RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTORES:

NOMBRE(S) DANIA ANDREINA **APELLIDOS** BECERRA CAICEDO .

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA PECUARIA

DIRECTOR:

NOMBRE(S) NELSON ALFONSO **APELLIDOS** VEGA CONTRERAS

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD GENÉTICA EN PECES DEL GÉNERO *Prochilodus*

RESUMEN. El *"Prochilodus"* es un género de peces de agua dulce de la familia Prochilodontidae, se conocen varias especies de este pez. El río Magdalena es una de las cuencas hidrográficas más importantes de Colombia, proporcionando una abundancia de peces que son importantes para la economía de muchas de las comunidades del país. El objetivo del estudio fue Realizar una recopilación documental que permita establecer el estado del arte en estudios de diversidad genética de peces del género Prochilodus existentes en Colombia. Las especies migratorias de importancia económica para la pesca artesanal, como *Prochilodus magdalenae*, se ven gravemente afectadas, por lo que la diversidad genética y del hábitat debe analizarse a la luz de la construcción de represas como un posible factor de fragmentación.

PALABRAS CLAVES: Bocachico, Microsatélites, Marcador molecular, *P. magdalenae, P. reticulatus, P. mariae*

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 91 **PLANOS:** ____ **ILUSTRACIONES:** _____ **CD ROOM:** _____

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD GENÉTICA EN PECES DEL GÉNERO *Prochilodus*

DANIA ANDREINA BECERRA CAICEDO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA PECUARIA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2023

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD GENÉTICA EN PECES DEL GÉNERO *Prochilodus*

DANIA ANDREINA BECERRA CAICEDO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniera Pecuaria

Director
NELSON A. VEGA CONTRERAS
Magister

Codirector:
CAMILO E. GUERRERO ALVARADO
Doctor

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA PECUARIA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD MONOGRAFÍA

FECHA: 03 de noviembre de 2023 **HORA:** 4:00 p.m.

LUGAR: Sala 4 del CREAD

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA PECUARIA

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: "ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD GENÉTICA DEL *Prochilodus*"

JURADOS: SEIR ANTONIO SALAZAR MERCADO
GIOVANNI MAURICIO BÁEZ SANDOVAL
JORGE ALEXANDER RUBIO PARADA

DIRECTOR: NELSON ALFONSO VEGA CONTRERAS
CO-DIRECTOR: CAMILO ERNESTO GUERRERO ALVARADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CÓDIGO	CALIFICACIÓN NÚMERO	CALIFICACIÓN LETRA
DANIA ANDREINA BECERRA CAICEDO	1630666	4.0	CUATRO

OBSERVACIONES:

APROBADO

FIRMA DE LOS JURADOS:

VoBo. Coordinador Comité Curricular

Agradecimientos

A mi familia quien con su apoyo y estimulo constante durante el periodo de estudio me brindaron e hicieron que mi esfuerzos brotaran frutos.

Al M.Sc. Nelson Alfonso Vega Contreras, quien fue mi tutor y asesor de mi trabajo de grado, quien me brindó su valiosa y desinteresada orientación.

Y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en el desarrollo del presente trabajo.

Tabla de contenido

pág.

Resumen 12

Abstract 13

Introducción 14

1. Problema 15

1.1 Título 15

1.2 Planteamiento del problema 15

1.3 Formulación del problema 16

1.4 Justificación 17

1.5 Objetivos 18

1.5.1 Objetivo general 18

1.5.2 Objetivos específicos 18

2. Marco referencial 19

2.1 Antecedentes 19

2.2 Marco teórico 32

3. Etapas del diseño metodológico 49

3.1 Tipo de investigación 49

3.2 Técnicas de recolección de información 49

3.3 Fase 1. Selección de bases de datos 50

3.4 Fase 2: Revisión bibliográfica y selección de la información. 50

4. Desarrollo del tema 54

Tabla de contenido

4.1 *Prochilodus.* Origen y distribución geográfica. 54

4.1.1 Morfología 55

4.1.2 Situación actual del Prochilodus. 55

4.1.3 Prochilodus (Taxonomía). 56

4.1.4 Diversidad genética 77

4.1.5 Tipo de marcadores moleculares usados en el Prochilodus 78

4.2 Uso de los marcadores moleculares en *Prochilodus.* 79

5. Discusiones 83

6. Conclusiones 84

7. Recomendaciones 85

Referencias 86

Lista de tablas

pág.

Tabla 1. Taxonomía de *Prochilodus argenteus* 33

Tabla 2. Taxonomia Prochilodus brevis 34

Tabla 3. Taxonomía de *Prochilodus britskii* 35

Tabla 4. Taxonomía de *Prochilodus costatus* 36

Tabla 5. Taxonomía de *Prochilodus hartii* 38

Tabla 6. Taxonomía de *Prochilodus lacustris* 39

Tabla 7. Taxonomía de *Prochilodus lineatus* 41

Tabla 8. Taxonomía de *Prochilodus magdalenae* 43

Tabla 9. Taxonomía de *Prochilodus mariae* 45

Tabla 10. Taxonomía de *Prochilodus nigricans* 46

Tabla 11. Taxonomía de *Prochilodus reticulatus* 48

Tabla 12. Resumen de Búsqueda Bibliográfica. 50

Tabla 13. Ficha de Revisión Bibliográfica 51

Tabla 14. Taxonomía de *Prochilodus argenteus* 56

Tabla 15. Taxonomía de *Prochilodus brevis* 58

Tabla 16. Taxonomía de *Prochilodus britskii* 59

Tabla 17. Taxonomía de *Prochilodus costatus* 61

Tabla 18. Taxonomía de *Prochilodus hartii* 62

Tabla 19. Taxonomía de Prochilodus lacustris 63

Tabla 20. Taxonomía de *Prochilodus lineatus* 65

Tabla 21. Taxonomía de Prochilodus magdalenae 68

Tabla 22. Taxonomía de *Prochilodus mariae* 71

Tabla 23. Taxonomía de Prochilodus nigricans 73

Tabla 24. Taxonomía de *Prochilodus reticulatus* 75

Tabla 25. Tipo de marcadores moleculares más usados en el *Prochilodus* 80

Tabla 26. Descripción de los marcadores moleculares más utilizados en el *Prochilodus* 80

Lista de figuras

pág.

Figura 1. Prochilodus argenteus 32

Figura 2. Prochilodus brevis 33

Figura 3. Prochilodus britskii 34

Figura 4. *Prochilodus hartii* 37

Figura 5. *Prochilodus lacustris* 38

Figura 6. *Prochilodus lineatus* 39

Figura 7. Prochilodus magdalenae 41

Figura 8. Prochilodus mariae 44

Figura 9. Prochilodus nigricans 46

Figura 10. Prochilodus reticulatus 47

Figura 11. Pez *Prochilodus* 54

Figura 12. *Prochilodus argenteus* 56

Figura 13. Prochilodus brevis 57

Figura 14. Prochilodus britskii 58

Figura 15. Prochilodus costatus 60

Figura 16. *Prochilodus hartii* 61

Figura 17. Prochilodus lacustris 63

Figura 18. Prochilodus lineatus 64

Figura 19. Prochilodus magdalenae 66

Figura 20. Mapa de las cinco localidades de estudio en la cuenca del río Magdalena, Colombia 69

Figura 21. *Prochilodus mariae* 70

Figura 22. Distribución geográfica de P. mariae. Localización 72

Figura 23. Prochilodus nigricans 72

Figura 24. Prochilodus reticulatus 74

Figura 25. Distribución geográfica de P. magdalenae y P. reticulatus. A. localización de P. magdalenae. B. localización de P. reticulatus 76

Figura 26. Descripción de los marcadores moleculares más utilizados en el *Prochilodus* 81

Resumen

El *"Prochilodus"* es un género de peces de agua dulce de la familia Prochilodontidae, se conocen varias especies de este pez. El río Magdalena es una de las cuencas hidrográficas más importantes de Colombia, proporcionando una abundancia de peces que son importantes para la economía de muchas de las comunidades del país. El objetivo del estudio fue Realizar una recopilación documental que permita establecer el estado del arte en estudios de diversidad genética de peces del género Prochilodus existentes en Colombia. Las especies migratorias de importancia económica para la pesca artesanal, como *Prochilodus magdalenae*, se ven gravemente afectadas, por lo que la diversidad genética y del hábitat debe analizarse a la luz de la construcción de represas como un posible factor de fragmentación. Se concluyó que con la búsqueda de la información bibliográfica realizada del género *Prochilodus* se permite conocer que la diversidad Genética de este género es importante para el desarrollo y crecimiento de las especies relacionadas y nos sirve para un aporte significativo al estudio de la piscicultura. Para ello, es adecuado el uso de microsatélites como marcadores moleculares esto permite evaluar el estado de la diversidad genética de estos peces. Además se hace la necesidad de elaborar e implementar más estudios pertenecientes a la Estructura y Diversidad genética del género *prochilodus.*

Palabras Claves: Bocachico, Microsatélites, Marcador molecular, *P. magdalenae, P. reticulatus, P. mariae.*

Abstract

Prochilodus" is a genus of freshwater fish of the family Prochilodontidae, several species of this fish are known. The Magdalena River is one of the most important watersheds in Colombia, providing an abundance of fish that are important to the economy of many of the country's communities. The objetive of the study was to carry out a documentary compilation that allows establishing the state of the art in genetic diversity studies of fish of the genus Prochilodus existing in Colombia. Migratory species of economic importance for artisanal fisheries, such as Prochilodus magdalenae, are severely affected, so genetic and habitat diversity must be analyzed in light of the construction of dams as a possible fragmentation factor. It was concluded that the search for bibliographic Information on the genus Prochilodus allows us to know that the genetic diversity of this genus is important for the development and growth of related species and serves as a significant contribution to the study of fish farming. For this, the use of microsatellites as molecular markers is appropriate, this allows evaluating the state of the genetic diversity of these fish. In addition, there is a need to develop and implement more studies pertaining to the Structure and Genetic Diversity of the prochilodus genus.

Keywords: Bocachico, Microsatellites, Molecular marker, P. magdalenae, P. reticulatus, P. mariae

Introducción

Según Fontalvo, Orozco y Narváez. (2018); el género Prochilodus en Colombia posee una gran riqueza hídrica. Es una ventaja ecológica ya que representa un importante núcleo económico, cultural y biológico, debido a la diversidad de especies ícticas que se albergan en el agua. Este pez es conocido como Prochilodus, es de agua dulce. El Bocachico Prochilodus magdalenae es la principal especie de la cuenca del río Magdalena desde hace mucho tiempo, debido a su gran resistencia y de gran valor comercial actualmente es una de las especies con mayor grado de vulnerabilidad debido en parte a su sobreexplotación. Es por ello que se hace necesaria la implementación y uso de herramientas genéticas, para poder analizar la pérdida de variabilidad y sobreexplotación en las poblaciones afectadas. Por lo anterior, el uso de microsatélites ha resultado muy importante para analizar los aspectos genéticos en términos globales de muchas especies de peces migratorios, como el género Prochilodus, un ejemplo biológico para entender cómo responden genéticamente según (Orozco et al., 2014); El río Magdalena es considerado como la principal fuente hidrográfica del país, es uno de los mecanismos de apoyo económico más importantes, para muchas comunidades cuyo sustento se basa en la pesca para sobrevivir (Jiménez et al., 2010). Colombia no ha sido ajeno en la búsqueda de más información la estructura y diversidad genética de este pez, dando así una amplia webgrafía en artículos científicos y proyectos de investigación. Este trabajo tuvo como objetivo resumir, categorizar y analizar estudios planteados desde el año 2010 en adelante, sobre el nivel de estudios de diversidad genética frente al género "*Prochilodus*".

.

1. Problema

1.1 Título

Estructura y Diversidad Genética en Peces del Género *Prochilodus*

1.2 Planteamiento del problema

Colombia es uno de los países que posee una gran riqueza hídrica. Esta ventaja ecológica Representa un importante núcleo económico, cultural y biológico, debido a la diversidad de especies ícticas que se albergan en los diferentes cuerpos de agua (Jiménez-Segura et al. 2010). Entre las especies de peces que habitan en las principales cuencas del país se encuentran las del género, entre ellas: *Prochilodus magdalenae* y *Prochilodus reticulatus*, en las que se destaca la presencia de *P. magdalenae*; llamado Bocachico Maldonado-Ocampo et al., (2005), la cual se constituye en la especie de este género más estudiada en Colombia. Según Mojica et al. (2012) la especie de pez *P. magdalenae*, es endémica de los ríos Atrato, Magdalena y Sinú, siendo importante no solo por su papel ecológico en el ecosistema, sino también porque es una fuente económica de ingresos valiosa para las comunidades vecinas pesqueras para su subsistencia. Sin embargo, se ha observado una disminución de la población en el medio natural debido a factores como la sobrepesca, la fragmentación del ecosistema, entre otros Mojica et al., (2012) ; Fontalvo et al., (2018). Estos problemas de sobrepesca, se hacen evidentes al analizar su captura actual, ya que las cifras de captura tienden a disminuir, producto de lo anterior, se considera que estos factores han cambiado los procesos biológicos y ecológicos de la especie, en la medida necesaria para desarrollar investigaciones conducentes a su conservación Atencio et al .,(2010). En este sentido, se han realizado estudios sobre la conservación, cría en cautiverio, así como también a

Nivel genético de Bocachico (Orozco y Narváez, 2014), lo que ha permitido documentar las consecuencias de esta enfermedad en los problemas antes mencionados. Sin embargo, para minimizar el impacto sobre las poblaciones de *P. magdalenae*; se han tomado medidas tradicionales como vedas, vedas de artes de pesca, dimensionamiento y posterior liberación de especies que buscan minimizar el riesgo de extinción de especies, tratando de incrementar la abundancia poblacional en el medio natural.

Como se mencionó anteriormente, en razón a su gran importancia económica, *P. magdalenae*, es la especie íctica más investigada del país, no obstante, persisten vacíos de información sobre aspectos reproductivos, genéticos poblacionales, dinámicas poblacional y migratoria en las cuencas del Magdalena y Atrato. Para la cuenca del rio Sinú, se conoce su dinámica migratoria y estructura genética de las poblaciones, a nivel del departamento de Norte de Santander, éste se encuentra rodeado por tres grandes cuencas: río Magdalena, río Catatumbo y río Orinoco, que cuentan con una variedad de especies ícticas de impacto económico, siendo *Prochilodus reticulatus* (bocachico del Catatumbo) unas de las especies más representativas a nivel comercial (Castro, 2004; Jaramillo 2008). Sin embargo, poco se sabe sobre los diferentes aspectos biológicos (estructura y diversidad genética) de estas especies en esta zona nororiental del país, aspecto que deberá ser abordado en esta revisión de literatura y en futuras investigaciones.

1.3 Formulación del problema

¿Qué resultados se han obtenido en Colombia en cuanto a la diversidad genética del género *Prochilodus?*

1.4 Justificación

Prochilodus es un género de peces de agua dulce de la familia Prochilodontidae, que incluye Los géneros Ichthyoelephas y Semaprochilodus, que anteriormente estaban en el Orden Prochilodus. Se considera que los peces carnívoros del género Prochilodus sustentan la pesca de los grandes ríos de América del Sur, debido a que juegan un papel importante en la transferencia de energía en la cadena alimenticia, contribuyen al ciclo de los procesos de nutrientes, regulan el transporte de carbono. Según Taylor et al. (2006); McIntyre et al. (2007), representan más del 50% de la biomasa de estos ecosistemas. Las especies que se conocen en Colombia son P. magdalenae; P. Marie; P. reticulatus. Según Steindachner (1879), el P. magdalenae, es la especie con mayor importancia comercial en Colombia, ha sido el pez más tradicional y de mayor importancia desde hace muchos años, los pescadores han dependido principalmente para su sustento, se calcula que en sus mejores momentos llego a construir el 60% de la cuenca del rio Magdalena, Sinú y Atrato, desafortunadamente este pez, no es uno de los más prolíficos del país, debido a esto encabeza la gran lista de especies en grave peligro de desaparecer. El P. magdalenae es un pez de agua dulce de clima tropical, que vive en pantanos y ríos, preferentemente en afluentes (Mojica et al., 2002; Olaya et al., 2001). En los últimos años, el número de esta especie en la industria pesquera de todo el país ha disminuido de manera alarmante. Para la cuenca del Magdalena, se registró una pérdida del 8 % en la participación de las capturas entre 1978 y 1999. Por otro lado, según Mojica et al., 2002; Olaya et al., 2001, la especie de pez más importante del río Meta, es el bocachico llanero o coporo Prochilodus mariae, tanto por su mayor tamaño, como por su aporte a la biomasa alimentaria y pesquera de la zona. De acuerdo con lo anterior, la presente propuesta de monografía, pretende diagnosticar el estado actual de conocimiento sobre la diversidad genética de los peces del género Prochilodus,

Y brindar una mayor información a nivel nacional e internacional sobre estas especies, ya que se hace necesario construir una base de datos que pueda servir de referente a investigadores que estén interesados en estudiar estas especies y de esta manera obtener en una recopilación de los estudios genéticos de diversidad disponibles en diferentes bases de datos como Scielo, Google Académico, Sciencie Direct, así como las proporcionadas por Universidad Francisco de Paula Santander

1.5 Objetivos

1.5.1 *Objetivo general*

Realizar una recopilación documental que permita establecer el estado del arte en estudios de diversidad genética de peces del género Prochilodus existentes en Colombia

1.5.2 *Objetivos específicos*

✓ Determinar las especies de genéro *Prochilodus* más utilizadas en sistemas de producción animal a nivel suramericano, así como la descripción de sus parámetros productivos conocidos.

✓ Analizar los estudios moleculares utilizados para la diversidad genética en el género *Prochilodus*

✓ Identificar los principales hallazgos obtenidos de los estudios de diversidad genética en las especies de peces del género *Prochilodus*

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

En un análisis documental preliminar sobre estudios de diversidad genética en peces del Género *Prochilodus*, se encontraron los siguientes antecedentes que se describen a continuación.

Castañeda (2012). Evaluación de la estructura genética de sistemas de reproductores de bocachico *Prochilodus magdalenae;* (pisces: prochilodontidae) utilizados para repoblamiento

Según Castañeda, expresaron que esta investigación se realizó en la Universidad del Magdalena, Facultad de Ingeniería. El objetivo de esta investigación fue analizar la diversidad genética de lotes de bocachico utilizados en programas de repoblamiento, mediante marcadores moleculares microsatélites, Para el estudio, se utilizaron 60 reproductores provenientes de dos estaciones piscícolas ubicadas en los departamentos de Magdalena el resultado se obtuvo que los siete microsatélites utilizados fueron polimórficos, suministrando entre 10 y 35 alelos por locus La diferenciación genética entre las dos estaciones no fue significativa ($Fst=0.0104$; $p>0.05$). La diversidad genética observada para los lotes estudiados fue muy baja (SENA $Ho< 0.1$; Repelón $Ho< 0.13$); y el grado de endogamia en general mostró valores altos ($Fis>0.8$). Es probable que estos resultados observados sean producto de cuatro factores: (i) manejo inadecuado de los reproductores por efecto de selección artificial; (ii) efecto fundador, debido al tamaño de la población inicial de reproductores; (iii) el origen de los reproductores sea el mismo; (iv) que la población de reproductores en los dos centros reflejen la condición actual de la población natural, Finalmente, se llegó a la conclusión que utilizando el test de comparación a partir del

Estadístico F, se observó que entre las dos estaciones hay diferenciación genética moderada, dado que el valor de Fst (e) fue de 0.0104 (IC=0.00003-0.0237). Sin embargo, la diferenciación no fue significativa (p>0.05).

Fontalvo, Orozco y Narváez (2018). Caracterización genética de reproductores de *Prochilodus magdalenae;* (pisces: *prochilodontidae*) usados en programas de repoblamiento en Colombia.

P. magdalenae. Es una especie de pez endémico de Colombia conocido por ser un fundamental recurso de interés comercial y para muchas sociedades en relación a las ocupaciones pesqueras como actividad de soporte. (Fontalvo., 2012).

P. magdalenae. En los sistemas reproductores de ciertos centros piscícolas, que son utilizados para hacer repoblamientos en otras cuencas de Colombia y de esta forma plantear criterios técnicos y científicos que permitan el desarrollo de tácticas de funcionamiento para la conservación de esta especie. Por lo anterior, en el año 2013 se recolectó tejido de aleta caudal de 1044 individuos en 7 centros piscícolas, que fueron procesados en laboratorio y por medio del uso de 7 loci de microsatélites se evaluaron métricas genéticas como, por ejemplo: heterocigosidad vista y esperada, número de alelos, índices de fijación, estadísticos F, agrupamiento bayesiano y ANOVA.

Se localizó baja heterocigosidad vista, correlacionada con procesos de endogamia, que contrastan con los elevados valores conseguidos en el índice de heterocigosidad esperada y la proporción de alelos detectados en los sistemas de reproductores de *P. magdalenae;* a pesar de la

Baja pluralidad reportada en relación a otras especies del mismo género, las poblaciones mantenidas en cautiverio de *P. magdalenae*. Poseen potencial para restablecer la variedad de las poblaciones silvestres.

Por lo que se sugiere que cada estación piscícola debe establecer lotes de reproductores por separado, en función de su información genética para que exista una congruencia entre los individuos liberados y aquellos que habitan en el medio natural.

Vega, Galvis y Salazar (2017). Evolutionary Relationships of the Fish *Prochilodus reticulatus;* and *Prochilodus magdalenae*; (Characiformes: *Prochilodontidae*).

Vega et al., en la Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de Ciencias Agrarias y del ambiente, realizaron un análisis filogenético de las especies *P. reticulatus*. (Valenciennes, 1850) y *P. magdalenae*. (Steindachner, 1879) de gran costo socioeconómico en el territorio. Al inicio, las especies fueron colectadas para la sustracción del ADN y su siguiente caracterización por medio de RAPD-PCR para entablar sus interacciones filogenéticas utilizando el coeficiente de Jaccard y el procedimiento UPGMA para realizar análisis de secuencias de. ADN.

La exploración filogenética de *P. reticulatus* y *P. magdalenae.* Enseñó una estrecha interacción genética, lo cual indica que las diferencias encontradas entre ellas tienen la posibilidad de considerarse no significativas. El departamento de Norte de Santander, Colombia, está rodeado por 3 enormes cuencas: flujo de agua Magdalena, flujo de agua Catatumbo y flujo de agua Orinoco.

Se recolectaron cuatro individuos de cada una de las siguientes poblaciones:

✓ *P. magdalenae.* del piscícola San Silvestre Barrancabermeja Santander - Colombia.

✓ *P. reticulatus.* de la piscícola del parque eco turístico Paco Roca Corponor Zulia Norte de Santander- Colombia.

Estos resultados permitieron construir una matriz binaria que combinó todos los polimorfismos detectados en las especies analizadas en este estudio. *P. magdalenae.* Mediante RAPD presentando una estrecha relación entre estas especies, con un coeficiente de similitud de 0.64. Sus diferencias fenotípicas pueden resultar no de cambios genéticos, si no, probablemente, de la interacción genotipo y ambiente, que provocarían diferentes manifestaciones del fenotipo, ya que estas especies son grupos de poblaciones naturales con posibilidad de cruzamiento entre sí, pero conservando diferentes barreras en la reproducción que impiden el intercambio genético. Para la caracterización molecular de *P. magdalenae* y *P. reticulatus*. Todos los amplificadores fabricados muestran patrones de bandas definidos y reproducibles. El perfil de banda generado por cada cebador se analizó para cada especie registrando la presencia ("1") o ausencia ("0") de bandas de ADN de tamaño similar. El criterio utilizado para definir una banda como polimórfica fue su presencia o ausencia consistente en dos amplificadores independientes, demostrando la reproducibilidad de la técnica. Estos resultados permitieron construir una matriz binaria que agrupan todos los polimorfismos detectados en las especies utilizadas en este estudio. El análisis filogenético entre las especies *P. reticulatus y P. magdalenae*. Muestreando una estrecha relación genética entre estas dos especies. Esta uniformidad genética sugiere que las diferencias encontradas entre *P. reticulatus y P. magdalenae.* Pueden considerarse no significativas. Se

Concluyó que se caracterizó molecularmente *P. Reticulatus y P. Magdalenae*. Mediante RAPD presentando una estrecha relación entre estas dos especies, con un coeficiente de similitud de 0.64. Sus diferencias fenotípicas pueden resultar no de cambios genéticos, si no, probablemente, de la interacción genotipo y ambiente, que provocarían diferentes manifestaciones del fenotipo, ya que estas especies son grupos de poblaciones naturales con posibilidad de cruzamiento entre sí, pero conservando diferentes barreras en la reproducción que impiden el intercambio genético.

Sánchez, Galetti, Galzerani, Derazo, Cutilak, y Hatanaka (2012). Variabilidad genética y fenotípica del Bocachico *(Prochilodus magdalenae*) de la ciénaga de Zapatosa Cesar.

Sánchez et al., expresan que en la ciénaga de Zapatosa (CZ) es un ecosistema de gran importancia en el departamento del Cesar y del Magdalena en Colombia por su gran diversidad de especies animales y vegetales, El objetivo de este proyecto fue estimar la variabilidad genética y fenotípica de esta especie en la CZ del departamento del Cesar. Esta investigación se realizó departamento del Cesar y del Magdalena en Colombia. Se colectaron 223 ejemplares de *Prochilodus magdalenae.,* en nueve sitios de la CZ. Para la variabilidad fenotípica se realizó morfometría geométrica (MG) utilizando IMP (Integrated Morphometrics Package) y MophoJ. Para los análisis de variabilidad genotípica se usó genotipificación por secuenciación (GBS). Un total de 44 muestras de ADN de *B. orthotaenia,* disponibles en el banco de tejidos del laboratorio fueron usados. Estas muestras fueron recolectadas originalmente en todos los sitios durante una sola temporada de desove (Wasko & Galetti, 2002). El objetivo de este proyecto fue estimar la Variabilidad genética y fenotípica de la especie ciénaga de Zapatosa (CZ) del departamento del Cesar. Para la Variabilidad fenotípica se realizó morfometría geométrica utilizando IMP y MophoJ. Los análisis morfométricos indicaron que la varianza de la forma no estaba influenciada

por el dimorfismo sexual o la alometría; los componentes principales explicaron el 62.69% de la varianza y las variables canónicas mostraron una clara diferenciación entre los sitios Pelaya y Tamalameque con los demás sitios de muestreo; el ANOVA indicó que el 45.16% de la varianza es explicada por las diferencias de forma entre grupos, Para los análisis genéticos, se obtuvieron 6277 SNPs polimórficos que mostraron baja diferenciación poblacional, moderada variabilidad genética y alto flujo genético. Se encontró diferenciación a nivel morfológico, pero no a nivel genético entre los sitios de muestreo.

Hernández, Navarro y Muñoz (2017). Diversidad genética del Bocachico *Prochilodus magdalenae* en el departamento de Sucre.

Hernández et al., expresaron que Colombia es reconocido como uno de los países de mayor abundancia hídrica y diversidad biológica Narváez et al. (2012). Abarca, aproximadamente 9800 km2 de zona marina, cuerpos de agua (ciénagas, lagunas y embalses) de 238.000 hectáreas y una gran cantidad de corrientes de agua correspondientes a las cuencas de Magdalena. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar genéticamente poblaciones silvestres y cultivadas de *P. Magdalenae*. Usando marcadores moleculares tipo RAMs en la zona del bajo San Jorge, Departamento de Sucre. Para ello, de 80 ejemplares silvestres de cuatro sitios y 40 ejemplares cultivados de dos empresas, fue extraído el ADN y amplificado por PCR con siete cebadores RAMs. Todos los cebadores fueron polimórficos, con valores que variaron de 93,33% en el cebador CA hasta 99,17% en AG, este mismo cebador presentó el mayor valor de He (0,469 ± 0,005), mientras que el cebador CCA, presentó el menor (0,321 ± 0,010). En las poblaciones silvestres de *P. magdalenae*; el sitio SBA fue el más diverso (He: 0,194 ± 0,028) y el sitio CAI el

menos diverso (0,150 ± 0,029), para un promedio de He de 0,167 ± 0,019 que fue menor al promedio de la población cultivada (He: 0,194 ± 0,002).

Finalmente, el análisis de la estructura poblacional reflejo mayor variación dentro que entre de las poblaciones con valores de FST moderados y altos, indicando bajo flujo de genes entre sitios y entre las poblaciones silvestres y cultivadas que se evidencia en los dendrogramas. Se concluye que está estructura genética puede ser debida a barreras fisiográficas naturales o artificiales y que la mayor diversidad en la población cultivada puede deberse a un adecuado manejo reproductivo o efectos de endogamia en la población silvestre. Como conclusión esta estructura genética puede ser debida a barreras fisiográficas naturales o artificiales y que la mayor diversidad en la población cultivada puede deberse a un adecuado manejo reproductivo o efectos de endogamia en la población silvestre. Los signos de los RAMs moleculares fueron efectivos para evaluar la diversidad genética y la estructura de la población de *P. magdalenae*, ya que tenía valores más altos que otras especies relevantes.

Orozco y Narváez. (2014). Diversidad genética y estructura poblacional de bocachico *Prochilodus magdalenae* (Pisces, Prochilodontidae) en la cuenca del río Magdalena y sus Afluentes, Colombia.

Orozco et al., expresaron que El río Magdalena es el principal hidrográfico en Colombia y el gran eje del desarrollo económico del país Su cuenca está densamente poblada y alrededor del 80% de la población de Colombia vive allí. El objetivo de este estudio fue utilizar 7 loci etiquetados como microsatélites para recopilar información sobre la estructura genética de *Prochilodus magdalenae.*, en el río Magdalena y sus afluentes, proporcionando datos para la

planificación de la conservación y manejo de esta especie. se realizó en la cuenca del rio magdalena, donde se usó peces de los ejemplares fueron capturados con ayuda de artesanos pescadores en 25 sitios desde río arriba (Neiva) hasta río abajo (Ciénaga Grande de Santa Marta) se extrajo tejido muscular de 759 especímenes, muestreados inmediatamente después de la captura y almacenados en etanol al 96% hasta su uso. Se utilizaron la extracción del ADN y amplificación de loci de ADN genómico del cual se extrajo de *p. magdalenae.* La diversidad genética se analizó utilizando siete loci de microsatélites descritos para *Prochilodus lineatus.*, (PL3, PL14, PL23, PL28, PL34, PL64 y PL119) que amplificación cruzada en P. magdalenae (Rueda et al., 2011). PCR se llevaron a cabo en un volumen final de 10 L que contenía 100 ng de ADN, tampón de reacción. Durante el seguimiento se observaron que los siete microsatélites eran polimórficos (100%) en las poblaciones silvestres de P. *magdalenae,* dentro de la cuenca del río Magdalena y sus afluentes.

Un total de 290 alelos fueron encontrado en todos los loci a lo largo de toda la población que van del 33 al 59 por PL64 y PL119. El número medio de alelos por locus en la población fue de 41,4 ± 9,6 y la media en cada sitio de muestreo varió de 9.57 a 18.43 alelos De los 290 alelos encontrados en la población de bocachico de la cuenca del río Magdalena, 61 eran alelos particulares con una frecuencia inferior al 11%. Dichos alelos se detectaron en 21 de los 25 sitios de muestreo y variaron de uno en el Barranco de Loba, Río Sogamoso. La heterocigosidad observada (Ho) fue baja en la población silvestre de bocachico La mayor heterocigosidad esperada (He) fue encontrado en Puerto Boyacá (0.9188), y el más bajo en Ciénaga De Canta Gallo (0.8289). El FIS promedio (coeficiente de consanguinidad) fue más alto en todos los sitios muestreados en el Magdalena. Se puedo concluir que, durante los últimos años, las investigaciones genéticas han revelado que los peces migratorios de agua dulce pueden mostrar

una estructuración de la población dentro de un solo sistema hidrográfico los microsatélites se han utilizado ampliamente para acceder a la diversidad genética y estructura poblacional en peces, Sin embargo, se llevaron a cabo pocos estudios utilizando marcadores microsatélites para detectar la genética.

Landinez, Narváez y Márquez. (2011). Population genetics of the freshwater Fish Prochilodus magdalenae (Characiformes: Prochilodontidae), using species-specific microsatellite

Landinez, et.al. **e**xpresaron que el *P. magdalenae.* Es un pez de agua dulce endémico de Colombia y La estructura genética patrones de poblaciones de diferentes miembros de *Prochilodus* y el histórico la repoblación de sus poblaciones naturales agotadas sugiere que *P. magdalenae*, exhibe stocks genéticos que coexisten y co-migran a lo largo de los ríos Magdalena, Cauca, César, Sinú y Atrato. Para probar esta hipótesis y explorar los niveles de genética.

El objetivo de este estudio fue determinar que las herramientas moleculares y el marco amplio de la diversidad genética de *P Magdalenae* y apoyar la implementación de políticas adecuadas de regulación, manejo y conservación. Utilizaron 725 muestras de *P. magdalenae.* Del estudiaron ríos, desarrollamos un conjunto de 11 loci de microsatélites específicos de especies usando secuenciación de próxima generación, bioinformática y pruebas experimentales de los niveles de diversidad de los loci de microsatélites. Durante el seguimiento se observaron Los resultados evidenciaron que *P. magdalenae,* exhibe alta diversidad genética, coeficiente de consanguinidad significativo que oscila entre 0,162 y 0,202, y signos de erosión del acervo genético. Además, la genética de poblaciones estructura constituye una mezcla de

stocks genéticos heterogéneamente distribuidos a lo largo los ríos estudiados y, además, se detectó un stock genético muy divergente.

Luque (2021). Evaluación de la diversidad genética de reproductores de especies nativas de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), capaz (*Pimelodus grosskopfii*) y pataló (*Ichthyolephas longirostris*) en la estación piscícola del alto magdalena-Aunap (Gigante, Huila), con fines de repoblamiento.

El objetivo de esta investigación fue la Evaluación de la variación genética de especies nativas de *P. magdalenae*, habilidad (*Pimelodus rosskopfii*) y pataló (*Ichthyolephas longirostris*) en la Piscicultura AUNAP Gigante (Huila), que de acuerdo Piñero et al. 2008 La variabilidad genética, en sentido más amplio, es el componente más básico de la biodiversidad y se define como las variaciones heredables que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie. Para establecer un sistema de población de mediante el uso de la herramienta de secuenciación molecular RAD-seq se realizó en Santa marta, Colombia se usaron 262 peces (82 bocachicos, 95 capaz y 85 pataló) los cuales, fueron sedados siendo inmersos en aproximadamente 0,5 mg/L de eugenol disuelto en 10 litros de agua, entre 60 a 120 segundos o hasta la pérdida parcial del nado, dicha marcación se realizó de forma subcutánea en la zona media dorsal del ejemplar. Para ello, se usó un aplicador con diámetro de punta de 2,15 mm, dotado de un Glass-transponder de 12 mm de largo y un ancho de 2.12 mm aproximadamente, el cual fue provisto de un microchip identificado con un código alfanumérico que permitirá identificar cada ejemplar por medio de un lector electrónico PetScan, sin necesidad de tener contacto directo con el reproductor. Durante el seguimiento se encontró un polimorfismo del 100% en todos los loci evaluados para las tres especies seleccionadas en este

estudio, se resumen los parámetros de diversidad genética estimados para las especies de bocachico, capaz y pataló en la estación piscícola a través del uso de la técnica de RAD sequencing.

En general, para evaluar los sistemas de lectura, es posible tener en cuenta que los valores de heterocigosidad observados y esperados (SE) son muy similares a cada especie de estaciones de pescado. Este aspecto es muy importante debido a la similitud entre la tos y puede ser una buena condición genética de los animales y / o los jugadores seleccionados. Un aspecto importante a considerar es el valor de endogamia en los sistemas de lectura seleccionados a que la evidencia ha obtenido que este indicador envió valores débiles.

Para concluir, las poblaciones reproductoras de las especies bocachico, capaz y pataló en la estación piscícola mostraron una variación genética muy baja; sin embargo, hubo verificaciones de que era posible restaurar la variabilidad natural de la población con reproductores seleccionados debido al potencial genético observado con el alto valor esperado de heterocigosidad esperada.

Pacheco (2019). Variabilidad genética y fenotípica del Bocachico (*Prochilodus magdalenae)* de la ciénaga de Zapatosa Cesar.

La ciénaga de Zapatosa (CZ) es un ecosistema de gran importancia en el departamento del Cesar y del Magdalena en Colombia por su gran diversidad de especies animales y vegetales, y por ser una de las principales fuentes de sostenimiento para las familias que viven allí. .

El objetivo de este proyecto fue estimar la variabilidad genética y fenotípica de esta especie en la CZ del departamento del Cesar, se colectaron 223 ejemplares de *P. magdalenae*. En nueve sitios de la CZ. Para la variabilidad fenotípica, se realizó morfometría geométrica. (MG) utilizando IMP (Integrated Morphometrics Package) y MophoJ, para los análisis de variabilidad genotípica se usó genotipificación por secuenciación (GBS).

Los análisis morfométricos indicaron que la varianza de la forma no estaba influenciada por el dimorfismo sexual o la alometría; los componentes principales explicaron el 62.69% de la varianza y las variables canónicas mostraron una clara diferenciación entre los sitios Pelaya y Tamalameque con los demás sitios de muestreo; el ANOVA indicó que el 45.16% de la varianza es explicada por las diferencias de forma entre grupos, y para los análisis genéticos, se obtuvieron 6277 SNPs polimórficos que mostraron baja diferenciación poblacional, moderada variabilidad genética y alto flujo genético. Se encontró diferenciación a nivel morfológico, pero no a nivel genético entre los sitios de muestreo.

Aparecida, Penitente, Bueno, Senhorini, Foresti, Porto. (2013). Conservación cariotípico en cinco especies de Prochilodus (*Characiformes, Prochilodontidae*) divulgada por marcadores citogenéticos.

El objetivo de este estudio consistió en realizar un análisis cito genético con métodos convencionales (tinción de Giemsa, tinción de plata de las regiones organizadoras del nucléolo-AgNOR y bandas C) e hibridación fluorescente in situ (FISH) con ADN ribosomal 18S y 5S. Sondas en cinco especies de Prochilodus Género (*Prochilodus argenteus., Prochilodus brevis., Prochilodus costatus., P. lineatus. y P. nigricans.* estas muestras fueron recolectadas en

diferentes cuencas hidrográficas brasileñas, para ello se analizaron 20 muestras de *P. lineatus.* Del río Mogi-Guaçu, Pirassununga, (São Paulo); 17 individuos de *P. nigricans.* De la cuenca Tocantins Araguaia (Tocantins); 15 individuos de *P. costatus.* Adquiridos de la Acuicultura Piscicultura Tropical, Propia (Sergipe); seis muestras de *P. argenteus.* De la cuenca del São Francisco; y cinco individuos de *P. brevis.* Adquiridos del Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) presa, en Natal (Rio Grande do Norte). Según Aparecida et al. 2012. Durante el procedimiento encontraron que Todos los especímenes de *Prochilodus* (*P. argenteus. (Brevis. P. costatus. P. lineatus. Y P. nigricans*. Recolectadas en las diferentes cuencas hidrográficas brasileñas presentó una Cariotipo con 2n = 54, FN = 108 y metacéntrico y cromosomas submetacéntricos (Figura 1a-e). Todos los especímenes De *P. lineatus.* Tenía cromosomas supernumerarios, mientras que un espécimen de *P. nigricans.* Tenía un solo B cromosoma que mostró variación intraindividual, con 23 células de 30 que exhiben el cromosoma adicional. Después de la tinción con Ag-NOR, solo un homólogo de un par submetacéntrico presentó una NOR *en P. brevis; P. costatus lineatus y P. nigricans*.

En *P. argenteus*. La NOR se observó solo en un homólogo del segundo par submetacéntrico más grande. Este patrón Ag NOR se encontró en aproximadamente 40 metafases de todos los especímenes de *P. argenteus.* Se realizó FISH con las sondas de ADNr 5S y 18S para confirmar si había una diferencia cariotípica en la ubicación del gen 18S en *P. argenteus*. Entre estos dos genes se observó en todas las muestras analizadas, incluida la de *P. argenteus*. En la que el ADNr 18S marcó tanto homólogos del segundo par submetacéntrico, que fue no observado después de Ag-NOR. La ubicación de estos genes fue idéntica en toda la especie, es decir, el gen 5S estaba ubicado cerca de la región terminal del brazo largo del cromosoma submetacéntrico par y el gen 18S, en posición pericentromérica, sinténico con el gen 5S. No se detectaron grupos

de estas secuencias ribosómicas en ninguna de las especies estudiadas, ni en los cromosomas B presentes en el genoma de *P. lineatus* y *P. nigricans.* Los resultados revelaron conservadurismo en el cromosoma número, morfología, ubicación de AgNORs 18S y 5S rDNAs y patrones de distribución de heterocromatina constitutivos, las diferencias menores observadas en este trabajo, como un Ag-NOR en un cromosoma de *P. argenteus.*, y un distintivo el patrón de bandas C en *P. lineatus*., no son suficientes para cuestionar el conservadurismo descrito para este grupo.

2.2 Marco teórico

Prochilodus - Origen y distribución geográfica

Prochilodus argenteus

Se encuentran en Sudamérica, es una especie endémica de la cuenca del río São Francisco. Introducido en varios ríos del noreste de Brasil, es un pez de agua dulce y de clima tropical. Los machos pueden llegar alcanzar los 44 cm de longitud total es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes Según: Castro, Et al. 2003. A continuación, como se indica en la tabla 1.

Figura 1. Prochilodus argenteus. Fuente: Brito, (20129.

Tabla 1. Taxonomía de *Prochilodus argenteus*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Clase	Actinopterygii
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*

Fuente. Brito, (2012).

Prochilodus brevis

Figura 2. Prochilodus brevis. Fuente: Ramos, (2011).

De acuerdo con Froese et al. (2006). Esta es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en del orden de los Characiformes, Los machos pueden llegar alcanzar los 27 cm de longitud total, es un pez de agua dulce y de clima subtropical, Se encuentran en Sudamérica ríos costeros del noreste de Brasil y comprender la biología reproductiva de los peces es importante para su conservación y manejo, según Taylor et al. 2006, los peces detritívoros del género *Prochilodus.* Son considerados el soporte que sustenta la pesquería de los grandes ríos suramericanos, debido a que juegan un papel primordial en la transferencia de energía en la cadena trófica, contribuyen al ciclaje de nutrientes, regulan el trasporte de carbono. Y representan más del 50% de la biomasa de estos ecosistemas. En cuanto

Prochilodus brevis. Ramos (2011), establece que es un pez migratorio de importancia comercial, de la región Neotropical, y comprender la ecología reproductiva de este pez potamódromo es esencial para su conservación y manejo, lo muestra en la tabla 2. Por sus características taxonómicas.

Tabla 2. Taxonomia Prochilodus brevis

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Género	*Prochilodus*
Especie	*P. brevis*

Prochilodus britskii

Figura 3. Prochilodus britskii. Fuente. Castro, (2012).

Es una especie endémica de la cuenca del río Iguazú, parece tener un alto potencial de explotación comercial, especie de peces de la familia *Prochilodontidae* en el orden de los Characiformes. De acuerdo con da Silva et al. (2022). Los machos pueden llegar alcanzar los 23,8 cm de longitud total, número de vértebras 40-41, pez de agua dulce y de clima tropical, se encuentran en Sudamérica cuenca del río Apiacea su distribución América del Sur: Cuenca del río Apiacá en Mato Grosso, Brasil.

Descripciones anatómicas Espinas dorsales (total): 3; Radios blandos dorsales (total): 9-10; Espinas anales: 3; Radios blandos anales: 8; Vértebras: 40 – 41. Recientemente se ha informado de que la migración previene la estructura de la población entre los peces caraciformes neotropicales, pero los efectos sobre la diversificación de especies siguen sin estar claros. Las especies migratorias de *Prochilodus;* tienen límites de especies complejos e intrincan una taxonomía que representa un buen modelo para abordar tales cuestiones, según Castro, (1993).

Tabla 3. Taxonomía de *Prochilodus britskii*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclase	Teleostei
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae

Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. britskii*

Fuente. Castro, 1993.

Prochilodus costatus

Es un pez de la familia *Prochilodontidae* en el orden Characiformes, se conocen unas 2300 especies a nivel mundial y en Sudamérica se han descrito poco más de 80 especies hasta el momento, los machos pueden llegar a medir hasta 42 cm de longitud, y son los peces de agua dulce especie de clima tropical presente en América del Sur: Endémica de la cuenca del río São Francisco, aunque se incluye el río Jequitinonha (Brasil). Varios estudios han demostrado la composición genética de la población de peces migratorios de agua dulce. Se ha sugerido que las influencias ambientales y humanas aumentan las diferencias genéticas entre las poblaciones de peces de agua dulce. Se consideró el aislamiento temporal y las diferencias espaciales para explicar este resultado en diferentes grupos de peces. Aquí, se prueban ambas suposiciones con *Prochilodus costatus*, que de acuerdo Castro et al (2003), un pez de agua dulce que migra largas distancias para reproducirse.

Tabla 4. Taxonomía de *Prochilodus costatus*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclase	Teleostei
Superorden	Ostariophysi

Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. costatus*

Fuente. Alves, C.B.M, (2012).

Prochilodus hartii

Figura 4. *Prochilodus hartii*. Fuente. Alves, (2012).

Según Castro et al., el *Prochilodus hartii,* es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes. Se preparan para la reproducción en cautiverio, pero no ocurre ni la ovulación ni el desove, por lo que se requiere una reproducción inducida para la reproducción y la repoblación una especie con un alto potencial para la piscicultura y que es comercialmente importante en la cuenca del río Jequitinhonha. Los machos pueden llegar alcanzar los 34 cm de longitud total, Es un pez de agua dulce y de clima tropical. (Figura 5).

Distribución geográfica: La cuenca de los ríos Bardo y Jequitinonha en Brasil, América del Sur, las especies invasoras representan una de las mayores amenazas para la biodiversidad

debido a la competencia, la depredación, la propagación de patógenos y la hibridación de acuerdo con Froese et al. (2011), el impacto de las especies invasoras sigue siendo poco estudiado en la ictiofauna neotropical, particularmente al considerar la posibilidad de mestizaje entre especies nativas e introducidas, lo que ha con llevado a la introducción especies del género *Prochilodus* en otras cuencas de Brasil.

Tabla 5. Taxonomía de *Prochilodus hartii*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Género	*Prochilodus*

Fuente. Alves, C.B.M, 2012.

Prochilodus lacustris

Figura 5. *Prochilodus lacustris.* Fuente. Froese, (2012)

Es una especie de peces de la familia *Prochilodontidae* en el orden de los Characiformes, ver tabla 6, Los machos pueden llegar alcanzar los 32 cm de longitud total. Es un pez de agua dulce y de clima tropical, se encuentran en Sudamérica cuencas de los ríos Parnaíba y Mearin en Brasil, muestra la taxonomía de Prochilodus, La calidad de los ambientes acuáticos en todo el mundo está siendo alterada por diferentes actividades humanas que representan una amenaza directa para el sistema ecológico y la biota acuática, los peces están bajo la influencia de cambios ambientales.

Tabla 6. Taxonomía de *Prochilodus lacustris*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Superorden	Ostariophysi
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*

Fuente: Froese, (2012).

Prochilodus lineatus.

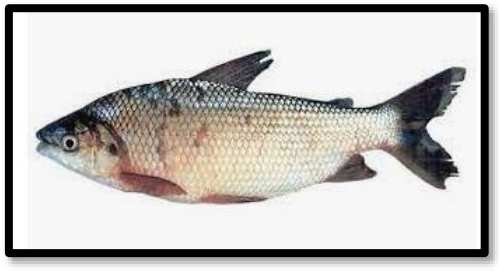

Figura 6. *Prochilodus lineatus*. Fuente. Froese, (2012).

Es una especie de América de la Clase Actinoptérigos que habita en los ríos Paraná, Uruguay, Paraguay y Río de la Plata; en la Patagonia Argentina; Paraguay; el río Pilcomayo, Bolivia; y el río Paraíba do Sul, Brasil. Castro et al. (2003), Su nombre común es sábalo o sábalo jetón *P. lineatus* llega a medir hasta 60 cm y pesar más de 6 kg. Tiene el cuerpo de largo y aplanado, gris verdoso con escamas amarillentas. Su boca es redonda, tiene una línea de labios gruesa y sobresale hacia adelante. Es la especie más abundante en la cuenca del Plata, representando más del 60% de su biomasa de peces. Algunos peces depredadores, como el surubí (*Pseudoplatystoma* sp.) y el dorado (*Salminus brasiliensis*), se alimentan de enormes arenas bituminosas. Otra característica importante de este pez es su carácter migratorio, Para reproducirse, migran cientos de kilómetros desde río arriba hasta llegar a las planicies sedimentarias características del Paraná y otros ríos de la cuenca, y se aparean en el lecho del río, donde las larvas flotan hacia la superficie del río. Donde encuentran refugio y alimento. Permanecen allí durante unos dos años, después de lo cual regresan a la corriente principal del río. Después de la temporada de reproducción, las moscas migran río abajo.

También se distinguen por el hecho de que pueden alcanzar velocidades de hasta 90 km/h, Froese et al. (2022). Para esa dieta, el sábalo solo come sedimentos, entre las muchas adaptaciones anatómicas y fisiológicas a los organismos comestibles, mencionar la boca no protuberante, la cavidad bucal en forma de V invertida y los dos. La presencia de múltiples pliegues pilóricos. Sábalo es una especie importante en el río Paraná debido a su patrón de supervivencia, alta biomasa y hábitos migratorios.

Las regulaciones en Santa Fe y Entre Ríos Argentina han resultado ineficaces para proteger a esta especie. *Prochilodus lineatus* es un pez altamente migratorio que sostiene las pesquerías

comerciales más importantes en la cuenca del Paraná-Paraguay, los patrones de migración son poco conocidos y hay pocos estudios de genética poblacional de esta especie en el Alto Paraná.

Tabla 7. Taxonomía de *Prochilodus lineatus*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclase	Teleostei
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. lineatus*

Fuente: Froese, (2012).

Prochilodus magdalenae

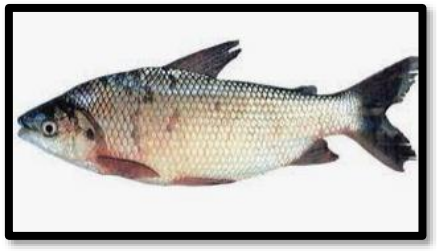

Figura 7. Prochilodus magdalenae. Fuente. Fontalvo, et.al, (2018)**.**

De acuerdo con Nieto et al. 2016. Expresaron que el Bocachico *Prochilodus* magdalenae (Steindachner, 1878), Debido a su alta receptividad y valor comercial, ha sido durante mucho tiempo la especie de pez más importante en la cuenca del río Magdalena. Estos incluyen las cuencas de los ríos Cauca y San Jorge, Sinú y Atrato, pero también son una de las especies más amenazadas en la actualidad, en parte debido a la sobrepesca. Además de esto, tiene sus características como pez padre que se mueve todos los años.

Este es un evento que ocurre tanto cuando sube en aguas altas para reproducirse como cuando se desplaza a zonas de alimentación en aguas bajas. Inundación. Allí se reanuda el ciclo del suelo por vía oral para aprovechar los residuos orgánicos. *Prochilodus magdalenae,* es un pez de agua dulce. Se encuentra distribuido en América del Sur: Cuencas de los ríos Atrato, Sinú y Cauca-Magdalena en Colombia, El bocachico tiene una Alimentación detritívora (se alimentan de detritos, materia orgánica en descomposición), Succionando con su boca, según Ocampo et al. 2019. sus mayores amenazas se ven afectado por la sobrepesca, los métodos de pesca inadecuados, la contaminación, los depósitos de tala, la Introducción de especies exóticas, el drenaje de cuerpos de agua y la obstrucción de tuberías y Arroyos. En Colombia, pasó de ser una especie en peligro de extinción en 2002 a una especie en peligro de extinción en 2012.

Prochilodus magdalenae ha sido históricamente una de las fuentes de alimento de mayor importancia para la población a nivel nacional. Esta especie endémica de Colombia ha proporcionado más del 50 % del volumen de capturas en las principales cuencas trasandinas del país. El aislamiento de la población de *P. magdalenae* en la cuenca del Atrato hace necesario que se establezcan medidas de conservación ajustadas a sus características biológicas y reproductivas.

El bocachico *P. magdalenae.* Es la especie pesquera continental de mayor importancia comercial en Colombia; durante décadas ha sido parte de la seguridad alimentaria de la población colombiana y fuente importante de empleo para los pescadores pertenecientes a las cuencas de los ríos Magdalena, Sinú. Es una de las especies más investigadas en la cuenca del río Magdalena. Valderrama et al. (2011). Además, ha sido un referente para establecer las medidas de manejo que se aplican actualmente para sus poblaciones en las diferentes cuencas del país según Galvis (2007); Valderrama (2011).

Tabla 8. Taxonomía de *Prochilodus magdalenae*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclase	Teleostei
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. magdalenae*

Fuente: Fontalvo et.al. (2018).

Prochilodus mariae.

Figura 8. Prochilodus mariae. Fuente. Casal, (2019).

Prochilodus mariae, conocido como coporo, es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes. P. mariae. Lasso et al. (2011), Es una especie endémica del río Orinoco de gran importancia ecológica, cultural y económica, y aún no se ha establecido su protocolo pionero de crio preservación. Se están realizando investigaciones sobre el manejo de la primera alimentación en pesca y acuicultura, pero existen vacíos en la información debido a la preferencia de la etapa nutricional durante el primer día de vida. Es un pez de agua dulce de clima tropical. Una especie migratoria que se encuentra en diversos hábitats de montaña, Piamonte y llanura. Durante la época de lluvias se encuentran en las sabanas inundadas y cuerpos de agua con poca corriente, lugares en que anualmente se reproduce; en épocas secas, migra hacia piedemonte y las montañas, donde se le puede encontrar en las quebradas. Conocido como coporo, es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes los machos alcanzan los 37 cm de longitud total, pero han sido capturados ejemplares hasta de 47 cm. La talla media de madurez es de 30 cm para las hembras y 27 cm para los machos. Presenta abdomen redondeado su coloración base es plateada a grisácea, en los adultos, en el dorso hay varias barras verticales y lateralmente tiene líneas en forma de zigzag; el abdomen es blanco; las aletas dorsal y caudal tienen puntos que simulan líneas verticales onduladas.

De acuerdo con Machado et al. (2010); Ramírez et al. (2011), los ríos neo tropicales contienen conjuntos diversos y económicamente importantes de peces migratorios, pero se sabe poco sobre la biología de la población de la mayoría de las especies *Prochilodus mariae*; que presenta amplia distribución en la cuenca del Orinoco en el año 2008, alcanzo una captura total de 8750 t, sin embargo, aunque ha sido explotada por más de 50 años, no es una especie considerada amenazada en los libros rojos de Colombia y Venezuela. Dada su importancia comercial y ecológica, se han conducido varios estudios que han permitido conocer sus parámetros de edad y crecimiento Ramírez et al. (2015).

Tabla 9. Taxonomía de *Prochilodus mariae*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclase	Teleostei
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*

Fuente: Eigenmann, (1992).

Prochilodus nigricans

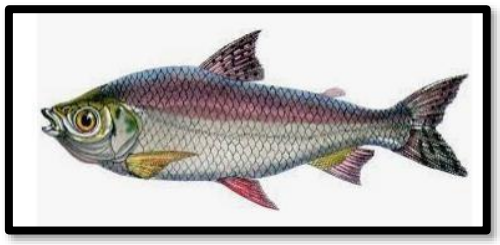

Figura 9. Prochilodus nigricans. Fuente. Castro et. al. (2003)

De acuerdo con Castro, et. al. (2003). El *Prochilodus nigricans.* Es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes, los machos pueden llegar alcanzar los 37 cm de longitud total, la longitud media de maduración es de 24,3 cm en las hembras y de 23,4 cm en los machos se ha reportado también, en la Argentina es un pez de agua dulce y de clima tropical, presentes en lagos, lagunas, arroyos y ríos con aguas claras y lentas, con depósitos de detritos en el fondo forma cardúmenes y emprende largas migraciones estacionales, verdeazuladas y verdes, euglenofitos, bacillariophyceas), zooplancton; succiona barro y alimentos pequeños.

Tabla 10. Taxonomía de *Prochilodus nigricans*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. nigricans*

Fuente: Casal, (2019).

Prochilodus reticulatus

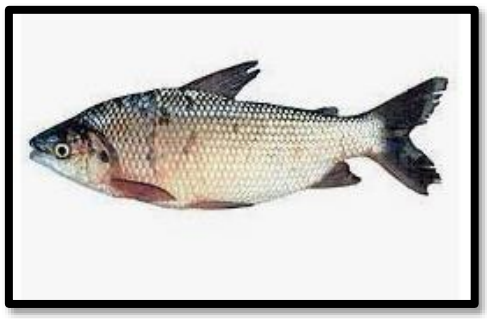

Figura 10. Prochilodus reticulatus. Fuente. Von, (2018).

Según Galvis et at. Interpretaron que el Prochilodus reticulatus se encuentra en las cuencas de los ríos Catatumbo y Ranchería, distribuidas en Colombia y Venezuela. En el Catatumbo habita en toda la cuenca desde el Lago de Maracaibo y ciénagas adyacentes de la parte baja, hasta los 1,000 m.s.n.m. En época de lluvias bajas remonta el río Catatumbo y demás tributarios como los ríos, Tibú, Tarra, San Miguel, río de Oro, Sardinata, Nuevo Presidente y Zulia, hasta aproximadamente los 1,000 m.s.n.m. Para el Catatumbo, P. reticulatus era la especie de mayor cantidad de contribución a las capturas totales, según los monitoreos realizados entre 1989 y 1995 por la Asociación Cravo Norte, sin embargo, en la actualidad ha disminuido. Sus aletas dorsales y caudales tienen pequeñas manchas irregulares, 42-43 escamas perforadas en la línea lateral, labios grandes en forma de disco con dientes muy finos, y récords de pesca en Venezuela. En la cuenca de Catatumbo ha aumentado. Según Orozco et at. (2013), La metodología molecular ha revolucionado el análisis genético al permitir la identificación de especies utilizando una variedad de técnicas moleculares. Que se basa en la detección de polimorfismos de ADN amplificados aleatoriamente (RAPD) en ictiología, que se basa en la

reacción de la cadena de polimerasa PCR que utiliza cebadores cortos (típicamente 10 bases) para amplificar secuencias de ADN aleatorias.

Tabla 11. Taxonomía de *Prochilodus reticulatus*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. reticulatus*

Fuente: Von, (2018).

3. Etapas del diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se realizará es de tipo documental y descriptivo, mediante la recopilación de documentos tanto artículos científicos, como proyectos de grado y a partir de esta realizar un marco metodológico teniendo en cuenta la estructura y diversidad genética del genero *prochilodus* y a partir de estar información se analizara una revisión de los estudios de diversidad genética existentes en peces del género *prochilodus* lo que permitirá a futuro plantear futuras investigaciones tendientes al estudio de especies de *prochilodus* presentes en el departamento Norte de Santander.

3.2 Técnicas de recolección de información

Las fuentes de información que se utilizarán en el desarrollo de esta monografía se ubican en el entorno virtual como páginas web y/o documentos como artículos científicos, tesis y proyectos de investigación, disponibles en bases de datos de acceso abierto o en aquellas por suscripción disponibles en la Universidad Francisco de Paula Santander.

En la presente monografía se pudieron identificar cinco fases elementales delimitadas: fase 1 selección de base de datos, fase 2 revisión bibliográfica, fase 3 selecciones de información, fase 4 organizaciones de la información, fase 5 análisis de la información

3.3 Fase 1. Selección de bases de datos

Se seleccionaron las siguientes bases de datos: BIBLIOTECA UFPS, DOAJ, ELSEVIER, GOOGLE SCHOOLAR, SCIENCE DIRECT, SCIELO, SCOPUS, SPRINGER & WEB OF SCIENCE.

3.4 Fase 2: Revisión bibliográfica y selección de la información.

En este trabajo se realizó una revisión bibliográfica, en donde se aceptó artículos de revisión, artículos científicos, tesis de investigación de pregrado y de doctorado y repositorios más relevantes publicados en los últimos años (desde del 2000 hasta la actualidad) como se observa en la tabla 1 y 2 se observa la relación de los documentos reportados, la gráfica 1 relaciona la información de los documentos reportados todas relacionados con el tema de este estudio. Así mismo también se realizó la selección de la información en donde se tuvo en cuenta los siguientes parámetros como; estudios de diversidad genética en peces del género *Prochilodus*, en apoyo al objetivo general y a los tres primeros del objetivo específico planteado.

Tabla 12. Resumen de Búsqueda Bibliográfica.

Número de Documentos.	Tipos de Documento.	Años de publicaciones.
5	Tesis de investigación & Doctorados.	2013, 2017.
7	Repositorios	2017…18…19.
15	Artículo de investigación y de revisión	2012…15…16…18…20.

El mayor número de artículos donde se tomó dicha información, fueron artículos de investigación y de revisión del *Prochilodus,* donde se puede concluir el hábitat, crecimiento, desarrollo del pez. En este sentido, algunos autores señalan que cada cierta cantidad de artículos se necesita una revisión para consolidar la información existente y dar una respuesta clara y actualizada sobre un tema.

Tabla 13. Ficha de Revisión Bibliográfica

Autores	Año	Tipo de documento	País de estudio
Fontalvo de la rosa, Berdugo Orozco, Barandica Narváez	2020	Artículo Científico	Colombia
Ana Torregroza, Juan Narváez, Gilberto Orozco	2015	Artículo Científico	Colombia
Nelson Vega, Néstor Galvis, Seir Salazar	2017	Artículo Científico	Colombia
Luz Muñoz, Julia Arredondo, Jaime Carranza	2019	Revista de biología tropical	Colombia
Nelson Lopera, Ricardo Pereira, Jaime Povh, Patricia Gómez, Lauro Vargas, Sheila Nogueira	2008	Zootecnia Tropical	Venezuela
Hermes Pineda, Lucy Arboleda, Amparo Echeverry, Silvio Inchima, Diego pareja, Martha Olivera, Juan Builes	2007	Revista de biología tropical	Colombia

Autores	Año	Tipo de documento	País de estudio
Gilberto Orozco, Fontalvo Paulin, Narvaéz Juan	2018	Artículo de Revista científico	Colombia
Daniel Castañeda, Juan Narváez, Ana Torregroza	2018	Artículo Científico	Colombia
Jorge López, Felipe García, Efraín Rubio, Andrés Castillo, Flavio Cerón	2009	Artículo Científico	Colombia
Elianny Pacheco	2019	Repositorio institucional Biblioteca Digital	Colombia
Daniel Castañeda	2012	Tesis, Proyecto de grado	Colombia
Javier Arrieta	2014	Trabajo de grado Universidad del magdalena	Colombia
Edna Márquez, Natalia Restrepo, Anny Yepes, Juan Narváez	2021	Repositorio recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales	Colombia
Darwin Hernández, Orlando Navarro, Jaime Muñoz	2017	Artículo Científico	Colombia
Pricelis Polanco	2017	Artículo Científico	Colombia
Julio Hurtado	2018	Tesis de Maestría	Colombia
Yuly Perdono, Wilson Cruz, Luisa Espinoza, Mauricio Carrillo	2014	Revista Orinoquia	Colombia
Jefferson Monteiro	2014	Repositorio Institucional-UNESP	Argentina
Alline Silva	2011	Repositorio Institucional-UFSCar	Brasil
Nivaldo Piorski	2010	Repositorio Institucional-UFSCar	Brasil

Autores	Año	Tipo de documento	País de estudio
Lin Iwersen	2013	Repositorio Institucional UFSC	Brasil
Estefani Carvalho	2013	Repositorio Institucional-UNESP	Brasil
Violeta Da rrocha	2010	Repositorio Institucional-DA UFMG	Brasil
Luis Carvalho	2006	Repositorio Institucional-UFSCar	Brasil

4. Desarrollo del tema

4.1 *Prochilodus.* Origen y distribución geográfica.

El género Prochilodus proviene de la familia Prochilodontidae es un género de peces de agua dulce y su producción de 3,2% con un rápido crecimiento (Ayazo et al et al., 2018), El pescado y los productos pesqueros son una fuente fundamental de alimento de alta proteína y calidad para el ser vivo, son peces que se encuentran principalmente en el fondo es un pez succionador se encuentran en Sudamérica, panamá y cuencas de los ríos.

La cuenca del río Magdalena es uno de los ríos más importantes de Colombia, con Proporciona grandes cantidades de pescado vital para la economía y el sustento de muchas personas (Fontalvo, Orozco, Narváez, 2018).

Figura 11. Pez *Prochilodus*. Fuente: Brito, (2012**).**

4.1.1 *Morfología*

Características principales: cabeza gruesa de perfil algo cóncava en el occipucio boca circular que se proyecta un poco hacia adelante; labios provistos de numerosos dientes diminutos en dos series.

Longitud total: Presenta una línea lateral, aleta dorsal, aleta Adiposa, aleta caudal, aleta pectoral, aleta pélvica, aleta Anal.

Color: en el Prochilodus existen varias especies por lo cual determinara su color existen colores grises verdoso, plateado.

Peso: pueden pesar hasta 3KG.

Cuerpo: comprimido y alto.

4.1.2 *Situación actual del Prochilodus.*

Prochilodus

El género Prochilodus se encuentra en gran distribución en Sudamérica siendo uno de los géneros más estudiados. Es considerada la principal especie de pesca continental colombiana y sus capturas han disminuido en 90% en los últimos 40 años según Atencia et al., (2013).

Los Prochilodus son un genéro muy distribuido en climas tropicales, este género ha aumentado a lo largo de los años su adaptación y su resistencia a enfermedades, su comercialización a nivel regional e internacionalmente. En relación a la información sobre los tipos de cultivos. (Moreno, 2022).

4.1.3 *Prochilodus (Taxonomía).*

Prochilodus argenteus

Se encuentran en Sudamérica, es una especie endémica de la cuenca del río São Francisco. Introducido en varios ríos del noreste de Brasil, es un pez de agua dulce y de clima tropical. Los machos pueden llegar alcanzar los 44 cm de longitud total es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes, según Castro et. al. (2003).

Figura 12. ***Prochilodus argenteus.*** Fuente: Brito, (2012).

Tabla 14. Taxonomía de *Prochilodus argenteus*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Clase	Actinopterygii

Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*

Fuente. Brito, (2012)

Prochilodus brevis

Figura 13. Prochilodus brevis. Fuente: Ramos, (2011).

De acuerdo con Froese et al. (2006). Esta es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en del orden de los Characiformes, Los machos pueden llegar alcanzar los 27 cm de longitud total, es un pez de agua dulce y de clima subtropical, se encuentran en Sudamérica ríos costeros del noreste de Brasil.

Comprender la biología reproductiva de los peces es importante para su conservación y manejo, según Taylor et al., (2006), los peces detritívoros del género *Prochilodus.* Son considerados el soporte que sustenta la pesquería de los grandes ríos suramericanos, debido a que juegan un papel primordial en la transferencia de energía en la cadena trófica, contribuyen al reciclaje de nutrientes, regulan el trasporte de carbono, además representan más del 50% de la biomasa de estos ecosistemas. En cuanto *Prochilodus brevis*. Ramos., (2011), establece que es un pez migratorio de importancia comercial, de la región Neotropical, comprender la ecología

reproductiva de este pez potamódromo es esencial para su conservación y manejo, lo muestra en la tabla 15, por sus características taxonómicas.

Tabla 15. Taxonomía de *Prochilodus brevis*

TAXONOMÍA	
Reino	Animalia
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Género	*Prochilodus*
Especie	*P. brevis*

Fuente. Brito, (2012).

Prochilodus britskii

Figura 14. Prochilodus britskii. Fuente. Castro, (2012).

Es una especie endémica de la cuenca del río Iguazú, parece tener un alto potencial de explotación comercial, especie de peces de la familia *Prochilodontidae* en el orden de los Characiformes. De acuerdo con Silva et al.,(2022). Los machos pueden llegar alcanzar los 23,8 cm de longitud total, número de vértebras 40-41, pez de agua dulce y de clima tropical, se encuentran en Sudamérica cuenca del río Apiacea su distribución América del Sur: Cuenca del río Apiacá en Mato Grosso, Brasil, en la tabla 6, se aprecia su clasificación taxonómica.

Descripciones anatómicas Espinas dorsales (total): 3; Radios blandos dorsales (total): 9-10; Espinas anales: 3; Radios blandos anales: 8; Vértebras: 40 – 41. Recientemente se ha informado de que la migración previene la estructura de la población entre los peces caraciformes neotropicales, pero los efectos sobre la diversificación de especies siguen sin estar claros. Según Castro (1993), las especies migratorias de *Prochilodus*, tienen límites de especies complejos e intrincan una taxonomía que representa un buen modelo para abordar tales cuestiones.

Tabla 16. Taxonomía de *Prochilodus britskii*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclase	Teleostei
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae

Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. britskii*

Fuente. Castro, (1993).

Prochilodus costatus

Figura 15. Prochilodus costatus. Fuente. Castro, (2012).

Es un pez de la familia Prochilodontidae en el orden Characiformes, se conocen unas 2300 especies a nivel mundial y en Sudamérica se han descrito poco más de 80 especies hasta el momento, los machos pueden llegar a medir hasta 42 cm de longitud, y son los peces de agua dulce especie de clima tropical presente en América del Sur: Endémica de la cuenca del río São Francisco, aunque se incluye el río Jequitinonha (Brasil). Varios estudios han demostrado la composición genética de la población de peces migratorios de agua dulce. Se ha sugerido que las influencias ambientales y humanas aumentan las diferencias genéticas entre las poblaciones de peces de agua dulce. Se consideró el aislamiento temporal y las diferencias espaciales para explicar este resultado en diferentes grupos de peces. Aquí, se prueban ambas suposiciones con *Prochilodus costatus*, que de acuerdo con Castro et al (2003), es un pez de agua dulce que migra largas distancias para reproducirse, a continuación, la tabla 7 muestra su clasificación taxonómica.

Tabla 17. Taxonomía de *Prochilodus costatus*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclase	Teleostei
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. costatus*

Fuente. Alves, (2012).

Prochilodus hartii

Figura 16. *Prochilodus hartii.* Fuente. Alves, (2012).

Según Castro et al., el *Prochilodus hartii,* es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes como se observa en la tabla 8. Su reproducción se da en cautiverio, pero no ocurre ni la ovulación ni el desove, por lo que se

requiere una reproducción inducida para la reproducción y la repoblación una especie con un alto potencial para la piscicultura y que es comercialmente importante en la cuenca del río Jequitinhonha. Los machos pueden llegar alcanzar los 34 cm de longitud total, Es un pez de agua dulce y de clima tropical ver Figura 15.

Distribución geográfica: La cuenca de los ríos Bardo y Jequitinonha en Brasil, América del Sur, las especies invasoras representan una de las mayores amenazas para la biodiversidad debido a la competencia, la depredación, la propagación de patógenos y la hibridación de acuerdo con Froese et al. (2011), el impacto de las especies invasoras sigue siendo poco estudiado en la ictiofauna neotropical, particularmente al considerar la posibilidad de mestizaje entre especies nativas e introducidas, lo que ha con llevado a la introducción especies del género *Prochilodus* en otras cuencas de Brasil.

Tabla 18. Taxonomía de *Prochilodus hartii*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Género	*Prochilodus*

Fuente. Alves, (2012).

Prochilodus lacustris

Figura 17. Prochilodus lacustris. Fuente. Froese, (2012).

Es una especie de peces de la familia *Prochilodontidae* en el orden de los Characiformes, como se observa en la tabla19, los machos pueden llegar alcanzar los 32 cm de longitud total. Es un pez de agua dulce y de clima tropical, se encuentran en Sudamérica cuencas de los ríos Parnaíba y Mearin en Brasil, la tabla 19 muestra la taxonomía de Prochilodus, La calidad de los ambientes acuáticos en todo el mundo está siendo alterada por diferentes actividades humanas que representan una amenaza directa para el sistema ecológico y la biota acuática, los peces están bajo la influencia de cambios ambientales.

Tabla 19. Taxonomía de Prochilodus lacustris

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Superorden	Ostariophysi
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*

Fuente: Froese, (2012).

Prochilodus lineatus

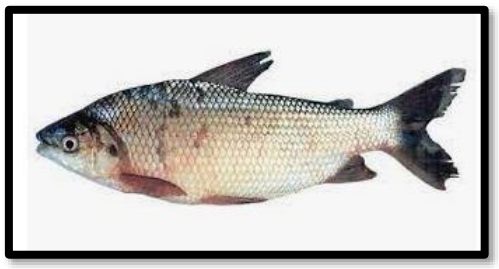

Figura 18. Prochilodus lineatus. Fuente. Froese, (2012).

Es una especie de América de la Clase Actinopterigios que habita en los ríos Paraná, Uruguay, Paraguay y Río de la Plata; en la Patagonia Argentina; Paraguay; el río Pilcomayo, Bolivia; y el río Paraíba do Sul, Brasil. Castro et al., (2003), Su nombre común es sábalo o sábalo jetón *P. lineatus* llega a medir hasta 60 cm y pesar más de 6 kg. Tiene el cuerpo de largo y aplanado, gris verdoso con escamas amarillentas. Su boca es redonda, tiene una línea de labios gruesa y sobresale hacia adelante. Es la especie más abundante en la cuenca del Plata, representando más del 60% de su biomasa de peces. Algunos peces depredadores, como el surubí (*Pseudoplatystoma* sp.) y el dorado (*Salminus brasiliensis*), se alimentan de enormes arenas bituminosas.

Otra característica importante de este pez es su carácter migratorio, Para reproducirse, migran cientos de kilómetros desde río arriba hasta llegar a las planicies sedimentarias características del Paraná y otros ríos de la cuenca, y se aparean en el lecho del río, donde las larvas flotan hacia la superficie del río. Donde encuentran refugio y alimento. Permanecen allí durante unos dos años, después de lo cual regresan a la corriente principal del río. Después de la temporada de reproducción, las moscas migran río abajo. También se distinguen por el hecho de

que pueden alcanzar velocidades de hasta 90 km/h, Froese et al., (2012). La dieta del sábalo se caracteriza por ser de sedimentos. Entre las muchas adaptaciones anatómicas y fisiológicas a los organismos comestibles, cabe mencionar que la boca no es protuberante, la cavidad bucal es en forma de V invertida Sábalo es una especie importante en el río Paraná debido a su patrón de supervivencia, alta biomasa y hábitos migratorios. A continuación, en la tabla 20 se observa la clasificación taxonómica. Las regulaciones en Santa Fe y entre Ríos de Argentina han resultado ineficaces para proteger a esta especie. *Prochilodus lineatus,* es un pez altamente migratorio que sostiene las pesquerías comerciales más importantes en la cuenca del Paraná-Paraguay, los patrones de migración son poco conocidos y hay pocos estudios de genética poblacional de esta especie en el Alto Paraná.

Tabla 20. Taxonomía de *Prochilodus lineatus*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclase	Teleostei
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. lineatus*

Fuente: Froese, (2012).

Prochilodus magdalenae

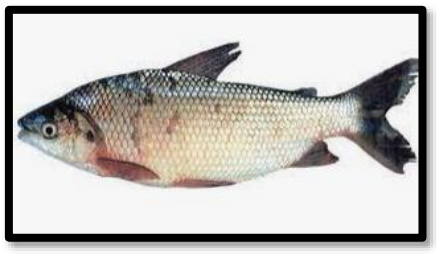

Figura 19. Prochilodus magdalenae. Fuente. Fontalvo,(2018).

De acuerdo con Nieto et al. (2016), expresaron que el Bocachico *Prochilodus* magdalenae (Steindachner, 1878), debido a su alta receptividad y valor comercial, ha sido durante mucho tiempo la especie de pez más importante en la cuenca del río Magdalena. Estos incluyen las cuencas de los ríos Cauca y San Jorge, Sinú y Atrato, pero también son una de las especies más amenazadas en la actualidad, en parte debido a la sobrepesca. Además de ello, sus características como pez padre que se mueve todos los años, este es un evento que ocurre tanto cuando sube en aguas altas para reproducirse como cuando se desplaza a zonas de alimentación en aguas bajas, allí se reanuda el ciclo del suelo por vía oral para aprovechar los residuos orgánicos. *Prochilodus magdalenae,* es un pez de agua dulce. Se encuentra distribuido en América del Sur: Cuencas de los ríos Atrato, Sinú y Cauca-Magdalena en Colombia, El bocachico como se le conoce de manera vulgar ver tabla 11, tiene una alimentación detritívora (se alimentan de detritos, materia orgánica en descomposición), la cual es succionada con su boca, como lo afirma Ocampo et al. (2019), sus mayores amenazas se ven afectada por la sobrepesca, los métodos de pesca inadecuados, la contaminación, los depósitos de tala, la introducción de especies exóticas, el drenaje de cuerpos de agua y la obstrucción de tuberías y arroyos.

En Colombia, pasó de ser una especie en peligro de extinción en 2002 a una especie en peligro de extinción en 2012. *Prochilodus magdalenae* ha sido históricamente una de las fuentes de alimento de mayor importancia para la población a nivel nacional. Esta especie endémica de Colombia ha proporcionado más del 50 % del volumen de capturas en las principales cuencas trasandinas del país. El aislamiento de la población de *P. magdalenae* en la cuenca del Atrato hace necesario que se establezcan medidas de conservación ajustadas a sus características biológicas y reproductivas. El bocachico *P. magdalenae.* Es la especie pesquera continental de mayor importancia comercial en Colombia; durante décadas ha sido parte de la seguridad alimentaria de la población colombiana y fuente importante de empleo para los pescadores pertenecientes a las cuencas de los ríos Magdalena, Sinú. Esta es una de las especies más investigadas en la cuenca del río Magdalena. Valderrama et al., (2011) , además, ha sido un referente para establecer las medidas de manejo que se aplican actualmente para sus poblaciones en las diferentes cuencas del país según Galvis (2007); Valderrama (2011).conocida comúnmente como bocachico (Maldonado Ocampo et al., 2005), la cual se aprovecha por la pesquería artesanal en la cuenca. Esta hace parte de la familia de peces *Prochilodontidae* y se caracteriza por presentar una espina predorsal muy afilada, boca pequeña, prominente y pequeños dientes, tal como se observa en la figura 11 (Mojica et al., 2012). El bocachico como especie migratoria tiene dos picos reproductivos anuales que concuerdan con los patrones hidrológicos del río Magdalena. En este sentido, el primer pico reproductivo inicia entre diciembre y enero, mientras que el segundo, entre julio y septiembre.

En este último se cree que sólo se reproducen aquellos individuos que no pudieron hacerlo durante el primer ciclo hidrológico del río. (Jiménez-Segura et al., 2010). Debido a su importancia pesquera, esta especie ha sido sometida a estudios ecológicos (JiménezSegura et

al., 2010; Ramírez & Pinilla, 2012), reproductivos (Atencio, 2001; Cortés, 2003) y de conservación (Cortés, 2003; Maldonado Ocampo et al., 2005), pero pocos han sido los trabajos a nivel molecular en Colombia. No obstante, entre los estudios desarrollados con microsatélites, se pueden destacar los realizados para la especie Prochilodus magdalenae (Santacruz-Beltrán, 2003; Orozco & Narváez, 2014; Guevara, 2015) (ver tabla 15), donde se exhiben para todos los casos bajos valores de variabilidad debido a diferentes factores que incluyen la sobrepesca, barreras tanto artificiales como naturales, entre otras, lo que permite evidenciar el estado crítico de la especie. (Orozco & Narváez, 2014). Por lo tanto, considerando la distribución geográfica de esta especie (Maldonado-Ocampo et al., 2005) y su categoría .

Tabla 21. Taxonomía de Prochilodus magdalenae

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclase	Teleostei
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. magdalenae*

Fuente: Fontalvo, (2018).

ÁREA DE ESTUDIO

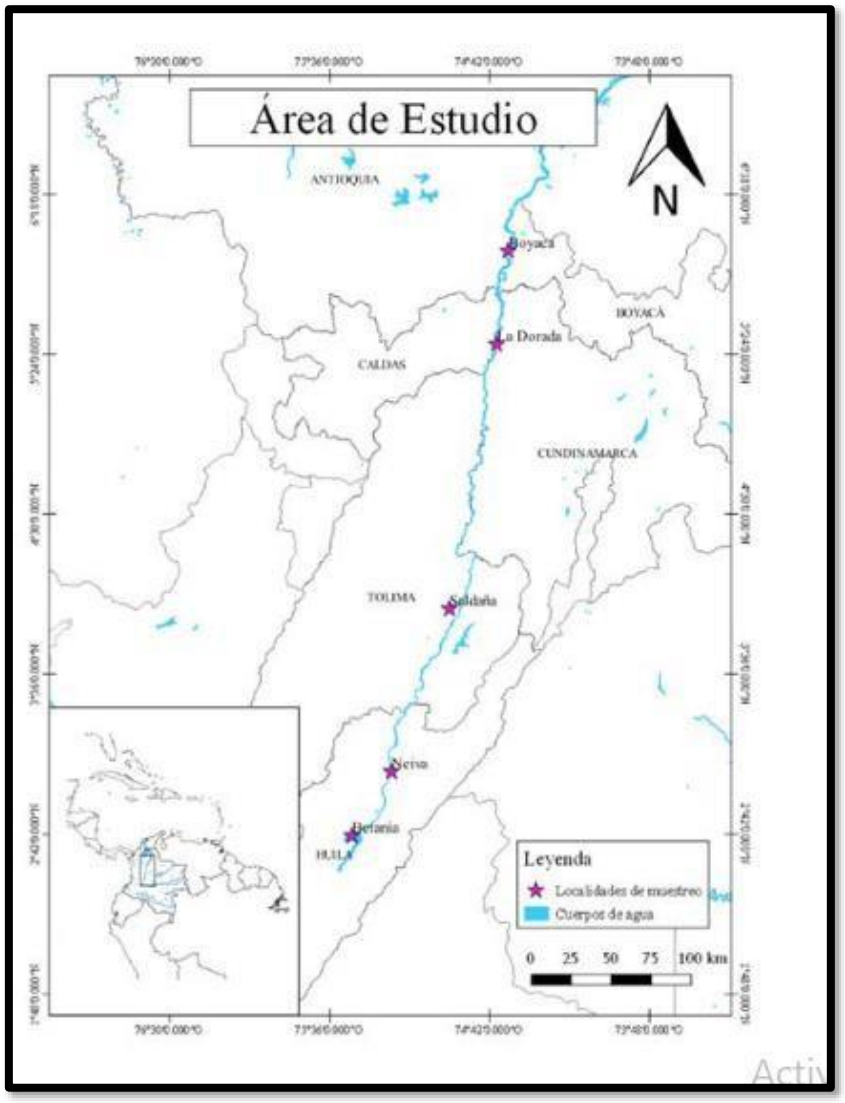

Figura 20. Mapa de las cinco localidades de estudio en la cuenca del río Magdalena, Colombia. Fuente. Fontalvo (2018).

Prochilodus mariae

Figura 21. ***Prochilodus mariae.*** Fuente. Casal, (2019).

Prochilodus mariae, conocido como COPORO, es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes. *P. Mariae*. Lasso et al., (2011), es una especie endémica del río Orinoco en el norte de Sudamérica de gran importancia ecológica, cultural y económica. Se están realizando investigaciones sobre el manejo de la primera alimentación en pesca y acuicultura, pero existen vacíos en la información debido a la preferencia de la etapa nutricional durante el primer día de vida. Es un pez de agua dulce de clima tropical. Una especie migratoria que se encuentra en diversos hábitats de montaña, Piamonte y llanura. Durante la época de lluvias se encuentran en las sábanas inundadas y cuerpos de agua con poca corriente, lugares en que anualmente se reproduce; en épocas secas, migra hacia piedemonte y las montañas, donde se le puede encontrar en las quebradas. Conocido como coporo, es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes los machos alcanzan los 37 cm de longitud total, pero han sido capturados ejemplares hasta de 47 cm. La talla media de madurez es de 30 cm para las hembras y 27 cm para los machos. Presenta abdomen redondeado su coloración base es plateada a grisácea, en los adultos, en el dorso hay varias barras verticales y lateralmente tiene líneas en forma de zigzag; el abdomen es blanco; las aletas dorsal y caudal tienen puntos que simulan líneas verticales onduladas. De acuerdo con Machado et al. (2010); Ramírez et al., (2011) , Los ríos neo

tropicales contienen conjuntos diversos y económicamente importantes de peces migratorios, pero se sabe poco sobre la biología de la población de la mayoría de las especies *Prochilodus mariae*; que presenta amplia distribución en la cuenca del Orinoco en el año 2008, alcanzo una captura total de 8750 t, sin embargo, aunque ha sido explotada por más de 50 años, no es una especie considerada amenazada en los libros rojos de Colombia y Venezuela. Dada su importancia comercial y ecológica, se han conducido varios estudios que han permitido conocer sus parámetros de edad y crecimiento. (Ramírez et al., 2015).

Entre los más importantes peces del río Meta se encuentra *Prochilodus mariae* (bocachico llanero o coporo), se conoce por su gran tamaño dentro de los bocachicos de la cuenca, como por su aporte a la biomasa trófica y de las pesquerías de la región.

La definen como especie detritívora o sedibentófaga, con boca protráctil y labios gruesos que ayuda a succionar sedimentos, además posee branquias, pinas papilosas, estómago reducido especializado con molleja de pared muscularizada.

Tabla 22. Taxonomía de *Prochilodus mariae*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Infraclase	Teleostei
Orden	Characiformes

Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*

Fuente: Eigenmann, (1992).

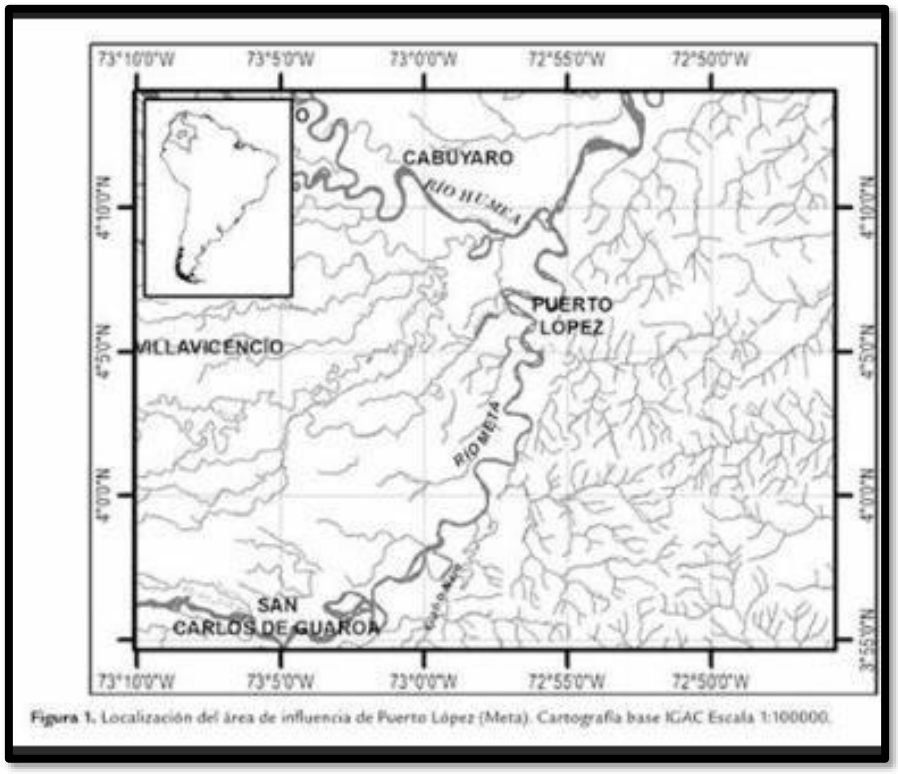

Figura 22. Distribución geográfica de P. mariae. Localización. Fuente. Mojica, (2016)**.**

Prochilodus nigricans

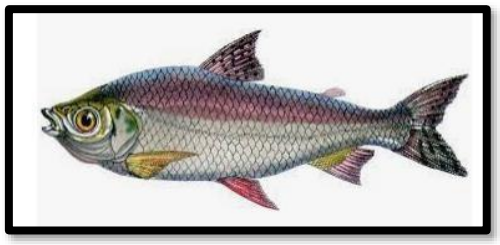

Figura 23. Prochilodus nigricans. Fuente. Castro (2003).

Según Castro et al. (2020); el *Prochilodus nigricans.* Es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes, como se observa en la tabla 23, en esta especie los machos pueden llegar alcanzar los 37 cm de longitud total, la longitud media de maduración es de 24,3 cm en las hembras y de 23,4 cm en los machos se ha reportado también, según su morfología en Argentina es un pez de agua dulce y de clima tropical, presentes en lagos, lagunas, arroyos y ríos con aguas claras y lentas, con depósitos de detritos en el fondo forma cardúmenes y emprende barro y alimentos pequeños.

Se encuentran en Sudamérica (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú), en las cuencas de los ríos Amazonas y Tocantins. Se ha reportado también, en la Argentina.

Se reproduce anualmente alcanzando a llegar su producción hasta 100000 huevos en el primer año.

Es un pez reófilo, cuya principal adaptación al ecosistema amazónico es el de ser un pez iliófago (come barro o lodo), sin embargo se le puede considerar como un pez omnívoro por que aprovecha los compuestos vegetales que se encuentran sobre el fondo y aprovecha además los organismos acuáticos que se encuentran en el fango, como poliquetos, pequeños crustáceos y moluscos, filtrando además el plancton

Tabla 23. Taxonomía de Prochilodus nigricans

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata

Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. nigricans*

Fuente: Casal, 2019.

Prochilodus reticulatus

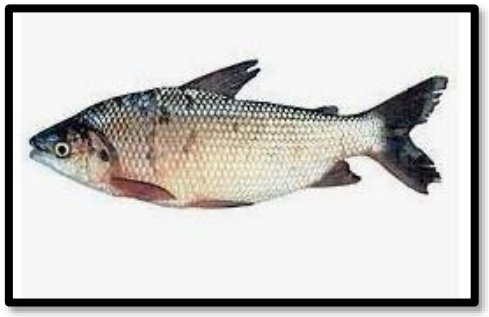

Figura 24. Prochilodus reticulatus. Fuente. Von, (2018) **.**

Evaluación de la estructura **genética** de la población silvestre y cultivada del Bocachico ***Prochilodus*** *reticulatus* (Characiformes: Prochilodontidae) asociada a la cuenca del río Catatumbo y a centros piscícolas en el departamento del Norte de Santander.

Según Galvis et at., (2018) Interpretaron que el Prochilodus reticulatus se encuentra en las cuencas de los ríos Catatumbo y Ranchería, distribuidas en Colombia y Venezuela. En el Catatumbo hábitat en toda la cuenca desde el Lago de Maracaibo y ciénagas adyacentes de la parte baja, hasta los 1,000 m.s.n.m. En época de lluvias bajas remonta el río Catatumbo y demás

tributarios como los ríos, Tibú, Tarra, San Miguel, río de Oro, Sardinata, Nuevo Presidente y Zulia, hasta aproximadamente los 1,000 m.s.n.m. Para el Catatumbo, P. reticulatus era la especie de mayor cantidad de contribución a las capturas totales, según los monitoreos realizados entre 1989 y 1995 por la Asociación Cravo Norte, sin embargo, en la actualidad ha disminuido. Sus aletas dorsales y caudales tienen pequeñas manchas irregulares, 42-43 escamas perforadas en la línea lateral, labios grandes en forma de disco con dientes muy finos, y récords de pesca en Venezuela. En la cuenca de Catatumbo ha aumentado. Según Orozco et at. (2013), La metodología molecular ha revolucionado el análisis genético al permitir la identificación de especies utilizando una variedad de técnicas moleculares. Que se basa en la detección de polimorfismos de ADN amplificados aleatoriamente (RAPD) en ictiología, que se basa en la reacción de la cadena de polimerasa PCR que utiliza cebadores cortos (típicamente 10 bases) para amplificar secuencias de ADN aleatorias. A continuación, la tabla 24 se observa la clasificación taxonómica de dicha especie.

Tabla 24. Taxonomía de *Prochilodus reticulatus*

TAXONOMIA	
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Subclase	Neopterygii
Superorden	Ostariophysi
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Genero	*Prochilodus*
Especie	*P. reticulatus*

Fuente: Von, 2018.

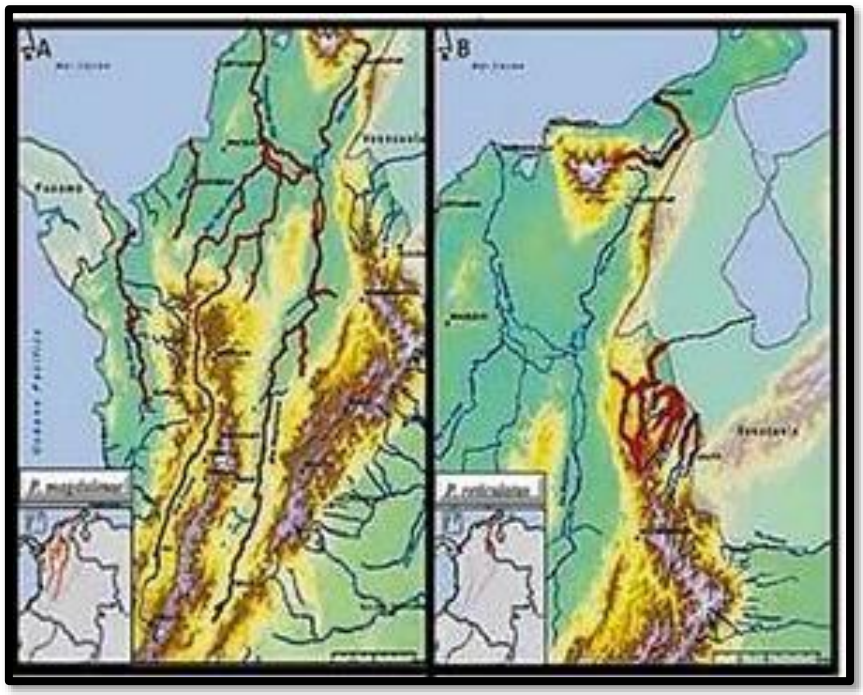

Figura 25. Distribución geográfica de P. magdalenae y P. reticulatus. A. localización de P. magdalenae. B. localización de P. reticulatus. Fuente. Mojica, (2012).

El departamento de Norte de Santander, Colombia, se encuentra rodeado por tres grandes cuencas: río Magdalena, río Catatumbo y río Orinoco, cuentan con una variedad de especies ícticas de impacto económico, siendo Prochilodus sp, las especies más representativas a nivel comercial.

Debido a la diversidad genética que existe en Colombia , existen muchas especies, cuanta mayor diversidad genética exista mejor será la cálida de vida de los peces.

Colombia es uno de los países más ricos en diversidad genética , también se conoce por lo biológico , cultural y económico. El *P. magdalenae* es el más importante por sus aspectos económicos y biológicos las fuentes pesqueras en sus mejores momentos han obtenido hasta un

60% de ganancias. Para esta investigación se hace necesario el uso de los marcadores moleculares tales como son los microsatélites: ya que nos permiten un estudio más científico poder determinar que animales son nativos y cuales se encuentran en cautiverio, y en un estudio de monitoreo genético poder determinar los hallazgos obtenidos de las especies que se encuentran en una piscícola.

Prochilodus reticulatus se encuentra en las cuencas de los ríos Catatumbo y Ranchería, distribuidas en Colombia y Venezuela. En el Catatumbo habita en toda la cuenca desde el Lago de Maracaibo y ciénagas adyacentes de la parte baja, hasta los 1,000 m.s.n.m. En época de aguas bajas remonta el río Catatumbo y demás tributarios como los ríos, Tibú, Tarra, San Miguel, río de Oro, Sardinata, Nuevo Presidente y Zulia, hasta aproximadamente los 1,000 m.s.n.m.

4.1.4 *Diversidad genética*

En Colombia en la actualidad existe muy poca información bibliográfica sobre la diversidad genética de los peces endémicos. Sobre *p magdalenae* han sido evaluadas en poblaciones naturales en las cuencas de los ríos sin, cauca, magdalena y Catatumbo y en acuicultura según (Santacruz, 2005; López Macías et al., 2009; Castañeda, 2012; Aguirre-Pabón et al., 2013; muñoz, 2013; Arrieta, 2013; Orozco & Narváez, 2014; Torregoza-Espinosa et al., 2015).

Que es un marcador molecular?

Un marcador molecular es un fragmento de ADN que se utiliza para identificar la posición o la herencia de un gen o una característica.

Los marcadores moleculares permiten la amplificación el seguimiento y el análisis de secuencias de ADN particulares dentro del genoma.

Se utilizan para marcar la posición de un gen específico bajo investigación, o llamar la atención sobre la herencia de una característica.

4.1.5 *Tipo de marcadores moleculares usados en el Prochilodus*

Dentro de las metodologías más utilizadas para evaluar la diversidad genética se encuentran los micro satélites, ADN mitocondrial y AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism). Los microsatélites tipo RAMs (Random Amplified Microsatélites), ver tabla 15 y 16, cabe resaltar que este último no ha sido utilizado en esta especie.

✓ Combinan los beneficios de los microsatélites con los RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), se basan en la amplificación aleatoria de microsatélites mediante la reacción en cadena de la polimerasa según Hernández et al, (2017).

✓ Se Usan marcadores de microsatélites moleculares, se analizaron métricas como la heterocigosidad observada y esperada, el número de alelos y el índice de fijación en reproductores de Bocachico utilizados para repoblar algunos afluentes colombianos. Los resultados mostraron que la baja variabilidad genética observada, que está estrechamente relacionada con el proceso de consanguinidad, contrasta fuertemente con la alta variabilidad genética respaldada por la cantidad de alelos detectados en el sitio de estudio. Además, se

detectó una diferenciación genética moderada y se pudo verificar mediante agrupamiento bayesiano la presencia de tres poblaciones de Bocachico (De la rosa, 2018).

Los marcadores moleculares constituyen una herramienta realista y útil para la investigación y el monitoreo de la condición genética tanto de las poblaciones nativas como de las mantenidas en cautiverio Uno de los marcadores más utilizados son los microsatélites, debido a que permiten de manera más acertada analizar la variabilidad genética de una población, mediante la diferenciación del heterocigoto del homocigoto.

4.2 Uso de los marcadores moleculares en *Prochilodus.*

Los marcadores moleculares son secuencias de ADN o proteínas que pueden detectar su heredabilidad, la variación, así mismo los polimorfismos de marcadores moleculares para estudios de diversidad genética.

Los marcadores se pueden clasificar según:

1) Si se usa o no el genoma Núcleos u orgánulos,

2) Si se usa ADN o proteína

3) Si es necesario para la identificación secuencia de ADN a priori o no

4) Si se utiliza PCR (PCR) o no

5) El tipo de información genética generada por cada Un marcador depende de su fenotipo

Dominante o codominante según Ferreira et al, (1998).

Tabla 25. Tipo de marcadores moleculares más usados en el *Prochilodus*

TIPO DE MARCADORES MOLECULARES MÁS USADOS EN EL *PROCHILODUS*.	FUNCION
Tipo RAMs	Fueron eficientes evaluando la diversidad genética y estructura poblacional del *Prochilodus*, pues presentaron valores de He más altos que en otras especies no relacionadas.
Microsatélites	Son múltiples copias de secuencias simples repetidas de uno a seis pares de bases organizadas en tándem estas ventajas de los microsatélites han sido catalogados como los más eficientes para evaluar la variabilidad y estructura genética
AFLP	Los polimorfismos entre fragmentos AFLP son causados por mutaciones puntuales, Inversiones, eliminaciones e inserciones que resultan en la pérdida o ganancia de un locus. Restricciones o cambios de secuencia reconocidos por las enzimas utilizadas Reconocido por cualquier nucleótido en el extremo 3'.

Tabla 26. Descripción de los marcadores moleculares más utilizados en el *Prochilodus*

Especie	Marcador molecular	Año de investigación
Prochilodus magdalenae	**AFLP**	2017
Prochilodus reticulatus	**AFLP**	2017
Prochilodus magdalenae	**MICROSATELITES**	2018
Prochilodus magdalenae	**Tipo RAMs**	2017

En la figura 26 observa la relación de los marcadores moleculares más utilizados en los últimos años, siendo los micro satélites los más utilizados desde el año 2016 al 2018 ya que estos permiten detectar con alta eficiencia los alelos presentes en cada uno de los centros piscícolas, por lo que ha sido predominante su utilización, cabe mencionar que en los últimos cuatro años no se ha presentado estudios de la parte genética molecular con relación esta especie.

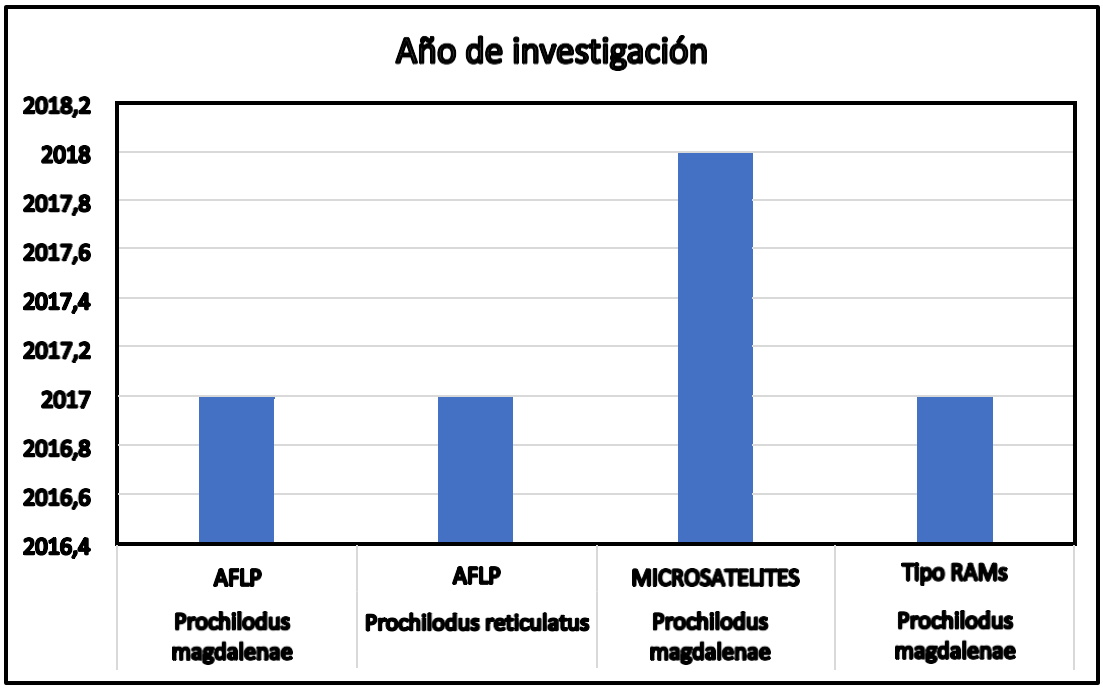

Figura 26. Descripción de los marcadores moleculares más utilizados en el *Prochilodus*

Es importante mencionar que los usos de marcadores moleculares constituyen una herramienta de gran utilidad en las investigaciones que permiten llegar a un monitoreo de la condición genética tanto de las poblaciones nativas como de las mantenidas en cautiverio.

El éxito de los programas de repoblamiento de peces en Colombia desde la perspectiva genética y molecular dependen de Gran medida de la variabilidad genética presente en las

poblaciones analizadas, en este sentido el uso de los marcadores moleculares micro satélites permitieron detectar con alta eficiencia los alelos presentes en cada una de las estaciones piscícolas, se ha demostrado que la diversidad genética puede recuperarse dentro de las estaciones físicas luego un buen manejo reproductivo considerando aspectos moleculares.

5. Discusiones

En términos comparativos, no existen muchos trabajos de investigación que utilicen marcadores microsatélites para evaluar las características genéticas de las poblaciones de peces migratorios en Colombia. (Olivera et al., 2009).

La creciente demanda de la especie del *Prochilodus magdalenae* es un pez conocido por su valor comercial y es una de las especies más importante en la cuenca del rio magdalena es una de las especies más amenazadas en la actualidad debido a la sobrepesca. (Valderrama et al., 2011).

El éxito los programas de repoblamiento de peces en Colombia desde la perspectiva genética molecular dependen en gran medida de la variabilidad genética presente en las poblaciones naturales analizadas, en este sentido el uso de los marcadores moleculares micro satélites permitieron en individuos *de P. Magdalenae* de criados en cautiverio detectar con alta eficiencia los alelos presentes en su genoma

6. Conclusiones

En la descripción de los parámetros productivos en sistema de producción animal la especie del *Prochilodus* más utilizada es el *P. magdalenae* siendo la especie mejor ubicada en la actualidad, en cuanto a parámetros de reproducibilidad, productividad y mayor producción de la industria pesquera, que además se convierte en la especie más apetecida por los consumidores.

Al analizar los estudios obtenidos de la diversidad genética del género *Prochilodus*, se encontró que las variaciones heredables que ocurren en cada organismo de este generó, están relacionadas con sus distintas especies y con estudios recientes relacionados con diversidad genética y con el mejoramiento genético de la especie.

Finalmente, en este estudio acerca del *Prochilodus* se logró identificar la estructura y diversidad genética identificado además los tipos marcadores más utilizados en las especies, así como también los parámetros productivos en las poblaciones donde se considera que se genera condiciones de fragmentación en las poblaciones de *P. magdalenae.*

Finalmente, con la búsqueda de la información bibliográfica realizada del género *Prochilodus* se permite conocer que la diversidad Genética de este género es importante para el desarrollo y crecimiento de las especies relacionadas y nos sirve para un aporte significativo al estudio de la piscicultura

7. Recomendaciones

Se recomienda realizar una búsqueda de estructura y diversidad genética género y luz con el fin de explicar la mayor cantidad de marcadores moleculares usados en los ensayos genéticos planteados en el documento

Se recomienda llevar a práctica las metodologías de conocimiento de los marcadores moleculares con el fin que puedan detectar su heredabilidad la variación Asimismo los polimorfismos de marcadores moleculares para estudios de diversidad genética

Realizar una búsqueda sobre el marcador molecular microsatélites ya que estos permiten detectar con alta eficiencia los alelos presentes en cada uno de los centros físicos por lo que ha sido predominante su utilización

Referencias

Aparecida, T., Penitente, M., Bueno, B., Senhorini, J., & Foresti, F. (2013). Karyotypic conservatism in five species of *Prochilodus* (*Characiformes, Prochilodontidae*) disclosed by cytogenetic markers. *Genet Mol Biol,* 36 (3), 347-352.

Arrieta Echeverry, J. (2014). *Evaluación de la variabilidad y estructura genética de la población silvestre y cultivada de bocachico prochilodus Magdalena (characiformes: prochilodontidae) en la cuenca del río Sinú, Córdoba- Colombia*. Rio Sinu: Universidad del Magdalena.

Atencia, V., Kerguelén, E., Naar, E., & Petro, R. (2013). Desempeño reproductivo del bocachico prochilodus magdalenae inducido dos veces en un mismo año. *MVZ Córdoba,* 18(1), 3304-3310.

Ascón, G. (1992). Reproducción inducida de "boquichico" *Prochilodus nigricans* con gn-rh (a) en san martin-peru. *Folia Amazonica*, 4(2), 109-116.

Ayazo, V., Pertuz, J., Espinosa, C., Jiménez, M., Atencio, V., Prieto, M. (2018). Desempeño de bocachico Prochilodus magdalenae en sistemas intensivos de producción con tecnología biofloc. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial,* 16 (1), 91-101

Becerra, V., Paredes, M. (2000). Use of biochemical and molecular markers in genetic diversity studies. *Agricultura Técnica,* 60 (3)

Caramello, C., Cowper, F. & Sánchez, S. (2011). Estructura y variabilidad de la región organizadora de nucléolos en Prochilodus lineatus (Pisces, Prochilodontidae). *Genética de peces. Rev. Vet*, 22 (2), 123-126

Castañeda, D. (2012). *Evaluación de la estructura genética de sistemas de reproductores de bocachico prochilodus magdalenae (Pisces: Prochilodontidae) utilizados para repoblamiento*. Santa Marta: Universidad Del Magdalena. Obtenido de: https://core.ac.uk/download/pdf/270124153.pdf

Castañeda, D., Narváez, J., Torregroza, A. (2018). *Estructura genética de dos sistemas de reproductores de Bocachico Prochilodus magdalenae utilizados para repoblamiento en el norte de Colombia.* Sincelejo: Corporación Universitaria del Caribe - CECAR.

Castro, R. (2019). Prochilodontidae (Fannel mouth characiforms). p. 65-70. A: R.E. Reis, S.O. Kullander y C.J. Ferraris, Jr. (eds.) Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America.

De la rosa J (2018). *Caracterización genética de reproductores de bocachico Prochilodus magdalenae (pisces: prochilodontidae) usados en programas de repoblamiento en Colombia*. Santa Marta: Universidad Del Magdalena

Edna J, Márquez F, Restrepo N. *Diversidad y estructura genética de los peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia*. En: Jiménez-Segura, L. y C. A. Lasso (Eds.). Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible. Pp. 115-120. Serie

Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexandervon Humboldt. Bogotá, D. C.

Ferreira, Gattapaglia (1998). *Breve revisión de los marcadores moleculares*

Fontalvo, P., Orozco, G. & Narváez, J. (2018). Diversidad y estructura genética del Prochilodus magdalenae (Pisces: Prochilodontidae) aguas arriba y abajo de la represa Betania, Colombia *Intropica*, 13 (2); 87 – 100. Obtenido de: https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/2505/2217

Guevara, L. (2015). *Evaluación de la estructura genética de la población silvestre y cultivada del bocachico Prochilodus reticulatus (characiformes: prochilodontidae) asociada a la cuenca del río Catatumbo y a centros piscícolas en el departamento del norte de Santander*. Ocaña: Universidad Francisco De Paula Santander .

Hernández, D., Darwin, D., Navarro, M., Orlando, M., Muñoz, F. & Jaimes, P. (2017). Diversidad genética del bocachico *Prochilodus magdalenae* en el departamento de Sucre". Vol. 9, PP. 99-106.

Hernández, E., Solís, L. & Buitrago, M. (2016). Fotoperiodo y Ontogenia Inicial de Peces Migratorios en Brasil con Énfasis en Sábalo (Prochilodus lineatus), *Investigaciones Veterinarias del Perú, RIVEP*, 27(1); 1-16.

Landinez R, Narváez J, Márquez E. (2020). Population genetics of the freshwater Fish Prochilodus magdalenae (Characiformes: Prochilodontidae), using species-specific microsatellite loci. *Published online,* (11),.

León J, Rubio a, Urdaneta H. Desarrollo embrionario y larval del bocachico *Prochilodus reticulatus* (Valenciennes 1849) (cypriniformes: *Prochilodontidae*). Volumen 27, número 1, (1993), pp. 1- 18.

Lopes J, García F, Rubio E, Castillo A. (2009). Diversidad Genética del Bocachico (*Prochilodus reticulatus*) de la Cuenca Alta del Río Cauca (Colombia). *Acta Biol. Par., Curitiba*, 38(3-4), 113-138.

Lopera, N., Pereira, R., Aparecido, J., Vargas, L., Fornari, C., Nardez, R. & Rodríguez, M. (2010). Diversidad genética de *Brycon orbignyanus* en el sistema reproductivo semi-natural, utilizando el marcador RAPD. *Zootecnia Trop*, 28 (1), 73-82.

Luque, A. (2021). Evaluación de la diversidad genética de reproductores de especies nativas de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), capaz (*Pimelodus grosskopfii*) y pataló (*Ichthyolephas longirostris*) en la estación piscícola del alto magdalena-aunap (gigante, huila), con fines de repoblamiento. Magdalena: Universidad del Magdalena.

Moreno M (2022). Situación actual del cultivo de Prochilodus magdalenae, bocachico en América Latina. La Libertad, Ecuador: Universidad Estatal Peninsula De Santa Elena

Olaya, C, Solano, D, Flórez, O, Blanco, H, Segura, F. (2001). Evaluación preliminar de la fecundidad del bocachico (prochilodus magdalenae) en el río Sinú, Colombia. MVZ-Córdob, 6(1); 31-36

Orozco, G. & Narváez, J. (2014). Genetic diversity and population structure of bocachico Prochilodus magdalenae (Pisces, Prochilodontidae) in the Magdalena River basin and its tributaries, Colombia. *Genet Mol Biolvol*, 37 (1), 37-45

Pacheco, E. (2020). *Variabilidad genética y fenotípica del Bocachico (Prochilodus magdalenae) de la ciénaga de Zapatosa Cesar*. vol. 20(1): 30-34.

Polanco Fontalvo, P., Orozco, G., Narváez, J. (2018). Diversidad y estructura genética de prochilodus magdalenae (pisces: prochilodontidae) aguas arriba y abajo de la represa Betania, Colombia. *Investigación Científica Y Tecnológica,* 13(2*)*. Obtenido de: https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/2505

Sánchez A, Galetti P, Galzerani F, Derazo J, Cutilak B & Hatanaka T (2012). Estructura genética poblacional de dos especies de peces migratorios de agua dulce (*Brycon orthotaenia y Prochilodus argenteus*) en la cuenca del Río San Francisco (Brasil) y su importancia para la conservación. *Lat. Am. J. Aquat. Res. [online]*, 40(1), 177-186.

Torregroza A, Narváez J, Orozco G. (2015). Variabilidad genética en la producción de larvas de Prochilodus magdalenae usadas en programas de repoblamiento en el río Magdalena, Colombia. *Hidrobiológica*, Vol. 25 (2), 187-192.

Vega N, Galviz N, Salazar S. (2017). Relaciones evolutivas de los peces *Prochilodus reticulatus* y *Prochilodus magdalenae* (Characiformes: Prochilodontidae). *Revista de Ciencias*, 21 (1), 161-171