

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA POBLACIONAL Y VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA SABALETA *Brycon henni* (Eigenmann, 1913) EN EL EMBALSE CAMEGUADUA

Juan David Quintero Osorio¹

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación se enfoca en realizar los estudios genéticos, moleculares y poblacionales de *Brycon henni*, conocida normalmente como sabaleta, el cual se realizará en el embalse malecón de Cameduadua ubicado en el municipio de Chinchiná- Caldas, donde uno de sus lagos es abastecido solo por agua del río Campoalegre, en el cual existe una población establecida de este pez, la sabaleta radica en su importancia como fuente alimenticia para las poblaciones ribereñas y promisoro para la pesca deportiva, sin embargo, esta no se encuentra actualmente en ningún grado de amenaza a nivel nacional, por lo tanto, en el proyecto se usaran marcadores moleculares microsatelites para analizar la estructura y variabilidad genética de esta especie en el embalse y compararla con estudios realizados aguas arriba del embalse siendo la misma cuenca del río Campoalegre, adicional a esto, se analizaran las variables fisicoquímicas del agua en diferentes puntos del embalse. Finalmente, como resultados esperados se especula encontrar que la población de *B. henni* del embalse este en equilibrio debido a que los impactos ambientales no han afectado su reproducción, al igual que es posible que dicha población presente índices de variabilidad genética en comparación con estudios realizados en poblaciones presentes aguas arriba al embalse.

Palabras Clave: Embalse, Endémica, Endogamia, Microsatélites, Peces dulceacuícolas.

INTRODUCCIÓN

La pesca es uno de los servicios ecosistémicos claves para la seguridad alimentaria de muchas poblaciones a nivel mundial, hoy en día la captura de peces y la acuicultura proporcionan cerca del 20% de la ingestión media de proteínas de origen animal, lo que corresponde a unos 3.000 millones de personas que incluyen este recurso en su dieta (HLPE, 2014), por lo tanto la diversidad de peces en ecosistemas marinos como dulceacuícolas es de suma importancia para el hombre., donde encontramos que el continente Sudamericano es reconocido como el más rico en especies de peces de agua dulce (Galvis *et al.*, 2006), cifra más reciente reportada para Colombia es de 2000 especies aproximadamente (Maldonado *et al.*, 2006) y continúa en aumento. La riqueza íctica de la región Andina colombiana representa un importante recurso para el país, de gran valor económico, cultural y científico, que requiere ser explorado, conocido y protegido.

¹ Estudiante de Biología de IX Semestre
juancho_pick@hotmail.com

El género *Brycon* pertenece al orden Characiformes y es considerado como uno de los principales en especies de peces Neotropicales de ecosistemas de agua dulce (Anutes *et al.*, 2010), se compone de más de 40 especies (Lima, 2003) de amplia distribución en América Central y del Sur. Algunas de sus especies son explotadas como recurso pesquero por las poblaciones aledañas y la industria (Wasko *et al.*, 2004).

La sabaleta *Brycon henni* (Eigenmann, 1913), es una especie migratoria Neotropical endémica de Colombia, que habita desde ríos hasta pequeñas quebradas, tienen su origen en la cordillera Central Colombiana, pasando por algunas cuencas de la zona cafetera del país (Pineda *et al.*, 2007), la especie se encuentra ampliamente distribuida en la región occidental Colombiana (Montoya *et al.*, 2006), encontrándose entre los 1000 y 1800 msnm (Ortega *et al.*, 2006, Jiménez *et al.*, 2014). Trabajos realizados por Maldonado *et al.*, 2006 en su libro Peces de los Andes de Colombia, determinaron que esta especie se encuentra en redes hidrográficas de los departamentos de Cauca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca, ver Imagen 1. Su importancia radica en la seguridad alimentaria que brinda a las poblaciones ribereñas, sus características combativas para la pesca deportiva (López *et al.*, 2008), al igual que puede ser un importante bioindicador de la calidad del agua (Lenis *et al.*, 2009).

Sin embargo, *B. henni* no aparece en ninguna de las categorías de riesgo propuestas por el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (Mojica *et al.* 2012), ni en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2017), debido a la poca documentación que se encuentra sobre la especie, por lo cual no se ha visto alarmante su estado de conservación, pero son muchos los autores que resaltan en sus trabajos que la especie actualmente se encuentra en peligro por diversos factores antrópicos como la contaminación de las fuentes hídricas, destrucción de su hábitat, bloqueo en su proceso migratorio ocasionado por los embalses y a la sobrepesca a la que se encuentra sometida.

Enfatizando en el impacto ocasionado por la formación de un embalse dentro del cauce de un río, encontramos que esto genera cambios significativos en su estructura física, desviando el cauce natural del río, cambiando su dinámica hidrológica, y como resultado se modifican las interacciones en la biota que lo habita (Poff *et al.* 2007), como lo evidencia el estudio de Peña *et al.*, 2010, en el cual encontraron que la fecundidad puede variar en la tilapia azul *Oreochromis aureus*, siendo menor en el embalse que en su hábitat natural aguas arriba, e indicaron que tanto hembras como machos presentaron crecimiento alométrico negativo.

Son muchos los impactos antrópicos sobre este pez que están afectando drásticamente sus poblaciones, entre los que se encuentra: la contaminación del recurso hídrico por vertimientos industriales, aguas residuales y explotaciones mineras lo cual ocasiona un deterioro en la calidad fisicoquímica del agua e incrementando los índices de mortalidad de toda forma de vida en la fuente (CAMBIUM, 2007)., al igual la pesca indiscriminada: ocasionada en su mayor parte por pescadores artesanales que implementan como arte de pesca las atarrayas o arpones para la captura maximizada de la especie disminuyendo drásticamente las poblaciones en el ecosistema que lo hacen., y en tercer lugar pero no menos importante están las construcciones de embalses o represas para la

¹ Estudiante de Biología de IX Semestre
juanco_pick@hotmail.com

generación de energía para el país, siendo este uno de los factores de impacto clave para la especie necesarios de observar e investigar, pues Colombia es uno de los países andinos con mayor potencial para el desarrollo de la energía hidroeléctrica (Ledec & Quintero, 2003), por lo tanto los embalses quizás son una de las infraestructuras que más afecta la especie de manera negativa al interrumpir el curso natural del río, obstruyendo el paso de la sabaleta en su hábito migratorio aguas arriba y fomentando la presencia de especies exóticas (Jiménez *et al.*, 2014; López *et al.*, 2014), similar a lo encontrado por Chellappa *et al.*, 2009, indicando que las poblaciones de peces migratorias no pueden completar su ciclo de vida por la interrupción de un embalse.

Sin embargo, en la Resolución No. 0899 del 15 de mayo de 2009 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se establece que las empresas del sector eléctrico en Colombia deberán desarrollar múltiples e innovadoras estrategias de manejo que busquen prevenir, compensar y mitigar los impactos generados por los embalses, tales como: rescate y traslado de peces, monitoreo en las migraciones de peces, restauración física de sistemas acuáticos, diseño de caudales “ambientales” y las medidas de repoblamiento son algunas de las más utilizadas por estas empresas (Jiménez *et al.*, 2014).

Dada las condiciones de afectación actual en que se encuentra la especie, es de suma importancia desarrollar medidas de manejo, conservación y reproducción con fines de repoblamientos a futuro en las cuencas aledañas (Lenis *et al.*, 2009). Para este caso, es necesario trabajar con herramientas de la biología molecular para realizar y estandarizar metodologías de repoblamiento en cualquier especie íctica del medio ambiente, con la implementación de marcadores moleculares (Hahn-von *et al.*, 2015), en especial los microsátélites, los cuales son aplicados para estudios evolutivos y de conservación de las especies dado que están distribuidos a lo largo de todo el genoma eucariota, de este modo los marcadores microsátélites permiten la identificación de cada alelo por locus, la obtención de datos poblacionales, y el cálculo de las frecuencias alélicas logrando estimar las distancias genéticas entre poblaciones e incluso variables genéticas entre los mismos individuos de una población (Aranguren *et al.*, 2005).

Los microsátélites presentan varias ventajas como herramienta molecular, pues en ocasiones existe la posibilidad de utilizar los cebadores desarrollados para una especie en otras emparentadas, esto disminuye el esfuerzo temporal y económico que involucra la construcción de cebadores específicos mediante la elaboración de librerías genéticas (Ojeda *et al.*, 2012).

En este orden de ideas, las preguntas que orientan esta investigación son: ¿Cómo se encuentra la estructura poblacional de la sabaleta *B. henni* en el embalse Cameduadua?, ¿Siendo este pez de ecosistemas lóticos para su óptimo desarrollo, será posible que se esté reproduciendo naturalmente en el embalse Cameduadua?, ¿Cómo está actualmente la variabilidad genética de esta población? Y por último ¿presentaran diferencias genéticas significativas respecto a poblaciones aguas arriba del embalse?

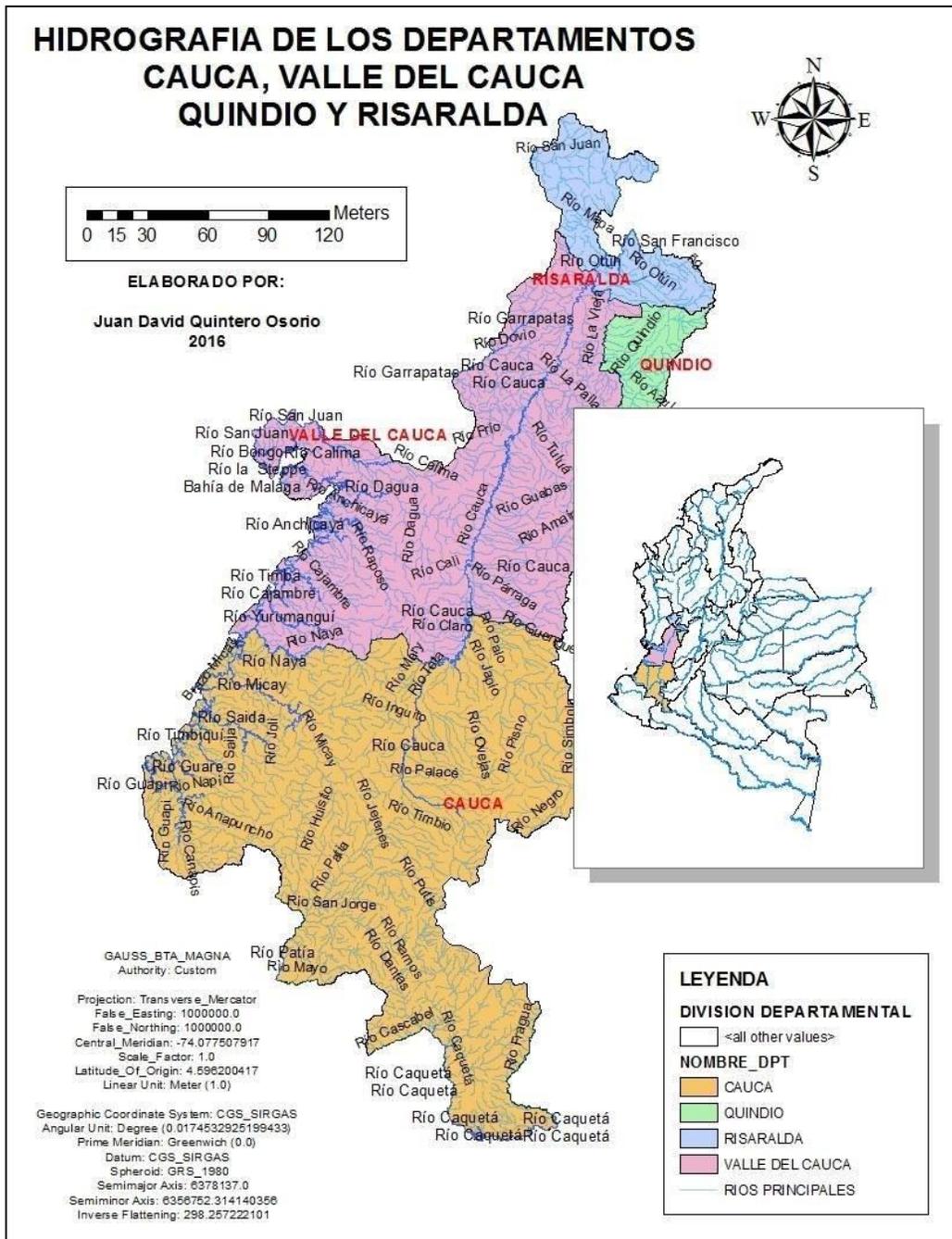


Imagen 1: Mapa de distribución de *B. henni* en las cuencas de los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Quindío y Risaralda (Maldonado *et al.*, 2006).

PROBLEMA A ANALIZAR

La creación de embalses en las cuencas de los ríos genera de cierta manera barreras biológicas, ocasionando la separación de poblaciones de fauna silvestre allí establecidas e impidiendo el flujo genético entre ellas, por tanto, conocer el estado de la estructura

¹ Estudiante de Biología de IX Semestre
juancho_pick@hotmail.com

poblacional y de variabilidad genética de peces presentes en estos embalses es de vital importancia para el conocimiento sobre las especies que encuentran en estos lugares. La sabaleta *Brycon henni*, es una de las especies que se encuentran en la cuenca del río Campoalegre, por lo tanto, es una especie que ha sufrido los efectos de estas barreras biológicas generadas por los embalses ya que esta busca aguas limpias y corrientosas para su reproducción, siendo este un gran problema para la subsistencia de la especie. Por tal razón, analizar la estructura poblacional y la variabilidad genética de la sabaleta *Brycon henni* en el embalse Camaguadua, es de suma importancia para conocer el estado genético actual de la especie en este lugar y establecer planes de manejo para su conservación.

JUSTIFICACIÓN

Este trabajo busca contribuir en el conocimiento de la estructura poblacional y variabilidad genética de la sabaleta *Brycon henni* en el embalse Camaguadua, implementando análisis moleculares, estadísticos y bioinformáticos, con lo que se podrá obtener información más detallada sobre la especie para su manejo y conservación. Esta propuesta se alinea con el Artículo 169 del proyecto ley 2015 del Plan Nacional de Desarrollo PND, Capítulo VI Crecimiento Verde, el cual establece que la Nación y sus entidades descentralizadas podrán destinar y asignar recursos para financiar la realización de estudios de identificación, pre inversión y estructuración de proyectos de carácter estratégico, del orden nacional y territorial. Del mismo modo con la idea de conservar y establecer medidas de manejo para la sabaleta en el embalse, se puede brindar planes de educación ambiental en la región con el fin de promover la recuperación, el aprovechamiento sostenible y la preservación del medio ambiente, los recursos hidrobiológicos y demás recursos naturales que nos brinda las fuentes hídricas, según lo establece La Ley 161 de 1994, en virtud del mandato constitucional, Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, garantizando la sostenibilidad del recurso hídrico, y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social. Además la realización de este proyecto ayudaría de manera eficaz al cumplimiento de las Metas de Aichi para reducir las tasas de pérdida de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos establecido por la Política Nacional para la Gestión de la Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE), en especial el cumplimiento de las siguientes Metas: M8 Disminución de la contaminación del agua a niveles no perjudiciales para ecosistemas y especies., M12 Evitar extinciones Bióticas y M19 Avances en conocimiento, base científica, y tecnologías referidas a la biodiversidad y las consecuencias de su pérdida.

Por lo tanto, la ejecución de esta investigación aporta de gran manera al conocimiento de los aspectos biológicos, poblacionales y moleculares de la sabaleta *Brycon henni* dentro de un embalse, esta propuesta se alinea con los planes estratégicos nombrados anteriormente (PND - PNGIRH- PNGIBSE), de manera que al intentar conservar sólo una especie, en realidad se estaría conservando de manera indirecta pero concreta la biodiversidad asociada al embalse, al igual que el recurso hídrico, para este caso la cuenca del río Campoalegre Colombia.

OBJETIVOS

General:

Analizar la estructura poblacional y variabilidad genética de la sabaleta *Brycon henni* en el embalse Cameguadua (Cuenca del Río Campoalegre).

Específicos:

- Estudiar la estructura poblacional de la sabaleta *B. henni* en el embalse Cameguadua (Cuenca del Río Campoalegre).
- Usar regiones microsatelites para la determinación de la variabilidad genética entre los individuos del embalse.
- Comparar la variabilidad genética de la población establecida en el embalse Cameguadua con individuos aguas arriba del embalse, siendo la misma cuenca del Río Campoalegre.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizará en el embalse malecón de Cameguadua, central hidroeléctrica Chec de Chinchiná Caldas, con ubicación geográfica (longitud 75° 37' 7,03 " O y Latitud 4° 59' 45,44 " N) con una altitud de 1326 msnm (Google earth, 2016), temperatura promedio entre 18 y 20° C, precipitación promedio anual que varía entre 2000 y 4000 mm., El embalse se encuentra dividido en tres lagos: Norte, Sur y Mira, el espejo de agua cubre un total de 33 Ha y una capacidad de 2.25 millones de m³ de agua, con un volumen útil de 1.7 millones de m³, y una profundidad mínima de 1 m y máxima de 14 m aproximadamente (Buitrago & Hernández, 2013), Imagen 2.

Muestreo

Los parámetros fisicoquímicos del agua que se tomaran son los siguientes: temperatura, Conductividad, pH, y oxígeno disuelto en diferentes profundidades, al igual que la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), teniendo en cuenta que se realizaran varios muestreos en diferentes lugares y profundidades del lago norte, ya que los otros dos son abastecidos por aguas residuales de otras vertientes, por lo tanto son catalogados como lagos contaminados.

La captura de los peces se realizará mediante redes agalleras multipaño según lo describe la norma (CEN 14.757 /2006). Estas redes constan de 11, 12 o 16 paños agalleros de luz creciente, que va desde 5mm hasta 55 mm, con una longitud total de 27,5 m, 30 m, hasta 40 m de largo según se requiera y de 1,5 a 6 m de alto. El ratio entre la luz de paños consecutivos es de 1,25 mm y sigue una progresión geométrica. Este tipo de red constituye

¹ Estudiante de Biología de IX Semestre
juancho_pick@hotmail.com

un arte de pesca no sesgado, puesto que la captura es con igual probabilidad para todas las tallas, con este método se medirán la biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE), es decir el peso acumulado estandarizado en el tiempo de pesca establecido (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2013).

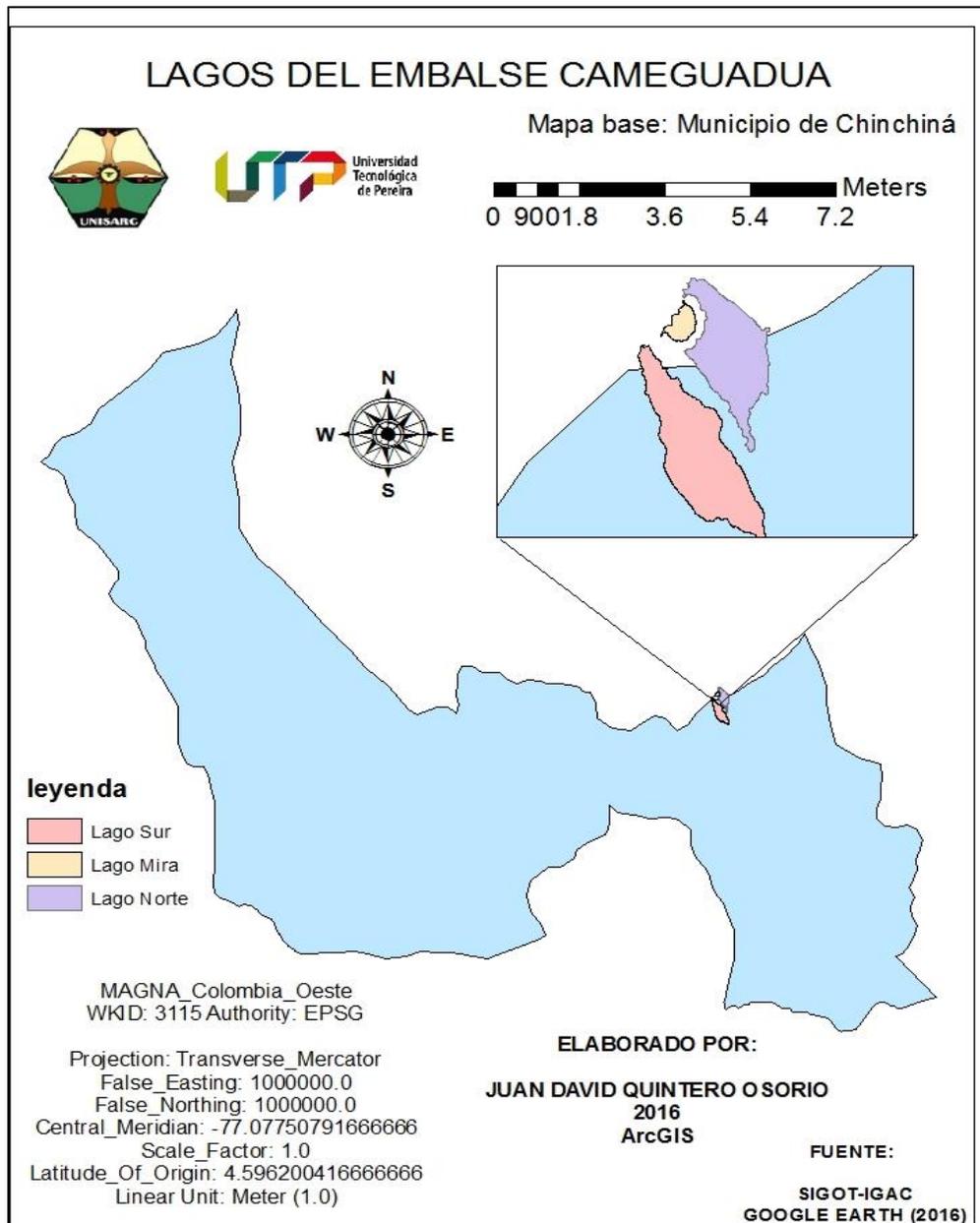


Imagen 2: localización geográfica de los lagos que componen al embalse Cameguadua en el municipio de Chinchiná, departamento de Caldas.

Como una segunda herramienta de pesca se implementaran trampas de jaiba, con ciertas modificaciones, esta consiste en una estructura cilíndrica o cuadrada enmallada, con cinco entradas (4 laterales y una 1 inferior), cada una en forma de embudo, direccionando la boca más pequeña hacia el interior de la trampa, por lo cual los peces entran atraídos por un cebo o señuelo localizado en su interior y por la orientación de la boca se les dificulta la salida (AUNAP, 2014), dicha trampa está diseñada para captura de especies de fondo, por lo que se debe de modificar agregando una baya flotante para que esta no se vaya hasta el fondo del embalse, este tipo de trampa permitirá obtener datos de las profundidades de mayor actividad de la especie o en la que hay mayores concentraciones poblacionales, pues se pretende instalar de manera aleatoria cada trampa en diferentes profundidades, 2 m, 4 m, 6 m hasta llegar a la profundidad máxima del embalse que son 14 m, las trampas serán instaladas en una línea recta sujetadas de una línea madre o base de Nylon de alto calibre, y esta a su vez estará asegurada de orilla a orilla para evitar el desplazamiento de las trampas.

Para el análisis de la estructura poblacional de la especie *B. henni* se medirán la siguientes variables por captura: sexo de cada individuo, longitud estándar (L.S; + /- 0.1 cm) y el peso total (P.T; +/- 0.1 g), según lo mencionado por Peña *et al*; 2010, con base a estos datos se podrá hacer una aproximación de las edades poblacionales de la especie en el embalse, aplicando para ello el modelo de función de Von-Bertalanffy que establece la siguiente ecuación:

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

Donde L_t : es la talla a un determinado tiempo (t), L_{∞} : es la longitud máxima asintótica, k: es la constante de crecimiento, t_0 : es la edad de los peces cuando hipotéticamente el individuo tiene “longitud cero” o época de nacimiento.

Una vez tenido los datos de los muestreos tanto con trampa de jaiba como con red agallera, se realizará un análisis geoestadístico para obtener el área de distribución espacial de la sabaleta, aplicando la siguiente ecuación según (Paramo *et al.*, 2009).

$$\hat{\rho}(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Donde h representa la distancia entre estaciones de muestreo y N es el número de pares de datos. Por último, los resultados se analizarán por medio de un de una ANOVA y prueba de Tukey, con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre las diferentes profundidades y puntos de muestreo, al igual que se espera encontrar diferencias significativas referente a los parámetros fisicoquímicos del agua en los diferentes puntos de muestreo.

Colecta de muestras para la extracción de ADN

Las muestras serán colectadas de manera aleatoria de sólo algunos individuos de *Brycon henni* capturados en el embalse durante el desarrollo del proyecto, para un total de 30 muestras que luego serán comparados con otras muestras ya secuenciadas de la misma especie tomadas de individuos aguas arriba del embalse, siendo la misma cuenca del río Campoalegre, los 30 individuos seleccionados se les extraerá un trozo de aleta caudal de aproximadamente 1 gramo y se almacenará en Etanol al 70% para posteriores análisis de laboratorio.

Análisis molecular

Extracción de ADN total

El ADN total de la aleta caudal de las muestras colectadas será extraído usando el protocolo de Cloruro de sodio (NaCl) modificado a partir de Lopera Barrero *et al* 2008. El cual consiste de los siguientes pasos:

Las muestras de aletas de peces son pulverizadas manualmente y depositadas en micro-tubos Eppendorf de 1,5mL y luego se tratan con 600 µL de solución tampón de lisis (50 mM de Tris-HCl, pH 8.0, 50 mM de EDTA, 100 mM de NaCl) Deben ser fuertemente homogenizados por agitación mecánica, seguido, 300 µl de un segundo tampón de lisis (50 mM de Tris-HCl, pH 8.0, 50 mM de EDTA, 100 mM de NaCl, 2% de SDS) son fuertemente homogenizados con las muestras para después adicionar 1 µl de proteinasa K, junto con 2 µl de RNAsa, inmediatamente se incuba en un baño termoregulado a 50°C por 12 h. Luego, se centrifugan las muestras por 10 minutos a 3000 RCF (Fuerza centrifugal relativa), despreciar el sobrenadante, repetir ese procedimiento (Paso 1 a 3) tres veces. Para la precipitación de las proteínas y restos celulares, 340 µl de NaCl 5M son homogenizados con las muestras por inversión y centrifugados por 10 minutos a 12000 RCF, máximo 500 µl de sobrenadante (entre el menisco y restos celulares del fondo) deben ser transferidos para un nuevo micro-tubo Eppendorf. Para precipitación de ADN, 900 µl de etanol absoluto helado (- 4°C) deben ser adicionados, después de varias inmersiones, la solución es acondicionada por una hora a -20°C antes de ser centrifugada por 3 minutos a 12000 RCF, la fase líquida es cuidadosamente despreciada y mínimo tres lavados como el paso 9 utilizando etanol 70% helado (- 4°C) deben realizarse antes que las muestras sean secadas en la estufa a 40°C y resuspendidas en 100 µl de agua estéril o TE ((10mM de Tris pH 8.0 y 1 mM de EDTA). Lo ideal es guardar las muestras 24 horas a 4°C en la nevera antes que las muestras sean utilizadas.

Integridad y cuantificación del ADN

La integridad (calidad y cantidad) del ADN será verificada por electroforesis horizontal utilizando un gel de agarosa 1%, en tampón 1x TBE (500 mM de Tris-HCl, 60 mM de ácido bórico y 83 mM de EDTA). Un control negativo con todos los reactivos, pero sin ADN molde, se usará para determinar una posible contaminación de las muestra., el gel

será teñido con gelred y luego se visualizará en virtud de la iluminación UV tomando el cálculo del fragmento amplificado sobre la base de comparación del marcador de peso molecular de 1Kb, con el fin de obtener un patrón estimado de la concentración del ADN obtenido por el método de extracción.

Análisis microsatelites

Para el análisis de microsatelites en la especie *Brycon henni* serán usados los Primers diseñados y utilizados en la especie *Brycon opalinus* (Barroso *et al.*; 2003) y *Brycon hilarii* (Sanches & Galetti, 2006), debido a la falta de información específica para *Brycon henni*. Los oligonucleótidos que serán usados se listan en la tabla 1A y 1B.

Tabla 1A: Características de los siete loci microsatélites aislados de *Brycon Opalinus* (Barroso *et al.*, 2003).

Locus	Secuencia del Primer 5'-3'	Motivo de repetición	Tamaño (pb)	Tamaño de la muestra	Número de alelos
BoM1	F: CCATCTCTACTTTTTGGTTCC R: TGCCAGATACAGCCC	(CA)16	157	150	18
BoM2	F: CTGGGCAGCGGAAGAG R: CCCACATCTCTCCCTTCG	(CA)45	210	94	31
BoM5	F: CGACCACAATAGGATTAGGG R: CTGGAGTTTGTGTGTGGA	(AC)4T(AC)10AT(AC) 5	127	143	16
BoM6	F: GGAGTTTGTGTGTGGAGACCGAG R: GCACGCAGACACCAGA	(CA)5TA (CA)10T(CA)4	154	130	19
BoM7	F: CTCTGCCCCAGGTCTCACT R: CGGGAGTGACGAAATG	(CA)31	208	145	25
BoM12	F: GCAGCAGAAAGAAACAG R: CGGGGAGATTTCAACCT	(GT)15	02	137	18
BoM13	F: CATTTCCTCAGTCCTTTTCAGC R: CCCACTTAGGGTCGCAC	(CT)11	158	153	12

Tabla 1B: Caracterización de siete loci de microsatélites aislado de *Brycon hilarii* (Sanches & Galetti JR, 2006).

Locus	Secuencia del Primer 5'-3'	Motivo de repetición	Tamaño (pb)	Número de alelos
Bh5	F: CTTCCAATCATACCGGCACT R: ACATCTGGCATTAGGCATAG	(AC)13	204-220	7
Bh6	F: GCGTTGCGTGTGTATGTTAA R: AGAGGTGTCCACAAAGTTTT	(GT)14	160-184	6
Bh8	F: CCATGGCTCAACACAGATAT R: TGTACGAATCCTGAAATGCT	(GAT)5	127-196	8
Bh13	F: AGCAATTTAAGCAAGTGAAG R: GCGTCGGAGCAGTAGTTATA	(AT)7	120-160	5
Bh15	F: GAGAGCATTGTCAGGATTTA R: ACTAATGACTGCTACTGCGG	(ATTT)5	130-142	3
Bh16	F: CCTCCAATGAAAACAGTGCG R: ACGACTTAGCCACCCACCT	(TAA)8	141-147	3
Bh17	F: GTCAGCACTCAGCACATAGC R: AGAGAGCCTGAAAAGTGAGTC	(GTTT)4 (GGTTT)3	152-212	7

¹ Estudiante de Biología de IX Semestre
juancho_pick@hotmail.com

Análisis bioinformático

Las muestras amplificadas serán enviadas a Macrogen Korea para ser secuenciadas con la finalidad de confirmar la presencia de los motivos microsatélites en los individuos evaluados. Con los datos obtenidos del secuenciamiento se realizará un alineamiento utilizando el programa Vector NTI-Alignx seguido de un alineamiento local BLAST para encontrar regiones de similitud local de las secuencias con otras especies, seguido de un alineamiento múltiple con el programa T-coffe con el cual se podrán analizar a la par todos los microsatelites utilizados en el genoma de la especie, con el fin encontrar todo tipo de indeles en estas regiones amplificadas.

Análisis estadístico

Los polimorfismos genéticos serán estimados por cada población como el número de alelos por locus, la heterocigocidad observada (H_O) y la heterocigocidad esperada (H_E) será computada usando el software Arlequin 2.0. Adicionalmente, Las frecuencias genotípicas serán calculadas dividiendo la cantidad de individuos que presentaron un determinado polimorfismo, sobre el total de individuos. Las frecuencias alélicas fueron calculados utilizando la fórmula: $p + \frac{1}{2} q$. donde p es el genotipo homocigoto y q el genotipo heterocigoto.

RESULTADOS ESPERADOS

Se espera encontrar que la población de sabaleta *Brycon henni* del embalse este en equilibrio, debido a que los impactos ambientales no han afectado su reproducción, al igual que es posible que dicha población presente índices de variabilidad genética en comparación con estudios realizados en poblaciones presentes aguas arriba al embalse.

Con la aplicación de los microsatelites específicos se pueden encontrar regiones conservadas en esta especie, posibles mutaciones por inserciones o delaciones en genes específicos, lo cual permite determinar si esta población tiene genes modificados que se han producido a lo largo del tiempo por medio de las nuevas condiciones medio ambientales en la que se encuentra esta población, ya que estas condiciones son totalmente diferentes a las que se dan en el rio Campoalegre aguas arriba del embalse.

IMPACTOS (SOCIAL, ECONÓMICO Y AMBIENTAL)

Esta propuesta de investigación presenta un alto componente social con un enfoque participativo, debido a que los resultados que se obtengan permitirán no solo conocer el estado poblacional de la sabaleta en el embalse, sino que también permitirá integrar comunidades de la región para discutir sobre la conservación de la especie en los efluentes de la región.

Adicionalmente, posee un amplio componente de educación ambiental, con el que será posible concientizar a las poblaciones ribereñas de la importancia las especies de peces endémicas colombianas y cómo hacer un buen uso o aprovechamiento de estas.

BIBLIOGRAFÍA

ANTUNES, R.S.P.; GOMES, V.N.; PRIOLI, S.M.A.P.; PRIOLI, R.A.; JÚLIO JR, H.F.; PRIOLI, L.M.; AGOSTINHO, C.S. AND PRIOLI, A.J. 2010. Molecular characterization and phylogenetic relationships among species of the genus *Brycon* (Characiformes: Characidae) from four hydrographic basins in Brazil. *Genetics and Molecular Research* 9 (2): 674-684 (2010).

ARANGUREN, M. J. A., ROMÁN, B. R., ISEA, W & VILLASMIL, Y J. 2005. Los microsatélites (STR's), marcadores moleculares de ADN por excelencia para programas de conservación: una revisión. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* Pp 1-12

AUNAP-UNIMAGDALENA. 2014. Caracterización de los principales artes de pesca de Colombia y reporte del consolidado del tipo y número de artes, embarcaciones y UEP's empleadas por los pescadores vinculados a la actividad pesquera. Contrato de Prestación de Servicios No. 190, suscrito entre la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca y la Universidad del Magdalena. Santa Marta y Bogotá. 72 p.

BARROSO, R.M., HILSDORF, A.W., MOREIRA, H.L.M., MELLO, A., GUIMARA~OES, S.E.F., CABELLO, P.A.H., TRAUB-CSEKF, Y.M. 2003. Identification and characterization of microsatellite loci in *Brycon opalinus* (Cuvier, 1819) (Characiforme, Characidae, Bryconiae). *Mol. Ecol. Notes* 3, 297–298.

BUITRAGO, H. N; HERNÁNDEZ, O. L. M. 2013. Caracterización de la comunidad íctica y de los parámetros fisicoquímicos de los embalses san francisco y cameguadua (Chinchiná, Caldas). Universidad de Caldas. Facultad de ciencias exactas y naturales. Programa de biología Canizales.

CAMBIUM. 2007. Boletín informativo del Centro de Investigación en Ecosistemas y Cambio Global - C&B. Carbono y Bosques. Vol.5 No.2. 4p

CHELLAPPA, S., BUENO, R, M.X., CHELLAPPA, T., CHELLAPPA, N.T., VERA, M.F., ALMEIDA E VAL. 2009. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. *Limnologica* 39 (2009) 325–329.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. (2013). Estudio de las poblaciones de peces en embalses de la Cuenca del Ebro para la determinación del Potencial Ecológico. Tomo 4. Meza locha, 55 pp. Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

EIGENMANN, C. H. 1913. *Some results from an ichthyological reconnaissance of Colombia, South America.* Part II18, 1 – 32.

GALVIS, J. I. MOJICA, S. R. DUQUE, C. CASTELLANOS, O. SÁNCHEZ-DURANTE, M. ARCE, A. GUTIÉRREZ, L. F. JIMENEZ, M. SANTOS, S. VEJARANO-RIVADENEIRA, F. ARBELÁEZ, E. PRIETO & M. LEIVA. 2006. Peces del Amazonas. Región de Leticia. Serie de guías tropicales de campo n° 5. Conservación internacional. Editorial panamericana, formas e impresos. Bogotá, Colombia. 548 Pp. pag-30.

GRANADO-LORENCIO, C., L. ENCINA, C. ESCOT, E. MELLADO-ALVAREZ Y A. RODRÍGUEZ-RUIZ. 1996. Una nueva metodología para la estima de las poblaciones de peces en embalses. *Ingeniería Civil*, 3: 35-46.

HAHN-VON-HESSBERG, C.M., VÉLEZ-MARÍN, M. & GRAJALES QUINTERO, A. 2015. Utilización de la biología molecular como medio para optimizar la producción piscícola y repoblamiento de medios naturales. ISSN 0123-3068 *bol.cient.mus.hist.nat. U. de Caldas*, 19 (1): 85-102. DOI: 10.17151/bccm.2015.19.1.6

HLPE. 2014. La pesca y la acuicultura sostenibles para la seguridad alimentaria y la nutrición. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma, 2014. 133p.

JIMÉNEZ, S, L. F., D. RESTREPO, S, S. LÓPEZ, C, J. DELGADO, M. VALDERRAMA, ÁLVAREZ, J. Y GÓMEZ, D. 2014. Ictiofauna y desarrollo del sector hidroeléctrico en la cuenca del río Magdalena - Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 15 (2): 3-25.

LEDEC, G. Y J. D. QUINTERO. 2003. Good and bad dams, environmental criteria for site selection of hydroelectric projects. Banco Mundial Región Latinoamérica y el Caribe. Sustainable Development Working Paper No. 16. 30 pp.

LENIS, G.A, RESTREPO, L.F, RIVERA, J.C, MONSALVE, F, CRUZ, C, P.E. 2009. Reproducción inducida y producción de alevinos de sabaleta *Brycon henni*: determinación del tiempo de latencia utilizando extracto de hipófisis de carpa. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2009; 22:143-155.

LIMA FCT. (2003). Subfamily Bryconinae (Characins, Tetras). In: Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America (Reis RE, Kullander SO and Ferraris CJ Jr, eds.). EDIPUCRS, Porto Alegre, 174-181.

LOPERA, B. N. M; POVH, A; RIBEIRO, P. R; GOMES, C. P; JACOMETO, B. C & LOPES, T. 2008. Comparación de protocolos de extracción de ADN con muestras de aleta y larva de peces: extracción modificada con cloruro de sodio. *NOTA DE INVESTIGACION. Cien. Inv. Agr.* 35(1): 77-86.

LÓPEZ, D.D.; VÁSQUEZ, P, G.; RUIZ, C, T & OLIVERA, A, M. 2008. Caracterización citogenética del pez neotropical *Brycon henni* (Pisces: Characidae). *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 56 (4): 1619-1628, December 2008.

LÓPEZ-CASAS, S., L. F. JIMÉNEZ-SEGURA Y C. M. PÉREZ-GALLEGO. 2014. Peces migratorios al interior de una central hidroeléctrica: caso Miel I, cuenca del río Magdalena (Caldas-Antioquia), Colombia. *Biota Colombiana* 15 (2): 26- 39.

MALDONADO, J.A. ORTEGA L., A.; USMA O., J.S.; GALVIZ V., G.; VILLA, F.A.; VÁSQUEZ G., L.; PRADA P, S. Y ARDILA, R., C. 2005. Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander Von Humboldt». Bogotá, d.c. - Colombia. 346 p. pag- 22.

MENDOZA & JAVIER MARCIAL DE JESÚS RUIZ VELAZCO ARCE. 2010. Growth, mortality and reproduction of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the Aguamilpa Reservoir, Mexico. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 58 (4): 1577-1586, December 2010.

MOJICA, J. I.; J. S. USMA; R. ÁLVAREZ-LEÓN Y C. A. LASSO (EDS). 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander

¹ Estudiante de Biología de IX Semestre
juancho_pick@hotmail.com

von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 319 pp.

MONTOYA-LÓPEZ, A.F., L.M. CARRILLO & M. OLIVERA-ANGEL. 2006. Algunos aspectos biológicos y el manejo en cautiverio de la Sabaleta *Brycon henni*, Eigenmann, 913 (Pisces: Characidae). Rev. Col. Cienc. Pec. 19: 180-186.

OJEDA. A, P., LOURDES. M, H & ZAPATA. P.D. 2012. Amplificación interespecífica de microsatélites de *Astyanax abramis*, utilizando cebadores para la especie emparentada *Astyanax fasciatus*. *Cienc. Tecnol.* Pp 38-43

ORTEGA-LARA A, USMA J, BONILLA P, SANTOS N. 2006. Peces de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*; 7(1):39-54.

PARAMO. J., GUILLOT. L., RODRIGUEZ. A. 2009. Aspectos poblacionales y ecológicos de peces demersales de la zona norte del caribe colombiano en relación con el hábitat: una herramienta para identificar áreas marinas protegidas (AMPs) Para el manejo pesquero. *Zoología. Caldasia* 31(1):123-144.

PEÑA, M. E; TAPIA, V. R; VELÁZQUEZ, A. J. I; ORBE, M. A. A; & RUIZ, V. J. M. 2010. Growth, mortality and reproduction of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the Aguamilpa Reservoir, Mexico. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 58 (4): 1577-1586.

PINEDA HS, ARBOLEDA L, ECHEVERRY A, URCUQUI ES, MOLINA D, OLIVERA M. ET AL. 2007. Caracterización de la diversidad genética en el pez *Brycon henni* (Characiformes: Characidae) en Colombia central por medio de marcadores RAPD. *Rev Biol Trop*; 55(3-4):1025-1035.

POFF, N. L., J. D. OLDEN, D. M. MERRITT Y D. M. PEPIN. 2007. Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 5732–5737.

RESOLUCIÓN NÚMERO (0899) 15 DE MAYO DE 2009. "Por la cual se otorga la licencia ambiental para el proyecto hidroeléctrico “El Quimbo” y se toman otras determinaciones”. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

SANCHES, A. & P.M. GALETTI JR. 2006. Microsatellites loci isolated in the freshwater fish *Brycon hilarii*. *Mol. Ecol. Notes*, 6: 1045-1046.

UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA -UICN. 2015. Lista Roja de Especies en Peligro (fecha de consulta 23 marzo del 2016) URL: <http://www.redlist.org>

WASKO, A.P., MARTINS, C., OLIVEIR, C., SENHORINI, J.A. & FORESTI, F. 2004. Genetic monitoring of the Amazonian fish matrinhã (*Brycon cephalus*) using RAPD markers: insights into supportive breeding and conservation programmes. *J. Appl. Ichthyol.* 20:48–52.

Universidad	UNISARC
Programa Académico	BIOLOGÍA
Nombre del Semillero	SEMBIU
Nombre del Grupo de Investigación (si aplica)	
Línea de Investigación (si aplica)	GENÉTICA DE PECES
Nombre del Tutor del Semillero	NATALIA HERNANDEZ OSSA
Email Tutor	Nattio.biologia@gmail.com
Título del Proyecto	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA POBLACIONAL Y VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA SABALETA <i>Brycon henni</i> (Eigenmann, 1913) EN EL EMBALSE CAMEGUADUA
Autores del Proyecto	JUAN DAVID QUINTERO OSORIO
Ponente (1)	JUAN DAVID QUINTERO OSORIO
Documento de Identidad	1093224920
Email	juancho_pick@hotmail.com
Ponente (2)	
Documento de Identidad	
Email	
Teléfonos de Contacto	3217767761
Nivel de formación de los estudiantes ponentes (Semestre)	IX Semestre de Biología
MODALIDAD (seleccionar una- Marque con una x)	PONENCIA
	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación en Curso.....X • Investigación Terminada
Área de la investigación (seleccionar una- Marque con una x)	PÓSTER
	<ul style="list-style-type: none"> • Ciencias NaturalesX • Ingenierías y Tecnologías • Ciencias Médicas y de la Salud. • Ciencias Agrícolas • Ciencias Sociales • Humanidades • Artes, arquitectura y diseño