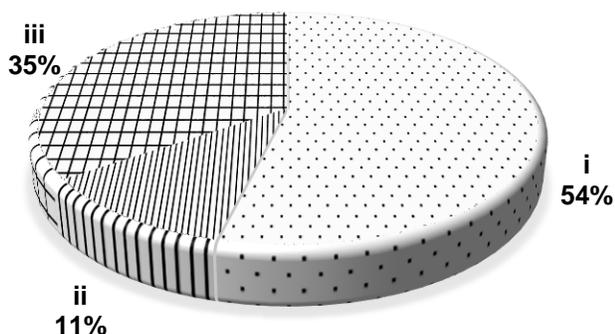


Figura 2.10: Proporción de los estadios gonadales para los machos de *Potamotrygon motoro* colectados. i. inmaduros, ii. en maduración, iii maduros.

- Proporción de sexos

El 56,8% (29) de los ejemplares colectados fueron machos, mientras que el 43,2% (22) restantes correspondieron a hembras. En términos generales, se observó dominancia de los machos en la mayoría de los meses de muestreo, en julio y agosto solo se registraron machos para *Potamotrygon motoro*. Solo en el mes de julio el número de hembras fue mayor (Figura 2.11).

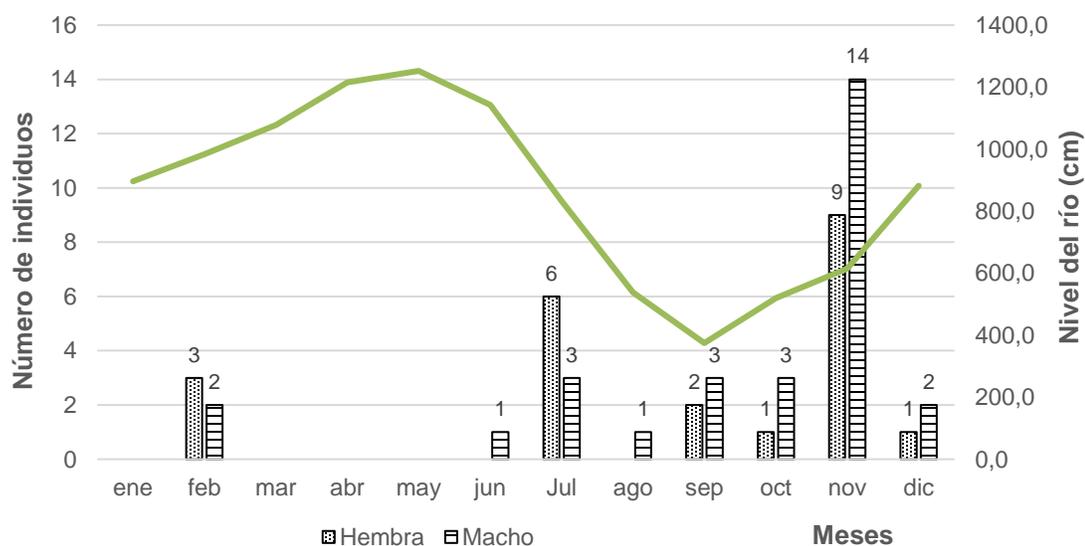


Figura 2.11: Número ejemplares de hembras y machos de *Potamotrygon motoro*, colectados durante el período de estudio.

La proporción sexual para *Potamotrygon motoro* en la zona de estudio fue de 1:1,3 favoreciendo levemente la presencia de machos durante los muestreos. De acuerdo con la prueba X^2 ($X^2_{\tau} = 4,95$, $p = 0,665$) la diferencia entre la cantidad de hembras y machos no fue significativa.

- Relación peso - longitud

Se construyeron gráficas de la relación entre el peso y el ancho del disco, a partir de las cuales se obtuvo el valor b, para hembras (Figura 2.12), machos (Figura 2.13) y para el conjunto completo de datos (Figura 2.14).

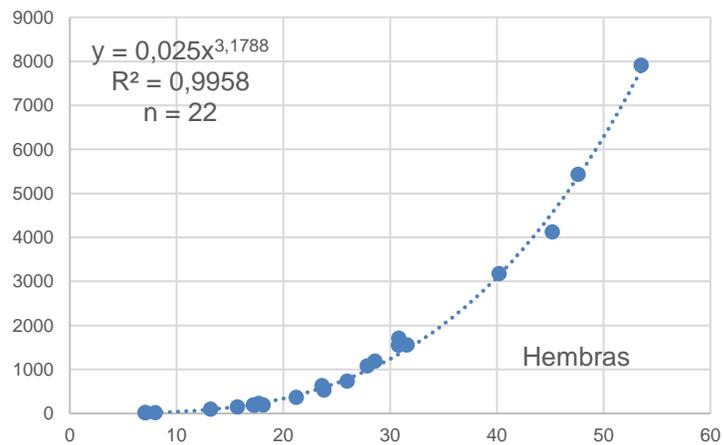


Figura 2.12: Relación entre el ancho del disco (cm) vs. peso (g) para hembras de *Potamotrygon motoro*.

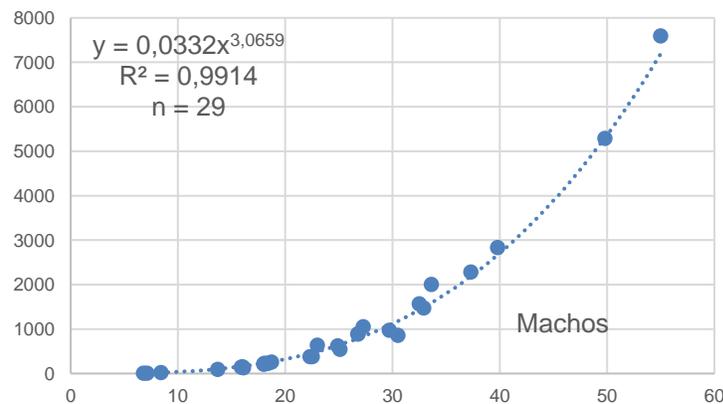


Figura 2.13: Relación entre el ancho del disco (cm) vs. peso (g) para machos de *Potamotrygon motoro*.

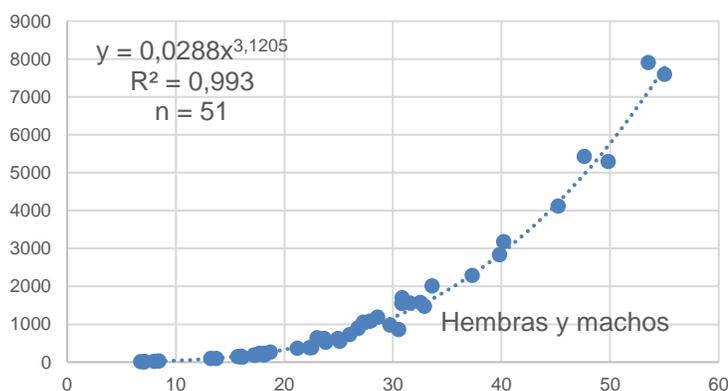


Figura 2.14: Relación entre el ancho del disco (cm) vs. peso (g) para hembras y machos de *Potamotrygon motoro*.

Los resultados sugieren que las hembras tienen un tipo de crecimiento alométrico positivo, de acuerdo con la prueba *t*-student el valor de *b* es significativamente diferente de 3 ($p < 0,001$), mientras que los machos, presentaron un crecimiento isométrico ($p > 0,001$). El análisis realizado al total de ejemplares señaló un crecimiento alométrico positivo, donde el valor de *b* fue significativamente diferente de 3 ($p < 0,001$; Tabla 2.4).

Tabla 2.4: Parámetros de la relación entre peso y ancho del disco para los ejemplares de *Potamotrygon motoro* analizados.

Parámetros	Log AD	Log W	b	a	t	p
Hembras	0,24994	0,79619	3,1788	0,025	3,87327	0,00094
Machos	0,22149	0,68200	3,0659	0,0332	1,19919	0,20487
Todos	0,23176	0,72578	3,1205	0,0288	3,21941	0,00228

Para determinar si existen diferencias significativas entre las tallas de hembras y machos, se realizó una prueba *t* ($t = 2,404$; $P > 0,05$), resultados que sugieren que no existen diferencias significativas entre los dos sexos, sin embargo, estos resultados deben ser analizados con precaución, considerando el *n* muestreado.

2.4.2 Período reproductivo

En aras de establecer el periodo reproductivo para *Potamotrygon motoro*, a partir de los ejemplares analizados, se evaluaron el factor de condición (K) y los índices gonadosomático (IGS) y el hepatosomático (IHS) y los valores obtenidos para cada uno de ellos, fueron comparados con los períodos del ciclo hidrológico.

El factor de condición para hembras y machos presentó un descenso entre febrero y octubre, periodo que abarca aguas bajas, en descenso y una parte de aguas en ascenso (Figura 2.15). Las mayores variaciones se encontraron en diciembre donde los machos presentaron el valor más bajo ($\bar{x}2,2\pm0,42$) en el período de muestreo, sin embargo, no fue posible establecer un patrón anual más preciso debido a la ausencia de ejemplares durante la época de aguas altas.

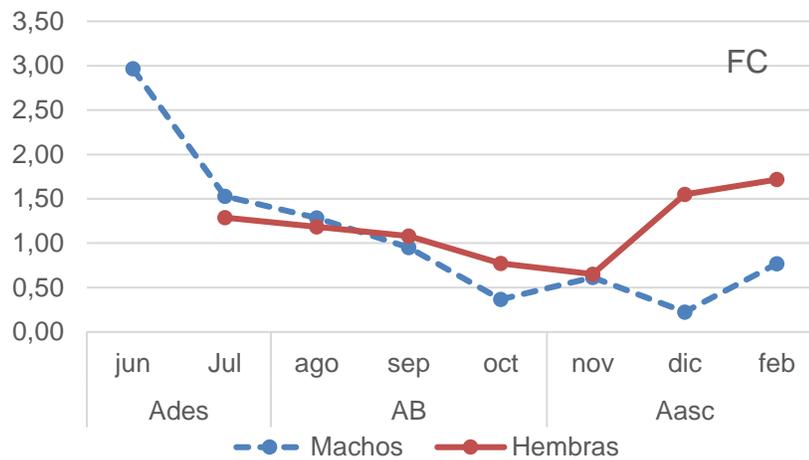


Figura 2.15: Comparación entre las variaciones del Factor de Condición FC para hembras y machos de *Potamotrygon motoro*, durante la época de muestreo

Por su parte, el IGS mostró un comportamiento similar al del FC tanto para hembras como para machos ($\bar{x}0,33\pm0,003$). Los valores más bajos se presentaron en octubre, durante el periodo de aguas bajas (Figura 2.16).

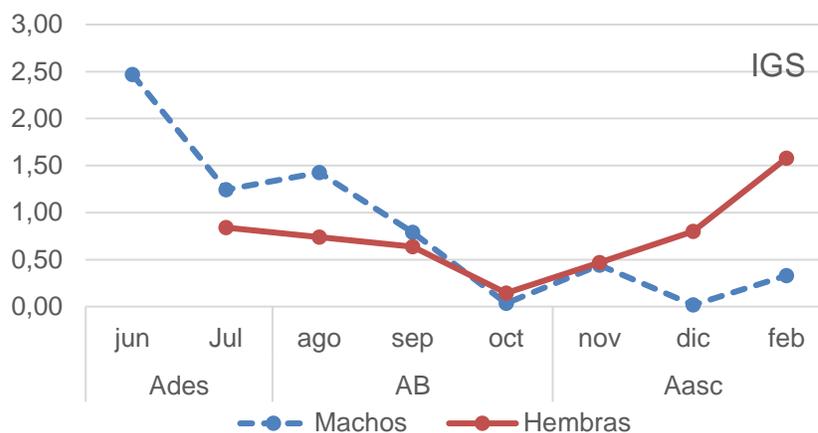


Figura 2.16: Comparación entre las variaciones del Índice Gonadosomático IGS para hembras y machos de *Potamotrygon motoro*, durante la época de muestreo.

Por su parte, para los meses en los que se obtuvieron ejemplares, el índice hepatosomático IHS presentó un descenso en hembras y machos entre julio y octubre, meses coincidentes con el final de aguas en descenso y aguas bajas. (Figura 2.17).

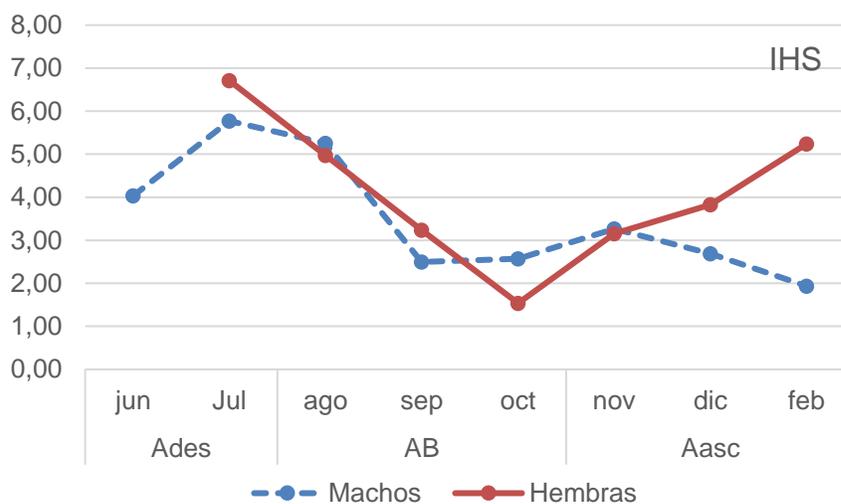


Figura 2.17: Comparación entre las variaciones del Índice Hepatosomático IHS para hembras y machos de *Potamotrygon motoro*, durante la época de muestreo.

A finales de septiembre, en el pico de las aguas bajas se registró una hembra en estado gonadal iiiia con marcas de mordidas en el borde ventral del disco (Figura 2.18). Dichas señales han sido relacionadas en estudios anteriores con la época de apareamiento (Garroneto 2010).

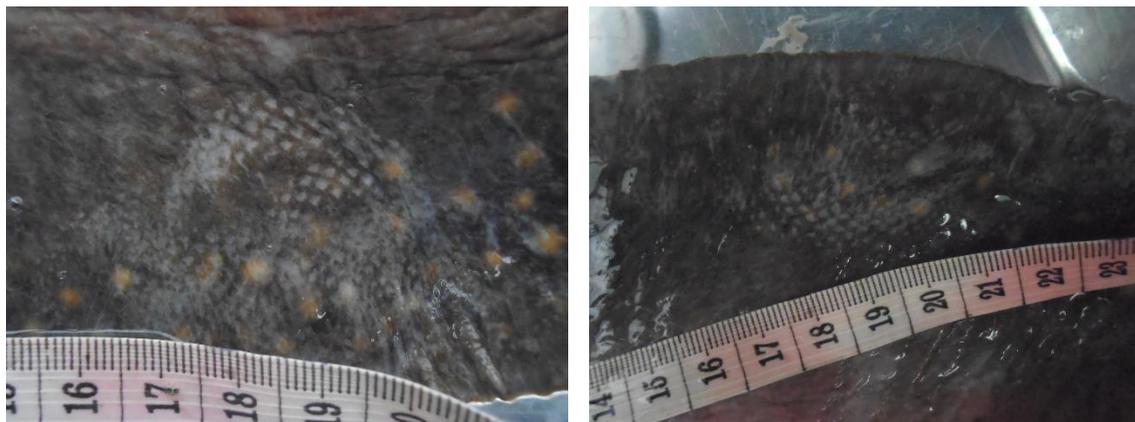


Figura 2.18: Hembra de *Potamotrygon motoro* en estadio iiiia con marcas de mordidas, colectada durante el período de aguas bajas.

- Talla media de madurez sexual

De acuerdo con el modelo logístico desarrollado, se estableció que la talla media de madurez sexual para hembras fue mayor que para machos, con 38 y 35 cm de AD respectivamente (Figura 2.19). Los resultados fueron obtenidos a partir del análisis de 19 hembras y 26 machos. A partir de la observación del grado de desarrollo de los órganos reproductivos de los ejemplares analizados, se observó una talla mínima de madurez sexual para hembras de 27,86 cm y para machos de 26,75 cm AD.

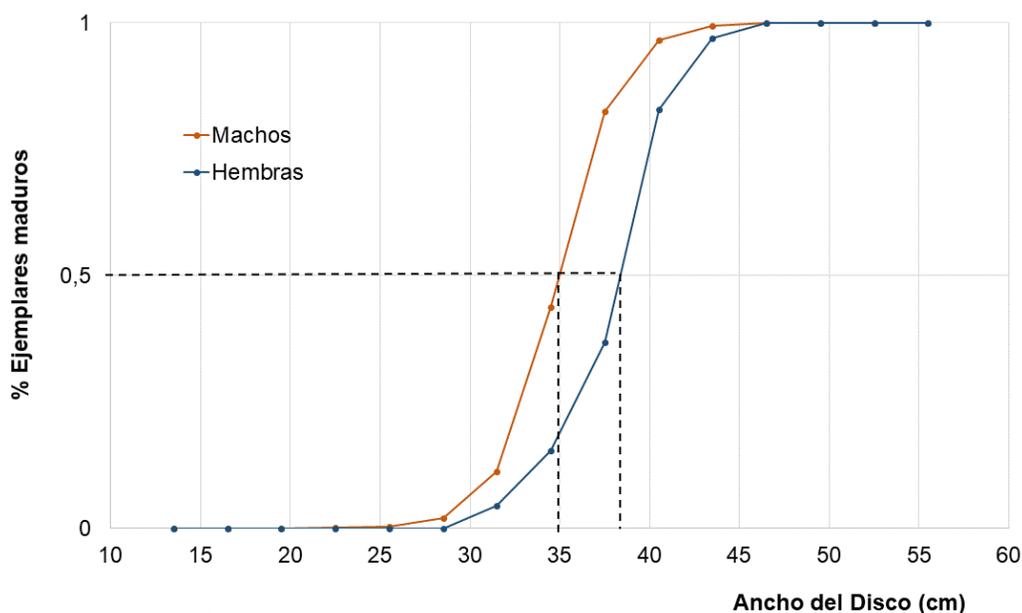


Figura 2.19: Tallas medias de madurez sexual para hembras y machos de *Potamotrygon motoro* en el sector del río Amazonas, Leticia, Colombia.

2.5 Discusión

2.5.1 Aspectos reproductivos

Los resultados obtenidos en este capítulo deben ser interpretados a la luz de la ausencia de ejemplares de *Potamotrygon motoro* durante el trimestre de marzo a mayo del 2014, época coincidente con el período hídrico de aguas altas. En este sentido, la falta de ejemplares puede estar relacionada con los cambios que sufren los ecosistemas acuáticos y por ende sus recursos (Galvis *et al.* 2016), durante dicho momento, en el que los cuerpos de agua se expanden inundando bosques y conectando lagos y tributarios pequeños entre sí y con el río, aumentando el espacio disponible y refugios para la distribución de especies (Barthem & Fabré 2004). En este escenario y considerando que la mayoría de los ejemplares procesados fueron producto de la pesca accidental, la actividad pesquera en aguas altas se dificulta pues incrementa el esfuerzo, mientras que disminuye la biomasa y la cantidad de capturas.

Un análisis general de los resultados obtenidos a partir de las tallas de los ejemplares colectados, indica que la mayoría de ellos fueron agrupados en los rangos de tallas entre 13,2 - 19,1 cm AD y 25,1 - 31,1 cm AD, sugiriendo una mayor presión durante el periodo de colectas, sobre organismos juveniles en estadios gonadales inmaduros y en maduración, tanto para hembras como para machos.

En relación con las tallas máximas registradas para la especie *Potamotrygon motoro*, se obtuvo un macho con un ancho de disco de 55 cm, valor superior a lo reportado previamente para el río Amazonas, en los sectores de Brasil (42,7 cm AD), Perú (52 cm AD) y Ecuador (32 cm AD; Lasso *et al.* 2012). Para el caso de los pesos, los valores encontrados en esta investigación se encuentran dentro de los rangos reportados previamente para Ecuador, Brasil y Perú (Lasso *et al.* 2012).

En ambientes acuáticos tropicales, donde la temperatura se mantiene relativamente constante a lo largo del año (Barthem & Fabré 2004; Talbot 1993), es el pulso de inundación quien influye procesos biológicos de las especies, tales como crecimiento, reproducción, alimentación (Correia 2018; Alonso 2002). En este sentido, variaciones entre tallas de ejemplares de la misma especie, colectadas en diferentes sectores de una misma cuenca, pueden estar relacionadas con la disponibilidad de alimento (Talbot 1993). Sin embargo, no se debe descartar la posibilidad de que el bajo número de ejemplares provenientes de Perú (14; Lasso *et al.* 2012) y Ecuador (6; Lasso *et al.* 2012), representen un sesgo a la hora de realizar comparaciones, pues es probable que al aumentar el esfuerzo en las colectas se obtengan ejemplares de tallas y pesos mayores.

Las diferencias morfométricas entre el ancho del disco de hembras y machos de *Potamotrygon motoro* para el área de estudio no fueron significativas, resultado que puede ser atribuido al bajo n muestral, pues es ampliamente reconocido que los machos de potamotrygonidos presentan tallas menores en comparación con las hembras (Charvet-Almeida *et al.* 2005; Lasso *et al.* 1996; Babel 1967). Al tratarse de organismos de cuerpos planos, la cavidad abdominal es reducida, de forma tal

que las hembras precisan alcanzar tallas mayores para disponer de más espacio para alojar los embriones (Holden 1974).

De acuerdo con los resultados encontrados en la caracterización de los estadios gonadales de los ejemplares, se reafirmó que las hembras presentan órganos reproductivos asimétricos, siendo el izquierdo el funcional, razón por la cual alcanza un mayor desarrollo (Thorson *et al.* 1983, Charvet-Almeida 2001, 2006, Ramos-Socha 2010). Esta condición ha sido observada en la mayoría de los potamotrygonidos estudiados hasta ahora, *Potamotrygon motoro* (Thorson *et al.* 1983; Castex 1963), *P. constellata* (Thorson *et al.* 1983), *P. orbigny* (Lasso *et al.* 2006) y *Plesiotrygon iwamae* (Charvet-Almeida 2001), por tanto, la asimetría ovárica es considerada una característica común ente las rayas de agua dulce (Lovejoy 1996).

Para el caso de los machos, la identificación de estadios gonadales se basó en la observación de características macroscópicas como la longitud del cláspes y el grado de calcificación, los cuales son considerados criterios confiables para la determinación de la madurez gonadal en machos (Thorson *et al.* 1983). Así, los testículos de ejemplares maduros se encontraron claramente lobulados y ambos funcionales, en juveniles se observaron como un par de filamentos a penas visibles, localizados a cada lado de la columna vertebral, mientras que, en individuos en maduración, se encontraron más engrosados.

La proporción entre la longitud del cláspes y el ancho del disco obtenidas para ejemplares adultos, osciló entre 24% y 30%, la cual es considerada como típica en machos sexualmente maduros (Silva 2006; Charvet-Almeida 2001, 2006). De acuerdo con lo sugerido por Rosa (1985), dicha relación es uno de los mejores indicadores externos de la madurez sexual, siendo en ejemplares maduros superior al 20% (Lasso *et al.* 1996; Rosa *et al.* 1987).

Producto de las revisiones hechas a la cavidad interna de las hembras, se encontró que presentaron entre 5 y 25 huevos, los cuales se encontraban en diferentes grados de desarrollo. Estos resultados son congruentes con lo observado en 1983

por Thorson y colaboradores, quienes reportaron que un mismo ejemplar de *Potamotrygon motoro*, se encuentran ovocitos en tres grados de desarrollo diferente. De acuerdo con sus conclusiones, este evento puede estar relacionado con la capacidad potencial para tener tres eventos reproductivos sucesivos.

El hecho de encontrar una correlación significativa y positiva entre el tamaño de los óvulos y el ancho de disco, se debe principalmente, como fue mencionado con anterioridad, a que las hembras de tallas mayores tienen una cavidad abdominal con mayor espacio, que también permite un mayor crecimiento uterino que permite desarrollar más óvulos.

El 92% de los ejemplares considerados como inmaduros (estadio gonadales i y ii y AD entre 13,2 y 32 cm) fueron colectados en el sistema lagunar de Yahuaraca, el lago interno de la isla Korea y el lago El Correo en los lagos de Tarapoto, por lo que estos ecosistemas podrían ser considerados como zonas estratégicas para la crianza de *Potamotrygon motoro*. mientras que el 62% de los adultos en estadios iii (26,7 – 55 cm AD) fueron colectados en playas formadas en diferentes sectores del canal del río Amazonas, incluyendo las hembras grávidas y sus neonatos.

En trabajos previos realizados con elasmobranquios, se consideró la que la presencia de hembras gestantes, así como de neonatos y juveniles, en áreas específicas, puede ser considerada evidencia suficiente para denominar dichos sectores como de crianza (Castro 1993). Aunque en este trabajo no se realizaron análisis sobre la distribución y abundancia de los distintos grupos etarios de *Potamotrygon motoro*, el alto porcentaje de ejemplares juveniles procedentes de sistemas lagunares, debe ser valorado como tales. Máxime considerando la idea propuesta por Achenbach & Achenbach (1976), quienes sugieren que *P. motoro* presenta desplazamientos estacionales asociados con eventos reproductivos, en ese sentido, es plausible pensar, que una vez ocurridos los nacimientos, las hembras se movilicen con sus crías hacia los sistemas lagunares en busca de refugio (Rosa *et al.* 2010; Achenbach & Achenbach 1976).

2.5.2 Períodos reproductivos

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se registraron ejemplares maduros e inmaduros a lo largo del período de colectas, coincidiendo con lo reportado en los trabajos de Thorson *et al.* (1983) para la misma zona y Charvet-Almeida *et al.* (2005), en el sector brasilero de la cuenca Amazónica, señalando que las diferentes etapas del ciclo reproductivo tienen lugar en el mismo sector, razón por la cual se encuentran especímenes en diferentes estadios a lo largo del año (Ramos-Socha 2010).

Esta condición fue reportada originalmente por Castex en 1963, al evaluar la condición reproductiva de *Potamotrygon motoro* en Brasil, señalando que los eventos reproductivos de maduración gonadal, cópula, gestación y nacimientos para esta especie son bien definidos y ocurren en el mismo hábitat. Charvet-Almeida *et al.* (2005), señalan que para el caso específico de *P. motoro* los nacimientos durante el período seco, sincronizado con el ciclo hidrológico.

En ese contexto y considerando el alto número de ejemplares juveniles colectados en este estudio, entre septiembre y noviembre se evidencia que la mayoría de los nacimientos de la especie, ocurrieron en aguas bajas y el inicio de aguas en ascenso, momento en el que los ecosistemas se expanden nuevamente, interconectando ambientes acuáticos aledaños al cauce principal del río (Barthem & Fabré 2004) y los juveniles tienen la posibilidad de desplazarse hacia los planos inundados, donde encuentran refugio y mayor disponibilidad de alimento durante los primeros meses de vida (Charvet-Almeida *et al.* 2005; Charvet-Almeida 2001).

En términos generales, los índices biológicos (FC, IHS e IGS), los cuales son empleados para representar la dinámica en el uso de la energía en el incremento de masa muscular, hígado y gónadas (Collins & Anderson), mostraron comportamientos similares a lo largo de los meses evaluados, con una disminución paulatina que inicia a mediados de aguas en descenso y aguas bajas y el inicio de aguas en ascenso. época de con el inicio de las aguas en ascenso y el mayor aporte de ejemplares juveniles a las colectas. A partir de este mes, presentan un

incremento, tanto en hembras como en machos. Dada la ausencia en las colectas de ejemplares en los primeros meses del año, no fue posible establecer el patrón anual en el comportamiento de los tres índices.

En el caso de las hembras, los meses en los que se presentaron los descensos en el valor del factor de condición, coinciden con las colectas de ejemplares en estadios gonadales ii y en mayor proporción, iii a y b. Estas tasas menores, podrían estar relacionadas con la época de maduración gonadal, pues dicho factor, es un indicativo del bienestar de un pez o población de ellos, y sus valores bajos se presentan cuando gran parte de la energía es destinada al desarrollo de los gametos (Cifuentes *et al.* 2012).

Los machos presentaron una situación similar en cuanto al comportamiento en las variaciones de este factor, lo cual también fue coincidente con la identificación de ejemplares en el estadio gonadal iii, sugiriendo al igual que en el caso de las hembras, que la mayor cantidad de energía puede estar siendo destinada al crecimiento y desarrollo gonadal.

Ya que las variaciones en los valores de K, pueden estar relacionados con la disponibilidad de alimento (Reenie & Verdon 2008; Froese 2006), la cual presenta cambios con la estacionalidad (Blackwell *et al.* 2000), se analizaron los valores obtenidos con el índice hepatosomático IHS, los cuales presentaron descensos y ascensos similares a los del factor de condición. Para el caso particular de los Condrictios el hígado es el órgano que almacena las reservas energéticas, sugiriendo que dichas reservas se emplean en el desarrollo gonadal (Rosa *et al.* 2010).

Por su parte, los valores del índice gonadosomático IGS, contrario a lo esperado presentaron una disminución al aumentar el tamaño gonadal. A diferencia de lo reportado por autores que señalan que el IGS presentan una relación inversa al IHS y K, incrementando su valor con relación al aumento en el peso gonadal (Cifuentes *et al.* 2012), en este caso el comportamiento del índice podría sugerir que condiciones fisiológicas de *Potamotrygon motoro* le permiten soportar el evento

de maduración gonadal, posiblemente a partir de las reservas energéticas del hígado (González & Oyarzún 2012). Este tipo de comportamiento del IGS en relación con las fluctuaciones del IHS y K, ya habían sido reportados para potamotrygonidos, específicamente para *P. magdalenae* (Ramos-Socha 2010).

Los ejemplares colectados durante el periodo de muestreo sugieren que hembras y machos maduros se presentan principalmente en junio y julio (aguas en descenso), resultados congruentes por lo reportado por Garrone (2010) y Rincón (2006), y que los nacimientos, constatados a partir de una presencia de neonatos y juveniles, ocurre en septiembre cuando se presenta el nivel mínimo del río e inicia su ascenso (Charvet-Almeida *et al.* 2005; Thorson *et al.* 1983), proponiendo una relación con el ciclo hidrológico anual. La presencia de ejemplares maduros a mediados de aguas en ascenso, y que existen diferencias individuales relacionadas con la maduración sexual entre especies de la familia Potamotrygonidae.

En cuanto a la relación longitud-peso, el parámetro de alometría obtenido para hembras y machos fue de 3,1788 y 3,0659 para hembras y machos respectivamente, señalando un tipo de crecimiento alométrico positivo en el primer caso e isométrico en el segundo (Cifuentes *et al.* 2012). Lo que significa que las hembras ganan más peso en proporción a la talla, con relación a eventos reproductivos como la gestación (Gama & Rosa 2012).

Talla media de madurez sexual

A partir del análisis de los datos se estableció que la TMM para machos y hembras en la zona de estudio es 35 y 38 cm AD. Considerando otras investigaciones realizadas en la Amazonia, se encontraron pequeñas variaciones en esta talla. Para Brasil, en los estados de Amazonas (río Negro) y Pará (bahía de Marajó), Charvet-Almeida *et al.* (2005) establecieron tallas de 39 y 44 cm AD para machos y hembras, respectivamente.

La talla mínima de madurez sexual para hembras y machos fue de 27,8 cm AD y 26,75 cm AD, respectivamente. El establecimiento de tallas mínimas y medias de madurez sexual es esencial para la formulación de estrategias apropiadas de manejo, a partir de la generación de políticas que aseguren su aprovechamiento sostenible (Sanabria & Muñoz 2011).

2.6 Conclusiones

- Posiblemente los eventos reproductivos están relacionados con el ciclo hidrológico, presentándose ejemplares maduros principalmente en junio y julio (aguas en descenso) y los nacimientos y presencia de neonatos ocurre en septiembre, cuando se presenta el nivel mínimo del río e inicia su ascenso. Con base en los resultados, también es posible concluir que ejemplares de la especie *Potamotrygon motoro* existen diferencias individuales relacionadas con la maduración sexual.
- La fecundidad ovárica para la especie osciló entre 4 y 25 ovas, hallándose correlación estadística entre el número de huevos, su diámetro y el ancho del disco de la madre.
- El análisis del parámetro de alometría para los ejemplares colectados permitió determinar un tipo de crecimiento alométrico positivo para hembras e isométrico para machos, diferencia que podría estar sustentada en la ganancia en peso de las hembras grávidas.
- Se estableció la talla media de madurez sexual para hembras y machos de *Potamotrygon motoro* en 38 y 35 cm de ancho de disco, respectivamente, mientras que las tallas mínimas fueron de 27,8 cm AD para hembras y 26,5 cm AD para machos.

-
- Lagos interconectados al río Amazonas como el sistema de Yahuaracaca, el de la isla Korea y El Correo en el sistema de Tarapoto se tornan en ecosistemas estratégicos como áreas de crianza para la especie.
 - A partir de la información presentada en este capítulo se realiza un aporte a las líneas de acción del PAN-tiburones Colombia, en el tema de bioecología, actividad, aspectos reproductivos y áreas de crianza y de reproducción para *Potamotrygon motoro*, especie que se encuentra con un grado de prioridad de acción muy alto en la generación de información.
 - La proporción sexual para *Potamotrygon motoro* para la zona de estudio se mantuvo en 1:1.

2.7 Recomendaciones

- Realizar estudios que involucren ejemplares colectados durante todos los períodos del ciclo hidrológico para establecer claramente los cambios en las estructuras gonadales en cada uno de los meses con el fin de determinar los diferentes eventos reproductivos.
- Realizar acompañamientos permanentes a las faenas de pesca, ya que las hembras grávidas expulsan las crías al momento de las colectas, perdiendo información valiosa sobre fecundidad.
- Los sistemas lagunares de Yahuaracaca y Tarapoto son áreas bajo manejo comunitario de pesca administrados por la Asociación La Tika y el resguardo Ticoya respectivamente, y hacen parte del rango de hábitat de *Potamotrygon motoro*, por tanto, la información suministrada en este capítulo es importante

para dar lineamientos locales para la conservación de la especie en relación con sus particularidades reproductivas.

Capítulo 3. Usos del recurso rayas de agua dulce en la zona de estudio

Resumen

Con el objetivo de establecer los usos dados a las rayas de agua dulce en zonas de influencia de Leticia y Puerto Nariño, Amazonas, se realizaron entrevistas al 63% de los acopiadores presentes en la zona de estudio, a partir de las cuales se estableció que las movilizaciones hechas desde el sector aportan menos del % a las estadísticas nacionales y representan entre el 1 y 2% de las unidades comercializadas por los acopiadores de la región. Las especies con mayor demanda en el mercado de ornamentales son *Potamotrygon motoro*, *P. orbignyi* y *Paratrygon aiereba*, las cuales son extraídas de ambientes acuáticos como Yahuaraca y Tarapoto, también se comercializan ejemplares provenientes de sectores del río Javarí en Brasil, así como de Atacuari y Caballococha en Perú. Gran parte de los envíos se hacen por encargo de exportadores en Bogotá y en la mayoría de los casos el margen de ganancia para acopiadores y pescadores oscila entre los \$10.000 y \$20.000 (\$3 y 6 USD). La movilización anual se estima inferior a 1000 unidades. Por otra parte, se realizaron 130 encuestas a habitantes de las comunidades asentadas alrededor de los sistemas lagunares de Yahuaraca y Tarapoto, a partir de las cuales se identificaron como usos principales el consumo y la elaboración de aceite de hígado, empelado en la medicina tradicional, prácticas asociadas a la pesca incidental de ejemplares. El 26% de los participantes afirmaron no emplear el recurso.

Palabras clave: Consumo local, medicina tradicional, peces ornamentales, Potamotrygonidae.

3.1 Introducción

Las rayas de agua dulce han sido empleadas como recurso ornamental² desde hace varias décadas; la dinámica de su pesquería se basa en la captura de neonatos y ejemplares juveniles, los cuales no han alcanzado la talla mínima de madurez sexual (Mejía-Falla *et al.* 2009), condición que podría representar una amenaza para las poblaciones silvestres al afectar su capacidad de renovación (Barreto-Reyes 2015). La pesca ornamental representa una fuente de ingresos económicos para pobladores de regiones donde la oferta laboral es limitada, por tanto, tiene trascendencia social (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012).

De acuerdo con las estadísticas generadas por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP, para Colombia entre el 2013 y 2018 se exportaron un total de 88.600 unidades de rayas, siendo *Potamotrygon magdalenae* y *Potamotrygon motoro* las que aportaron el 74% de esta cifra, la cual representa menos del 0,2% de las movilizaciones anuales. Por su parte, la contribución hecha desde Leticia a las estadísticas fue del 11% (9741 unidades), con un promedio anual de 0,07% de ejemplares (Figura 3.1; AUNAP 2019).

² El Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural establece que “La pesca comercial ornamental es aquella que tiene por objeto la extracción de organismos acuáticos cuyos ejemplares pueden mantenerse vivos en acuarios, estanques o pozos, como simple adorno” (Artículo 2.16.5.2.4.1. del Decreto 1071 de 2015).

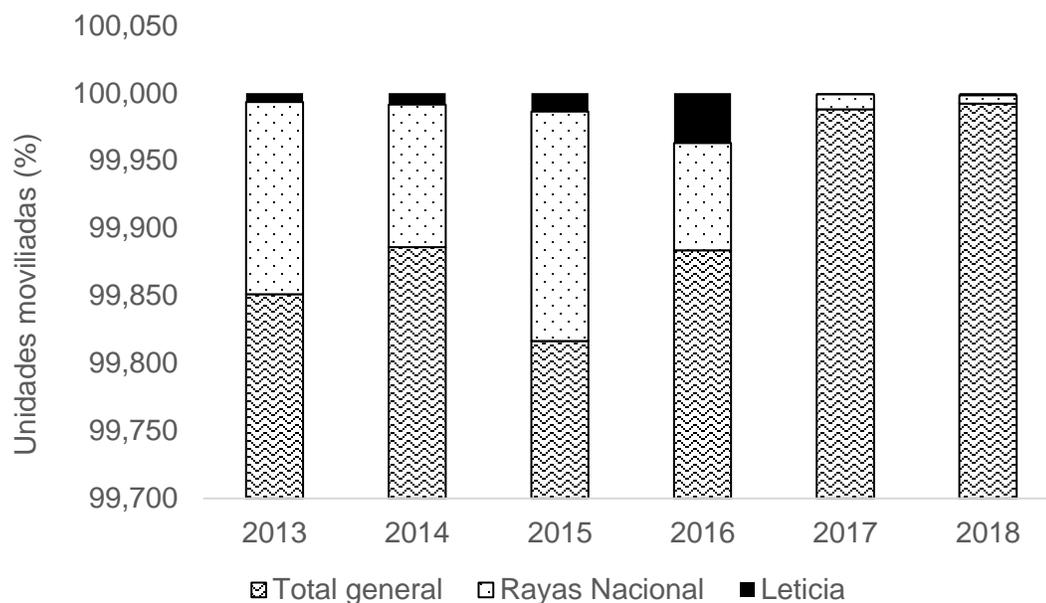


Figura 3.1 Estadísticas de movilización de peces ornamentales para Colombia entre el 2013 y 2018. Total general: todas las especies excepto rayas de agua dulce; Rayas Nacional: todas las especies de la familia Potamotrygonidae, excepto las que tienen como origen Leticia.

Considerando las particularidades reproductivas de las rayas como bajas tasas de fecundidad, escasa progenie y una madurez sexual tardía que puede ser alcanzada por la mayoría de las especies entre los tres y ocho años de edad (Holden 1974), aunque puede tomar un máximo de 35 años (Rosa *et al.* 2010), y en respuesta a los vacíos de información sobre parámetros poblacionales para la mayoría de ellas, se han generado medidas precautorias para su gestión como la inclusión en el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia en las categorías de Vulnerable (A2a,d) a *P. aiereba*, (A4d) *P. motoro*, *P. schroederi* (B2biii) *P. yepezi* y Casi Amenazada *P. magdalenae* y *P. orbigny* (Mojica *et al.* 2012), así como en el Apéndice III del convenio CITES.

Por otra parte, estudios realizados para la cuenca amazónica dan cuenta de, otros usos dados a las rayas como servir de alimento para pobladores ribereños (Ferreira *et al.* 1998), tratamiento de enfermedades respiratorias a partir del consumo de

aceite de hígado y la elaboración de elementos de uso doméstico como lanzas de flecha e instrumentos de perforación, fabricados con las espinas (Charvet-Almeida 2006; Rosa *et al.* 2010). Bajo ese contexto, no existe información disponible en la zona de Leticia y Puerto Nariño. Es así, que el presente capítulo tiene por objeto contribuir a documentar los usos dados a las rayas de agua dulce en el área de estudio.

3.2 Antecedentes

En relación con la normatividad para el manejo del recurso, a partir de la expedición de la Resolución 3532 del 17 de diciembre de 2007 “*Por la cual se expiden normas para el ejercicio, administración y control de la actividad pesquera comercial ornamental precisando las especies ícticas ornamentales aprovechables comercialmente...*” se incluyen por primera vez las rayas de agua dulce con las especies *Plesiotrygon iwamae*, “*Potamotrygon aiereba*”, *Potamotrygon constellata*, *P. hystrix*, *P. magdalenae*, *P. motoro*, *P. orbigny* y *P. “schoederi”*. Posteriormente, con la Resolución número 1924 de 3 de noviembre de 2015, las rayas conservan su designación como recurso ornamental, adicionando al listado anterior la morfo especie *Paratrygon* sp. y la especie *Plesiotrygon nana*, y se especifican las cuencas de procedencia.

En el 2016 Colombia solicitó ante la secretaría de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres CITES, la inclusión en el Apéndice III de las especies conocidas en ese momento (*P. aiereba*, *P. constellata*, *P. magdalenae*, *P. motoro*, *P. orbigny*, *P. schroederi*, *P. scobina* y *P. yepesi*), con el fin de buscar colaboración de otros países para prevenir la explotación no sostenible o ilegal y que el comercio internacional de dichas especies solo sea permitido con la presentación de permisos o certificados correspondientes, objetivo de dicho apéndice (CITES 2019),

Mediante la Resolución 01609 del 14 de agosto de 2017 se estableció una medida de administración para este recurso con la cual se prohíbe la captura, acopio, transporte y comercialización de hembras de la familia Potamotrygonidae que se

encuentren en estado de gravidez, para las cuencas de la Orinoquia, Amazonia y Magdalena.

La actual regulación permite la exportación de ocho especies de potamotrygonidos, basado en un sistema de cuotas anuales que desde 2015 otorga la movilización de un máximo de 20.000 unidades desde Colombia. Pese a los esfuerzos realizados por diversas entidades para obtener información certera sobre movilizaciones para cada una de las especies a nivel de subcuenca, solo hasta marzo de 2016 se dio inicio al registro de información discriminada (AUNAP 2019), pero aún existen incongruencias entre las especies y los sectores de procedencia.

Por otra parte, el uso de potamotrygonidos relacionado con ritos y tradiciones ancestrales fueron descritos por los primeros exploradores de la Amazonia, quienes señalaron el uso de las espinas en la elaboración de elementos ornamentales, fabricación de puntas de flechas y como instrumentos para la elaboración de tatuajes o perforaciones corporales (Schomburgk 1843 & Castex 1963 En: Charvet-Almeida 2001). Asociado a la imagen negativa que tienen las rayas debido al dolor que producen sus picaduras, las espinas son empleadas en algunas ceremonias y rituales como un elemento para causar daño, mientras que las espinas secas al sol se emplean para eliminar piojos y liendres (Charvet-Almeida 2001).

Igualmente, pobladores locales de la Amazonia tratan enfermedades relacionadas con el sistema respiratorio, a partir de la extracción del aceite de hígado, lo cual ha sido documentado en Brasil por Charvet-Almeida & Charvet 2003; en Bolivia por Medinaceli & Aguirre 2008, entre otros. Es necesario resaltar que para la zona de estudio no existe información disponible sobre los usos dados al recurso por parte de los pobladores locales, por lo tanto, los datos presentados en este capítulo constituyen el primer reporte al respecto.

3.3 Métodos

Con el ánimo de identificar los usos dados a los potamotrygonidos en el área de estudio se obtuvo información de dos fuentes diferentes: acopiadores de peces ornamentales y unidades familiares que conforman las comunidades próximas a los lagos de Yahuaraca (Leticia) y de Tarapoto en Puerto Nariño. Con el primer grupo de ellos se realizaron entrevistas grabadas, en las cuales se formularon 17 preguntas enfocadas en identificar especies comercializadas, tallas de captura, métodos de colecta, rutas y precios de comercialización en las primeras etapas de mercado, entre otras (Anexo 4).

Para identificar a los acopiadores de ornamentales en Leticia, la cual es considerada el principal centro de acopio para la zona (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012), se consultaron las bases de datos de la AUNAP disponibles en línea con la información de los permisionarios en el área de estudio. Al momento de realizar la consulta se encontraron ocho registros, localizados todos en Leticia. De los ocho acopiadores, fue posible entrevistar cinco de ellos, cada uno de los cuales firmó un consentimiento de libre información, en el cual se aclaraba que sus nombres se mantendrían en anonimato. Las entrevistas fueron transcritas en formato Word.

Por su parte, a los pobladores de las comunidades se les realizaron encuestas individuales, semi estructuradas, como técnica metodológica cualitativa para la obtención de información específica, a partir de un cuestionario con preguntas abiertas (Aguirre 1995) previamente elaborado, diseñado para formular las mismas preguntas a todos los entrevistados. Con la intención de ahondar en las respuestas se aportaron algunas ideas sobre los posibles usos dados a partir de la información disponible en literatura. Se realizaron un total de 11 preguntas (Anexo 5), las cuales fueron resueltas en un tiempo promedio de 8 minutos.

Previo a la aplicación de las encuestas, a cada uno de los participantes se les explicó que la información obtenida sería usada para fortalecer un estudio sobre las especies de rayas de agua dulce presentes en el sector. El patrón de las encuestas no tenía contemplado que los participantes realizaran dibujos de las

diferentes especies, sin embargo, de forma espontánea algunos de ellos diagramaron las especies más representativas (Figura 3.2).



Figura 3.2: Dibujos de rayas elaborados por algunos de los participantes en las encuestas.

Para responder a la pregunta sobre cuál o cuáles son las especies usadas, a cada uno de los participantes se les mostraba una guía visual elaborada con el propósito de mostrar las especies identificadas y sus diferentes patrones de coloración (Figura 3.3).



Figura 3.3: Guías visuales para la identificación de las especies usadas en las diferentes actividades. Comunidad de San Pedro, Sistema lagunar de Yahuaraca.

Las unidades familiares entrevistadas fueron seleccionadas al azar en cada una de las comunidades. Se realizaron preguntas para caracterizar la población como edad, etnia, comunidad, actividad a la que se dedica; así como preguntas diseñadas para conocer los usos actuales y/o pasados dados al recurso y para

determinar si existe alguna celebración tradicional en la cual se empleen rayas. Para que las encuestas fueran representativas, en cada comunidad se entrevistó el 30 % de las familias (Guisande 2016), de forma tal que se realizaron un total de 130 encuestas (Tabla 3.1).

Tabla 3.1: Cantidad de entrevistas realizadas, discriminadas por comunidades.

Municipio	Comunidad	Cantidad de entrevistas
Leticia	Castañal	17
	La Milagrosa	12
	La Playa	18
	San Antonio	15
	San Juan de los Parente	12
	San Pedro de los Lagos	8
	San Sebastián	17
Puerto Nariño	Comunidad Tarapoto	14
	Comunidad Tikoya	17
Totales	9 comunidades	130

De acuerdo con Strauss & Corbin (2002), los datos obtenidos a partir de entrevistas y encuestas constituyen una fuente legítima de información en la generación de conocimiento en la investigación cualitativa. La información obtenida fue sistematizada en formato Excel, a partir del cual se generaron gráficas y porcentajes para realizar el análisis de la información.

3.4 Resultados

3.4.1 Potamotrygonidos como recurso ornamental

En términos generales, los cinco acopiadores entrevistados afirmaron comercializar rayas como parte de los recursos ornamentales extraídos en la zona de estudio, aportando alrededor del 2% o menos, de las unidades movilizadas anualmente. Las capturas ocurren por encargo, pero si algún pescador lleva un ejemplar en buen estado, lo compran para ofrecerlo entre sus clientes en Bogotá, que es el principal destino para estos especímenes.

En cuanto a generalidades de la pesquería, cuatro de ellos afirmaron que no existen pescadores ornamentales que se dediquen exclusivamente a la extracción de rayas, ni siquiera durante el período de oferta ecosistémica. Uno de ellos mencionó que en el municipio de Puerto Nariño hay un pescador que sabe colectar rayas sin que sufran daños, los demás prefieren trabajar con pescadores de origen brasilero, porque ellos saben cómo colectarlas y manipularlas, incluso los peruanos, aunque ellos cubren las espinas con icopor para evitar lesiones durante el transporte, método que con el transcurrir del tiempo levanta la espina hasta arrancarla y cuando los ejemplares llegan a Bogotá, están incompletos y no cumplen con las exigencias de los compradores.

Las formas de extracción referidas por los entrevistados fueron tres **i.** Uso de anzuelos colocados a media agua y sobre la línea principal, a pocos centímetros del gancho se coloca un pedazo de madera para evitar que los ejemplares se lo traguen y sufran lesiones, **ii.** Nasas cuadradas, manuales, que se emplean generalmente en las noches y requiere de una linterna de cabeza para alumbrar las zonas someras de las playas, una vez se localiza una raya se coloca la nasa frente a esta y con ayuda del remo se empuja desde atrás para que entre en la nasa y **iii.** Con mallas estacionarias de monofilamento, en las cuales se enganchan las espinas, técnica que requiere experticia por parte del pescador quien debe sacarlas rápidamente de la red para evitar que sufran daños con el nylon o que sean mordidos por otros animales, siendo el método empleado con menor frecuencia.

La especie que tiene mayor demanda es la raya motora (*Potamotrygon motoro*), cuatro de ellos señalan que anualmente pueden movilizar un máximo de 200 ejemplares. Indican que esta es la más abundante en los ecosistemas y también la más resistente durante las movilizaciones. Ocasionalmente capturan la raya antena (*Plesiotrygon iwamae*) y la cejuda (*Paratrygon aiereba*) siendo esta última la especie más delicada en cuanto a la calidad del agua, especialmente por el requerimiento de oxígeno.

Entre los entrevistados se evidencia claridad en el reconocimiento de las especies cejuda (*Paratrygon aiereba*), antena o látigo (*Plesiotrygon iwamae*) y motora (*Potamotrygon motoro*) y la raya común (*P. orbignyi*), aunque todavía se comenten errores a la hora de identificar algunas especies, especialmente del género *Potamotrygon*. Un entrevistado señaló que hace aproximadamente 10 años todas las especies movilizadas se reportaban como motora, hasta que pescadores peruanos que se dedicaban al arawaneo (colecta de Arawana *Osteoglossum bicirrhosum*) les explicaron la diferencia entre algunas especies.

La mayoría de las capturas se hacen en los sistemas lagunares de Yahuaraca y Tarapoto, en las bocananas de lagos y en las playas que se forman en las islas. Sin embargo, se envían ejemplares provenientes de un lago del río Javarí en Brasil, localizado antes de la localidad de Sacambú, así como de Atacuari y Caballococha en Perú (Figura 3.4).

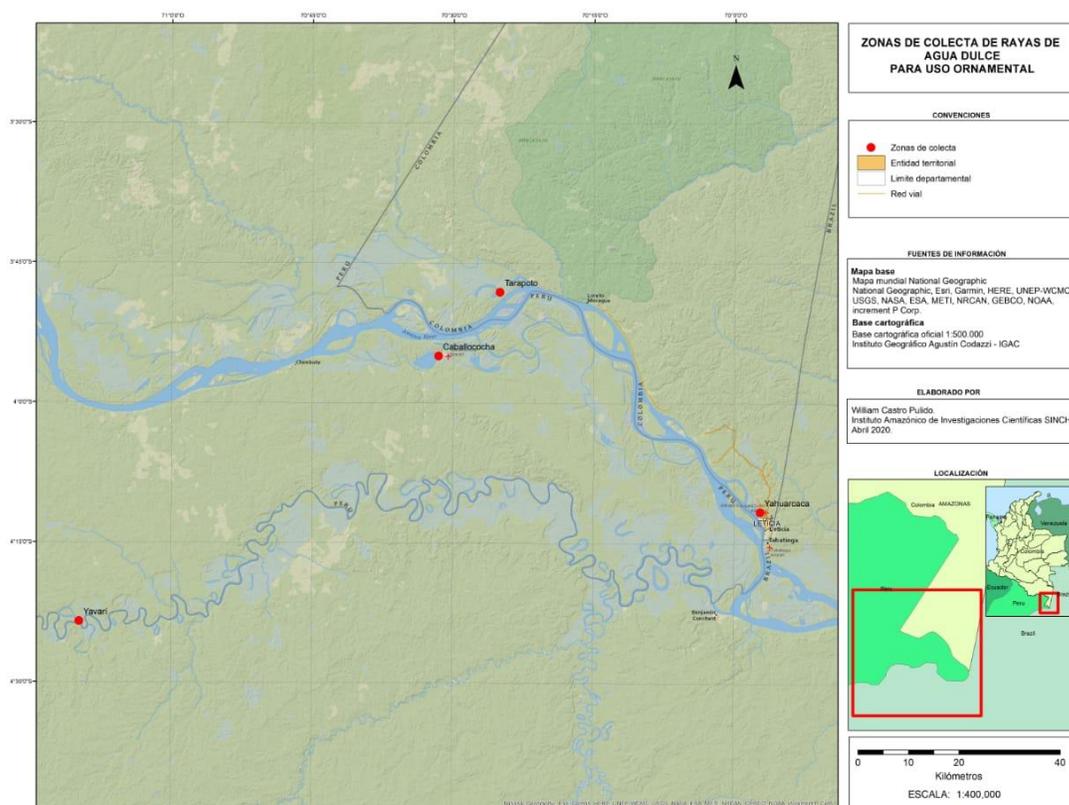


Figura 3.4: Localización de los sectores de extracción de rayas, identificados por los acopiadores de ornamentales en el área de estudio.

Tres de los acopiadores afirman que las rayas extraídas desde Leticia no presentan coloraciones muy llamativas, comparadas con las que se comercializan desde la Orinoquia particularmente del Arauca, mientras que un cuarto acopiador menciona que las *P. motoro* colectadas los lagos de Yahuaraca tienen visos rojizos que las hacen atractivas. Las tallas de captura oscilan entre 18 a 25 cm de ancho de disco, aunque reportan un máximo de 40 cm.

El 80% de los acopiadores entrevistados actúan como intermediarios entre los pescadores artesanales y los exportadores de Bogotá. El primer precio de compra de cada ejemplar de raya oscila entre \$15.000 y \$20.000 COP (entre 4 y 5,3 USD). Solo uno de ellos suele acompañar las faenas de pesca, asumiendo la mayoría de los gastos generados (combustible, alimentación), en esta situación el valor de cada ejemplar es de \$5.000 (\$1,3 USD). El precio que pagan los exportadores varía entre \$ 20.000 y \$40.000 (\$5,3 - 10,6 USD), dependiendo de la talla y el estado en el que se reciben las rayas en los centros de acopio de la capital. Todos los acopiadores afirman desconocer el valor por la venta de cada ejemplar pagado por exportadores en Bogotá, así como el destino final de estos.

Los despachos se hacen vía aérea desde Leticia hasta Bogotá, usualmente se transporta un ejemplar por bolsa, aunque eso depende de la talla, especímenes con ancho de disco superiores a 15 cm se embalan solos, para evitar que se lastimen con las espinas y la cola no sufra daños y para conservar por más tiempo la calidad del agua (Figura 3.5). En cada caja se transportan pocas bolsas, es decir pocos individuos. Cada bolsa tiene al menos 2 kg de peso de agua, así que los gastos de envío son altos.

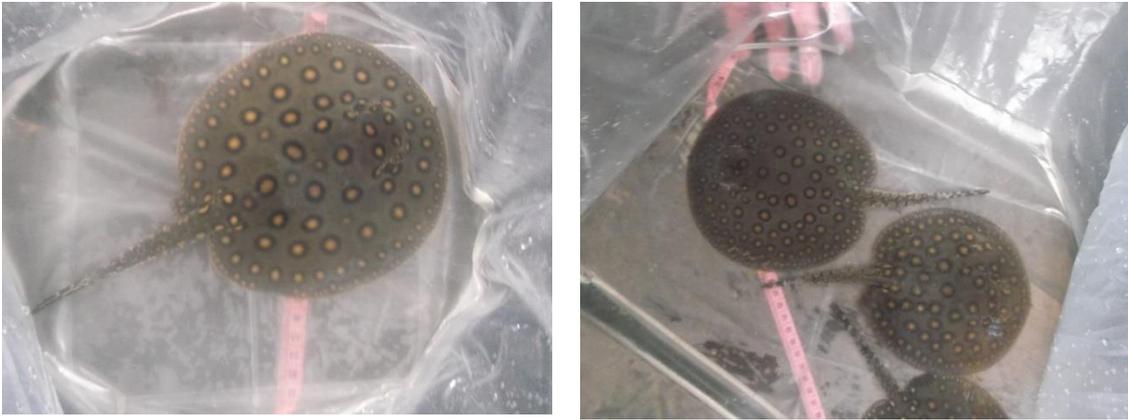


Figura 3.5: Proceso de embalaje de raya motora (*Potamotrygon motoro*) para ser despachadas desde Leticia hacia Bogotá.

Finalmente, un acopiador manifestó que no comercializa rayas procedentes de Leticia porque son muy comunes y el margen de ganancias es muy bajo, prefiere exportar especies más “exclusivas” que usualmente consigue en Brasil y que puede vender entre 1 y 2 millones de pesos (\$266 y 532 USD), cada uno. Al momento de la toma de datos este fue el único acopiador que manifestó ofrecer los ejemplares a través de su propio portal web, aunque los envíos internacionales los realiza a través de un exportador en Bogotá.

3.4.2 Usos locales

En total se realizaron 130 encuestas a hombres y mujeres pertenecientes a la etnia Tikuna (68,9%), Cocama (26,3%), Yagua y mestizos (2,3% cada uno). La edad de los encuestados osciló entre 19 y 85 años.

En cuanto a las actividades a las que se dedican el 40,3% (52) se dedica a una sola actividad que en orden de importancia son: agricultura (29%), pesca (8,5%), oficios varios/trabajador asalariado (8%) y ama de casa (4%); mientras que el 48,83% (63) se dedica a varias actividades como pesca/agricultura (31%), agricultura/otros (10%), pesca/otros (6,2) y agricultura/pesca/caza (1,5%). Dentro del ítem otros se registran actividades como turismo, medicina tradicional,

elaboración de artesanías, aserrador, guardia indígena y construcción. El 10% (14) de los entrevistados no realizan alguna actividad específica.

Se identificaron cuatro usos asociados al recurso: i. Consumo (24%); ii. Medicina tradicional, a partir de la extracción del hígado para la elaboración de aceite (10%), iii. Elaboración de elementos: usando la piel en la fabricación de tambores, lijas y adornos para la casa 4,7% y de las espinas en artesanías, rituales y fabricación de elementos empleados en la pesca y caza (1,5%) y iv. Carnada para la captura de especies de interés en el consumo local (1,5%). El 42% de los encuestados afirmaron darles por lo menos un uso a los productos obtenidos a partir del recurso, mientras que el 31,5%, obtienen varios productos de un mismo ejemplar. El 26,5 no usan el recurso (Figura 3.6).

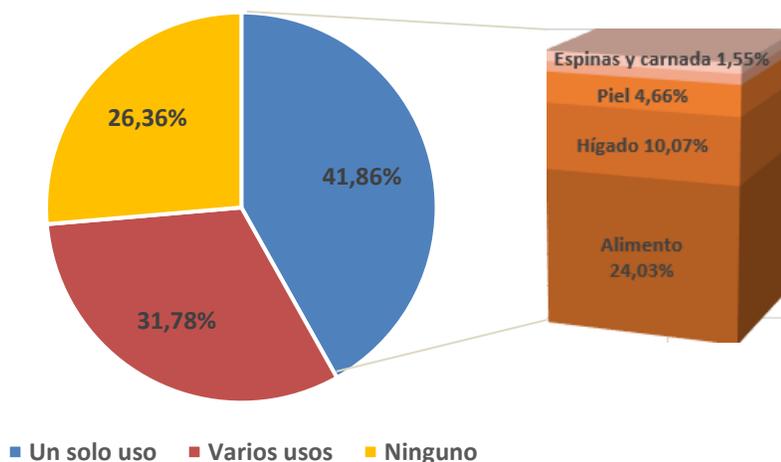


Figura 3.6: Porcentaje de usos dados a las rayas y sus subproductos, en el río Amazonas, Colombia.

En términos generales la captura de los especímenes para la obtención de productos está más relacionada con la pesca incidental, así el 43,4% (56) de los encuestados afirmaron que aprovechan las rayas cuando caen de forma accidental en las mallas o anzuelos, mientras que el 11,6% (15) las capturan con alguna finalidad, especialmente durante la época de friaje cuando salen a boquear a la superficie. En este contexto, la frecuencia de uso dado a los productos es

ocasional, el 70,5% de las veces, 2,3% (3) semanal y el 27,1% no contestaron porque no aprovechan el recurso.

Las especies empleadas en los diferentes usos están relacionadas con la oferta ecosistémica, no se emplea alguna especie en particular, condición también asociada al hecho de que la mayoría de las capturas son incidentales.

i. Consumo

El 25% de los entrevistados afirmaron que no consumen carne de raya porque no les gusta su sabor, porque tienen poca carne o porque tradicionalmente no hace parte de su dieta. Por su parte, el 97% de los entrevistados que incluyeron este uso dentro de sus respuestas, afirmaron que las consumen cuando caen accidentalmente en mallas o anzuelos, de tal forma que el consumo es esporádico.

A la pregunta ¿cuándo se consumen rayas?, el 10% respondió de quienes la consumen, la incluyen en sus dietas cuando la oferta ecosistémica de los peces de escama es reducida, o para no desperdiciar los animales una vez se extrae el hígado, el 3% la consume porque le gusta su sabor y porque la carne es libre de espinas. El 17% relacionó la ingesta de rayas con protección del cuerpo contra enfermedades y porque con el consumo de la carne se curan los niños. La forma más común de preparación es en patarasca (aliñada con verduras y envuelta en hoja de plátano; 15%), frita (5%), y en mazamorra (1%). Estos platos son preparados principalmente por mujeres (Figura 3.7).



Figura 3.7: Elaboración de patarasca de raya en la comunidad de la Milagrosa en el área de influencia del sistema lagunar de Yahuaraca, Leticia.

El consumo se asocia a la época del año en la que hay mayor oferta ecosistémica, solo dos personas del municipio de Puerto Nariño relacionaron el consumo de rayas con un ritual de purificación (Yagua) y de la pelazón (Tikuna), buscando protección para la niña.

ii. Medicina tradicional

El 54,5% de los entrevistados que incluyeron la medicina tradicional como parte de los usos dados al recurso afirmaron que la extracción de las rayas no se asociada con alguna época del año, mientras que el 38,6% lo asociaron al ciclo hidrológico anual (aguas altas 11,3%, aguas bajas 6,8%, comienzo de aguas en descenso 2,2%), época del año (invierno 2,2%, verano 11,3%) y con el friaje (4,5%; Figura 3.8).

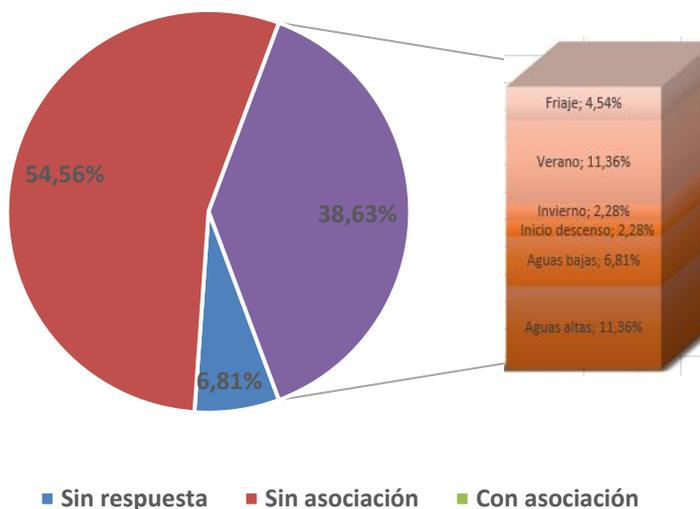


Figura 3.8: Frecuencia de uso dado al aceite de hígado de raya en la medicina tradicional, en el río Amazonas, Colombia.

La extracción del aceite de hígado se hace de dos formas, la primera de ellas consiste en exponer el hígado al calor, sobre una teja de zinc para que el sol ayude a liberar la grasa o en una sartén al fuego y la segunda es ahumando el animal completo sin el estómago y los intestinos para que igual que en el primer caso, el

calor se ocupe de extraer la grasa la cual es colectada en un recipiente. Una vez finalizado el proceso el aceite se pasa por un colador y se almacena en envases (Figura 3.9).



Figura 3.9: Aceite de hígado de raya. Comunidad de San Pedro de los Lagos, sistema lagunar de Yahuaraca, Leticia.

La mayoría de los tratamientos efectuados a los pacientes con aceite de hígado de rayas puede ser sustituido por otros productos naturales, especialmente por plantas (Tabla 3.2).

Tabla 3.2: Enfermedades, tratamientos, especies empleadas para la elaboración del aceite de raya y tratamientos sustitutos para reemplazar el aceite.

Enfermedad	Tratamiento	Especies empleadas	Tratamiento sustituto
Respiratorias: asma, bronquitis, tos, tuberculosis, neumonía	En las comunidades se suministra el aceite de raya tomado. En el mercado local se vende para ser consumido en una mezcla con emulsión de Scott, miel de abejas y cola granulada.	<i>Potamotrygon orbignyi</i> , <i>Potamotrygon motoro</i> <i>Paratrygon aiereba</i> <i>Plesiotrygon iwamae</i>	Aceite de caimán negro solo o con llantén y yema de huevo. Manteca de gallina negra sola o con ajos y jengibre. Aceite de boa. Miel de abejas, aceite de copaiba, llantén y aceite de hígado de bacalao. Caña agría Caña agría, limón y miel de abejas. Caña agría, zumo de totumo, miel de abejas. Aceite de mojoyoy. Hierba Luisa
Agilizar y facilitar el parto de las mujeres.	Se toma puro o se unge en el vientre	<i>Potamotrygon orbignyi</i> , <i>Potamotrygon motoro</i> <i>Paratrygon aiereba</i> <i>Plesiotrygon iwamae</i>	Té de hoja de Santa María
Otras: gripa, reumatismo, dolor de huesos	Se toma puro	<i>Potamotrygon orbignyi</i> , <i>Potamotrygon motoro</i>	Corteza de remocaspi (<i>Aspidosperma</i> spp.) y Huacapurana (<i>Campsiandra comosa</i>)
Cáncer y tumores	Se debe tomar puro por un período mínimo de seis meses	<i>Potamotrygon motoro</i> y <i>P. constellata</i>	Visitando el médico occidental y con las medicinas que le formulen.
Protección contra enfermedades y malos espíritus	Se toma puro.	<i>Paratrygon aiereba</i> <i>Potamotrygon motoro</i>	Aceite de caimán y boa.

La elaboración del aceite es una actividad realizada por los padres (27%) y las mujeres (25%) principalmente. En algunos casos los entrevistados manifestaron que antes esta preparación estaba cargo de los chamanes o curanderos, pero que en la actualidad es algo que realiza quien sepa hacerlo.

iii. Usos varios: A partir de las espinas y piel y como carnada

En este componente se unen los resultados iii. elaboración de elementos a partir de la piel y las espinas y iv. como carnada para la captura de especies de interés en el consumo local. En este contexto, el 5,42% de los encuestados referenciaron el usar la piel de rayas en la fabricación de lijas que usan para hacer brillar las artesanías, porque son más resistentes que las que se consiguen en Leticia. Para la fabricación de tambores, al igual que en el caso de las lijas, la piel es más resistente y produce un buen sonido. Los hombres se encargan se secar la piel al sol y elaborar los tambores. Puede ser reemplazada con pieles de animales como boa, caimán o boruga. No referenciaron preferencia por alguna especie para fabricar estos elementos, ya que la captura la referencian como un evento accidental.

El 6,9% de los encuestados emplean las espinas en la elaboración de artesanías como collares y aretes (Figura 3.10), o como elementos en rituales para protección contra enfermedades y malos espíritus. Un pescador que habita en la comunidad de Puerto Esperanza (Puerto Nariño) referenció usar espinas de rayas como como elemento de pesca, al atarla en el extremo de una vara la emplea en la extracción de Pirarucú (*Arapaima gigas*).



Figura 3.10: Venta de artesanías elaboradas a partir de las espinas de rayas. Municipio de Puerto Nariño.

Con relación a los productos que se elaboraban anteriormente y que ya no se elaboran dos personas respondieron que con las espinas se hacían rituales para hacer daño. En 14 respuestas aseguraron que antes se preparaba con mayor frecuencia aceite de hígado para el tratamiento de enfermedades y que su uso ha disminuido a causa de la pérdida del conocimiento sobre el manejo adecuado para curar, desde los métodos para extraer el aceite hasta la forma para aplicar los remedios; así como una disminución en la cantidad de rayas presentes en los ecosistemas.

Finalmente, 3,1% de la población encuestada afirma que emplea las rayas capturadas accidentalmente, como carnada para la captura de especies que se colectan con anzuelos. Las rayas se cortan en pedazos y se colocan en los anzuelos.

3.5 Discusión

3.5.1 Potamotrygonidos como recurso ornamental

En términos generales, la pesquería de rayas comparte generalidades con las de otros peces ornamentales como: **i.** ser una actividad extractiva, **ii.** es practicada por indígenas y colonos de los países que comparten la trifrontera, **iii.** se realiza de manera artesanal y en pequeña escala (Pinto 1997), **iv.** los envíos se despachan vía aérea hacia Bogotá, desde donde son distribuidas hasta sus destinos finales (Blanco 1992; Guzmán-Maldonado & Lasso 2014) y **v.** los acopiadores del sector son un puente entre los pescadores y los exportadores, quienes en la mayoría de los casos son los que poseen los permisos para sacar los ejemplares del país.

De acuerdo con la información obtenida a partir de las entrevistas con acopiadores, se estableció que las rayas como recurso ornamental aportan en términos de unidades entre el 1 y el 1,5% de las movilizaciones anuales realizadas desde la ciudad de Leticia, dejando un margen de ganancia bruta por ejemplar que oscila entre \$5.000 y \$20.000, sin considerar los costos de movilización. La ganancia para los pescadores es similar, pues para ellos la venta de cada ejemplar varía entre las mismas cantidades.

Este hallazgo concuerda con las cifras oficiales de movilización para Leticia generadas por la AUNAP, durante el período comprendido entre 2013 a 2018, indican que las especies *P. orbignyi*, *P. motoro*, *P. constellata*, *Plesiotrygon nana*, *P. iwamae* y *Paratrygon aiereba* no superaron los 1500 ejemplares en esos 6 años (Figura 3.11; Tabla 3.3). Caso contrario a *P. schroederi* que aparece en las estadísticas con procedencia Leticia y muestra un total de durante los años analizados proporcionó el 61% (5999) de unidades, sin embargo, esta especie no se encuentra reportada para la zona de estudio, su distribución está para los ríos Apaporis, Itu, Putumayo bajo y medio, Guainía, Yarí y en la Orinoquia en los ríos Apure, Arauca, Bitá, Capanaparo, Casiquiare, Cataniapo, Caura, Cinaruco, Delta, Inírida, Meta, Tomo, Guaviare, Ocampo, Siapa y Ventuari (Lasso *et al.* 2013), de forma tal que Leticia es centro de acopio de la especie, pero no zona de extracción.

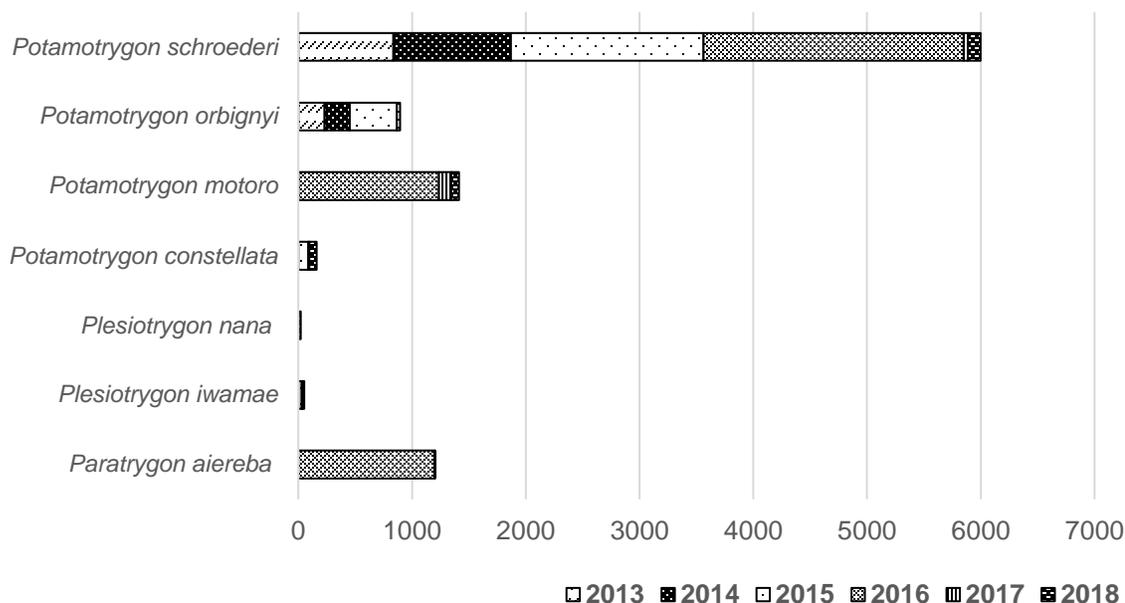


Figura 3.11: Estadísticas de las unidades de rayas movilizadas ente el 2013 y el 2018, desde la ciudad de Leticia. Fuente: AUNAP 2019.

Tabla 3.3: Unidades de ejemplares movilizadas desde la ciudad de Leticia, entre el 2013 y 2018. Datos tomados y modificados de AUNAP 2019.

Especie	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total general
<i>Potamotrygon schroederi</i>	836	1034	1692	2289	35	113	5999
<i>Potamotrygon motoro</i>			2	1235	109	66	1412
<i>Paratrygon aiereba</i>				1200	1		1201
<i>Potamotrygon orbignyi</i>	232	220	414	29			895
<i>Potamotrygon constellata</i>			87	6	4	64	161
<i>Plesiotrygon iwamae</i>			30	4	1	16	51
<i>Plesiotrygon nana</i>				2		20	22
Totales generales	1068	1254	2225	4765	150	279	9741

En respuesta a los ciclos hidrológicos y al comportamiento de las especies, la pesquería de rayas en la zona de estudio es una actividad extractiva, en la cual la disponibilidad ecosistémica de individuos juveniles ocurre una vez al año, por un período máximo de un mes y medio coincidente con el inicio de las aguas en ascenso. A diferencia de la extracción de la mayoría de las especies ornamentales, que son capturadas durante la época de aguas bajas (Moreno & Duque 2006),

período que no favorece la extracción de rayas pues usualmente presentan los bordes del disco en mal estado, mordidos por especies como pirañas (*Serrasalmus* sp.) y dormilón (*Hoplias malabaricus*), por lo cual son descartados al no cumplir con los requerimientos de calidad de los compradores.

En esta dinámica, las especies y sus representatividades en las movilizaciones están sujetas a sus abundancias de los ambientes acuáticos, por tanto, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi* y *Paratrygon aiereba* son las que se comercializan en cantidades mayores, provenientes principalmente de ecosistemas de aguas lénticas como los lagos de Yahuaracaca, Atacuari en Puerto Nariño y lagos asociados al río Yaraví en Brasil. La extracción se hace por solicitud de los exportadores o acopiadores de Bogotá, siendo la raya motora (*P. motoro*), la de mayor demanda en el mercado.

La mayoría de las capturas son realizadas por pescadores de origen brasilero o peruano y se realizan con métodos tradicionales como anzuelos o nasas manuales, no se evidenció el uso de un arte específico para este fin, como ocurre en los sectores de Puerto Carreño y lagunas asociadas al río Bitá (cuenca del Orinoco), donde la extracción de potamotrygonidos es más intensa y los pescadores han desarrollado métodos de captura que consisten en nasas de hierro, cónicas con una bolsa de anejo donde se atrapan los ejemplares (Figura 3.12) o con las canastillas de ventiladores (Ajiaco-Martínez & Ramírez-Gil 2008 En: Ajiaco-Martínez *et al.* 2012).



Figura 3.12: Nasa manual empleada en el municipio de Puerto Carreño, Vichada para capturar rayas. Imagen tomada de Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez 2008.

Un factor limitante para la movilización de potamotrygonidos se relaciona con el costo de envío hacia Bogotá, en relación al peso y volumen con el número de ejemplares transportados, pues mientras que en una caja se trasladan alrededor de 30 rayas, especies de tamaño menor como corydoras, otocinclos y arawanas, pueden ser embaladas en cajas de 1000 unidades, y aunque los precios de venta por unidad de raya supera al de las otras especies, el margen de ganancia no es mayor.

En este contexto, las estadísticas de la AUNAP reflejan que el aporte realizado por las rayas de agua dulce, incluso a nivel de cuenca amazónica para los años graficados nunca supera las cifras procedentes de la Orinoquia y Magdalena-Cauca, está última representada por una única especie, la raya Barranquilla (*Potamotrygon magdalenae*; Figura 3.13).

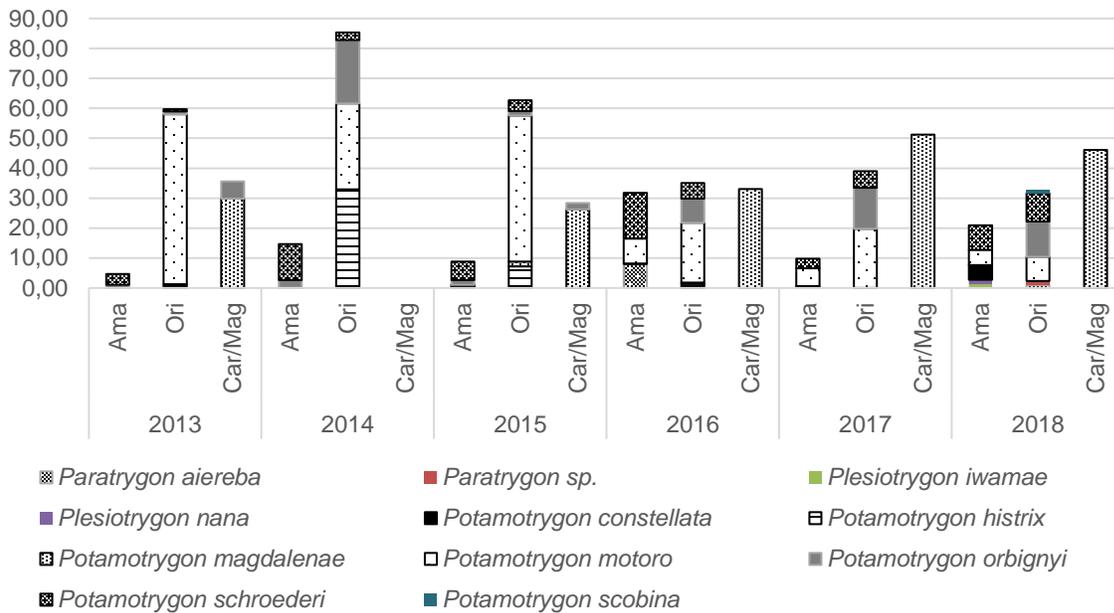


Figura 3.13: Comparación de los porcentajes de individuos movilizados por especie desde cada una de las cuencas. Estimaciones del autor con base en reportes oficiales (AUNAP 2019).

En Leticia y Puerto Nariño, desde hace varias décadas la pesquería de ornamentales se concentra principalmente en el aprovechamiento de especies asociadas a gramalotes y arroyos selváticos de aguas negras, como Otocinclos (*Otocinclus* spp.), Corredoras (*Corydora* spp.), Estrigata mármol (*Carnegiella strigata*); Arari (*Chalceus* spp) y de sistemas lagunares como alevinos de Arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*; Ajiaco-Martínez *et al.* 2012), en donde la captura y transporte de millares de ejemplares, representa un margen amplio de ganancias; así como el de especies consideradas poco comunes aunque éstas, usualmente no provienen de territorio nacional.

Dadas las particularidades de las pesquerías locales de rayas, el uso de este recurso como ornamental no denota gran importancia para la economía de pescadores y acopiadores de la región, y aunque no se tienen estudios poblacionales para cada una de las especies, se puede pensar que la presión pesquera sobre las especies objeto de uso no es fuerte.

Se evidenció que persisten errores en la identificación de especies, las que usualmente son registradas como *P. motoro*. Dado el mecanismo con el que se llevan los controles de las pesquerías de ornamentales en el país, donde son los acopiadores y exportadores quienes indican la cantidad y las especies movilizadas, los errores en la identificación generan información poco certera, que impide conocer realmente cuáles de ellas sufren presión y poder tomar acciones particulares para cada una ellas (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012).

3.5.2 Usos locales

i. Consumo

Los pobladores de las comunidades del sistema lagunar de Yahuaraca en Leticia y en Puerto Nariño, no consumen rayas como parte de su dieta cotidiana. En términos generales su consumo está ligado a las capturas incidentales, más que a pesca dirigida con este fin. De acuerdo con Schomburgk (1843) y Ferreira *et al.* (1998) las rayas pueden ser aprovechadas como alimento, aunque históricamente no son valoradas como tal por los pescadores de la región amazónica (Rosa *et al.* 2010) debido a la disponibilidad de especies de escama como tucunaré (*Cichla ocellatus*), bocachico (*Prochilodus nigricans*), sábalo (*Brycon* sp.), palometa (*Mylossoma* spp.), carawasú (*Astronotus ocellatus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*) y arenga (*Pellona* spp.), las cuales son más apetecidas por los pobladores.

ii. Medicina tradicional

En orden de importancia, el segundo uso dado a las rayas es la extracción del hígado para la obtención de aceite. Este es empleado en el tratamiento de enfermedades asociadas al sistema respiratorio como bronquitis, asma, tos seca, neumonía, tuberculosis; así como un facilitador durante el parto (Rosa *et al.* 2010; Charvet-Almeida *et al.* 2003) y en la cura de dolores de huesos, de estómago,

resfríos, cáncer (tumores). También se le atribuye el poder para disminuir la ira y como protección contra enfermedades y malos espíritus (Charvet-Almeida 2001).

Las especies empleadas para la extracción de aceite de hígado responden a la oferta natural y está relacionada con la forma más común de obtención de ejemplares, que es accidental, por tanto, *Potamotrygon motoro*, *P. orbignyi* y en menor proporción *Paratrygon aiereba* y *Potamotrygon constellata* se emplean con mayor frecuencia. Por otra parte, la raya látigo (*Plesiotrygon iwamae*) pocas veces es utilizada ya que es difícil de capturar, situación que puede estar asociada a que su hábitat se restringe al canal principal del río y es poco abundante (Sánchez-Duarte *et al.* 2012).

El hecho de que a lo largo de la Amazonia el aceite de hígado se emplee de forma exitosa en el tratamiento de enfermedades podría deberse a la presencia de escualeno en este órgano (Rosa *et al.* 2010), el cual es un compuesto orgánico, precursor del colesterol y otros esteroides; su principal beneficio es ser adyuvante inmunitario³, estimulando el sistema inmune y aumentando su respuesta (Günes 2013).

El aceite de raya se puede adquirir en el mercado local y distribuido a los vendedores de productos naturales en la plaza de mercado local en Leticia. El valor comercial de 50 mililitros de aceite está alrededor de los \$5.000 pesos. La especie no es determinante para la elaboración del producto y usualmente el proceso se realiza por encargo.

iii. Usos varios: A partir de las espinas y la piel y como carnada

Los usos referidos para la piel, espinas y como carnada en la pesca de especies de importancia en el consumo local, son dados de forma esporádica, ya que dichas

³ Adyuvante inmunológico: sustancia que se usa para ayudar a reforzar la respuesta inmunitaria a una vacuna de modo que se necesite menos cantidad de vacuna.

partes son aprovechadas para obtener el mayor beneficio posible de cada uno de los ejemplares extraídos.

Como parte de los usos que se daban antes y que no se practican actualmente, se mencionó que las espinas se usaban en prácticas de brujería para lastimar a personas o estropear sus cultivos, en relación a la imagen negativa que tienen las rayas debido al intenso dolor que producen las lesiones con las espinas (Rosa *et al.* 2010). Este órgano está cubierto por un epitelio que contiene grandes cantidades de glándulas que producen veneno cuando se comprime la espina atraviesa el tejido de la víctima (Halstead 1971). Se ha determinado que existen diferencias entre el veneno producido por diferentes especies (Magalhães *et al.* 2008).

Este último uso es producto de la imagen negativa que tienen de las rayas, asociado al dolor que producen las lesiones ocasionadas con las espinas dorsales y es también debido a esto, que se presenta una de las mayores amenazas a las poblaciones, ya que una estrategia común de prevención de accidentes es sacrificar especímenes adultos que caen accidentalmente en los aparejos de pesca o que ingresan en los territorios humanizados.

De acuerdo con la necesidad planteada en el Plan Nacional de Tiburones Rayas y Quimeras PAN-Colombia (Caldas *et al.* 2010), de identificar las especies que son objeto de uso y en relación a estos, evaluar las amenazas para las poblaciones asociadas a la extracción de individuos de su medio natural, a partir del desarrollo de este capítulo se establece que las especies que se usan con mayor frecuencia como recurso ornamental o para ser aprovechada por pobladores locales, son *Potamotrygon motoro* (raya motoro), *Paratrygon aiereba* (manzana, cejuda) y *Potamotrygon orbignyi* (raya común), las cuales además son las más abundantes en los ecosistemas acuáticos estudiados.

3.6 Conclusiones

- Dadas las particularidades de las pesquerías locales de rayas, el uso de este recurso como ornamental no denota gran importancia para la economía de pescadores y acopiadores de la región, y aunque no se tienen estudios poblacionales para cada una de las especies, se puede pensar que la presión pesquera sobre las especies objeto de uso no es fuerte.
- En la zona, el gremio de acopiadores no reconoce que existan pescadores de rayas que se dediquen exclusivamente a su colecta durante el período de oferta ecosistémica, así como el uso de artes de pesca específicas para su colecta, al contrario, manifiesta que su extracción como ornamental no es una actividad significativa, comparada con localidades de la Orinoquia donde sí lo son.
- Las especies objeto de uso en la pesquería de rayas como recurso ornamental y para uso local, evidencian la oferta natural, siendo en orden de importancia *Potamotrygon motoro*, *Paratrygon aiereba* y *Potamotrygon orbignyi*, quienes realizan los mayores aportes a las cifras de movilización y extracción en la zona de estudio.
- Se establecieron cuatro usos dados a las rayas por parte de los pobladores locales, que en orden de importancia son: i. medicina tradicional, ii. consumo, iii. elaboración de productos a partir de la piel y las espinas y vi. como carnada en la pesquería de especies de importancia en el consumo local, denotando que dichos usos están asociados a las capturas incidentales.
- La frecuencia de uso de elementos como aceite de hígado en la medicina tradicional, ha disminuido en relación a que esta actividad es hecha

principalmente por los pobladores de mayor de edad en las comunidades, mientras que los más jóvenes desconocen el uso adecuado de este remedio.

3.7 Recomendaciones

- Al ser los acopiadores de ornamentales quienes hacen los registros de movilización de especies ante la AUNAP, deberían recibir capacitación en identificación de las especies de potamotrygonidos conocidas en la zona, con sus variedades en los patrones de coloración.
- Realizar estudios poblacionales para las especies *Potamotrygon motoro*, *Paratrygon aiereba* y *Potamotrygon orbignyi*.
- Por tratarse de una región fronteriza, sería válido desarrollar estrategias de seguimiento a las capturas para cada especie que permitan establecer normatividades conjuntas que asegure el aprovechamiento sostenible del recurso.
- Se propone realizar capacitaciones a pescadores artesanales y población estudiantil, en las cuales se den a conocer la vulnerabilidad del grupo en relación con sus particularidades reproductivas; así como la biodiversidad real de las especies presentes en el río Amazonas colombiano.

Consideraciones finales

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, en cuanto a biodiversidad de rayas de agua dulce se sabe que el sector colombiano del río Amazonas alberga el 82% de las especies reportadas a nivel nacional (DoNascimento *et al.* 2017), siendo *Heliotrygon gomesi*, *Plesiotrygon nana* y *Potamotrygon tigrina*, los primeros y únicos reportes para el país, así como *Paratrygon aiereba*, *Plesiotrygon iwamae*, *Potamotrygon constellata*, *P. motoro*, *P. orbignyi* y *P. scobina*, de manera que, generar y adoptar medidas para el manejo adecuado del recurso se hace necesario para la conservación de dicha biodiversidad, más aún, considerando que sobre este grupo se ejercen presiones relacionadas con el comercio ornamental, la pesca accidental (Lasso *et al.* 2013) y la degradación de sus hábitats (Rosa *et al.* 2010), entre otros.

Particularmente para la zona de estudio, se identificaron como usos principales el consumo y la elaboración de aceite de hígado empelado en la medicina tradicional, el 56% de los ejemplares usados en estas prácticas, provienen de la pesca incidental, esto, sumado a las cifras reportadas por la Autoridad Pesquera sobre movilización de ornamentales, podrían estar impactando de forma negativa las poblaciones de las diferentes especies de rayas (Charvet-Almeida 2001).

En este contexto, las características reproductivas de la familia Potamotrygonidae como bajo número de crías por gestación, madurez sexual entre los 2 y 8 años y reproducción estacional (Rosa *et al.* 2010; Charvet-Almeida 2001; Thorson *et al.*

1983), Castex (1963), son consideradas como factores limitantes para la sustentabilidad de la actividad pesquera (Pratt & Casey 1990).

Teniendo en cuenta que desde Colombia anualmente se exportan alrededor de 20.000 ejemplares de rayas, y que los mayores aportes a las estadísticas de movilización las hacen *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon magdalenae*, *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. schroederi* y *P. yepezi*, se han tomado medidas precautorias en aras de la conservación de dichas especies como la inclusión en el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (Mojica *et al.* 2012) y en el Apéndice III del CITES.

A partir de entrevistas realizadas a los acopiadores de peces ornamentales de la región, se establece que la comercialización de ejemplares de rayas no ejerce una alta presión sobre las especies objeto de uso, de forma que no denota una amenaza, dadas las particularidades de dicha actividad en la cual el margen de ganancias para acopiadores y pescadores no es significativa para su economía, pues el número de ejemplares movilizados anualmente no es alto.

En el contexto nacional la implicación de este hallazgo, sugiere que el manejo actual que se le da al recurso a partir de la asignación de cuotas anuales debería hacerse como primera medida, con un enfoque diferencial en términos de cuencas, más aún, considerando los datos reportados por la AUNAP para el periodo comprendido entre el 2013 y 2018, en los cuales se observa que los aportes hechos a las estadísticas de movilización de rayas desde la Orinoquia fue del 58% y desde la cuenca Magdalena-Cauca del 29%, siendo el 13% restante procedente de la Amazonía (Aunap 2019).

Es necesario mencionar que las cifras expuestas con anterioridad corresponden a ejemplares extraídos del medio natural y solo dan cuenta de los individuos movilizados, sin considerar aquellos que no sobreviven a la captura o transporte (Charvet-Almeida 2001). Dichas circunstancias deben hacer un llamado a la reflexión, pues Colombia sigue por la línea extractiva de peces ornamentales,

dinámica contraria a la tendencia global en la cual la procedencia del 90% de los ejemplares son obtenidos por producción acuícola (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012).

Idealmente para la conservación de rayas de agua dulce, a mediano plazo se debería realizar la transición entre movilización de individuos silvestres a producidos en cautiverio, situación que se alcanzará una vez se tenga conocimiento sobre las particularidades reproductivas de cada especie. Mientras esto ocurre, la cuota anual de 20.000 ejemplares avalada por la AUNAP, debería ser reducida considerablemente o en su defecto establecida, como se mencionó con anterioridad, de manera diferencial para cada cuenca.

A nivel local, también es importante elaborar y estructurar programas educativos y divulgativos que generen conciencia de conservación de este grupo, en el cual se vinculen pobladores locales, particularmente en ecosistemas acuáticos estratégicos identificados como zonas de crianza, como los sistemas lagunares de Yahuaraca y Tarapoto, los cuales, además están involucrados en procesos exitosos de manejo pesquero; así como la realización de talleres de identificación de especies con el gremio de acopiadores de peces ornamentales, encaminados a generar cifras reales de movilización por especie, desde este sector.

Este trabajo hace aportes al Plan de Acción Nacional Para la Conservación de Tiburones, Rayas y Quimeras de Colombia, PAN-Tiburones Colombia, el cual sigue las directrices de la FAO en materia de ordenamiento, manejo y conservación de elasmobranquios al generar información en los objetivos específicos de caracterizar las cadenas relacionadas con la comercialización de rayas, “determinar áreas de reproducción, crianza, refugio o zonas naturales para la sostenibilidad de poblaciones, promover la investigación biológica del grupo en aguas continentales y aportar al conocimiento sobre biología e historia de vida de las especies.

Anexos

Anexo 1: Estadística descriptiva para el set de medidas tomadas a los ejemplares de los géneros de la familia Potamotrygonidae.

Potamotrygon motoro: n valido: 80.

	Mean	Median	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Standard Error
2LD	107,3147	105,51	100,56	193	120,496	10,97705	1,227272
3LT	177,0433	180,005	101	320	1031,244	32,11299	3,590342
4LID	92,0141	91,26	78,95	166	118,832	10,90102	1,218771
5BSc	33,0337	31,635	27,72	55	21,63	4,65076	0,519971
6BCI	64,2162	63,305	6,2	114	155,271	12,46076	1,393155
7CIEc	50,7639	47,74	26,71	101	209,563	14,47628	1,618498
8Lc	88,107	87,715	54,45	155	295,869	17,20083	1,923111
9Ac	12,2854	11,725	7,94	20,09	5,216	2,28387	0,255344
10AcE	5,8361	4,66	2,84	101	116,777	10,80633	1,208184
11Ac	8,9916	6,5	4,61	101	221,294	14,87596	1,663183
12AAp	27,0821	26,895	17,46	51	21,949	4,68495	0,523793
13LAp	24,3351	23,775	17,56	43	15,602	3,94988	0,44161
15LE	31,184	25,505	7,73	101	558,792	23,63878	2,642896
16LPC	84,8468	84,49	20,8	144	169,161	13,0062	1,454138
17LPO	21,1861	21,48	1,98	41	22,069	4,69781	0,525231
18LPN	16,5796	16,215	7,9512	31	10,103	3,1785	0,355367
19LHb	16,6427	16,21	14,25	34,76	7,352	2,71147	0,303151
20AHb1	29,3049	26,385	12,7	101	211,078	14,52853	1,624339
21AHb5	32,4528	19,275	7,33	101	929,948	30,49506	3,409451
22AB	11,4141	10,35	1,75	101	106,516	10,32067	1,153885

23LN	7,5002	5,67	2,82	101	144,452	12,01882	1,343744
24AIn	8,0511	7,925	6,361	13,82	1,26	1,12232	0,12548
25DO	5,3005	3,935	1,54	101	120,999	10,99997	1,229834
26LEs	8,7146	8,195	2,35	23,31	7,98	2,8249	0,315833
27DI	18,5443	18,49	6,54	33,45	7,947	2,81906	0,315181
28AIEs	18,9791	17,56	14,1	101	91,221	9,55094	1,067828
29LPO	28,7422	26,755	20,8	101	148,425	12,18297	1,362097

Paratrygon aiereba. n válido: 25.

	Mean	Median	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Standard Error
2LD	110,7695	111,3333	90,3529	116,1045	25,159	5,01588	1,003177
3LT	176,6662	159,0933	128,6682	270,9854	1350,048	36,743	7,3486
4LID	100,0888	99,3827	85,2761	128,6682	89,164	9,44269	1,888538
5BSc	24,8016	23,5713	17,4459	44,1906	29,682	5,44812	1,089625
6BCI	60,4109	58,7537	36,8385	95,6297	108,45	10,41393	2,082786
7CIEc	38,3754	24,8387	12,9358	101	1039,699	32,24437	6,448873
8Lc	84,8767	89,7906	21,7562	159,6501	1083,632	32,91857	6,583714
9Ac	14,609	7,3528	4,6918	101	678,124	26,04082	5,208164
10AcE	22,8178	3,4849	2,25	101	1592,88	39,91091	7,982181
11Ac	19,4934	4,0356	3	101	1318,788	36,31511	7,263023
12AAp	20,0031	19,2331	13,589	29,4215	13,192	3,63206	0,726411
13LAp	18,476	17,9355	14,5	24,0311	6,263	2,50259	0,500518
15LE	34,9642	11,7885	0,149	101	1777,461	42,15995	8,43199
16LPC	85,7347	87,9776	33,2344	99,1855	204,203	14,28996	2,857991
17LPO	31,9928	30,4051	21,9033	91,3947	168,787	12,99182	2,598364
18LPN	26,6183	27,1242	21,0592	31,1111	9,794	3,1296	0,625919
19LHb	12,2127	11,2661	9,1523	32,4222	19,167	4,37797	0,875593
20AHb1	22,5587	22,5004	17,7866	28,4566	7,049	2,65506	0,531011
21AHb5	63,3777	101	5,7055	101	1893,77	43,51746	8,703493
22AB	9,7035	9,3802	6,4004	14,4068	3,483	1,86617	0,373233
23LN	1,965	1,5104	0,817	6,2925	1,516	1,23109	0,246217
24AIn	6,8816	8,1483	1,6	9,6936	6,927	2,632	0,5264
25DO	1,3303	1,2302	0,6271	2,5	0,315	0,56138	0,112275
26LEs	5,1123	4,8148	3,8859	9,2386	1,504	1,22624	0,245247
27DI	11,3763	11,1387	5,7932	14,8275	3,247	1,80203	0,360407

28AIEs	11,5615	11,5123	9,7953	14,8917	1,496	1,22313	0,244626
29LPO	32,3276	32,3097	23,972	49,022	19,254	4,38789	0,877577

Plesiotrygon iwamae. n válido: 5.

	Mean	Median	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Standard Error
2LD	105,972	103,85	91,57	124,52	143,06	11,9609	5,34909
3LT	358,98	255,65	175,32	589,54	35643,34	188,7944	84,43144
4LID	96,51	97,07	91,4	100,96	14,39	3,7935	1,6965
5BSc	32,754	32,52	28,4	36,13	10,55	3,2476	1,45239
6BCI	75,676	72,55	62,96	98,7	194,52	13,9469	6,23725
7CIEc	64,822	66,14	56,01	75,74	57,24	7,5656	3,38344
8Lc	258,868	146,21	83,12	489,69	35399,7	188,1481	84,14238
9Ac	18,016	13,18	11,92	38,27	129,16	11,3646	5,08242
10AcE	13,122	4,62	2,91	49,38	411,77	20,292	9,07488
11Ac	6,498	6,39	5,48	7,38	0,72	0,8462	0,37841
12AAp	27,562	28,11	19,04	34,42	34,41	5,8658	2,62328
13LAp	20,97	21,75	11,07	25,93	35,95	5,9954	2,68123
15LE	34,608	18,34	14,82	101	1384,36	37,207	16,6395
16LPC	96,956	99,15	88,89	103,05	35,39	5,949	2,66048
17LPO	28,82	26,81	25,16	38,75	31,82	5,6409	2,52267
18LPN	24,51	22,04	19,48	36,19	44,29	6,6552	2,97628
19LHb	14,702	15,09	11,11	18,51	8,93	2,989	1,33672
20AHb1	25,158	24,06	23,28	30,44	8,93	2,9884	1,33647
21AHb5	51,884	20,62	17,81	101	2011,31	44,8477	20,05649
22AB	7,654	6,88	6,46	9,6	1,76	1,3271	0,59348
23LN	4,008	4,24	2,64	5,29	1,03	1,0136	0,45331
24AIn	8,464	8,53	7,24	9,21	0,56	0,7456	0,33346
25DO	1,886	1,59	1,16	3,68	1,05	1,0261	0,45886
26LEs	6,744	6,15	3,99	10,81	6,71	2,5898	1,1582
27DI	12,336	11,43	10,58	14,67	3,39	1,8407	0,82319
28AIEs	14,278	13,52	12,97	16,8	2,4	1,5488	0,69264
29LPO	32,52	30,69	29,1	41,23	24,65	4,9646	2,22023

Heliotrygon gomesi. n válido: 4.

	Mean	Median	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Standard Error
2LD	102,945	105,395	94,14	106,85	36,151	6,0126	3,0063
3LT	165,1075	164,855	124,06	206,66	1401,616	37,43817	18,71908
4LID	94,28	94,775	89,7	97,87	12,658	3,55774	1,77887
5BSc	21,605	20,97	19,18	25,3	7,487	2,73629	1,36815
6BCI	57,26	54,115	35,65	85,16	422,863	20,56364	10,28182
7CIEc	38,425	19,28	14,14	101	1748,101	41,81029	20,90515
8Lc	72,5225	69,62	39,42	111,43	1204,033	34,69917	17,34959
9Ac	4,705	4,8	3,89	5,33	0,371	0,60885	0,30443
10AcE	26,615	2,085	1,29	101	2459,453	49,59287	24,79643
11Ac	26,97	2,6	1,68	101	2435,996	49,35581	24,6779
12AAp	19,06	17,54	16,47	24,69	14,344	3,78739	1,8937
13LAp	16,91	16,8	15,63	18,41	2,082	1,44284	0,72142
15LE	51,9375	52,15	2,45	101	3209,626	56,65356	28,32678
16LPC	85,9125	86,22	81,87	89,34	9,508	3,08349	1,54174
17LPO	27,02	28,18	19,01	32,71	33,111	5,75422	2,87711
18LPN	28,4625	27,705	25,58	32,86	12,12	3,4814	1,7407
19LHb	8,6775	9,17	7,11	9,26	1,097	1,04742	0,52371
20AHb1	21,895	22,055	19,84	23,63	3,512	1,87401	0,937
21AHb5	80,3675	101	18,47	101	1702,8	41,265	20,6325
22AB	8,8375	9,06	7,46	9,77	1,246	1,11614	0,55807
23LN	1,46	1,325	1,07	2,12	0,215	0,46411	0,23206
24In	9,1325	9,165	8,06	10,14	1,133	1,06456	0,53228
25DO	0,8425	0,78	0,71	1,1	0,031	0,17652	0,08826
26LEs	3,8675	3,81	3,52	4,33	0,159	0,39853	0,19926
27DI	8,5875	8,645	8,32	8,74	0,036	0,18927	0,09464
28AIEs	9,28	9,285	8,75	9,8	0,194	0,44068	0,22034
29LPO	33,275	32,305	30,12	38,37	13,457	3,66839	1,8342

Anexo 2: Resultados de las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (W) para el set de medidas tomadas a los ejemplares del género *Potamotrygon* y de Levene (F) para homogeneidad de varianzas, grados de libertad $F^{\circ}s:3,76$. Los valores en rojo señalan las variables que presentaron homogeneidad de varianzas.

Medidas	Shapiro-Wilk		Test de Levene	
	W	p	F	p
2LD	0,31232	0,00000	0,125317	0,944855
3LT	0,85866	0,00000	0,823006	0,4852
4LID	0,59795	0,00000	0,444025	0,72222
5BSc	0,73111	0,00000	0,836866	0,477801
6BCI	0,61242	0,00000	8,880353	0,000041
7CIEc	0,68379	0,00000	2,624032	0,056561
8Lc	0,95624	0,00798	0,480873	0,696551
9Ac	0,93724	0,00069	0,656669	0,581252
10AcE	0,13341	0,00000	0,655514	0,581966
11Ac	0,19689	0,00000	3,579978	0,017648
12AAp	0,8956	0,00001	0,50873	0,677446
13LAp	0,79518	0,00000	0,197768	0,897607
15LE	0,56802	0,00000	6,952285	0,000339
16LPC	0,52033	0,00000	9,229142	0,000028
17LPO	0,80032	0,00000	0,479143	0,697746
18LPN	0,87464	0,00000	1,291721	0,283395
19LHb	0,55476	0,00000	3,476997	0,019996
20AHb1	0,33773	0,00000	0,593749	0,621005
21AHb5	0,50762	0,00000	3,226595	0,027112
22AB	0,20573	0,00000	4,446754	0,006218
23LN	0,21913	0,00000	4,344859	0,007023
24AIn	0,87126	0,00000	1,007436	0,39424
25DO	0,1725	0,00000	0,489091	0,690886
26LEs	0,78117	0,00000	0,854966	0,468279
27DI	0,78406	0,00000	0,551209	0,648875
28AIEs	0,22511	0,00000	9,966897	0,000013
29LPO	0,33026	0,00000	2,725578	0,049961

Resultados de las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (W) para el set de medidas tomadas a los ejemplares del género *Paratrygon* y de Levene (F) para

homogeneidad de varianzas, grados de libertad F`s:1,23. Los valores en rojo señalan las variables que presentaron normalidad y homogeneidad.

Medidas	Shapiro-Wilk		Test de Levene	
	W	p	F	p
2LD	0,71252	0,00001	1,19285	0,286065
3LT	0,88692	0,00963	2,29401	0,143497
4LID	0,92632	0,71500	6,74105	0,016141
5BSc	0,8404	0,00116	0,94795	0,340372
6BCI	0,87216	0,00478	0,38024	0,543532
7CIEc	0,61717	0,00000	4,5418	0,043986
8Lc	0,94202	0,16479	0,18463	0,671422
9Ac	0,35678	0,00000	8,57999	0,007542
10AcE	0,51161	0,00000	6,39233	0,018781
11Ac	0,46265	0,00000	3,80512	0,063384
12AAp	0,96311	0,47987	0,56491	0,459912
13LAp	0,96727	0,57695	1,02223	0,322509
15LE	0,63413	0,00000	16,53778	0,000477
16LPC	0,75892	0,00005	0,56254	0,460843
17LPO	0,48319	0,00000	0,56691	0,459129
18LPN	0,92217	0,05742	5,29679	0,030763
19LHb	0,45024	0,00000	0,70327	0,410317
20AHb1	0,97855	0,85490	1,18789	0,287043
21AHb5	0,68396	0,00000	0,38258	0,542303
22AB	0,97423	0,75271	3,15143	0,089097
23LN	0,77988	0,00011	0,44826	0,509827
24In	0,7875	0,00014	5,48478	0,028208
25DO	0,91578	0,04109	0,53078	0,473633
26LEs	0,72973	0,00002	0,96087	0,337168
27DI	0,91991	0,05100	3,21263	0,086237
28AIEs	0,94213	0,16573	2,2328	0,148703
29LPO	0,75751	0,00005	1,12856	0,299109

Resultados de las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (W) para el set de medidas tomadas a los ejemplares del género *Plesiotrygon* y de Levene (F) para homogeneidad de varianzas, grados de libertad F`s:1,3. Los valores en rojo señalan las variables que presentaron normalidad y homogeneidad.

Medidas	Shapiro-Wilk		Test de Levene	
	W	p	F	p
2LD	0,93965	0,66344	1,221	0,349855
3LT	0,84176	0,16985	1,573	0,298595
4LID	0,97794	0,92333	2,907	0,186724
5BSc	0,93244	0,61319	1,374	0,325776
6BCI	0,88121	0,31482	1,305	0,336215
7CIEc	0,95707	0,78746	6,679	0,081474
8Lc	0,82154	0,12001	1,64	0,290319
9Ac	0,63007	0,00153	1,788	0,273535
10AcE	0,59723	0,00058	1,791	0,273248
11Ac	0,9001	0,41044	17,645	0,024622
12AAp	0,98303	0,95013	2,736	0,19667
13LAp	0,8499	0,19422	1,367	0,326841
15LE	0,61842	0,00109	1,78	0,274365
16LPC	0,92077	0,53493	4,302	0,129728
17LPO	0,71424	0,01341	1,721	0,280975
18LPN	0,7299	0,01918	1,642	0,290144
19LHb	0,96873	0,86703	1,122	0,367304
20AHb1	0,69515	0,00852	3,722	0,149284
21AHb5	0,70076	0,00975	5880	0,000005
22AB	0,8632	0,23998	4,44	0,125707
23LN	0,98292	0,94961	3,092	0,176926
24Aln	0,88875	0,35085	0,998	0,391512
25DO	0,74517	0,02683	6,52	0,083698
26LEs	0,94216	0,68127	1,535	0,303492
27DI	0,85974	0,2273	1,571	0,298839
28AIEs	0,8521	0,20125	1,678	0,285858
29LPO	0,73391	0,02098	1,71	0,28213

Resultados de las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (W) para el set de medidas tomadas a los ejemplares del género *Heliotrygon* y de Levene (F) para homogeneidad de varianzas, grados de libertad F`s:1,2. Los valores en rojo señalan las variables que presentaron normalidad y homogeneidad.

Medidas	Shapiro-Wilk		Test de Levene	
	W	p	F	p
2LD	0,77803	0,06831	2,874932	0,232056

3LT	0,95573	0,75204	1,847985	0,307001
4LID	0,96787	0,82827	1,189631	0,389289
5BSc	0,92115	0,54341	1,169696	0,392526
6BCI	0,9361	0,63072	3,817854	0,189919
7CIEc	0,69253	0,00947	3,956659	0,18499
8Lc	0,89554	0,40926	3,377199	0,207498
9Ac	0,96554	0,81373	2,406217	0,261017
10AcE	0,63933	0,00176	3,995638	0,183652
11Ac	0,63937	0,00177	3,998907	0,183541
12AAp	0,74688	0,0361	3,487098	0,202812
13LAp	0,82499	0,1551	3,077482	0,221473
15LE	0,73246	0,02609	4	0,183503
16LPC	0,96641	0,81916	1,667531	0,325705
17LPO	0,90704	0,46684	3,933192	0,185805
18LPN	0,87805	0,33037	3,983149	0,184079
19LHb	0,68445	0,00754	3,879065	0,187713
20AHb1	0,87077	0,30071	3,692308	0,194613
21AHb5	0,62978	0,00124	4	0,183503
22AB	0,87384	0,31298	3,963032	0,18477
23LN	0,88576	0,36384	1,855488	0,306272
24Aln	0,84071	0,19749	3,676813	0,195208
25DO	0,82687	0,15978	3,707515	0,194032
26LEs	0,86821	0,29071	3,961918	0,184808
27DI	0,87664	0,32449	3,747073	0,192537
28AIEs	0,99981	0,99952	1,663594	0,326139
29LPO	0,9059	0,46096	3,556487	0,199962

Anexo 3: Prueba de colinearidad para el set de datos de ejemplares identificados para el género *Paratrygon*.

X2LD	X3LT	X4LID	X5BSc	X6BCI	X7CIEc	X8Lc	X9Ac
X2LD	1						
X3LT	0,66168787	1					
X4LID	0,907292411	0,636622003	1				
X5BSc	0,645714941	0,42232692	0,614888657	1			
X6BCI	0,517898243	0,309989587	0,552175562	0,520583709	1		
X7CIEc	0,575378418	0,60809777	0,565483648	0,418142311	0,370203892	1	
X8Lc	0,440076132	0,6797453	0,310148197	0,186671423	0,022901463	0,36878249	1
X9Ac	0,25119428	0,118173398	0,121987686	0,198830982	0,283866399	0,240692845	0,183753387
X10AcE	0,529495207	0,568276746	0,491578943	0,332920204	0,323250143	0,376640066	0,427098301
X11Ac	0,604025502	0,324508809	0,545568647	0,297090465	0,367864014	0,378295795	0,248181636
X12AAp	0,527630781	0,230088281	0,494813123	0,26346085	0,260143292	0,30677665	0,229922033
X13LAp	0,706837407	0,453616468	0,54743271	0,526177817	0,445879422	0,479014097	0,406803831
X15LE	0,1868917	0,106496148	0,075179594	0,014795976	0,001376975	0,102851963	0,273842953
X16LPC	0,579092012	0,40784027	0,481296167	0,295295353	0,192340024	0,286069273	0,284866366
X17LPO	0,387624828	0,425576231	0,316442003	0,160638665	0,116846555	0,245962365	0,45320267
X18LPN	0,454609167	0,49436426	0,382629222	0,164470034	0,223296348	0,342352653	0,449375156
X19LHb	0,532455431	0,40739241	0,559699253	0,573927529	0,530650857	0,503932447	0,152136095
X20AHb1	0,158747243	0,06184865	0,189117284	0,151969373	0,131855276	-0,01330445	-0,138654157
X21AHb5	0,643855943	0,468663566	0,522191404	0,365693673	0,258678029	0,285447814	0,212553132
X22AB	0,485247696	0,174700223	0,375778208	0,39597188	0,254210516	0,024538646	0,079299753
X23LN	0,076090443	0,092188829	-0,04744394	0,056958	0,023650675	-0,04830853	0,128487083
X24Aln	0,571288844	0,413789563	0,577341189	0,555599764	0,504873609	0,301393741	0,165148876
X25DO	0,179943707	0,32677886	0,20583524	0,207809276	0,27920914	0,268950474	0,24517083
X26LEs	0,271552472	0,429894641	0,230441621	0,254007286	0,250105734	0,377921928	0,260371879
X27DI	0,613210583	0,464307558	0,569286084	0,504142777	0,364592153	0,399772169	0,408927474
X28AIEs	0,665961725	0,627578126	0,620924918	0,518871981	0,434653855	0,367002321	0,232812096
X29LPO	0,806276912	0,687506565	0,733774428	0,416793392	0,308689891	0,516852357	0,569204766
	X10AcE	X11Ac	X12AAp	X13LAp	X15LE	X16LPC	X17LPO
X9Ac	1						
X10AcE	0,362719572	1					
X11Ac	0,261941994	0,469640548	1				
X12AAp	0,289010038	0,291793579	0,568421368	1			
X13LAp	0,351491739	0,518908035	0,464729742	0,209413636	1		

X15LE	0,167003523	0,189829203	0,106898081	0,007961226	0,36323807	1	
X16LPC	0,098549131	0,198524975	0,19994174	0,327449672	0,191906367	-0,35672042	1
X17LPO	0,036935835	0,35735173	0,2952491	0,09194853	0,348474362	0,048103487	0,325371837
X18LPN	0,081972495	0,360926108	0,429100411	0,125630078	0,39434769	0,141985882	0,189754702
X19LHb	0,161911712	0,402955208	0,425135477	0,295194284	0,514828319	0,055367723	-0,106816038
X20AHb1	0,005238883	0,005607831	-0,20306357	-0,15978897	0,070275316	0,054489652	0,370140196
X21AHb5	0,13733261	0,272652022	0,350336189	0,264670425	0,318047627	0,066729076	0,694508064
X22AB	0,186586931	0,123253613	0,221607892	0,189135112	0,264752415	0,060975854	0,586550429
X23LN	0,089056575	0,191976821	0,011138016	0,092547771	0,147629508	0,023012291	0,101161309
X24AIn	0,343534368	0,497602007	0,297657146	0,18050935	0,504028838	0,171642162	0,244363805
X25DO	-0,00655236	0,338296567	0,256117011	0,054813286	0,375641814	-0,03094356	-0,303458261
X26LEs	0,087358891	0,288886144	0,263123436	-0,02861904	0,385469299	-0,15586347	0,018205849
X27DI	0,133383929	0,413924274	0,559600262	0,264363029	0,625020468	0,087858365	0,24016282
X28AIEs	0,18094177	0,516432964	0,350333996	0,196919418	0,499803876	0,018099989	0,45773697
X29LPO	0,04125863	0,477266229	0,570494956	0,400213652	0,55524816	0,140338749	0,488584722

	X18LPN	X19LHb	X20AHb1	X21AHb5	X22AB	X23LN	X24AIn
X17LPO	1						
X18LPN	0,651077474	1					
X19LHb	0,057268933	0,298192739	1				
X20AHb1	0,003475694	-0,23557564	-0,22877415	1			
X21AHb5	0,352675522	0,22939595	-0,04397364	0,470644707	1		
X22AB	0,222979322	0,077516774	-0,12143746	0,524936283	0,733882624	1	
X23LN	0,066940843	0,006812256	-0,00706447	0,007202978	0,015514779	0,068324414	1
X24AIn	0,294714043	0,356068546	0,414669874	0,239718273	0,418528134	0,518454047	0,005702794
X25DO	0,242820716	0,479986754	0,722733407	-0,54074716	-0,31105451	-0,36662447	0,01977975
X26LEs	0,247732087	0,332502508	0,535437586	-0,16942580	-0,03497363	-0,16918685	0,03550615
X27DI	0,401584988	0,412398898	0,486133164	-0,08653255	0,295367069	0,265960215	0,031959449
X28AIEs	0,491540486	0,451268428	0,353230138	0,256631114	0,674100473	0,562332271	0,018492984
X29LPO	0,542084314	0,64943554	0,400228756	-0,00039863	0,502546885	0,247024742	0,06691874

	X25DO	X26LEs	X27DI	X28AIEs	X29LPO
X24AIn	1				
X25DO	0,277445822	1			
X26LEs	0,228705626	0,59557743	1		
X27DI	0,519676484	0,453567745	0,398261563	1	
X28AIEs	0,750696693	0,275903101	0,300092407	0,576263156	1
X29LPO	0,362143178	0,235856033	0,363514991	0,517267009	0,47261359

Anexo 4: Preguntas para las entrevistas a los acopiadores de peces ornamentales.

Objetivo: Determinar la importancia de las especies de rayas de agua dulce dentro de las cadenas de comercialización de peces ornamentales desde la ciudad de Leticia y el municipio de Puerto Nariño.

1. Hace cuánto está en el negocio de los peces ornamentales?
2. Dentro de las especies que comercializa vende rayas?
3. Cómo hace la extracción de los peces? Por encargo? Incidental?: Economía subterránea ventas por internet.
4. Sabe cuáles son las artes de pesca que emplean para extraer rayas?
5. Podría calcular la cantidad de individuos movilizados este año? El año pasado? Y datos de otros acopiadores.
6. Hacia donde comercializa las rayas?
7. Conoce pescadores de ornamentales dedicados exclusivamente a la extracción y comercialización de rayas?
8. Por qué considera que no hay pescadores dedicados exclusivamente a la comercialización de estas especies?
9. Comercializa especies extraídas en Colombia? De qué lugares?
- 10.Cuál es la especie de mayor demanda en el mercado?
- 11.Cuál es el rango de precios para las especies? Al primer comprador y cuál es el máximo valor?Cuál es el valor que se paga a los pescadores?
- 12.Cuál es la mayor talla que compran?
13. Cada cuánto las comercializa?
14. Podría mencionar cuáles son las rutas de comercialización?
15. Cuántas personas participan en la comercialización? Cuántos pescadores? Intermediarios en Bogotá? Intermediarios en el exterior?
16. Cree usted que el recurso es amenazado por la actividad extractiva dentro del mercado de ornamentales?
17. Qué conoce sobre el papel de la policía ambiental? Cómo se maneja el tema legal en la frontera? Hay algún reglamento particular al respecto, norma de prohibición, cuotas de extracción, épocas de veda?

Anexo 5: Encuesta para conocer sobre el uso dado a las rayas (peces planos), por los pobladores de las comunidades indígenas localizadas alrededor del Sistema Lagunar de Yahuaraca y de Tarapoto.

La siguiente encuesta es desarrollada por Astrid Acosta, estudiante de la Maestría en Estudios Amazónicos de la Universidad Nacional de Colombia la cual tiene por objeto conocer sobre el uso dado a las rayas (peces planos), por los pobladores de las comunidades indígenas localizadas alrededor del Sistema Lagunar de Yahuaraca. Los resultados obtenidos a partir de las encuestas serán publicados y entregados a la comunidad una vez estén listos. Agradecemos su colaboración.

Fecha: _____

Comunidad: _____ Etnia: _____

Nombre _____ Edad: _____

1. A cuáles actividades se dedica _____
2. Qué productos se obtienen a partir de las rayas? (Si la respuesta es no, pase al numeral 9)
 - a. Aceite de hígado __ b. Alimento __ c. Camada __ d. Elaboración de lijas a partir de la piel __
 - e. Utilización de las espinas en rituales __ f. Utilización de las espinas en artesanías. g. Ninguno __
 - f. Otros, cuáles _____
3. Con qué frecuencia emplea los productos?
 - a. Semanal __ b. Mensual c. Ocasional (Cuando aparecen) __
4. Por qué ese producto es mejor que otros? _____
5. Con qué podría sustituir el producto si no tuviera rayas? _____
6. Quiénes se encargan de la elaboración de los productos? _____
7. Cuáles son los pasos para obtener los productos? _____
8. Cuántos individuos se necesitan para obtener el producto? _____
9. Cuándo se consumen las rayas? En caso de que la respuesta sea negativa se preguntará por qué y pasar al numeral 14. _____
10. El consumo de rayas está asociado a alguna época de año? Si __ no __ Cuál? _____
 alguna fiesta o ritual: _____

11. Cómo los preparan?

12. A partir de cuál(es) especie(s) se elaboran? Los entrevistados pueden hacer una descripción de las especies o dibujarlas.

13. Cómo se obtienen las rayas para sacar los productos?

a. Son las que se enredan por accidente en las mallas o anzuelos? __

b. Las buscan específicamente para ese fin? __

14. Sabe de algún producto que se elaborara antes y ya no se obtenga? Por qué se dejó de producir?

15. Conoce usted algún mito que explique el origen de las rayas?

Bibliografía

- Acosta-Santos, A., E. Agudelo & S. R. Duque. 2016. Diversidad de rayas de agua dulce en el río Amazonas Colombiano: Resultados preliminares. Capítulo 14. P 361-375. En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, M. A. Morales-Betancourt, D. Garrone-Neto & M. Carvalho (Eds). 2016. XV. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte II: Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 435 pp.
- Agudelo, E., Y. Salinas Coy, C. L. Sánchez Páez, D. L. Muñoz, J. C. Alonso González, M. E. Arteaga Díaz, O. J. Rodríguez Prieto, N. R. Anzola Potes, L. E. Acosta Muñoz, M. Núñez Avellaneda & H. Valdés Carrillo. 2000. Bagres de la Amazonia: Un recurso sin fronteras. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi. Serie: Estudios Regionales de la Amazonia Colombiana. Editorial Scripto.
- Aguirre, S. 1995. Etnografía. Metodología cualitativa en la investigación sociocultural.
- Ajiaco-Martínez, R. H., H. Ramírez-Gil, P. Sánchez-Duarte, C. A. Lasso y F. Trujillo. 2012. IV. Diagnóstico de la pesca ornamental en Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia, 152 pp.
- Aldana, M. A. & E. G. Daza. 2005. Dinámica fluvial del Amazonas sector colombiano, (casos específicos Isla Mocagua – Isla Fantasía). Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas. Departamento de Geografía. Bogotá, Colombia. 107 p.

- Alonso, J. C. 2002. Padrão espaço – temporal da estrutura populacional e estado atual da exploração pesqueira da dourada *Brachiplatistoma flavicans*, Castelnau, 1855 (Siluriformes: Pimelodidae) no sistema Estuário-Amazonas-Solimões. INPA/UFAM. Tese de doutorado. 217 pp.
- Araújo, M. L. G., P. Charvet-Almeida, M. Almeida & H. Pereira. 2004. Freshwater Stingrays (Potamotrygonidae): Status, Conservation and Management Challenges. AC20 Inf. 8: 1-6.
- Arenas-Granados, P. & A. Acero. 1992. Organización trófica de las mojaras (Pisces: Gerridae) de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe colombiano). Rev. Biol. Trop., 40(3): 287-302
- Argumedo, E. 2008. Experiencias regionales sobre manejo de rayas del género *Potamotrygon* en cautiverio y propuesta de aprovechamiento sostenible. En: Payán, L. F., L. A. Muñoz-Osorio, V. Ramírez-Luna & L. M. Mejía-Ladino (Eds). Libro de resúmenes I encuentro colombiano sobre condricios. Fundación SQUALUS. 52 p.
- Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP. 2019. Base de datos estadísticas pesqueras de ornamentales, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018.
- Babel, J. 1967. Reproduction, life history and ecology of the round stingray, *Urolophus halleri*. Cooper. California Department Fisheries and Game. Fished Bull. 137:1-104 pp.
- Baldrige, H. D. 1970. Sinking factors and average densities of Florida sharks as functions of liver bouyancy. Copeia, 744-754
- Barbarino, A. & C. A. Lasso. 2009. La pesca comercial de la Raya Manta *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle 1841) (Myliobatiformes, Potamotrygonidae), en el río Apure, Venezuela.
- Barreto-Reyes, C. G., A. Ortega-Lara, D. F. Córdoba-Rojas, M. R. Rangel-Durán, A. C. Amado-Loaiza & V. Puentes-Granada. 2015. Biología pesquera de las principales especies de peces ornamentales continentales de Colombia. Ortega-Lara, A., D. F.

- Becerra, J.M. & A. G. Valdecasas. 2004. Landmark superimposition for taxonomic identification. *Biological Journal of the Linnean Society*, 81: 267-274.
- Córdoba, C. G. Barreto & L. S. Barbosa (Eds.). Serie Recursos Pesqueros de Colombia – AUNAP. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP. Fundación FUNINDES. 152 p.
- Correia, G. B., F. K. Siqueira-Souza & C. E. de Carvalho. 2015. Intra- and inter-annual changes in the condition factors of three Curimatidae detritivores from Amazonian floodplain lakes. *Biota Neotropica* 15(4). <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2014-0001>
- Barthem., R. B. & N. N. Fabr . 2004. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros na Amazonia. En: Ruffino, M. L. (Ed.). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazonia brasileira*. Manaus: IBAMA.
- Bigelow, H. B. & W. C. Schroeder. 1953. Sawfish, guitarfish, skates and rays. Pp 508-514. En: Tee-Van, J., C. M. Breder, A. E. Parr, W. C. Schroeder & L. P. Schultz (Eds.). *Fishes of the Western North Atlantic, Part 2*. Sears Foundation for Marine Research, Yale University, New Haven U.S.A.
- Blanco, M. C. 1992. Ordenamiento de las pesquerías de los peces ornamentales en los Llanos Orientales. Informe Técnico. INDERENA. Regional Llanos Orientales. Villavicencio, Meta. 205 pp.
- Bogotá-Gregory, J. D. & J. A. Maldonado-Ocampo. 2006. Peces de la zona hidrogeográfica de la Amazonia, Colombia. *Biota Colombiana* 7 (1), Pp: 55 – 94.
- Bolger, T. & P. L. Connolly. 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology*. 34: 171-182
- Bonfil, R. 1994. Overview of the Elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. Roma. 341. 119 p.
- Caldas, J.P., E. Castro-González, V. Puentes, M. Rueda, C. Lasso, L.O. Duarte, M. Grijalba-Bendeck, F. Gómez, A.F. Navia, P.A. Mejía-Falla, S. Bessudo, M.C. Diazgranados & L.A. Zapata Padilla (Eds.). 2010. Plan de Acción Nacional para la

- Conservación y Manejo de Tiburones, Rayas y Quimeras de Colombia (PAN-Tiburones Colombia). Instituto Colombiano Agropecuario, Secretaria Agricultura y Pesca San Andrés Isla, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Instituto Alexander Von Humboldt, Universidad del Magdalena, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Pontificia Universidad Javeriana, Fundación SQUALUS, Fundación Malpelo y otros Ecosistemas Marinos, Conservación Internacional, WWF Colombia. Editorial Produmedios, Bogotá. 56 p.
- Carvalho, M. R. 2016. Description of two extraordinary new species of freshwater stingrays of the genus *Potamotrygon* endemic to the rio Tapajós basin, Brazil (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), with notes on other Tapajós stingrays. *Zootaxa* 4167 (1): 001-063
- Carvalho, M. R., M. H. Sabaj & N. Lovejoy. 2011. *Potamotrygon tigrina*, a new species of freshwater stingray from the upper Amazon Basin, closely related to *Potamotrygon schroederi* Fernandez-Yépez., 1958 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Zootaxa*: 2827: 1-30.
- Carvalho, M. R. & M. P. Ragno. 2011. An unusual, dwarf new species of Neotropical freshwater stingray, *Plesiotrygon nana* sp. Nov., from the upper and mid Amazon basin: the second species of *Plesiotrygon* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Museu do Zoologia da Universidade de Sao Paulo*. Volumen 51(7), 101-138.
- Carvalho, M. R. & N. Lovejoy. 2011. Morphology and phylogenetic relationships of a remarkable new genus and two new species of Neotropical freshwater stingrays from the Amazon basin (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 2776:13-48.
- Castex, M. N. 1963. Observaciones sobre la raya de río *Potamotrygon motoro* (Muller & Henle). *Com Mus Arg Cienc NAT B*. Rivadavia, Hidrobiología 1: 7-14 p.
- Charvet-Almeida, P., M. Goes & M. Pinto. 2005. Reproductive aspects of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon Basin. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. Brasil. 35: 165-171 p.

- Charvet-Almeida, P. & M. P. Charvet. 2003. Fishery, uses and conservation stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Marajó Bay (Brazil). Abstract of the Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists, Manaus.
- Charvet-Almeida, P. 2001. Ocorrência, biologia e uso das raias de água doce na baía de Marajó (Pará, Brasil), com ênfase na biologia de *Plesiotrygon iwamae* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Tesis Mestrado. Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém. 234 Pp.
- CITES, Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 2019. Appendices I, II and III. Valid from 26 November 2019.
- Compagno, L. J. & S. F. Cook. 1995. The exploitation and conservation of freshwater elasmobranchs: Status of taxa and prospects for the future. In: Oettinger M. D. & G. D. Zorzi (Eds). The biology of freshwater elasmobranch. Journal of Aquatic Science, 7: 62-91.
- Da Silva A. G. C. 2006. Morfometria e ecología de *Potamotrygon motoro* (Natterer in Mueller & Henle, 1941) e *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. Tesis. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Universidade Estadual de Maringá. 32 p.
- De la Fuente, L. 2011. Análisis discriminante. Sin información.
- DoNascimento, C., E. E. Herrera-Collazos, G. A. Herrera-R., A. Ortega-Lara, F. A. Villanavarró, J. S. Usma & J. A. Maldonado-Ocampo. 2017. checklist of freshwater fishes of Colombia: A Darwin Core alternative to the updating problema. Zookeys 708: 25-138.
- Duncan, W. P. & M. N. Fernandes. 2010. Physicochemical characterization of the White, black, and Clearwater rivers of the Amazon basin and its implications on the distribution of freshwater stingrays (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 5(3): 454-464.
- Duque S. R., Trujillo C., Huérfano A., López-Casas S., Daza E. & F. Trujillo 2008. Plan de Control y Manejo de las Zonas Bajas y Sagradas para la Conservación del Pueblo

- Ticoya, Daiûne, Kikuri, Codi. Documento síntesis. Universidad Nacional de Colombia-Sede Amazonia, Fundación Omacha & Corpoamazonia. Leticia.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1979. 4. Amazon System. In: The inland waters of Latin America. <http://www.fao.org/docrep/008/ad770b/ad770b00.htm>
- Franco, F. 2002. Aspectos socioeconómicos de la pesca en el río Putumayo. Informe de consultoría. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO – Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Leticia, Colombia.
- Frederico, R. G. 2012. Filogenia e conservacao de *Paratrygon aiereba* Dumeril (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na regio Amazonica. Dissertacao de Mestrado, PPG-BTRN, Manaus, INPA/UFAM. 55 pp.
- Frickie, R., W. N. Eschmeyer & R. Van der Lann (eds). 2020. Eschmeyer`s Catalog of Fishes CAS: genera, species, references. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22:241-253.
- Galvis, G. 2006. La región amazónica. Pp: 28-54. En: Galvis, G., J. I. Mojica, S. R. Duque, C. Castellanos, P. Sánchez-Duarte, M. Arce, A. Gutiérrez, L. F. Jiménez, M. Santos, S. Vejarano-Rivadeneira, F. Arbeláez, E. Prieto & M. Leiva. 2006. Peces del medio Amazonas. Región de Leticia. Serie de Guías Tropicales de Campo No. 5. Conservación Internacional. Panamericana. Colombia – Bogotá. 548 p
- Gama, C. S. & R. S. Rosa. 2012. *Potamotrygon dumerilli*. Pp 176-180. En: En: Lasso, C. A., R. de S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Editores). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

- García-Villamil, D. A., C. A. Lasso & S. Caballero. 2013. Aproximación a la filogenia molecular de la familia Potamotrygonidae en Colombia y Venezuela: aplicaciones en sistemática y conservación. Capítulo 6.1 Pp. 283-295. En: Lasso, C. A., R. de S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Editores). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Guisande, C. 2016 En: Núñez-Avellaneda, M., D., Cárdenas, S. Sua & E. Agudelo. Inventario, delimitación, caracterización y gestión de humedales en el departamento de Amazonas. Fase I. Formulación del Proyecto. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.
- Guisande, C., A. Vaamonde & A. Barreiro. 2013. Tratamiento de datos con R, STATISTICA y SPSS. Ediciones Díaz de Santos. España. 997 Pp.
- Guzmán, D., J.F. Ruíz & M. Cadena. 2014. Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través de análisis de componentes principales (ACP). Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático. Subdirección de Meteorología. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.
- Guzmán-Maldonado, A & C. A. Lasso. 2014. Análisis comparativo (1900-2014) de la pesquería de peces ornamentales en el departamento del Amazonas, Colombia. *Biota Colombiana* 15 (Supl 1): 83-108
- Halstead, B. W. 1971. Venomous fishes. En: Bücherl, W. & Buckley, E. E. (Eds). *Venomous animals and their venoms*. New York. Pp: 587-603
- Henao-Castro, H. A. 2013. Efectos de los aportes del canal del Dique sobre el reclutamiento de especies de coral en los arrecifes del Archipiélago Nuestra Señora del Rosario, área marina protegida. Tesis de Maestría. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Bogotá D.C. 137 Pp.

- Holden, M. J. 1974. Problems in the relation exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. Pp. 117-137. En: Harden-Jones, F. R. (Ed.). Sea fisheries research. John Wiley & Sons, New York.
- Hubbs, C. L. & R. Ishiyama. 1968. Methods for the taxonomic study and description of sharks (Rajidae). Copeia 1968: 483-491.
- Hubert, N. & J. F. Renno. 2006. Historical biogeography of South American freshwater fishes. Journal of Biogeography. 33:1414-1436.
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2005. Atlas climatológicos de Colombia.
- King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing news books, Oxford, England.
- Lasso, C. A., P. Sánchez-Duarte, A. Acosta-Santos, E. Agudelo, H. Ortega, M. R. de Carvalho y M. P. Ragno. 2013. *Plesiotrygon nana*. Capítulo 5. P 164-169. En: Lasso et al (Eds). 2013.
- Lasso, C. A., R. S. Rosa, M. A. Morales-Betancourt, D. Garrone-Neto & M. Carvalho (Eds). 2016. XV. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte II: Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 435 pp.
- Lasso, C. A., P. Sánchez-Duarte, O. M. Lasso-Alcalá, L. M. Ortiz-Arroyave, M. A. Morales-Betancourt, J. Agudelo (Colombia – Venezuela), M. R. de Carvalho, J. P. C. B. da Silva, T. Lobola y J. P. Fontenelle (Brasil). 2013. *Potamotrygon schroederi*. Pp. 247-255. En: Lasso, C. A., R. de S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Editores). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de

- Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Lasso, C. A. Rayas de agua dulce (Familia Potamotrygonidae). 2009. En: Plan de Acción Nacional de Peces Ornamentales.
- Lasso, C. A., A. Rial y O. Lasso-Alcalá. 1996. Notes on the biology of the freshwater stingrays *Paratrygon aiereba* (Müller y Henle, 1841) and *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Venezuelan Llanos. *Aquatic Journal of chthyology and Aquatic Biology*, 2(3): 39-50.
- Le Cren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle on gonadal condition in the perch *Perca fluviatilis*. *Journal of Animal Ecology*, 20 (2): 201 – 219.
- Lobola, T. S. & M. R. Carvalho. 2013. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 11(4): 693-737.
- Lovejoy, N. R. 1996. Systematics of myliobatoid elasmobranch: with emphasis on the phylogeny and historical biogeography freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zool. J. Linn. Soc.*, 117: 207-257.
- Lucano-Ramírez, G., M. Villagrán-Santa, S. Ruiz-Ramírez & T. López-Murillo. 2001. Histología de los ovocitos de *Lutjanus peru* (Nichols & Murphy 1922) (Pisces: Lutjanidae). *Ciencias Marinas*. 27 (3): 335-349
- Magalhães. M. R., N. J. da Silva Jr. & C. J. Ulhoa. 2008. A hyaluronidase from *Potamotrygon motoro* (freshwater stingrays) venom: Isolation and caracterizacion. *Toxicon* 51 1060-1067.
- Maldonado-Ocampo, J. A., R. P. Vari & J. S. Usma. 2008. Checklist of the freshwater fishes of Colombia. *Biota Colombiana*. 9 (2) 143-237 p.
- Medinaceli, A. & Aguirre, G. 2008. Medicina tradicional de las comunidades indígenas del río Quiquibey, Bolivia. Fundación PRAIA y el Programa Regional de Apoyo a los Pueblos Indígenas Amazónicos PRAIA. 133 p.

- Mejía-Falla P.A., V. Ramírez-Luna, J. S. Usma, L. A. Muñoz-Osorio, J. A. Maldonado-Ocampo, A. I. Sanabria & J. C. Alonso. 2009. Estado del conocimiento de las rayas dulceacuícolas en Colombia. Pp. 197-245. En: Puentes, V. N., P. Mejía-Falla, J. P. Caldas, M. Díazgranados y L. Padilla. 2009. Avances en el conocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Colombia, Fundación AQUALUS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF Colombia, 245 p.
- Mejía-Falla, P. A., A. F. Navia, L. M. Mejía, A. Acero & E. A. Rubio. 2007. Tiburones y rayas de Colombia. Lista revisada y comentada. Boletín Investigaciones Marinas y Costeras, 36: 111-149.
- Mojica, J. I.; J. S. Usma; R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds). 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 319 pp.
- Moreno, M. 2014. Contexto geográfico y social de los humedales de Tarapoto. Pp. 20. En: Trujillo, F. y S. Duque (editores). 2014. Los humedales de Tarapoto: aportes al conocimiento sobre su biodiversidad y uso. Serie humedales de la Amazonia y Orinoquia. Fundación Omacha, Corpoamazonia, Universidad Nacional Sede Leticia. 400 p.
- Moreno, P. A. & S. R. Duque. 2006. Peces ornamentales comercializados en Leticia, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Revista Facultad de Ciencias Básicas 2(1): 129-136.
- Núñez-Avellaneda, M. & S. R. Duque. 2001. Fitoplancton de algunos ríos y lagos de la Amazonia colombiana.
- Oguri, M. 1985. On the liver tissue of freshwater stingrays and balloonfish. Bulletin of the Japanese society of scientific fisheries. 51(5). P. 717-720.

- Ould, M. V., G. Barnathan, E. M. Gaydou, Y. Siau & J. Miralles. 2007. Fatty acids in liver, muscle and gonad of three tropical rays including Non-Methylene-Interrupted dienoic fatty acids. *Lipids* (2007) 42:525-535.
- Palma, L., M. Núñez-Avellaneda & S. R. Duque. 2014. Limnología. Capítulo 2. Pp: 30-59. En: Trujillo, F. y S. Duque (editores). 2014. Los humedales de Tarapoto: aportes al conocimiento sobre su biodiversidad y uso. Serie humedales de la Amazonia y Orinoquia. Fundación Omacha, Corpoamazonia, Universidad Nacional Sede Leticia. 400 p.
- Pinto, C. A. 1997. Caracterización de la pesca de peces ornamentales en el departamento del Amazonas. Informe técnico. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA. División de Recursos Pesqueros. Leticia. 42 pp.
- Pratt, 1988. Elasmobranch gonad structure: A description and survey. *Copeia*: 719-729
- Prieto-Piraquive, E.F. 2006. Caracterización de la pesquería en las lagunas de Yahuaracaca (Amazonas, Colombia) y pautas para su manejo sostenible. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Experimental de los Llanos occidentales "Ezequiel Zamora". Guanare, Venezuela.
- Ramos-Socha, H. V. 2010. Algunos aspectos biológicos de la raya de agua dulce *Potamotrygon magdalenae* (Duméril 1865) (Chondrichthyes: Myliobatiformes) en la ciénaga de Sabayo, Guaimaral, Magdalena-Colombia. Tesis para obtener el título de Bióloga Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias Naturales. Programa de Biología Marina. Santa Marta. 93 pp.
- Renza-Millán, M., F. A. Villa-Navarro, C. A. Lasso, M. A. Morales-Betancourt & S. Caballero. 2016. Capítulo 15. *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle 1841) (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) en las cuencas del Orinoco y Amazonas (Colombia). P 377-388. En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, M. A. Morales-Betancourt, D. Garrone-Neto & M. Carvalho (Eds). 2016. XV. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte II: Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 435 pp.

- Resolución 01609 de 14 de agosto de 2017. “Por medio de la cual se establece de manera precautoria las medidas de administración para los siguientes recursos ornamentales: Rayas de la familia Potamotrygonidae y Escalar altum *Pterophyllum altum*”. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP.
- Resolución No. 1924 del 03 de noviembre de 2015. “Por medio de la cual se autorizan las especies ícticas ornamentales aprovechables comercialmente, se establecen unas prohibiciones, se derogan las Resoluciones No. 3532 del 17 de diciembre de 2007 y No. 0740 del 04 de mayo de 2015 y se establecen otras disposiciones”. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP. Ministerio de Agricultura.
- Resolución No. 3532 del 17 de diciembre de 2007. “Por la cual se expiden normas para el ejercicio, administración y control de la actividad pesquera comercial ornamental precisando las especies ícticas ornamentales aprovechables comercialmente y otras disposiciones”. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural – INCODER.
- Rolfh., F. J. 1990. Morphometrics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21:299-316.
- Rosa, R. S., P. Charvet-Almeida & C. C. Diban. 2010. Chapter 5: Biology of the South American potamotrygonid Stingrays. En Carrier, J. C., J. A. Musick & M. R. Heithaus. (Ed). *Sharks and their relatives II. Biodiversity, adaptative physiology and conservation* (pp. 241-285). Boca Ratón, Florida. CRC Press.
- Rosa, R. S. H. P. Castello & T. B. Thorson. 1978. *Plesiotrygon iwamae*, a new genus and species of Neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Copeia*, 1978(2), pp. 447-458.
- Rosa R. S. 1985. A systematic revision of the South American Freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Thesis Doctoral. Faculty of the School of Marine Science. The College of William and Mary in Virginia.
- Saborido-Rey, F. 2003. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Curso de doctorado. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC). Universidad de Vigo. España. 71 p.

- Sanabria Ochoa A. I. & S. E. Muñoz Torres. 2011. ¿Recursos hidrobiológicos y recursos pesqueros: ¿Cómo se diferencian? Capítulo 2. Pp. 23-26. En: Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma Oviedo, S. E. Muñoz Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Sánchez-Duarte, P., C. A. Lasso, A. Acosta-Santos, L. M. Ortiz-Arroyave, M. A. Morales-Betancourt, A. Guzmán, E. Agudelo, G. Gómez-Hurtado, C. Bonilla-Castillo (Colombia), M. R. de Carvalho & M. P. Ragno (Brasil). 2012. *Plesiotrygon iwamae*. P. 157-163. En: Lasso, C. A., R. de S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Editores). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Seitz, J. C. & J. J. Hoover. 2017. Taxonomic resolution of sawfish rostra from two private collections. Note. *Endang Species Res.* Vol. 32: 525-532.
- Sioli, H. 1967. Studies in Amazonian waters. Atas do Simposio a Biota Amazonica.
- Sparre, P. & S. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1: Manual. FAO Documento Técnico de Pesca No. 306.1 Rev. 2.
- Strauss, A. & J. Corbin. 2002. Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Editorial Universidad de Antioquia. Facultad de Enfermería. Primera edición en español. 340 pp.
- Talbot, C. 1985. Laboratory methods in fish feeding and nutritional studies. In: Tytler, P. & P. Calow (Ed.). 1985. *Fish Energetics, new perspectives*. Pp: 125-154.

-
- Thorson, T. B., D. R. Brooks & M. A. Mayes. 1983. The evolution of freshwater adaptation in stingrays. National Geographic Society Research Reports, 15:663-694
- Toffoli, D., H. Tomas, M. L. G. Araújo, M. P. Almeida, P. Charvet-Almeida & I. P. Farias. 2008. A test of the utility of DNA barcoding in the radiation of the freshwater stingray genus *Potamotrygonidae* (Potamotrygonidae, Myliobatiformes). Genetics and Molecular Biology. 31(1): 324-336.
- Tresierra, A. & Z. Culquichicón. 1993. Manual de biología pesquera. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Perú. 432 pp.
- van Bohemen, Ch. G. & J. G. D. Lambert. 1981. Estrogen synthesis in relation to estrone, estradiol, and vitellogenin plasma levels during the reproductive cycle of the female rainbow trout, *Salmo gairdneri*. General and comparative endocrinology 45, 105-114
- Vazquez L, Fornari T, Senorans FJ, Reglero G, Torres CF. Supercritical carbon dioxide fractionation of nonesterified alkoxyglycerols obtained from shark liver oil. J Agric Food Chem. 2008; 56: 10781083.
- Villa-Navarro, F. A. 2002. Diferenciación entre poblaciones de *Pimelodus clarias* y *Pimelodus grosskopfii* (Siluriformes: Pimelodidae) en la cuenca del río Magdalena (Colombia). Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. Universidad del Valle. 185 Pp.
- Wourms, J. P. 1977. Reproduction and development in Chondrichthyan fishes. American Zoology. 17: 379 – 410.