

AC - 98.414

Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"EZEQUIEL ZAMORA"



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

VICERRECTORADO
DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
ESTADO PORTUGUESA

Programa Ciencias del Agro y del Mar

Análisis Morfométrico Multivariado como
Alternativa para Identificar Especies de Peces del Género *Prochilodus*

Autora: Mayerlin Bracamonte.

Guanare, Septiembre del 2013

AC
00011

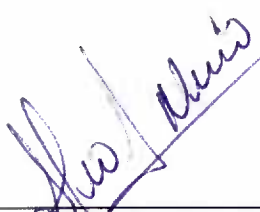
AC-000111

| | | | |
|--|---|--|--|
|  <p>Gobierno Bolivariano de Venezuela</p> | <p>Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria</p> | <p>Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" UNELLEZ</p> |  |
|--|---|--|--|

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTO

Se hace constar que en la sede del Vicerrectorado de Producción Agrícola de la UNELLEZ – Guanare, a los **21 de septiembre** de dos mil **trece**, se reunieron el tutor: **Otto Castillo** y los profesores **Danny Villegas** y **Alvaro Cedeño**, miembros del Jurado Evaluador, para proceder a emitir el veredicto sobre la defensa oral del proyecto de Aplicación de Conocimiento (PAC) titulado: **Análisis Morfométrico Multivariado como Alternativa para Identificar Especies de peces del género Prochilodus**, desarrollado por el/la Br: **Mayerlin Bracamonte**, de nacionalidad venezolana y titular de la cédula de identidad N° **V-20.317.070**, como requisito para la aprobación del Subproyecto: Proyecto Aplicación de Conocimientos y optar al título de ingeniero de los RNR.

Cumplido el acto de presentación pública, los miembros del Jurado Evaluador resolvieron **APROBAR** el trabajo en su forma y contenido, con una calificación de () puntos. Es constancia que se expide en Guanare, a los veinte seis días del mes de septiembre de 2013, a solicitud de la parte interesada



 Prof. Nerio Leal
 Jefe (E) Sub-Programa
 Ingeniería de Los RNR


 JURADO

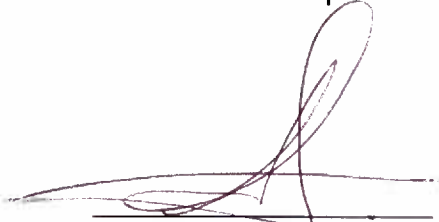
Adquisición Borrador Subprograma R.N.R., Fecha 11-11-2013 (Incluye CD - ROOM)



**ACTA DE APROBACIÓN DEL
PROYECTO DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTO**

Se hace constar que en la sede del Vicerrectorado de Producción Agrícola de la UNELLEZ – Guanare, a los **21 de septiembre** de dos mil **trece**, se reunieron el tutor: **Otto Castillo** y los profesores **Danny Villegas** y **Alvaro Cedeño**, miembros del Jurado Evaluador, para proceder a emitir el veredicto sobre la defensa oral del proyecto de Aplicación de Conocimiento (PAC) titulado: **Análisis Morfométrico Multivariado como Alternativa para Identificar Especies de peces del género *Prochilodus***, desarrollado por el/la Br: **Mayerlin Bracamonte**, de nacionalidad venezolana y titular de la cédula de identidad N° **V-20.317.070**, como requisito para la aprobación del Subproyecto: Proyecto Aplicación de Conocimientos y optar al título de ingeniero de los RNR.

Cumplido el acto de presentación pública, los miembros del Jurado Evaluador resolvieron **APROBAR** el trabajo en su forma y contenido, con una calificación de _____ () puntos. Es constancia que se expide en Guanare, a los veinte seis días del mes de septiembre de 2013, a solicitud de la parte interesada



JURADO

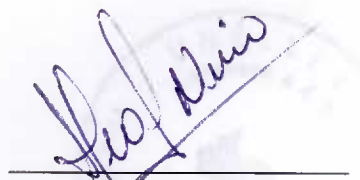
TUTOR



JURADO



Prof. Nancy López L.
Coordinador Subproyecto
Proyecto de Aplicación de Conocimiento



Prof. Nerio Leal
Jefe (E) Sub-Programa
Ingeniería de Los RNR



Universidad Nacional Experimental

De los Llanos Occidentales

Ezequiel Zamora

Vicerrectorado de Producción Agrícola.

Guanare – Portuguesa

Programa: Ciencias del Agro y del Mar

Subprograma: Ingeniería de Recursos Naturales Renovables

Sub-Proyecto: Aplicación de Conocimientos

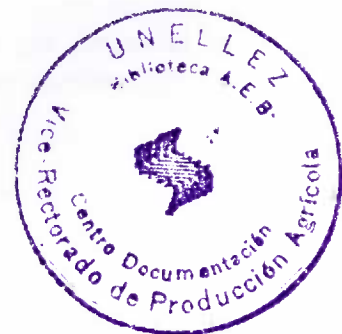


**Análisis Morfométrico Multivariado como
Alternativa para Identificar Especies de Peces del Género
*Prochilodus***

Autora: Mayerlin Bracamonte

Tutor: Otto Castillo

GUANARE, Septiembre Del 2013





Experimental National University
of the Western Plains
Ezequiel Zamora
Vice President for Agricultural Production.
Guanare - Portuguese



Program: Agro Sciences and the Sea
Subprogram: Renewable Natural Resources Engineering
Sub-Project: Application of Knowledge

**Multivariate morphometric analysis as an alternative
To identify fish species of the genus *Prochilodus* give**

AUTHOR: Mayerlin Bracamonte

CI: 20.317.070

ADVISOR: Otto Castillo

GUANARE, Septiembre 2013



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES

“EZEQUIEL ZAMORA”

VICERRECTORADO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**Análisis Morfométrico Multivariado como
Alternativa para Identificar Especies de Peces del Género
*Prochilodus***

AUTORA: Mayerlin Bracamonte.

TUTOR: Otto Castillo

AÑO: 2.013.

RESUMEN

Se estudio a través de un análisis morfométrico multivariado a las especies *Prochilodus mariae*, *Prochilodus reticulatus* y *Prochilodus magdalenae* de las cuencas del río Orinoco, Lago de Maracaibo y río Magdalena respectivamente, así como a dos lotes de peces del género cultivados en los llanos del estado Portuguesa, con el objetivo de determinar a cuáles de las tres especies anteriores corresponden. El análisis discriminante logró definir a las tres especies y a su vez mostró una relación muy cercana entre *Prochilodus reticulatus* y *Prochilodus magdalenae*, que era de esperar dada la gran afinidad biogeográfica entre ambas. Ninguno de los dos lotes procedentes de la piscicultura concordó con alguna de las tres especies analizadas, lo que indica que se trata de híbridos productos de combinaciones de éstas. El trabajo corrobora de forma irrefutable que en la cuenca del Orinoco se están criando ejemplares provenientes de cuencas hidrográficas vecinas, que por fallas en la vigilancia y el control de parte de los entes reguladores de la piscicultura, representan un peligro potencial para la integridad de la poblaciones naturales de *Prochilodus mariae*, una especie clave en el gran ecosistema orinocense.

Palabras clave: *Prochilodus*, piscicultura, especies introducidas, hibridación, impacto ambiental.



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
"EZEQUIEL ZAMORA"



VICERRECTORADO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**Análisis Morfométrico Multivariado como
Alternativa para Identificar Especies de Peces del Género *Prochilodus***

AUTORA: Mayerlin Bracamonte.

TUTOR: Otto Castillo

AÑO: 2.013.

ABSTRACT

Was studied by multivariate morphometric analysis *Prochilodus mariae* species, *Prochilodus magdalenae* *Prochilodus reticulatus* and the basins of the Orinoco River, Lake Maracaibo and Magdalena river respectively, as well as two lots of fish of the genus cultivated in the plains of the state Portuguese, with the aim of determining which of the above three species are. The discriminant analysis was able to define the three species and in turn showed a close relationship between *Prochilodus reticulatus* and *Prochilodus magdalenae*, which was expected given the biogeographic affinity between them. Neither fish lots from agreed with one of the three species tested, indicating that these are hybrid combinations of these products. The work confirms unequivocally that in the Orinoco basin are growing specimens from neighboring watersheds that failures in monitoring and control by regulators of farming, represent a potential danger to the integrity of the natural populations of *Prochilodus mariae*, a key species in the ecosystem orinocense great.

Palabras clave: *Prochilodus*, piscicultura, especies introducidas, hibridación, impacto ambiental.

Índice.

| | Pág. |
|--|-----------|
| Introducción..... | 1 |
| Justificación..... | 3 |
| Capítulo I. Marco Conceptual..... | 4 |
| Antecedentes..... | 4 |
| Bases Teóricas..... | 7 |
| CAPITULO II OBJETIVOS..... | 11 |
| CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO..... | 12 |
| Área de trabajo..... | 12 |
| Tipo de la investigación..... | 13 |
| Metodología..... | 13 |
| Etapa1. Establecer los puntos homólogos utilizados en la evaluación morfométricas de las cinco especies del genero <i>Prochilodus</i> | 14 |
| Etapa 2. Cuantificar las variables del patrón de cerchas a utilizar en la evaluación morfométricas de las especies del género <i>Prochilodu</i> | 15 |
| Etapa 3 Realizar un análisis discriminante con el fin de establecer un modelo matemático que permita diferenciar morfológicamente las especies antes señaladas | 17 |
| CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 18 |
| Variables que discriminan las especies evaluadas..... | 18 |

| | |
|--|----|
| Funciones discriminantes canónicas incluidas en el análisis y estadísticas relacionadas..... | 19 |
| Valor de los centroides en las funciones discriminantes..... | 20 |
| Coefficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónica..... | 21 |
| Confusión para la clasificación morfológica de los ejemplares del genero <i>Prochilodus</i> | 23 |
| Diagrama de dispersión de los cuatro grupos en las dos primeras funciones discriminantes canónicas..... | 24 |
| Proyección de los scores morfológicos para ejemplares del genero <i>Prochilodus</i> y sus parentales en el espacio canónico tridimensional (CP1*CP2*CP3), Hiperplano formado por tres componentes principales (CP1*CP2*CP3)..... | 25 |

CAPITULO V

| | |
|--|--------------|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 26-27 |
|--|--------------|

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| REFERENCIAS CONSULTADAS..... | 28 |
|-------------------------------------|-----------|

Índices de Tablas.

| | Pág. |
|--|------|
| 1. Ubicación de los puntos homólogos seleccionados..... | 14 |
| 2. Distancia entre los puntos homólogos que indican las variables medidas que indican variables medidas en (<i>Prochilodus mariae</i> , <i>Prochilodus reticulatus</i> , <i>prochilodus magdalenae</i>)..... | 16 |
| 3. Variables que discriminan las especies evaluadas..... | 18 |
| 4. Funciones discriminantes canónicas incluidas en el análisis y estadísticas relacionadas..... | 20 |
| 5. Valor de los centroides en las funciones discriminantes..... | 21 |
| 6. Coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónica..... | 22 |
| 7. confusión para la clasificación morfológica de híbridos de morocoto y sus parentales..... | 23 |

Índice de Figuras.

| | Pág. |
|--|------|
| 1. <i>Prochilodus mariae</i> | 7 |
| 2. <i>Prochilodus reticulatus</i> | 8 |
| 3. <i>Prochilodus magdalenae</i> | 8 |
| 4. Ubicación de los puntos homólogos en un individuo de <i>Prochilodus mariae</i> | 15 |
| 5. Diseño del patrón de cerchas con las 24 variables con un individuo <i>Prochilodus mariae</i> | 15 |
| 6. Ubicación de las variables que discriminan las especies evaluada..... | 19 |
| 7. Diagrama de dispersión de los cuatro grupos en las dos primeras funciones discriminantes canónicas. | 24 |
| 8. Proyección de los scores morfológicos para ejemplares del genero <i>Prochilodus</i> y sus parentales en el espacio canónico tridimensional (CP1*CP2*CP3)..... | 25 |
| 9. Hiperplano formado por tres componentes principales (CP1*CP2*CP3)..... | 25 |

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad productiva orientada a la producción de alimento de origen acuático. Es además, una herramienta para la gestión del recurso hídrico y de los organismos acuáticos, que utiliza conocimientos sobre biología, ingeniería y ecología, para ayudar a resolver los problemas de seguridad alimentaria y desarrollo rural mundial. Esta es una actividad fácilmente integrable a los sistemas agrícolas tradicionales con múltiples ventajas económicas y ambientales. Según la clase de organismos que se cultivan, se ha dividido en varios tipos, de los cuales uno de los más desarrollados es la piscicultura (Alcántara *et al.* 1990).

Turner *et al.* (2004) señalan que Suramérica presenta la mayor riqueza en lo referente a la ictiofauna dulceacuícola en el mundo, y que se conoce muy poco acerca de la diversidad íctica y de los procesos evolutivos o las diferentes razones de índole ecológicas, fisiográficas y geológicas responsables de esta extraordinaria riqueza.

Mago (1978) y Lasso *et al.* (2004) señalan que los peces del orden Characiformes dominan las aguas dulces continentales suramericanas, donde se han diversificado en multitud de formas que ocupan un amplio rango de nichos ecológicos. Su éxito al invadir y utilizar todos los ambientes acuáticos disponibles, se deben a las variadas adaptaciones morfológicas y fisiológicas de sus especies como respuesta a las exigencias propias de cada tipo de ecosistemas, como su alto grado de especiación en aguas suramericana, y donde el orden Characiformes constituye uno de los grupos con mayor abundancia de especies. Asimismo Turner *et al.* (2004) señalan que el género *Prochilodus* en Venezuela está representado por las especies *Prochilodus mariae*, *P. reticulatus* y *P. rubrotaeniatus*.

Román (1993) indican que actualmente el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) es una de las especies con mayor grado de vulnerabilidad en la cuenca del río Magdalena en Colombia, por su gran aporte a la pesca comercial y de consumo. En la actualidad su situación es supremamente alarmante, pues se estima que los volúmenes de captura se han reducido en un 90% en los últimos 25 años, al igual que la talla media de captura, y

es evidente que la sobrepesca es el principal factor que ha incidido en la drástica disminución de los volúmenes de pesca.

Albertson y Kocher (2001) indica que cada especie puede tener un alto rango de variación morfológica que se sobrepone con características de otras especies; sin embargo, las divergencias frecuentemente son más grandes entre individuos de la misma especie que entre individuos de especies cercanas de la misma comunidad. Esa diferenciación morfológica está correlacionada con diferentes características fisiológicas, ecológicas y etológicas. Sin embargo, poco se conoce del efecto de los factores ambientales sobre esa diferenciación en poblaciones de especies. Fermon (1998) afirma que para este propósito, los caracteres morfométricos han sido utilizados para cuantificar la variación ecológica e identificar y explicar procesos adaptativos de especies y poblaciones.

Rohlf (1990) indica que la morfometría es la técnica para la descripción cuantitativa y el análisis e interpretación tanto de los morfos, como de la variación de los morfos. Por su parte Leiva (2005) a su vez señala que es un método cuantitativo que se basa en la realización de mediciones de algún segmento del cuerpo, que utiliza principalmente los conceptos de forma y tamaño.

El trabajo pretende determinar las diferencias morfométricas entre las especies del género *Prochilodus* presentes en las cuencas de los ríos Orinoco, Magdalena y Lago de Maracaibo al norte del continente suramericano (*Prochilodus mariae*, *P. magdalenae* y *P. reticulatus*), utilizando un análisis morfométrico multivariado, así como corroborar cuáles especies del género se están cultivando en los Llanos Occidentales de Venezuela.

JUSTIFICACIÓN

Los peces del género *Prochilodus* representan las más altas biomásas en las pesquerías continentales suramericanas. En Venezuela Las especies *Prochilodus mariae* y *Prochilodus reticulatus* representan las especies más importantes en las pesquerías comerciales del las cuencas del río Orinoco y del Lago de Maracaibo respectivamente (Mago-Leccia 1972).

En los últimos años se le ha dado un impulso al cultivo del coporo *Prochilodus mariae* en la extensa región de los Llanos Occidentales de Venezuela, principalmente bajo la modalidad de policultivo con las cachamas (*Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus* e híbrido *Colossoma x Piaractus*). La cría en cautiverio podría en un mediano y largo plazo generar volúmenes apreciables y contribuir a la conservación de esta importante y emblemática especie comercial, minimizando la explotación de este valioso recurso en los ríos llaneros. No obstante a través de la actividad piscícola se podrían estar utilizando especies del género *Prochilodus* ajenas a la cuenca del río Orinoco y que podrían poner en peligro la integridad genética de las poblaciones naturales.

En Venezuela Existen dos posibilidades de entrada de especies foráneas a la cuenca del río Orinoco. Por un lado existe el potencial ingreso de la especie *Prochilodus reticulatus* desde el estado Zulia, a través de los estados Táchira, Mérida y Trujillo. Por el otro hay la posibilidad del ingreso de la especie *Prochilodus magdalenae*, especie endémica de la cuenca del río Magdalena en Colombia, a través de la extensa frontera de este país con los estados Táchira, Zulia y Apure.

Para evaluar la potencial presencia de estas especies foráneas o de híbridos de éstas con la especie *Prochilodus mariae*, es que se hará un reconocimiento morfológico de las tres especies y de ejemplares cultivados en la región, utilizando un análisis morfométrico multivariado, para detectar así, la presencia de especies distintas a *Prochilodus mariae* en los Llanos Occidentales de Venezuela.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

De acuerdo a la FAO (2006), Los peces y sus productos son uno de los alimentos más antiguos de la humanidad y es probablemente una de las fuentes mundialmente aceptadas de proteína de origen animal; además constituyen una fuente de divisas para muchos países, donde la acuicultura juega un papel decisivo. La misma fuente indica que la biodiversidad de América Latina ha estimulado múltiples programas de investigación y desarrollo de tecnologías de cría de especies nativas de la cuenca del Amazonas y en menor medida en latitudes australes; no obstante de las más de 20 especies nativas de reciente incorporación a programas de cría, la mayoría aún se encuentran en etapas muy tempranas de desarrollo tecnológico.

Hoogerhoud *et al.* (1983) y Albertson y Kocher (2001), indican que en los peces, cada especie puede tener un alto intervalo de variación morfológica que se sobreponen con características de otras especies; sin embargo, las divergencias frecuentemente son más grandes entre individuos de la misma especie, que entre individuos de especies cercanas de la misma comunidad.

Van der molen *et al.* (2007) señalan que los caracteres morfométricos y merísticos son complementarios en la diferenciación taxonómica de los peces, donde además se utiliza información de índole genética, etológica, fisiológica, ecológica y sistemática.

Rohlf (1971), afirma que la estadística multivariada permite explorar, evaluar, resumir e interpretar simultáneamente gran cantidad de variables y realizar comparaciones. Su principal aplicación se ha llevado a cabo en los campo de la ecología, taxonomía, sistemática y morfometría.

Adams *et al.* (2004) y Klingenberg y Monteiro (2005), mencionan que la morfometría es una de las herramientas fundamentales en el estudio de las ciencias biológicas y en la prueba de muchas hipótesis evolutivas, ya que permite cuantificar las variaciones, y

separar los componentes genético y ambiental de los caracteres morfométricos examinado.

Wedler (1996) evaluó la eficacia del análisis morfométrico multivariado aplicado en poblaciones de tilapia roja en el norte de Colombia.

Valenzuela *et al.* (1999) utilizaron un análisis de los componentes principales en la evaluación de células sanguíneas del róbalo (*Eleginops maclovinus*), concluyendo que es una especie genéticamente poco variable en las áreas del centro y sur de Chile.

Carreto *et al.* (1995), realizaron estudios de caracteres morfométricos o merísticos de la anchoíta (*Engraulis anchoita*), dentro de su área de distribución en la plataforma argentina y determinaron la existencia de dos grupos de poblaciones, una bonaerense al norte y otra patagónica al sur del país.

Rincón *et al.* (2007) realizaron un estudio de laboratorio para cuantificar la relación entre la variación en la forma del cuerpo y el éxito de captura de presas en cuatro especies de carpa de alimentación de deriva, a través de técnicas de morfométricas y demostraron que la forma del cuerpo influye directamente en el éxito de captura. Esto indica que las técnicas de morfometría son adecuadas para la generación de información tanto morfológica como ecológica.

Borges (2009) aplicó un análisis morfométrico multivariado en el estudio de la ontogenia del coporo (*Prochilodus mariae*) en ambientes lénticos, donde demuestran la existencia de una fuerte variación alométrica, donde la diferencia más significativa se encuentra asociada a la longitud de los peces.

Strauss y Bookstein (1982) indica que la metodología más utilizada para describir la morfología de un pez a partir de un sistema de caracteres morfométricos es el protocolo de cerchas ("truss protocol"). La misma fuente señala que el método consiste en un sistema de medidas de distancias verticales, horizontales y oblicuas entre puntos anatómicos preseleccionados, los cuales están identificados sobre la base de caracteres morfológicos escogidos para dividir el cuerpo en unidades funcionales.

Rahel (2000) indica que cada especie invasora tiene un espectro diferente de impactos, dependiendo del ecosistema que invada y estos impactos pueden ser causados por

distintas especies y dependerá del grado de afinidad con las especies nativas. El mayor impacto lo generarán aquellas especies que componen grupos funcionales no representados en la comunidad, puesto que estarán implicadas en una magnitud muy distinta en los procesos del ecosistema. Las introducciones a través de los múltiples estudios realizados, casi siempre han eliminado especies nativas y/o reducido la biodiversidad, más aún cuando lo que se introduce son especies cosmopolitas, lo cual siempre acarrea consecuencias sobre las especies endémicas.

Fargione *et al.* (2004) señala que las introducciones y las translocaciones han generado dos corrientes para su valoración, a saber la biológica y la económica, que poseen a su vez dos posiciones; la que pretende demostrar sus bondades y la que presume impactos biológicos y económicos negativos. Bajo cualquier óptica, lo demostrable es que en la mayoría de los casos y en aras de la rentabilidad económica, son un componente significativo muy importante del cambio medioambiental y una causa muy importante de pérdida de la diversidad biológica.

Beveridge (1996) considera que hoy en día los peces introducidos pudieron estar sujetos a programas de selección genética o incluso pueden tratarse de organismos transgénicos, por lo cual, existen recelos en cuanto al potencial de hibridación con poblaciones naturales de las mismas especies. Por otra parte, estos organismos liberados, masivamente, pueden ocasionar efectos potencialmente negativos a la ictiofauna local.

BASES TEÓRICAS.

Descripción de las especies.

Según Castro y Vari (2003) *Prochilodus mariae* (Figura 1) se clasifica de la siguiente manera:

- Reino: Animalia
- Phylum: Chordata
- Clase: Actinopterygii
- Orden: Characiformes
- Familia: Prochilodontidae
- Género: *Prochilodus*
- Especie: *Prochilodus mariae*
- Nombre común: Coporo.



Figura 1. Ejemplar adulto de coporo (*Prochilodus mariae*).

De acuerdo a Castro y Vari (2003) *Prochilodus reticulatus* (Figura 2) se clasifica de la siguiente manera:

- Reino: Animalia
- Phylum: Chordata
- Clase: Actinopterygii
- Orden: Characiformes
- Familia: Prochilodontidae
- Género: *Prochilodus*
- Especie: *Prochilodus reticulatus*

- Nombre común: Bocachico de Maracaibo.



Figura 2. Ejemplar adulto del bocachico de Maracaibo (*Prochilodus reticulatus*).

Galvis *et al.* (2005) clasifican a *Prochilodus magdalenae* (Figura 3) de la siguiente manera:

- Reino: Animalia
- Phylum: Chordata
- Clase: Actinopterygii
- Orden: Characiformes
- Familia: Prochilodontidae
- Género: *Prochilodus*
- Especie: *Prochilodus magdalenae*
- Nombre común: Bocachico del Magdalena.



Figura 3. Ejemplar adulto del bocachico del Magdalena (*Prochilodus magdalenae*).

Morfología.

Gardner *et al* (1989) Estudio de la forma y estructura de un organismo o sistema, así como también de las transformaciones que los seres orgánicos van sufriendo como consecuencia del paso del tiempo.

Morfometría.

Sierraalta (2008), es una técnica que se utiliza para la descripción cuantitativa, análisis e interpretación, tanto de los morfos como de la variación de los mismos, esta presume la existencia de relaciones cuasilineales entre los caracteres morfológico.

Morfometría Geométrica.

Van Der Molen *et al* (2007), es la aplicación de la estadística multivariada que investiga a profundidad los cambios en forma y tamaño de los objetos a fin de evaluar patrones distribucionales, evolutivos, filogenéticos entre otros.

Análisis Discriminantes.

Tapia (2007), es una técnica estadística capaz de decir qué variables permiten diferenciar a los grupos y cuántas de estas variables son necesarias para alcanzar la mejor clasificación posible. La pertenencia a los grupos, conocida de antemano, se utiliza como variable dependiente (una variable categórica con tantos valores discretos como grupos). Las variables en las que se supone que se diferencian los grupos se utilizan como variables independientes o variables de clasificación (también llamadas variables discriminantes). Deben ser variables cuantitativas continuas o, al menos, admitir un tratamiento numérico con significado. El objetivo del análisis discriminante es encontrar la combinación lineal de las variables independientes que mejor permita diferenciar (discriminar) a los grupos. Una vez encontrada esa combinación (la función discriminante) podrá ser utilizada para clasificar nuevos casos. Se trata de una técnica de análisis multivariante que es capaz de aprovechar las relaciones existentes entre una gran cantidad de variables independientes para maximizar la capacidad de discriminación.



Métodos de Cerchas.

Consiste en la unión de los hitos homólogos determinados en el cuerpo de los ejemplares para formar una figura de líneas extendida sobre su perfil. Se calculan las distancias de las variables que conforman las cerchas, a partir de las coordenadas cartesianas de cada punto homólogo (González y López-Rojas 2002).

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

General.

Identificar especies del género *Prochilodus* mediante el uso del análisis morfométrico multivariado.

Específicos:

Aplicar los métodos de análisis morfométrico multivariado a tres especies del género *Prochilodus* del norte de Suramérica.

Establecer las diferencias morfológicas que definen a las tres especies del género *Prochilodus* analizadas.

Determinar que especies del género *Prochilodus* se están criando a través de la piscicultura en la Apuroquia.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

ÁREA DE ESTUDIO

Para el abordaje de la investigación es necesario determinar su naturaleza, la población, los instrumentos, el diseño y las fases de ejecución.

El estudio se realizó en la sede de la Colección Ictiológica del Museo de Ciencias Naturales de Guanare (MCNG) ubicada en el Edificio del Biocentro de la UNELLEZ en Mesa de Cavacas, estado Portuguesa.

Se analizaron 10 ejemplares de *Prochilodus mariae* depositados en el MCNG y colectados en 02 de septiembre de 1981 en el estado Guárico, 10 ejemplares de *Prochilodus reticulatus* depositados en el MCNG y colectados en diferentes localidades 3 ejemplares en el río Catatumbo del estado Zulia 00/00/2006, 4 ejemplares colectados el 30 de julio de 1975 en Caño de la vía de guacamaya a Quiroz en Venezuela- Zulia, 2 ejemplares el 11 de octubre de 1981 en la zona carbonífera de alto río de guazare en Venezuela-Zulia, 1 ejemplar el 26 de enero 1980 en el río palmar en Venezuela -Zulia. En lo que respecta a la especie *Prochilodus magdalenae* se analizaron 7 ejemplares depositados en la Colección de Peces del Museo de Biología (MBUCV) de la Universidad Central de Venezuela, de los cuales 2 fueron colectados el 11 de julio de 1966 en la Ciénaga de Amajaguebo en el Departamento del Atlántico, Colombia, y 3 ejemplares capturados el 14 de agosto de 1966 en la ciénaga de Sura del río Magdalena, cerca del poblado de San Luis en Colombia.

También se analizaron ejemplares cultivados en los llanos del estado Portuguesa. Un lote de 7 ejemplares precedentes de la Estación Local Papelón del INIA, en Papelón, estado Portuguesa, y un lote de 10 de ejemplares criados en la Finca Tierra Santa del municipio Guanare, estado Portuguesa.

METODOLOGÍA.

Tipo de Investigación.

a) Nivel de la investigación.

De acuerdo a Arias (2006) la presente investigación según su nivel se clasifica como descriptiva que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a profundidad de los conocimientos se refiere. Dentro del nivel de investigación descriptiva, se clasifica a su vez, como una investigación correlacionar, donde su finalidad es determinar el grado de relación o asociación (no causal) existente entre dos o más variables. En estos estudios, primero se miden las variables y luego, mediante pruebas de hipótesis correlacionales y la aplicación de técnicas estadísticas, se estima la correlación. Aunque la investigación correlacionar no establece de forma directa relaciones causales, puede aportar indicios sobre las posibles causas de un fenómeno.

b) Diseño de la investigación.

De acuerdo a Tamayo y Tamayo (2001) se trata de un diseño de campo, ya que los datos se recogen directamente de la realidad, por lo cual se denominan primarios; su valor radica en que permite cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos, lo cual facilita su revisión o modificación en caso de surgir dudas. Dentro del diseño de campo tenemos varios tipos: Diseño de encuesta, diseño estadístico, diseño de casos, diseño experimental y diseño *ex post facto*. La presente investigación encuadra en el diseño estadístico, donde el investigador efectúa mediciones para determinar los valores de una variable o de un grupo de variables. De acuerdo al propósito está investigación se considera aplicada, que Arias (2006) define como aquella que va encaminada a la solución de problemas prácticos.

c) Tamaño de la muestra.

Para que el análisis discriminante sea representativo requiere de un tamaño de muestra entre 10 y 25 especímenes por grupo. Las especies *Prochilodus mariae* y *Prochilodus reticulatus* y los ejemplares cultivados en Guanare, cumplieron con esta premisa. No así

la especie *Prochilodus magdalenae* (5 ejemplares) y el lote cultivo en Papelén (7 ejemplares):

1. Establecer los puntos homólogos utilizados en la evaluación morfométrica de las cinco especies del género *Prochilodus*.

Los ejemplares se procesaron siguiendo el método de las cerchas. Se seleccionaron 14 puntos anatómicamente homólogos en el perfil lateral izquierdo de cada individuo, los cuales fueron ubicados en estructuras homólogas para describir la forma general del cuerpo; los puntos fueron marcados con alfileres metálicos con el fin mantener la precisión durante la toma de las medidas.

En la tabla 1 y en la figura 4, se muestran los puntos homólogos que se seleccionaron para el estudio de la morfometría de las tres especies del género *Prochilodus* y de los dos lotes de ejemplares cultivados en el estado Portuguesa.

Tabla 1. Puntos homólogos seleccionados para el estudio morfológico de las especies del género *Prochilodus*.

| Puntos | Ubicación |
|--------|-------------------------------------|
| A | Borde del hocico |
| B | Borde anterior del surco epifisial |
| C | Borde posterior del surco epifisial |
| D | Borde anterior de la aleta dorsal |
| E | Borde posterior de la aleta dorsal |
| F | Borde posterior de la aleta adiposa |
| G | Proceso hipural |
| H | Borde posterior de la aleta anal |
| I | Borde anterior de la aleta anal |
| J | Inserción de la aleta pélvica |
| K | Inserción de la aleta pectoral |
| L | Articular |
| M | Borde anterior de la órbita |
| N | Borde posterior de la órbita. |

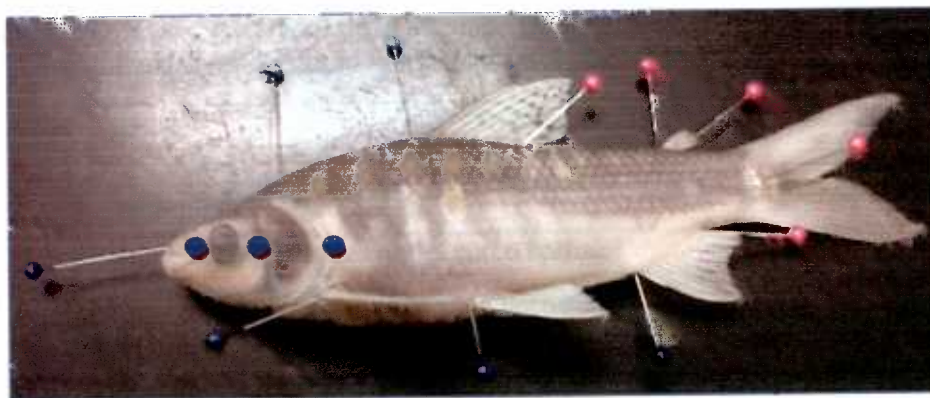


Figura 4. Ubicación de los puntos homólogos en un individuo de *Prochilodus mariae*

2. **Cuantificar las variables del patrón de cerchas a utilizar en la evaluación morfométrica de las especies del género *Prochilodus*.**

Mediante el diseño de cerchas (Figura 5) se consideraron veinticuatro variables, las cuales fueron medidas en cada uno de los individuos. Las medidas se tomaron con un vernier mecánico de 0,01 mm precisión. La tabla 2, muestra cada una de las distancias medidas en el perfil lateral izquierdo de los peces.

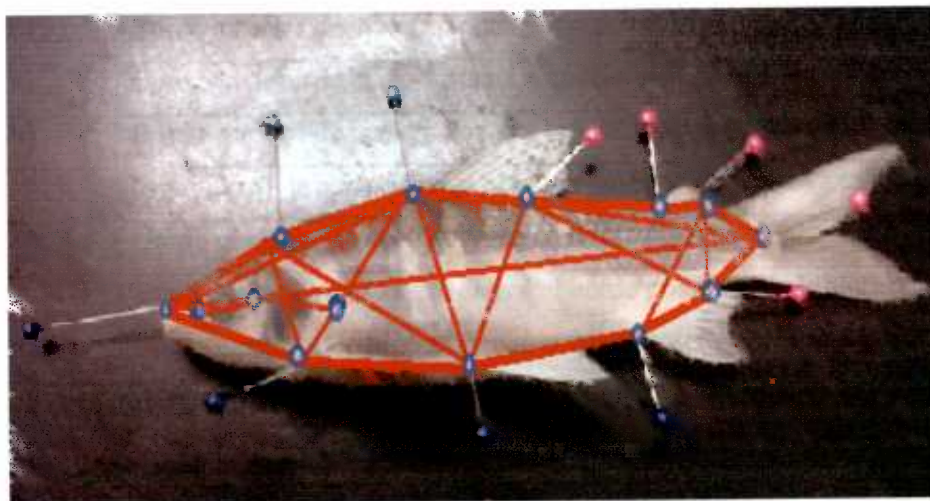


Figura 5. Patrón de cerchas mostrando las 24 variables en un individuo de *Prochilodus mariae*.

Tabla 2. Distancia generadas de la unión de los puntos homólogos o variables utilizadas en el estudio morfológico del género *Prochilodus*.

| Puntos | Distancias |
|--------|---|
| 1 | Largo estándar o patrón |
| 2 | Hocico al borde anterior del surco epifisial |
| 3 | Hocico a la inserción de la aleta pectoral |
| 4 | Borde anterior del surco epifisial al borde posterior del surco epifisial |
| 5 | Borde anterior del surco epifisial a la inserción de la aleta pectoral |
| 6 | Borde anterior del surco epifisial al articular |
| 7 | Articular a la inserción de la aleta pectoral |
| 8 | Borde posterior del surco epifisial al borde anterior de la aleta dorsal |
| 9 | Borde posterior del surco epifisial a la inserción de la aleta pélvica |
| 10 | Borde posterior del surco epifisial a la inserción de la aleta pectoral |
| 11 | Borde posterior del surco epifisial al articular |
| 12 | Inserción de la aleta pectoral a la inserción de la aleta pélvica |
| 13 | Base de la aleta dorsal |
| 14 | Borde anterior de la aleta dorsal al borde anterior de la aleta anal |
| 15 | Borde anterior de la aleta dorsal a la inserción de la aleta pélvica |
| 16 | Borde anterior de la aleta dorsal a la inserción de la aleta pectoral |
| 17 | Inserción de la aleta pélvica al borde anterior de la aleta anal |
| 18 | Borde posterior de la aleta dorsal al borde posterior de la aleta adiposa |
| 19 | Borde posterior de la aleta dorsal al borde posterior de la aleta anal |
| 20 | Borde posterior de la aleta dorsal al borde anterior de la aleta anal |
| 21 | Borde posterior de la aleta dorsal a la inserción de la aleta pélvica |
| 22 | Base de la aleta anal |
| 23 | Borde posterior de la aleta adiposa al proceso hipural |
| 24 | Borde posterior de la aleta adiposa al borde posterior de la aleta anal |

- 3. Realizar un análisis discriminante con el fin de establecer un modelo matemático que permita diferenciar morfológicamente las especies estudiadas.**

Se aplicó un análisis discriminante con la finalidad de generar funciones canónicas discriminantes que permitan diferenciar morfológicamente a las cinco especies estudiadas.

El análisis estadístico se realizó con la ayuda del software estadístico SPSS versión 16.0.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 24 variables morfológicas inicialmente medidas, el análisis discriminante por selección “stepwise” seleccionó 7 variables que son las que permiten separar o discriminar a las cinco especies estudiadas. En la tabla 3 y la figura 7, se muestran las siete variables seleccionadas por el modelo. Las variables borde posterior de la aleta adiposa al complejo hipural, complejo hipural al borde anterior de la aleta anal y borde anterior de la aleta adiposa al complejo hipural, también son reportadas como discriminantes en la evaluación morfométrica realizada por Durán *et al.* (2011) y Yépez *et al.* (2012) en un estudio morfométrico del híbrido cachamoto y sus parentales (*Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus*).

Tabla 3. Variables que discriminan a las cinco especies del género *Prochilodus* evaluadas.

| Nº | Variable | Tolerancia |
|----|---|------------|
| 2 | Borde anterior del surco epifisial al proceso supraoccipital | 0,328 |
| 6 | Borde posterior de la aleta adiposa al complejo hipural | 0,420 |
| 7 | Complejo hipural al borde anterior de la aleta anal | 0,283 |
| 9 | Borde posterior de la aleta anal a la inserción de la aleta pélvica | 0,136 |
| 18 | Proceso supraoccipital al borde posterior de la aleta anal | 0,133 |
| 20 | Borde anterior de la aleta dorsal al borde posterior de la aleta anal | 0,144 |
| 23 | Borde anterior de la aleta adiposa al proceso hipural | 0,831 |

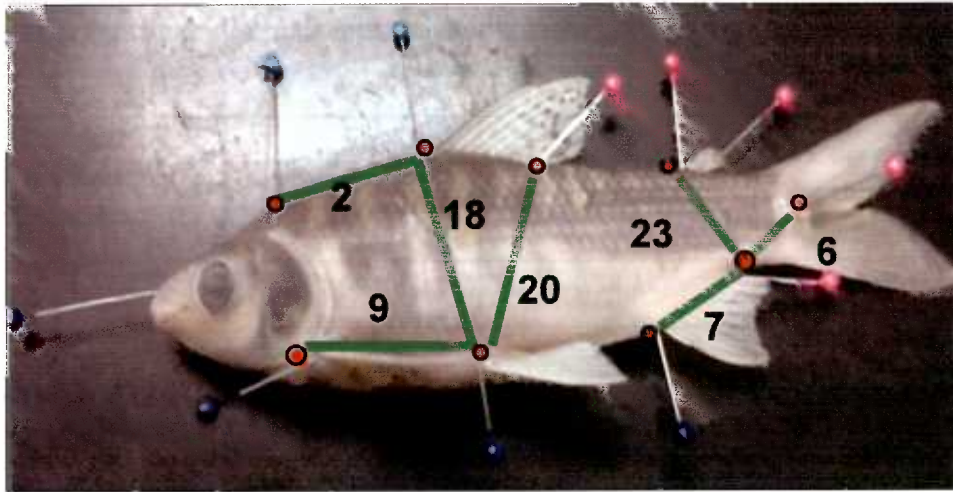


Figura 6. Ubicación de las variables que discriminan las especies evaluadas.

En la tabla 4 se muestran las cuatro funciones discriminantes canónicas y las estadísticas relacionadas del modelo matemático que permite la discriminación de las cinco especies del género *Prochilodus* estudiadas. Se puede apreciar que la primera función explica el 58,1% de la variabilidad morfológica de estas especies, mientras que la segunda y tercera función explican el 32,7% y el 8,9% respectivamente. Así mismo, las correlaciones canónicas de las tres primeras funciones discriminantes son altas (0,961; 0,933 y 0,805 respectivamente), lo que indica que existe una alta correlación de las variables incluidas en el modelo con las funciones mencionadas. La cuarta función discriminante tiene asociada una correlación baja (0,230) en comparación con las anteriores, por lo cual se sugiere el uso de las tres primeras funciones discriminantes, ya que son las que explican el mayor porcentaje de variabilidad morfológica de las cinco especies del género *Prochilodus* consideradas en el estudio.

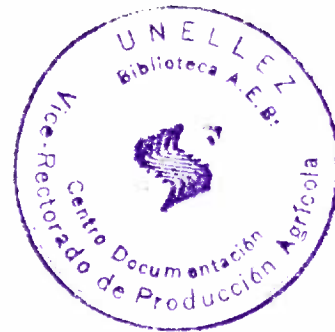


Tabla 4. Funciones discriminantes canónicas incluidas en el análisis y estadísticas relacionadas

| Función Discriminante Canónica | Autovalores | % Varianza explicada | Correlación canónica |
|---------------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 11,994 a | 58,1 | 0,961 |
| 2 | 6,758 a | 32,7 | 0,933 |
| 3 | 1,847 a | 8,9 | 0,805 |
| 4 | 0,056 a | 0,3 | 0,230 |

La tabla 5 muestra la ubicación de los centroides de los cinco grupos evaluados del género *Prochilodus* en cada una de las funciones discriminantes. Se aprecia que la primera función discrimina a la especie *Prochilodus mariae* de las demás especies ya que su centroide (5,331) se ubica en la parte positiva. La segunda función discriminante permite diferenciar a los ejemplares criados en la Estación de Papelón, ya que su centroide (4,683) se ubica en la parte positiva. Finalmente, la tercera función discriminante permite diferenciar a *Prochilodus magdalenae*, cuyo centroide (3,056) se ubica de la misma manera en la parte positiva. El modelo matemático no permite discriminar a los ejemplares criados en la Finca Tierra Blanca del municipio Guanare y a la especie *Prochilodus reticulatus*.

Tabla 5. Valor de los centroides en las funciones discriminantes para las especies evaluadas.

| Especie | Función | | |
|----------------------------------|---------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| <i>Prochilodus mariae</i> | 5,331 | -1,238 | 0,589 |
| Especie criada en Guanare | -3,096 | -2,546 | -0,479 |
| <i>Prochilodus reticulatus</i> | -0,846 | -0,362 | -0,897 |
| Especie criada en Papelón | 0,396 | 4,683 | -1,058 |
| <i>Prochilodus magdalenae</i> | -3,330 | 1,736 | 3,056 |

En la tabla 6 se muestran los resultados de los coeficientes estandarizados. Se observa que la primera función discriminante, la de mayor capacidad explicativa, atribuye las mayores ponderaciones a la distancia desde el borde posterior de la aleta anal a la inserción de la aleta pélvica (2,276) y a la distancia desde el proceso supraoccipital al borde posterior de la aleta anal (-1,562). En tal sentido, dado que esta primera función permite discriminar a los ejemplares de *Prochilodus mariae*, cuyo centroide (5,331) es positivo, se puede interpretar que peces con una mayor distancia desde el borde posterior de la aleta anal a la inserción de la aleta pélvica y una menor distancia desde el Proceso supraoccipital al borde posterior de la aleta anal serán identificados como ejemplares de *Prochilodus mariae*. Por otro lado, la segunda función discriminante atribuye las mayores ponderaciones a la distancia desde el complejo hipural al borde anterior de la aleta anal (0,852) y a la distancia desde el borde anterior de la aleta dorsal al borde posterior de la aleta anal (-0,473). Así pues, dado que esta segunda función permite discriminar a los ejemplares cultivados en la Estación de Papelón, cuyo centroide (4,683) es positivo, se puede inferir que peces con una mayor distancia desde el complejo hipural al borde anterior de la aleta anal y una menor distancia desde el borde anterior de la aleta dorsal al borde posterior de la aleta anal serán identificado

como ejemplares provenientes de la Estación de Papelón. Finalmente, la tercera función discriminante atribuye la mayor ponderación a la distancia desde el borde posterior de la aleta adiposa al complejo hipural, cuyo coeficiente estandarizado es de 0,904 y a la distancia desde el complejo hipural al borde anterior de la aleta anal (-0,825). De esta manera, dado que esta última función permite distinguir a los ejemplares de *Prochilodus magdalenae*, cuyo centroide (3,056) se ubica en la parte positiva, se puede decir que peces con una mayor distancia desde el borde posterior de la aleta adiposa al complejo hipural y una menor desde el complejo hipural al borde anterior de la aleta anal serán identificados como ejemplares de *Prochilodus magdalenae*. No obstante, se puede inferir que existe una potencial confusión morfológica entre los ejemplares criados en una Finca Tierra Buena del municipio Guanare y la especie *Prochilodus reticulatus*.

Tabla 6. Coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónicas.

| Nº | Variable | Coeficientes estandarizados | | |
|----|---|-----------------------------|-----------|-----------|
| | | Función 1 | Función 2 | Función 3 |
| 2 | Borde anterior del surco epifisial al Proceso supraoccipital | 1,357 | -0,172 | 0,498 |
| 6 | Borde posterior de la aleta adiposa al proceso hipural | 0,560 | -0,223 | 0,904* |
| 7 | Proceso hipural al borde anterior de la aleta anal | -0,926 | 0,852* | -0,825* |
| 9 | Borde posterior de la aleta anal a la inserción de la aleta pélvica | 2,276* | 0,656 | -0,605 |
| 18 | Proceso supraoccipital al borde posterior de la aleta anal | -1,562* | 0,041 | -0,598 |
| 20 | Borde anterior de la aleta dorsal al borde posterior de la aleta anal | -1,397 | -0,473* | 0,786 |
| 23 | Borde anterior de la aleta adiposa al proceso hipural | 0,208 | 0,597 | 0,604 |

La Tabla 7 muestra los resultados de la clasificación morfológica de las especies del género *Prochilodus*. En esta se puede observar que el análisis discriminante clasificó correctamente el 97,6% de los peces, lo cual, comparado con el 20% esperado en una clasificación completamente al azar de cinco grupos de peces, puede interpretarse como un buen resultado. De igual forma, los errores de clasificación no se distribuyen de manera simétrica. En tal sentido, en los ejemplares de *Prochilodus mariae*, de los criados en Guanare, de *Prochilodus reticulatus* y de *Prochilodus magdalенаe* se consigue el porcentaje de clasificación correcta más alto (100%), frente a un 85,7% en el grupo de peces criados en la Estación de Papelón. De esta manera, con base en estos porcentajes de clasificación del género de *Prochilodus*, se puede inferir que los ejemplares de *Prochilodus mariae*, los criados en Guanare y los de *Prochilodus magdalенаe* se diferencian morfológicamente entre sí, mientras que los peces provenientes de la Estación de Papelón y los ejemplares de *Prochilodus reticulatus* tienden a confundirse.

Tabla 7. Matriz de confusión para la clasificación morfológica de los ejemplares del género *Prochilodus*.

| | | Especies | Grupo de pertenencia pronosticado | | | | | Total |
|--|----------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|-------|
| | | | <i>Prochilodus mariae</i> | Peces de Guanare | <i>Prochilodus reticulatus</i> | Peces de Papelón | <i>Prochilodus magdalенаe</i> | |
| Original | Recuento | <i>Prochilodus mariae</i> | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | Peces de Guanare. | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | <i>Prochilodus reticulatus</i> | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 |
| | | Peces de Papelón | 0 | 0 | 1 | 6 | 0 | 7 |
| | | <i>Prochilodus magdalенаe</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 |
| | % | <i>Prochilodus mariae</i> | 100,0 | 0,0 | ,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| | | Peces de Guanare. | 0,0 | 100,0 | ,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| | | <i>Prochilodus reticulatus</i> | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| | | Peces de Papelón | 0,0 | 0,0 | 14,3 | 85,7 | 0,0 | 100,0 |
| | | <i>Prochilodus magdalенаe</i> | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 100,0 |
| Clasificados correctamente el 97,6% de los casos agrupados originalmente | | | | | | | | |

En la figura 7 se puede observar el diagrama de dispersión de todos los ejemplares analizados del género *Prochilodus*, sobre el plano definido por la primera y segunda función discriminante canónica. Se puede apreciar que la primera función discriminante (eje vertical), permite diferenciar a los ejemplares de *Prochilodus mariae* del resto de las especies. La segunda función discriminante (eje horizontal) permite diferenciar claramente a los ejemplares criados en la Estación de Papelón de los criados en Guanare, y existe un ligero solapamiento entre los ejemplares cultivados en Papelón y las especies *Prochilodus reticulatus* y *Prochilodus magdalenae*, así como entre los ejemplares criados en Guanare y la especie *Prochilodus reticulatus*. Cabe destacar que la especie mejor definida en el diagrama es *Prochilodus mariae*.

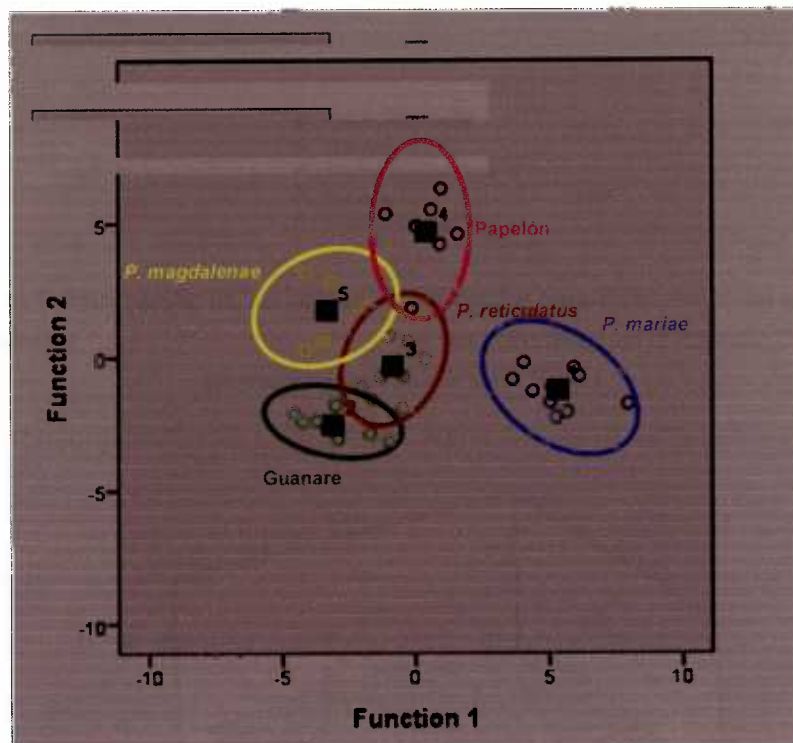


Figura 7. Diagrama de dispersión de los cuatro grupos en las dos primeras funciones discriminantes canónicas.

En las figuras 8 y 9 se puede observar gráficos de dispersión en 3D, que hace ver con mejor claridad las funciones estudiadas, y donde la mayoría de los cinco grupos mencionado no tienden a solaparse. Por lo que puede afirmarse que el uso exclusivo de

gráficos en dos dimensiones puede tendan a generar confusiones a la hora de analizar los resultados.

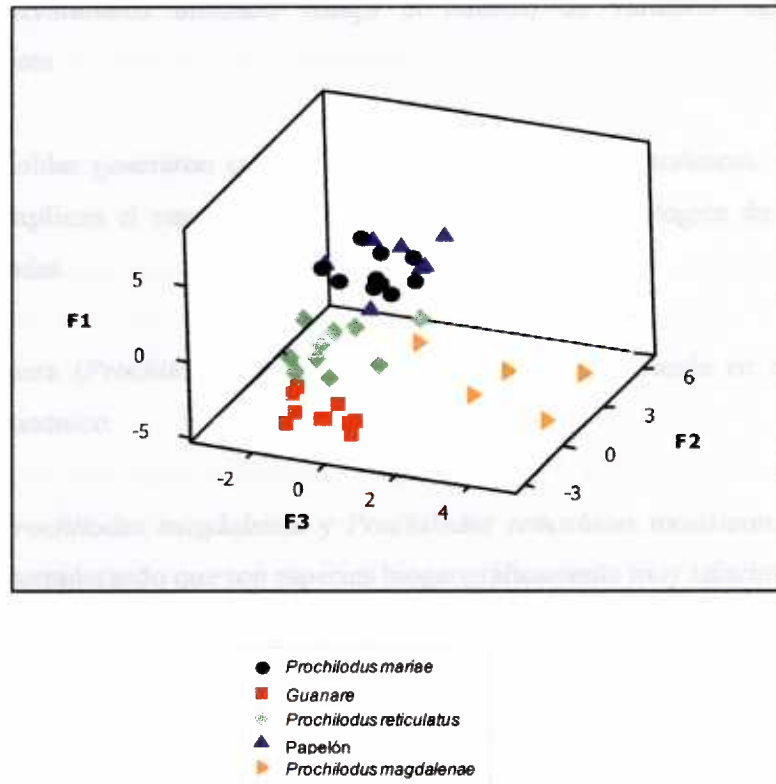


Figura 8. Proyección de los scores morfológicos para ejemplares del género *Prochilodus* y sus parentales en el espacio canónico tridimensional (CP1*CP2*CP3).

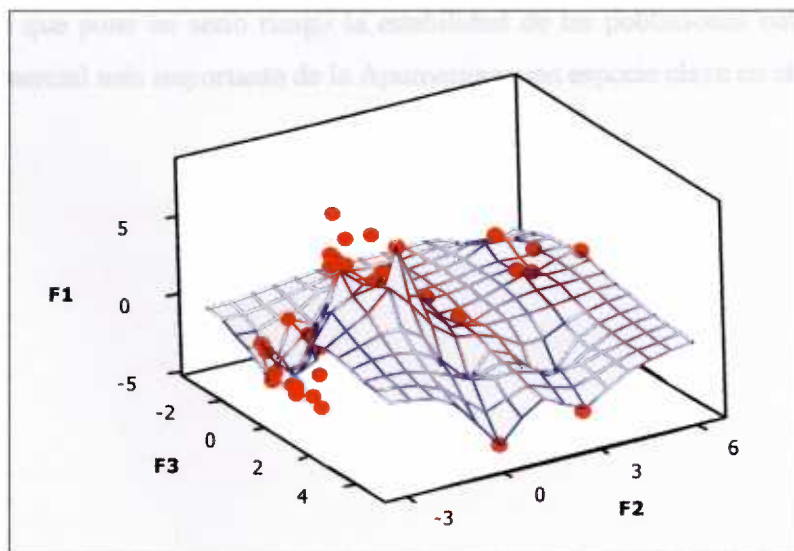


Figura 9. Hiperplano formado por tres componentes principales (CP1*CP2*CP3)

CONCLUSIONES

El análisis discriminante utilizado redujo el número de variables iniciales de veinticuatro a siete.

Estas siete variables generaron cuatro funciones discriminantes canónicas, donde las tres primeras explican el mayor porcentaje de variabilidad morfológica de las cinco especies estudiadas.

La especie llanera (*Prochilodus mariae*) aparece claramente definida en el análisis discriminante canónico.

Las especies *Prochilodus magdalenae* y *Prochilodus reticulatus* mostraron un ligero solapamiento, considerando que son especies biogeográficamente muy relacionadas.

Las especies evaluadas provenientes de criaderos en la Apuroquia no corresponden a ninguna de las tres especies analizadas. Probablemente se trate de híbridos, donde en los cruces, al menos puede estar involucrada la especie de Maracaibo (*Prochilodus reticulatus*) dada la mayor afinidad hacia esa especie.

El trabajo demostró que no hay control sobre la cría del coporo llanero (*Prochilodus mariae*), lo que pone en serio riesgo la estabilidad de las poblaciones naturales de la especie comercial más importante de la Apuroquia y una especie clave en el ecosistema llanero.

RECOMENDACIONES

Incrementar el tamaño de la muestra para lograr una mayor eficiencia en el análisis morfológico de las especies del género *Prochilodus*, consideradas en este estudio.

Realizar un estudio más exhaustivo de los ejemplares cultivados en la Apuroquia y de los planteles de reproductores en los entes productores de alevines, ya que probablemente se están criando ejemplares exógenos a la cuenca y probablemente se están hibridando por desconocimiento ejemplares de varias especies del género *Prochilodus* sin ningún tipo de control.

Dar a conocer esta investigación a los entes reguladores de la pesca y la piscicultura, ya que se están introduciendo sin ningún control ejemplares de especies exógenas a la Orinoquia, probablemente a través de la frontera con Colombia y desde el estado Zulia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Adams, D.C., F. J. Rohlf, F.J. and Slice, D.E. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the revolution. *Italian Journal of Zoology*. 71:5-16 pp
- Albertson, R.C. and Kocher, T.D. 2001. Assessing morphological differences in an adaptive trait: a landmark-based morphometric approach. *J. Exp. Zoo*. 289(6):385-403pp.
- Alcántara, B. 1990. Situación de la Piscicultura en la amazonía peruana y estrategia para su desarrollo. IIAP. 23 p.
- Arias, F. G. 2006. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. Editorial Episteme, Quinta edición, Caracas. 143 pp.
- Astua de Moraes, D. 2003. A morfometria geometrica e a "revolução na morfometria": localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. *Bioletim*. Año III. Número 3.
- Beveridge, M.C.M. (1996). *Cage Aquaculture*. Second Edition. Fishing News Book. Oxford. 346 pp.
- Borges, C. 2009. Comparación morfométrica en la ontogenia del coporo (*Prochilodus mariae*) en ambientes lénticos de la estación piscícola del municipio Papelón. Subproyecto Aplicación de Conocimientos. UNELLEZ, Guanare, Venezuela. 22 pp.
- Carreto; R.J.H. 1995: Spatial limitation of population size, the concentration hypothesis netheriands journal of sea distribution and survival of the toxic dinoflagellate gonyaulax excavate in anfrontal area. *Journal of plankton research* 8:15-28pp

- Castro, R.M.C. y R.P. Vari, 2003: Prochilodontidae (Fannel mouth characiforms). In: Reis S.O. Kullander and Ferraris, C.J. (Eds). Checklist of the freshwater fishes of south and central America. Porto Alegre, Brasil. 65-70.
- Durant, K.; Castillo, O. y Villegas, D. 2011. Evaluación morfométrica del híbrido cachamoto (Macho *Colossoma macropomum* x hembra *Piaractus brachypomus*) y sus parentales. XIX Jornadas Técnicas de Investigación, III de Postgrado y I Consejo Regional Universitario de Portuguesa. UNELLEZ, Vicerrectorado de Producción Agrícola, Guanare, estado Portuguesa, 17 y 18 de octubre de 2011. Resumen.
- FAO 2006. Comercio pesquero responsable y seguridad alimentaria. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006. Parte 3. En <http://www.fao.org>.
- Fargione, J., Stuart, F.C., Gretchen, C.D., Dirzo, R., Galetti, M., Gammill, B., Harwell, D., Kitzberger, T. and Laurence, W.F. 2004. Millennium ecosystem assessment. Conditions and trends assessment. Chapter 12: Biodiversity regulation of ecosystem services. UNEP-WCMC. U.K.
- Fermon, Y.C. 1998. Ecomorphological individual variation in a population of *Haplochromis nyererei* from the Tanzanian part of Lake Victoria. *J. Fish Biol.* 53: 66-83pp.
- Galvis, G., Villa, F., Vásquez, G. y Prada, S. 2005. peces de los Andes de Colombia. Catálogo de la Biodiversidad de Colombia. *Prochilodus magdalenae* 10: 22-23pp
- Gardner E, Grey DJ y O' Rahilly R. Anatomía 5ta ed. Mexico DF: Interamericana; 1989
- González, J. y López-Rojas, H. (2002) Morfología comparativa de ejemplares de *Astyanax bimaculatus* (Characiformes-Characidae) de la cuencas del río Orinoco y del Caribe, Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica* 22 (3-4):1-12pp.

- Hoogerhoud, R.J., Witt, C.F. and Barel, C.D.N. 1983. Ecological diverentiation of two closely resembling haplochromine species of Lake Victoria. *Netherlands Journal of Zoology*. 33: 337-341pp.
- Klingenberg, P.C. and Monteiro, L.R. 2005. Distances and directions in multidimensional shape spaces: Implications for morphometric applications. *Systematic Biology*. 54 (4): 678-688pp.
- Lasso, A., D. Lew, D. Taphorn, C. Donascimento, O. Lasso, F. Provenzano Y A. Machado – ALLISON. 2004. Biodiversidad ictiológica continental de Venezuela. Parte I. Lista de especies y distribución por cuencas. *Men, Fund. La Salle de Cs. Nat.* 159 – 160: 105 – 195pp. Vol. 44, 2010] Análisis de las Ontogenias de *Prochilodus mariae*
- Lasso Ca, Lew D, Taphorn D, Donascimento C, Lasso-Alcalá O, Provenzano F, *et al.* Biodiversidad ictiológica continental de Venezuela. Parte I. Lista de especies y distribución por cuenca. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*. 2003; LXIII (159-160):105-195pp.
- Leiva, M. (2005) Revisión taxonómica del género *Pimelodella*, Eigenmann & Eigenmann, 1888 (Pisces: Siluriformes: Heptapteridae) de la región transandina de Colombia. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 74 pp.
- Mago-Leccia F. 1972. Consideraciones sobre la sistemática de la familia Prochilodontidae (Osteichthyes, Cypriniformes), con una sinopsis de las especies de Venezuela. *Acta Biol. Venez.* 8:35-96.
- Mago-Leccia, F. 1978. Los peces de agua dulce de Venezuela. Cuadernos LAGOVEN, Caracas. 35 pp.
- Rahel, F. 2000. Homogenization of fish faunas across of United States. *Science*. 288: 854-856.

- Rincón, P., Bastir, M. y Grossman, G. 2007 Form and performance: body shape and prey-capture success in four drift-feeding minnows. Madrid, *Oecología*. 152:345-355pp.
- Robinson, B.W. and D.S. Wilson 1996. Genetic variation and phenotypic plasticity in a trophically polymorphic population of pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*). *Evol. Ecol.* 10:631-652pp.
- Rohlf, F.J. 1971. Perspectives on the application of multivariate statistics to taxonomy. *Taxon*. 20 (1): 85-90pp.
- Rohlf, F. 1990. Morphometrics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21: 299-316pp
- Román-Valencia C. Ciclo biológico del bocachico, *Prochilodus magdalenae* (Pisces: Prochilodontidae) en la cuenca del río Atrato, Colombia. *BRENESIA* 1993; (39-40): 59-70pp.
- Schultz, L.P. 1949. A further contribution to the ichthyology of Venezuela. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 99 (3235):1-125pp.
- Sierraalta, R. 2008. Diagnóstico y tratamiento de la multicolinealidad en la morfometría del coporo (*Prochilodus mariae*). UNELLEZ- Guanare, Subproyecto de Aplicación de Conocimientos. Guanare, Venezuela.
- Strauss, R.E. and Bond, C.E.. 1990. Taxonomic methods: morphology. 109-140. In: Moyle, P. and Schreck, C. (Eds) *Methods for fish biology*. American fisheries Society, Special Publication.
- Strauss, R. and Bookstein, F. 1982. The truss: body form reconstruction in Morphometrics. *Systematic Zoology*. 31: 113-135pp.
- Tapia, J. 2007. Introducción al análisis de datos multivariantes. Colecciones Docencia Universitaria. Editorial de la Universidad Ezequiel Zamora Barinas. Pp 1-3.
- Tamayo y Tamayo, M. 2001. El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa, S.A., México. 440 pp.

- Turner, T. F., M. V. Mcphee, P. Camprell Y K. O. Winermiller. 2004. Phylogeography and intraspecific genetic variation of prochilodontid fishes endemic to rivers of norther South América. (64): 186 – 201pp.
- Valenzuela, A., Silva, V. y Oyarzún, C. 1999. Caracterización cualitativa y cuantitativa de células sanguíneas de róbalo *Eleginops maclovinus* (Valenciennes, 1830) (Pisces, Eleginopsidae) en la desembocadura del río Biobío. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 34(2): 261-267pp.
- Van Der Molen, S., N. Martinez & Gonzalez. 2007. Introducción a la morfometría geométrica: curso teorico-practico. Centro nacional Patagonico. Universidad de Barcelona. 82 pp.
- Strauss, R.E. & C.E. BOND. 1990. Taxonomic methods: morphology. 109- 140 pp en: methods for fish biology (P Moyle and C. Schreck, eds). American fisheries Society, Special Publication.
- Wedler, E. 1996. El cultivo de la tilapia roja en lagunas costeras bajo condiciones de salinidad fluctuante: Experimentos de engorde intensivo en jaulas en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. En Curso y Seminario Internacional de Acuicultura. Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. 21-30.
- Yépez, I. Castillo O, Villegas,D 2012 EFECTO DEL SEXO DE LOS PARENTALES EN LA MORFOLOGÍA EXTERNA DEL HÍBRIDO CACHAMOTO (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*), Aplicación de Conocimientos UNELLEZ, Vicerrectorado de Producción Agrícola, Guanare, estado Portuguesa, junio de 2011. Resumen.

Zarate, M. y J. Martínez. 1985. Captura y esfuerzo pesquero presente en la cuenca del río Magdalena y su sistema de planos inundables durante la subienda de 1985 y estado actual de sus pesquerías. Informe técnico. Inderena, San Cristóbal (Bolívar).