

**ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LAS ESPECIES DE *Hyphessobrycon*
(CHARACIFORMES: CHARACIDAE) GRUPO *heterorhabdus* (GÉRY, 1977)
EN COLOMBIA**

**MELISSA IRENE GONZÁLEZ GARCÍA
DIANA XIMENA LOPERA ROMÁN**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
ARMENIA - QUINDÍO**

2009

**ANÁLISIS MORFOMETRICO DE LAS ESPECIES DE *Hyphessobrycon*
(CHARACIFORMES: CHARACIDAE) GRUPO *Heterorhabdus* (GÉRY, 1977)
EN COLOMBIA**

**MELISSA IRENE GONZÁLEZ GARCÍA
DIANA XIMENA LOPERA ROMÁN**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGA**

DIRECTOR

Dr. CARLOS A. GARCÍA-ALZATE

Docente-Investigador

Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías

Laboratorio de Ictiología

Programa de Biología

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

ARMENIA-QUINDÍO

2009

Nota de aceptación:_____

Firma del Jurado
Ph. D César Román-Valencia

Firma del Jurado
Dra. Raquel Iveth Ruiz-Calderón

Firma del Jurado
Jorge Hernán Patiño
Candidato M. SC – Doctorando

Firma del director del trabajo
Dr. Carlos Arturo García-Alzate

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos de Melissa Irene González García

A la vida por brindarme la oportunidad de culminar mis estudios de pregrado; a las personas que más amo en la vida mis padres Rosemberg González Gaviria y Lucelly García Buitrago y hermano Camilo González García por su apoyo incondicional durante todas las etapas de mi vida; a mi profesor y director Carlos Arturo García-Alzate por su paciencia, apoyo y efectiva orientación que me permitió culminar este trabajo, gracias por transmitirme sus conocimientos y por darme la oportunidad de trabajar a su lado. A mi amiga y compañera Dra. Raquel Ivveth Ruiz-Calderón (IUQ) por siempre estar disponible para brindarme asesorías, comentarios, sugerencias durante la realización de este trabajo, por enseñarme que “nunca nada es tan difícil” y por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias. Al Dr. César Román-Valencia (IUQ) por brindarme el espacio en el laboratorio para la realización de este trabajo, por sus sugerencias y comentarios. A mis amigas y compañeras Ana María Barrero Parra y Beatriz Elena Herrera Murcia (IUQ) por acompañarme durante todo este proceso, por su colaboración y apoyo, por siempre estar disponibles en los momentos más difíciles y siempre tener una palabra de aliento que me ayudara a seguir adelante, gracias por las experiencias vividas. A mi compañero Jorge Hernán Patiño (IUQ) por los comentarios y sugerencias realizadas durante las últimas fases de este trabajo.

Agradecimientos de Diana Ximena Lopera Román

A Luis Alberto; una persona muy especial para mí que no tuvo la oportunidad de compartir este instante conmigo; a Dios por brindarme la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa. Le agradezco a mis padres Mary Luz y Rubén Darío por apoyarme y creer en mí. A mis hermanos Elkin y Erika los cuales han estado a mi lado. A Lubeida y José Alberto, que mas que mis tíos son como mis padres y a los hermanos que me regalo la vida José Edilson y Jhon Maicol. A mi director Carlos A. García Alzate, a quien le debo querer lo que hago, además por compartir sus amplios conocimientos, por su paciencia y orientación. Al Dr. Cesar Román Valencia a quien admiro por su inteligencia y calidad humana, además de su nobleza y enseñanzas. A mis amigos y a todas aquellas personas que de alguna forma aportaron en mi formación y culminación de este trabajo.

INDICE

Lista de Tablas	8
Lista de Figuras	9
Resumen	14
Abstract	15
1. Introducción	16
2. Antecedentes	21
3. Metodología	
3.1 Acronimias.....	24
3.2 Material examinado.....	25
3.3 Captura de imágenes.....	30
3.4 Descripción de hitos homólogos.....	31
3.5 Análisis de cerchas (Box Truss).....	31
3.6 Análisis de morfometría geométrica.....	32
3.7 Relación entre forma y talla.....	33
3.8 Análisis de similitud.....	34

4. Resultados	
4.1 Deformaciones parciales y análisis TPS.....	35
4.2 Alometría multivariada y relación talla-forma.....	62
4.3 Análisis de componentes principales.....	63
4.4 Análisis de similitud.....	65
5. Discusión.....	66
6. Conclusiones.....	75
7. Recomendaciones.....	77
8. Referencias.....	78
9. Anexos.....	85

LISTA DE TABLA

- Tabla 1.** Coeficiente de variación alométrica para las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus*, presentes en Colombia. <0,97 alometría negativa, 0,971–1,03 isometría, >1,031 alometría positiva.....85
- Tabla 2.** Resultados del análisis de regresión multivariada de las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus*.....86

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia.....87
- Figura 2. a-** Vista lateral de *Hyphessobrycon ocaseensis*, 29 mm LE. Se muestran los hitos morfológicos que indican la posición de las estructuras biológicas comparadas en este estudio, los hitos 1-16 corresponden a los descritos en el texto. **b-** Alometría consenso de las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia. En rojo: alometría positiva, y en azul: alometría negativa.....88
- Figura 3.** *Hyphessobrycon agulha*. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 1 vs. 85. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala es 1,0.89
- Figura 4.** Láminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon agulha*. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.90
- Figura 5.** *Hyphessobrycon metae*. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 25 vs. 46. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala es 1,0.91

Figura 6. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon metae*. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.92

Figura 7. *Hyphessobrycon ocaseoensis*. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 2 vs. 61. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala es 1,0.93

Figura 8. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon metae*. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.94

Figura 9. *Hyphessobrycon poecilioides*. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 31 vs. 57. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala es 1,0.95

Figura 10. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon poecilioides*. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.96

Figura 11. *Hyphessobrycon proteus*. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 31 vs. 35. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes

U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala es 1,0.97

Figura 12. Láminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon proteus*. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.98

Figura 13. *Hyphessobrycon* sp. 1. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 22 vs. 64. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala es 1,0.99

Figura 14. Láminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon* sp. 1. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.100

Figura 15. *Hyphessobrycon* sp. 2. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 25 vs. 46. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala es 1,0.101

Figura 16. Láminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon* sp. 2. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.102

Figura 17. *Hyphessobrycon* sp. 3. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 25 vs. 46. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala es 1,0.103

Figura 18. Láminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon* sp. 3. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.104

Figura 19. Deformaciones parciales. **a-** *Hyphessobrycon diancistrus*. **b-** *Hyphessobrycon heterorhabdus*.105

Figura 20. Representación de los dos primeros componentes principales para todas las especies de *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia. *H. agulha* (+), *H. diancistrus* (x), *H. heterorhabdus* (□), *H. metae* (■), *H. ocaseensis* (◇), *H. poecilioides* (▲), *H. proteus* (Δ), *Hyphessobrycon* sp. 1 (▼), *Hyphessobrycon* sp. 2 (○) y *Hyphessobrycon* sp. 3 (*).....106

Figura 21. Representación de los dos primeros componentes principales para las especies del Magdalena/Alto Cauca: *H. proteus* (Δ), *H. poecilioides* (▲) y *H. ocaseensis* (◇).....107

Figura 22. Representación de los dos primeros componentes principales para las especies del alto Orinoco: *H. diancistrus* (X), *H. metae* (■) y *Hyphessobrycon* sp. 3 (*).....108

Figura 23. Representación de los dos primeros componentes principales para las especies del alto y medio Amazonas: *H. agulha* (+), *H. heterorhabdus* (□), *Hyphessobrycon* sp. 1 (♦) y *Hyphessobrycon* sp. 2 (○).....109

Figura 24. Representación de los dos primeros componentes principales para las especies en proceso de descripción: *Hyphessobrycon* sp. 1 (♦), *Hyphessobrycon* sp. 2 (○) y *Hyphessobrycon* sp. 3 (*).....110

Figura 25. Análisis clúster de las especies del genero *Hyphessobrycon*, grupo *heterorhabdus*, presentes en Colombia.....111

RESUMEN

Se realizó un análisis de morfometría geométrica para evaluar la disparidad morfológica de las especies de *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia. Se utilizaron 585 ejemplares, los cuales se analizaron bajo el método de las cerchas (Box-Truss) y el método de la placa delgada (TPS). Los resultados demostraron un solapamiento de formas y la conformación de dos grupos, el primero agrupó a *Hyphessobrycon poecilioides*, *H. proteus* y *H. ocaseoensis* dentro de las especies más robustas y *H. agulha*, *H. diancistrus*, *H. metae*, *Hyphessobrycon* sp. 1, *Hyphessobrycon* sp. 2 y *Hyphessobrycon* sp. 3 dentro de las delgadas y pequeñas. Las especies se diferenciaron en la profundidad del cuerpo (espina supraoccipital-Inicio de la aleta pectoral) y el perfil dorsal de la cabeza (hocico-espina supraoccipital). Todas las especies tienen crecimiento tipo alométrico y presentaron deformaciones en la profundidad del cuerpo involucrando desplazamientos relativos del esqueleto apendicular y en la región cefálica por reducción de las estructuras de la cabeza. Se demostró que la muestra de individuos es dispar; y que las deformaciones de los Warp Principales (WP), Warp Parciales (Wparc) incluido los componentes uniformes y no uniformes están correlacionados con la talla de los individuos. Se concluye que las metodologías empleadas son complementarias debido a que arrojaron resultados similares y permitieron evaluar la disparidad morfológica.

ABSTRACT

An analysis of geometric morphometry to assess the morphological disparity of the species of *Hyphessobrycon heterorhabdus* group, present in Colombia. We used 585 specimens, which was analyzed under Box-Truss and thin plate methods. The results showed an overlap of shapes and the formation of two groups that differ in the degree of robustness grouping *H. poecilioides*, *H. proteus* and *H. ocaseensis* within species more robust, and *H. agulha*, *H. diancistrus*, *H. metae*, *Hyphessobrycon* sp. 1, *Hyphessobrycon* sp. 2 and *Hyphessobrycon* sp. 3 in the thin and small. The species differ in the depth of the body (supraoccipital-pectoral fin origin) and the dorsal profile of head (snout-supraoccipital). All species have allometric growth and showed the depth deformation involving body movements relative to appendicular skeleton, and in the cephalic region by reducing the of head structures. It was shown that the sampled individuals is uneven and that the deformations of the Principal Warp (WP), Partial Warp (Wparc) include the non-uniform and uniform components are correlated with the size of the individuals. We conclude that the methodologies are complementary because they yielded similar results and allowed us to evaluate the morphological disparity.

1. INTRODUCCION

Los peces son el grupo de vertebrados más numeroso; Linneus (1778) reporto 458 especies de peces teleósteos y desde entonces su conocimiento ha aumentado considerablemente, en la actualidad se reportan de 13000 a 15000 especies, lo que representa alrededor del 40 al 50% de la diversidad mundial de peces de agua dulce, estimada en cerca de 29000 especies (Leveque *et al.*, 2008); destacándose la ictiofauna de la región neotropical, la cual es la más diversificada del mundo con 3600 especies (Reis *et al.*, 2003); aunque se plantea que puede llegar a 4000 (Leveque *et al.*, 2008). Estas especies se encuentran incluidas en 5 grandes ordenes: Characiformes, Siluriformes, Gimnotiformes, Ciprinodontiformes y Perciformes; siendo los Characiformes y Siluriformes los más representativos para Colombia (Maldonado-Ocampo & Usma, 2006). El orden Characiformes posee 18 familias, 14 de ellas están distribuidas en el neotrópico (Calcagnotto *et al.*, 2005) incluida la familia Characidae, la cual es una de las familias más numerosas y complejas, conformada por diversas subfamilias, géneros y especies pobremente definidos y de difícil identificación (Calcagnotto *et al.*, 2005).

El género *Hyphessobrycon* es uno de las más grandes dentro de la familia Characidae, con alrededor de 120 especies nominales (García-Alzate *et al.*, 2008b) distribuidas desde el sur de México hasta el Rio La Plata en Argentina; fue propuesto por Durbin en Eigenmann (1908) utilizando a *Hemigrammus compressus* (Meek, 1904) como especie tipo, por la combinación de los siguientes caracteres no exclusivos: dientes del maxilar pocos o ausentes, dos series de dientes en el premaxilar, tercer hueso orbital no en contacto con el

preopérculo, línea lateral con poros incompleta, aleta adiposa presente y aleta caudal sin escamas en la base (único carácter que lo separa de *Hemigrammus* Gill). Recientemente la especie tipo ha sido redescrita por García-Alzate (2009), plantea que esta especie presenta dos autopomorfias (7 dientes en la fila interna del premaxilar y un foramen en el cuadrado), y propone a *Hemigrammus* como grupo hermano de *Hyphessobrycon*.

Géry (1977) realizó una clasificación artificial basada en los modelos de coloración y planteo seis grupos, siendo de interés particular el grupo *heterorhabdus*, definido por presentar una banda oscura en la parte lateral del cuerpo que a menudo se extiende hasta los radios medios caudales, en algunos casos acompañada de una mancha humeral y/o en el pedúnculo caudal. En la actualidad el grupo incluye 17 especies (García-Alzate, 2009), y alcanzan su mayor diversidad en la cuenca del Amazonas (García-Alzate *et al.*, 2008a).

En Colombia han sido registradas 11 especies de *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus*: *H. agulha* Fowler 1913, *H. diancistrus* Weitzman 1977, *H. heterorhabdus* (Ulrey 1894), *H. oritoensis* García-Alzate *et al.*, 2008a, *H. ocaseoensis* García-Alzate & Román-Valencia, 2008a, *H. metae* Eigenmann & Henn 1914, *H. poecilioides* Eigenmann 1913, *H. proteus* Eigenmann 1913, y tres especies en proceso de descripción por García-Alzate (2009) denominadas en el presente estudio como *Hyphessobrycon* sp. 1, *Hyphessobrycon* sp. 2 y *Hyphessobrycon* sp. 3 (Fig. 1).

La gran diversidad de especies que exhibe el género ha generado problemas para definir su estado taxonómico, donde se destacan grupos de especies en los cuales la diferenciación entre una y otra está fundamentada en un solo carácter; por lo cual es necesario realizar análisis más profundos que contribuyan a describir y diferenciar las especies; a través de los años se han desarrollado herramientas cualitativas y cuantitativas para describir las variaciones de tipo morfológico; dentro de las cuales se encuentra la morfometría, la cual es comúnmente empleada para cuantificar fenotipos y examinar sus correlaciones con otras variables del organismo o ambientales (Medel,2008).

La morfometría se clasifica en dos grupos: 1) morfometría tradicional y 2) morfometría geométrica; la primera consiste en aplicar métodos estadísticos multivariados a datos sobre forma y tamaño; mientras la segunda hace referencia al estudio de la forma y el tamaño, y de como éstas dos variables se relacionan entre sí; esta última característica es la diferencia más marcada entre estas dos metodologías (Astua de Moraes, 2003). Además, la morfometría tradicional se caracteriza por cuantificar la distancia lineal entre puntos anatómicos o estructuras y emplear estas distancias lineales como variables. Sin embargo, tales medidas usualmente no aportan una completa información de la forma de una estructura. La morfometría geométrica se caracteriza por realizar análisis multivariados de datos morfométricos en coordenadas cartesianas, se basa en los espacios Kendall para estimar formas promedio y describir la variación de formas mediante geometría de distancias procrustes (Medel, 2008); además esta metodología ofrece herramientas que

permiten distinguir fácilmente entre forma y talla, comparar organismos usando sus estructuras homologas, cuantificar la variabilidad de la forma en múltiples escalas espaciales, y estudiar las correlaciones que pueden existir entre esta variabilidad y otros patrones morfológicos o ambientales (Rohlf 2000, Zelditch *et. al* 2004, Ruiz-Calderón & Cipriani 2006).

Existen una variedad de métodos para evaluar en morfometría geométrica las especies y poblaciones, uno de estos métodos es conocido como cerchas (Box Truss), consiste en la determinación de hitos anatómicos homólogos en los límites externos del contorno corporal, para trazar patrones de distancia interhitos con los que se pueda reconstruir la forma (Strauss & Bookstein 1982, Bookstein *et al.*, 1985). Adicionalmente existe el “método de la placa delgada” (Thin Plate Spline), el cual permite interpretar las coordenadas cartesianas del conjunto de hitos homólogos como deformaciones que indican la variación en la forma en un gráfico de cuadrículas (Herrera-Márquez & Rojas, 2005). Ambos métodos emplean tres tipos de hitos: tipo 1 se caracteriza por ubicarse en intersecciones de tejidos o puntos anatómicos discretos, tipo 2 en puntos de máxima curvatura o puntas de estructuras y tipo 3 se define por constructos matemáticos extrínsecos al objeto, extremos de la estructura, o centro de estructuras (Medel, 2008). La homología es un componente común en las metodologías mencionadas, permite realizar comparaciones entre individuos y especies. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es analizar la disparidad morfológica de las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia.

2. ANTECEDENTES

Los estudios realizados empleando la morfometría geométrica como técnica para evaluar la disparidad morfológica de las especies iniciaron en la década de los 80; autores como Bookstein, Rohlf, entre otros fueron los pioneros en el desarrollo de metodologías morfogeométricas como una alternativa para evaluar cuantitativamente los cambios de la forma, debido a que la morfometría utilizada tradicionalmente brindaba escasa información de esta variable. Adams *et al.*, (2004) realizaron una revisión acerca de los avances de la morfometría geométrica en 10 años, haciendo énfasis en las diversas metodologías morfogeométricas que se han propuesto y el aumento de estudios desarrollados empleando esta técnica a través del tiempo. Zelditch *et al.*, (2004) publicaron un libro titulado morfometría geométrica para biólogos, en el cual exponen las bases biológicas y matemáticas de la técnica. Los estudios realizados empleando la morfometría geométrica como herramienta han sido aplicados en diferentes grupos de peces, entre ellos se destacan el llevado a cabo por Ruber & Adams (2001), quienes evaluaron los cambios de la forma y de la morfología trófica en especies de la familia Cichlidae, plantean que la ecología trófica puede ser una factor clave que promueve la diferenciación morfológica.

Alfonsi *et al.*, (2003) realizaron una caracterización genética y morfológica de las poblaciones de *Cyprinodon dearboni* utilizando morfogeometría, sugiriendo un proceso de separación que pudo haber causado las condiciones ecológicas del hábitat y procesos de especiación vicariante que llevaron a diferenciar las poblaciones; Trapani (2003) comparo el tamaño, la forma y los patrones

alométricos dentro y entre las formas del dentario de la especie *Cyathlasoma minckleyi* y propuso que las técnicas de morfometría geométrica reconocen más claramente discontinuidades en la forma con respecto a la morfometría tradicional. Herrera-Márquez & Rojas (2005), analizaron dos morfotipos de *Pimelodus blochii* en Venezuela, determinando la mayor variación en los adultos, se diferencian en las distancias de las narinas anteriores hasta los bordes orbitales y entre los postemporales y los cleithra; Pardo *et al.*, (2005) analizaron las formas en especies chilenas del género *Trychomycterus*, plantean que las diferencias de la forma se asocian con la distribución geográfica de las especies. Ruiz-Calderón & Cipriani (2006) realizan un análisis morfogeométrico de *Astyanax siapae* donde se demuestra que la altura del cuerpo de esta especie se ve afectada por desplazamientos de los hitos morfológicos de las aletas pectorales, pélvicas, anal y dorsal; y además reportan que la especie tiene crecimiento tipo alométrico (a medida que los individuos crecen la región cefálica se empequeñece en relación al tamaño del cuerpo, el maxilar se protuye, la altura del cuerpo se incrementa y la región caudal se acorta); Román-Valencia & García-Alzate (2006) realizan un análisis comparativo morfogeométrico de *Characidium caucanum* y *Characidium* sp. En el alto río Cauca, Colombia, donde se observa mediante este análisis y el ontogénético que las dos poblaciones representan dos especies diferentes.

La morfometría geométrica no solo es empleada para evaluar los cambios de la forma del cuerpo, Ibáñez *et al.*, (2007) emplearon la morfometría geométrica para determinar si la morfología de las escamas puede discriminar entre géneros, especies, variantes geográficas y grupos de Mugilidae; plantean que

las escamas fueron poco útiles para diferenciar poblaciones cercanas y eficientes para discriminar entre géneros y especies.

3. METODOLOGÍA

Se analizaron 585 ejemplares, provenientes de 61 lotes, depositados en las siguientes instituciones y museos:

3.1 Acronimias

Las acronimias siguen como aparece en <http://www.asih.org/codons.pdf> con la adición de CIUA, IMCN, IUQ, MPUJ y MUSM.

AUM: Auburn University Museum, Fish Collection.

CIUA: Colección Ictiológica de la Universidad de Antioquia, Colombia.

IAvHP: Instituto de Investigación de recursos Biológicos “Alexander von Humboldt”, Villa de Leyva, Colombia.

ICNMHN: Instituto de Ciencias Naturales Museo de Historia Natural, Unidad de Ictiología del Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.

IMCN: Museo de Ciencias Naturales, Instituto para la Investigación y Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca, Cali, Colombia.

IUQ: Laboratorio de Ictiología- Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

MBUC-V: Museo de Biología, Instituto de zoología tropical, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

MCNG: Museo de Ciencias Naturales, Universidad Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”, Guanare, Venezuela.

MCP: Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

MPUJ: Colección de Peces del Museo de Historia Natural de la Universidad Pontificia Javeriana, Bogotá, Colombia.

MUSM: Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

3.2 Material examinado

Hyphessobrycon agulha

IAVH-P 8333, (22) (26,20-47,18 mm de LE); Letícia, afluyente río Purité, Amazonas, Colombia, 25 mar. 2001. **IAVH-P 8335**, (32) (32,58–47,89 mm de LE); Letícia, afluyente quebrada Matamatá, Amazonas, Colombia, 18 mar. 2001. **IAVH-P 8345**, (15) (20,63–25,98 mm de LE); Letícia, afluyente Quebrada Matamatá, Amazonas, Colombia, 19 mar. 2001. **MUSM 23173**, (8) (29,17-39,78 mm de LE); Madre de Dios, Quebrada Km. 43 Tambopata, Perú. **MUSM 25315**, (9) (25,06-32,07 mm LE); Madre de Dios, quebrada Tambopata, Km 43, Perú.

Hyphessobrycon diancistrus

MBUCV-V 30835, (3) (31,40-34,15 mm de LE); Río Catianiapo, aguas abajo de la boca del caño Colorado, río abajo de San Pedro, Amazonas - Venezuela.

MBUCV-V 30861, (10) (26,58-30,89 mm de LE); caño Gavilán, en playa al lado

izquierdo a 1h. de la comunidad Gavilán, Amazonas-Venezuela. **MBUCV-V 31944**, (10) (24,90-33,62 mm de LE); boca del caño Vaquiro, afluente del río Cataniapo, Amazonas, Venezuela.

Hyphessobrycon heterorhabdus

ICNMHN 5063, (5) (26,36-31,41 mm de LE); Río Puré, Letícia, Amazonas, Colombia, 8 ene. 2000. **MCP 41577**, (4) (26,27-29,54 mm de LE); Para, Igarapé Acuí, Brasil, 21 oct. 2006.

Hyphessobrycon metae

ICNMHN 12274, (8) (24,00-30,00 mm de LE). **IMCN 3751**, (11) (28,9-33,2 mm de LE); Caño Payara, afluente de Caño Negro, Puerto Carreño, Vichada, Colombia, 27 abr. 2005. **IUQ 2340**, (2) (22,11-24,05 mm de LE); Brazuelo caño Guayapa, playa rica, Vista Hermosa, Meta, Colombia, 9 jul. 2008. **IUQ 2341**, (1) (23,07 mm de LE); caño 1 km antes de las Brisas, Vista Hermosa, Meta, Colombia, 10 jul. 2008. **IUQ 2342**, (4) (21,71-27,28 mm de LE), 1 Km antes del caño Guapaya en la vía playa rico, Vista Hermosa, Meta, Colombia, 9 jul. 2008. **MCNG 32469**, (18) (21,86-25,98 mm de LE), Parque Nacional Aguara-Guariquita, río San José, Venezuela, 13 ene. 1995. **MPUJ 3801**, (7) (21,56-24,37 mm de LE). **MPUJ 3848**, (15) (21,61-27,68 mm de LE).

Hyphessobrycon ocaseensis

IMCN 4171, (1) (36,6 mm de LE). **IMCN 4199**, (15) (24,2-51,3 mm de LE); Rio Chanco Anserma nueva hacienda El Amparo a 5 km por la vía Anserma-Nuevo El Águila, Colombia. **IUQ 2365**, (14) (25,4-44,9 mm de LE); Quebrada las cañas

afluente río Cauca, vía Zarzal- La Paila, Valle, Colombia, 16 feb. 2008. **IUQ 2558**, (27) (21,87-42,23 mm de LE); Río Portugal de Piedras en San Antonio de Piedras, 500 mts arriba de la desembocadura al río Cauca, Valle, Colombia, 27 feb. 2008. **Holotipo: IUQ 1635**, (1) (41,3 mm de LE); Río Roble afluente río La Vieja, reserva el Ocaso 100 mts abajo puente peatonal Playa Azul, Quimbaya, Quindío, Colombia, 4° 35' 68" N y 75° 52' 81" O, 1100 msnm, 2 ago. 2008. **Paratipos: IUQ 1414**, (3) (17,8-19,5 mm de LE); Río Roble en el puente hacienda playa azul, reserva natural Monte El Ocaso, Quimbaya, Quindío, 4° 35' 68" N y 75° 52' 81" O, 1100 msnm, 23 sept. 2001. **IUQ 1849**, (1) (29,85 mm de LE); Quebrada las cañas debajo del puente en la vía Zarzal-La Paila, Valle, Colombia, 16 sept. 2007. **IUQ 1634**, (5) (35,8-39,6 mm de LE); Río Roble afluente río La Vieja, reserva el Ocaso 100 mts abajo puente peatonal Playa Azul, Quimbaya, Quindío, Colombia, 2 ago. 2007. **IUQ 1636**, (2) (30,8-33,5 mm de LE); Quebrada Las Cañas, afluente el río Cauca, vía Zarzal, Valle, Colombia, 2 ago. 2007. **IUQ 1747**, (10) (32,7-47,1 mm de LE); Río Roble afluente río La Vieja, reserva el Ocaso 100 mts abajo puente peatonal playa azul, Quimbaya, Quindío, Colombia, 19 ago. 2007. **IUQ 1848**, (1) (38,43 mm. de LE); Río roble, afluente río La Vieja, cerca al puente peatonal Playa Azul, reserva el Ocaso, Quimbaya, Quindío, Colombia, 26 oct. 2006. **IUQ 1850**, (1) (38,1 mm de LE); Quebrada 2 km delante de la vía Vallejuelo, Zarzal, Valle, Colombia, 16 sept. 2007.

Hyphessobrycon poecilioides

IUQ 519, (39) (39,1–75,5 mm de LE); Quebrada El Indio, en el peaje vía Alambrado-Corozal, Corozal, Valle, Colombia, 5 dic. 2003. **IUQ 719**, (10) (33,4-

70,5 mm de LE); Quebrada Naranjal, Hacienda Naranjal en la vía Vallejuelo, Quebrada Nueva, 350 m arriba de la Y, Vallejuelo, Valle, Colombia, 2 feb. 2003. **IUQ 907**, (4) (38,6-55,1 mm de LE); Cuenca rio La Vieja, Colombia. **IUQ 300**, (7) (28,1-54,7 mm de LE), Quebrada El Indio en hacienda El Indio, vía entre Corozal-Alambrado en el peaje Corozal, Valle, Colombia.

Hyphessobrycon proteus

CIUA 694, (8) (32,1-37,3 mm de LE); Laguna Los Deseos, La Jagua de Ibirico, Cesar, Colombia, 22 mar. 2007. **CIUA 790**, (4) (29,5-35,8 mm de LE); Laguna Villa Sonia área de conexión minera carbones de la Jagua, Cesar, Colombia, 27 ago. 2007. **CIUA 805**, (4) (33,4-36,7 mm de LE); complejo lagunar del bajo Sinú, Córdoba, Colombia, 1 ago. 2006. **ICNMHN 3112**, (13) (28,25-35,3 mm de LE). **ICNMHN 3115**, (7) (24,57-38,74 mm de LE). **IUQ 96**, (3) (36,5-44,4 mm de LE); Compuertas, entrada del agua al embalse del Guajaro, Atlántico, Colombia. **IUQ 249**, (5) (54,1-62,4 mm de LE); Jaguey Parrish cerca del arroyo Hondo, a un lado de Barranquilla, Colombia, 30 abr. 1990. **IUQ 508**, (2) (26,1-26,2 mm de LE); arroyo frente a Santa Lucia Atlántico, Colombia, 11 dic. 1999. **IUQ 583**, (2) (40,7-53,9 mm de LE); frente a Santa Lucia, Atlántico, Colombia, 5 ago. 1991. **IUQ 714**, (8) (25,49-43,49 mm de LE), Pozeta rio Duata, La Troje, 100 mts arriba, vía Quibdó-Tutunendo, Choco, Colombia, 23 dic. 1998. **IUQ 736**, (1) (47,6 mm de LE); Jaguey, frente izquierdo de puerto Colombia, Atlántico, Colombia. **IUQ 1009**, (16) (28,2-54,7 mm de LE); Ciénaga del Capote, en soplamiento, bajo Magdalena, Colombia, 15 may. 1990. **IUQ 1155**, (8) (27,8-48,9 mm de LE); Quebrada Guandinocito afluente rio Magdalena en el puente vía Gigante-Hobo, Huila, Colombia, 23 jun. 2001. **IUQ 1285**, (2) (20,55-

29,35 mm de LE); Rio Ranchería, la Guajira, Caribe Colombiano, 19 may. 1988. **IUQ 1316**, (1) (40,1 mm de LE); Charco Negro, vía Animastado, sobre el puente, Choco, Colombia. **IUQ 1389**, (9) (27,23-38,69 mm de LE); Rio Condoto, abajo del puente en la vía (abajo) de Condoto, Choco, Colombia, 5 may. 1998.

***Hyphessobrycon* sp. 1**

Holotipo. **IUQ 2286**, (1) (26,48 mm de LE); Caño Amaron, afluente rio Putumayo en Puerto Leguizamo, Putumayo, Colombia, 00° 11' 02" S y 74° 53' 14" O, 30 mar. 2008. **Paratipos.** **AUM 50026**, (10) (23,83-26,27 mm de LE); Caño Amaron afluente rio Putumayo, Puerto Leguizamo, Putumayo, Colombia. **IUQ 2162**, (1) (21,75 mm de LE); Caño Tucunare afluente rio Putumayo, Puerto Leguizamo, Putumayo, Colombia, 0° 9' 42"S, 74° 52' 40"W, 30 mar. 2008. **IUQ 2166**, (80) (20,40-26,67 mm de LE); Caño Amaron afluente rio Putumayo, Puerto Leguizamo, Putumayo, Colombia, 00° 11' 02" S y 74° 53' 14" O, 30 mar. 2008.

***Hyphessobrycon* sp. 2**

Holotipo. **IUQ 2888**, (1) (23,97 mm de LE); Caño en Km 2 vía a Puerto Leguizamo, La Tagua, Putumayo, Colombia, 00°10'15"S y 74°46'23"O, 189 msnm. 28 mar. 2008. **Paratipos.** **AUM 50027**, (8) (19,58-25,26 mm de LE); Caño Tucunare, afluente rio Putumayo-Puerto Leguizamo, Putumayo, Colombia, 00°09'42"S y 74°52'40"O, 122 msnm, 30 mar. 2008. **IUQ 2177**, (79) (19,14-26,75 mm de LE); Caño Tucunare, afluente rio Putumayo-Puerto Leguizamo, Putumayo, Colombia, 00°09'42"S y 74°52'40"O, 122 msnm, 30 mar. 2008. **IUQ 2186**, (10) (18,55-26,23 mm de LE); Caño Amaron, afluente rio

Putumayo, Puerto Leguizamo-Putumayo, Colombia, 00°11'02"S y 74°53'14"O, 191msnm, 30 mar. 2008. **IUQ 2238**, (1) (25,24 mm de LE); Caño el Brazuelo, afluente río Putumayo, Puerto Leguizamo, Putumayo, Colombia, 00°10'54"S y 74°49'52"O, 189 msnm, 30 mar. 2008.

***Hyphessobrycon* sp. 3**

IUQ 2433, (44) (14,19-20,25 mm de LE); laguna hacienda La Cabaña, inspección Surimera, San Carlos, Meta, Colombia, 7 ene. 2009. **IUQ 2492**, (17) (16,13-24,03 mm de LE); Caño Acacias, en La vía Vista Hermosa, puerto Lucas, Meta, Colombia, 8 ene. 2009. **MPUJ 1044**, (2) (16,92-18,52 mm de LE).

Para la realización de este estudio se excluyó *H. oritoensis* de todos los análisis, debido al bajo número de individuos disponibles.

3.3 Captura de imágenes

Los ejemplares se fotografiaron en vista lateral, sobre el lado izquierdo, con una cámara digital de alta resolución marca Sony (Cybershot W130) instalada sobre un banco de fotografía a 10 cm del ejemplar. Se utilizó la opción macro del lente para adquirir imágenes sin deformación en los márgenes y papel milimetrado como fondo para verificar la existencia de esta deformación al seguir la metodología descrita por Ruiz-Calderón & Cipriani (2006); los ejemplares fueron fotografiados con la información correspondiente a el número de catálogo, ejemplar y longitud estándar.

3.4 Descripción de hitos homólogos

Se seleccionaron 16 puntos anatómicamente homólogos o hitos, los cuales fueron señalados en estructuras homólogas que permitieron describir la forma general del cuerpo; los hitos se ubicaron en las siguientes estructuras: **1-** Hocico, **2-**Extremo posterior de la espina supraoccipital, **3-**Inicio de la aleta dorsal, **4-**Fin de la aleta dorsal, **5-**Inicio de la aleta adiposa, **6-**Extremo dorsal del pedúnculo caudal, **7-**Punto de origen de los radios medios caudales, **8-**Extremo ventral del pedúnculo caudal, **9-**Fin de la aleta anal, **10-**Inicio de la aleta anal, **11-**Base de la aleta pélvica, **12-**Base de la aleta pectoral, **13-**Sinfisis, **14-**Borde anterior de la órbita ocular, **15-**Borde posterior órbita ocular y **16-**Borde posterior de la abertura opercular (Fig. 2a).

3.5 Análisis de cerchas (Box Truss)

Se realizó un diseño de cerchas mediante la metodología propuesta por Strauss y Bookstein (1982) y posteriormente seguida por García-Alzate & Román-Valencia (2006), obteniendo 28 medidas por la combinación de 16 hitos (Fig. 2b). En el programa Scion Image Beta 4.02 (Scion Corporation) se digitalizaron los hitos sobre las imágenes de cada individuo y se determinaron las distancias entre ellos, las coordenadas obtenidas fueron procesadas en el programa Past 1.83 (Paleontological Statistics) bajo Windows (Hammer *et al.*, 2001), en donde se realizaron tres tipos de análisis: 1) Análisis de componentes principales (ACP), en donde las coordenadas fueron transformadas por el método de Burnaby para eliminar el efecto del tamaño, 2) Análisis de alometría multivariada con los datos en logaritmo base 10 y

3) Deformaciones parciales con los datos transformados a distancias Procruster.

3.6 Análisis de morfometría geométrica

Para su realización se emplearon las especies cuyo número de individuos fuera mayor o igual a 60 (no se incluye *H. diancistrus*, *H. heterorhabdus* y *H. oritoensis*); se siguió la metodología propuesta por Ruiz-Calderón & Cipriani (2006), la cual consiste en utilizar el programa tpsDig2 (Rohlf 2005) para digitalizar los hitos sobre la imagen de cada individuo.

La talla de cada configuración fue estimada usando la “Talla del Centroide” (TC) que es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las distancias entre cada hito y su centroide (Bookstein, 1991). Una vez que todos los individuos fueron digitalizados los efectos de traslación, escala y rotación fueron eliminados del conjunto de configuraciones, utilizando un análisis ortogonal de mínimos cuadrados generalizados de Procrustes (AGP) (Rohlf & Slice 1990), implementado en el programa tpsSmall (Rohlf 2003); en este procedimiento todas las configuraciones fueron escaladas a $TC=1$. El coeficiente de regresión y la correlación obtenidas de un modelo de regresión lineal simple (con intercepto = 0) fueron los parámetros utilizados para determinar la similitud de las distancias de procrustes entre las configuraciones en el espacio de Kendall y distancias Euclidianas correspondientes en el espacio tangente. Si el valor del coeficiente de regresión es cercano a 1 y la correlación es elevada, los valores de las dos métricas son similares y el

problema morfométrico original puede resolverse en un espacio lineal tangente, usando técnicas estadísticas y geométricas bien conocidas.

La disparidad entre las configuraciones alineadas fue descrita utilizando un análisis de láminas finas, conocido como TPS (Thin Plate Spline) (Bookstein 1991, Zelditch *et al.*, 2004). En este análisis, cada una de las configuraciones (CI) fue comparada con la configuración consenso (CC) de toda la muestra. Cada hito de CC fue estimado con el centroide del grupo de hitos correspondientes en las configuraciones alineadas. La comparación de CI con la CC se realizó en dos pasos: 1) sobreponiendo CI a CC y 2) deformando el plano de CI o lámina imaginaria, hasta hacer coincidir las posiciones de todos sus hitos con las posiciones de los hitos correspondientes en la CC. La deformación que requiere esta lámina imaginaria para lograr la sobreposición perfecta de todos los hitos es una medida de la diferencia entre las dos formas. Esta deformación se determinó a través de dos componentes; el primero consistió en un componente lineal o uniforme, en el cual los hitos se desplazaron en direcciones opuestas de tal manera que los lados de las láminas permanecieron paralelos antes y después de la deformación. El segundo componente fue no lineal o no uniforme, este consistió en deformar y plegar las diferentes partes de la lámina en direcciones no coincidentes hasta lograr la sobreposición de todos los hitos; las deformaciones asociadas a este componente fueron resultado de la adición de los efectos de todos los W_{parc} (Warp Parciales) calculados para cada comparación realizada.

En este estudio se obtuvieron un total de 13 WP (Warps Principales) mediante la ecuación K-3 (K= Número de hitos) (Zelditch *et al.*, 2004); el análisis de los

WP describieron la magnitud de las deformaciones (locales o globales) teniendo en cuenta un factor de escala de 0.22; los WParc describieron la variabilidad de cada una de las configuraciones en relación a su CC; el cálculo de todas estas deformaciones fue realizado en el programa tpsSpln (Rohlf 2004).

Para calcular la proporción del cambio de la forma explicada por el componente uniforme de las deformaciones, se utilizó la siguiente fórmula (Dryden & Mardia 1998): $1 - (d^2[C_x, CC]) / (d^2[C_y, C_x])$; donde $d^2[C_x, CC]$ es el cuadrado de la distancia de *Procrustes* entre la configuración del individuo x y la configuración consenso, $d^2[C_y, C_x]$ es el cuadrado de la distancia procrustes entre la configuración del individuo y la proporción del cambio de forma explicada por el componente no uniforme de las deformaciones será calculado como el complemento de este valor.

3.7 Relación entre forma y talla

Para probar si las diferencias de forma están relacionadas con la talla, se realizó un análisis de regresión multivariada de las deformaciones uniformes y de los valores de los WParc con los de TC (talla del centroide) de cada ejemplar. La significancia de este ajuste ($H_0 =$ isometría) fue evaluada de cuatro formas diferentes: La prueba generalizada F de Goodall (Goodall 1991, Bookstein 1991), los resultados de esta prueba fueron confirmados con la prueba Lambda de Wilks, además para poner a prueba la significancia de estos dos estadísticos se realizó un análisis de permutación y regresión lineal simple, todos ellos llevados a cabo en el programa tpsRegr (Rohlf 2003).

3.8 Análisis de similitud

Con las coordenadas de la configuraciones consenso obtenidas en el programa TpsRegr (Rohlf 2003) *H. agulha*, *H. metae*, *H. ocaseensis*, *H. proteus*, *H. poecilioides*, *Hyphessobrycon* sp. 1, *Hyphessobrycon* sp. 2 y *Hyphessobrycon* sp. 3 se llevo a cabo un análisis clúster en el programa Past versión 1.83 bajo Windows (Hammer *et al.*, 2001), para evaluar la similaridad de formas entre las especies por medio del algoritmo Bray-Curtis.

4. RESULTADOS

4.1 Deformaciones parciales y TPS

En el caso de las especies empleadas para realizar el análisis de morfometría geométrica (*H. agulha*, *H. metae*, *H. ocaseoensis*, *H. poecilioides*, *H. proteus*, *Hyphessobrycon* sp. 1, *Hyphessobrycon* sp. 2 y *Hyphessobrycon* sp. 3), el valor de la pendiente (0.99) y la correlación (1.0) fue igual para todos indicando que el modelo de regresión lineal simple ajustado a los valores de las distancias de procrustes y los valores de las distancias euclideas sugieren que la forma de los individuos de *Hyphessobrycon* grupo heterorhabdus pueden analizarse en el espacio lineal tangente.

Hyphessobrycon agulha

De acuerdo al análisis de cerchas la forma general de esta especie se caracterizó por presentar un cuerpo alargado; en la forma consenso se observan deformaciones atribuibles a desplazamientos de los interpuntos de la región cefálica con expansiones que involucran el hocico, extremo posterior de la espina supraoccipital, sínfisis, orbita ocular, aleta pectoral e inicio de la aleta dorsal (interpuntos 1, 2, 13, 14, 15, 11 y 3 respectivamente), de igual manera este tipo de deformaciones se observaron en la región del pedúnculo caudal (interpuntos 6, 7 y 8); por otra parte, se presentaron desplazamientos que originaron contracciones en la región entre la base de la aleta pectoral-sínfisis y entre el extremo ventral del pedúnculo caudal y fin de la aleta anal (Fig. 3a). Mientras que las diferencias de la forma explicadas por medio del TPS describieron deformaciones que involucraron el desplazamiento anterior

de los hitos de la región cefálica (1, 2, 13, 14, 15 y 16); y un desplazamiento posterior de los hitos en la zona dorsal del cuerpo (3 y 4), en el caso del componente uniforme. El componente no uniforme (WParc) señaló un desplazamiento hacia arriba de los hitos de la región ventral (11, 12 y 13) acercándose a los hitos 1, 14, 15 y 16 que corresponden a estructuras de la región cefálica, lo que contribuye a que esta se comprima haciéndose menos profunda; un desplazamiento anterior y hacia abajo del hito 3 (inicio de la aleta dorsal) se da como resultado un acercamiento entre este hito y el hito 2 (borde posterior de la espina supraoccipital). El componente uniforme explico el 89% de las diferencias entre las formas de los individuos comparados (individuos 1 vs. 85) y el no uniforme (WParc) el 11% (Fig. 3b).

En otras comparaciones realizadas se visualizaron principalmente deformaciones en el ancho del cuerpo, región cefálica y región caudal, las cuales fueron explicadas en todos los casos por el componente uniforme; los ejes de variación de la forma descritos por los componentes uniformes y no uniformes fueron coherentes con los WP, encontrándose que las deformaciones descritas del primer al sexto WP son globales mientras que del séptimo WP en adelante son locales.

El WP 1 posee el menor autovalor y describe la curvatura del cuerpo y el acortamiento de la región cefálica. La curvatura es resultado del desplazamiento de los hitos 3 (inicio de la aleta dorsal) y 4 (fin de la aleta dorsal) hacia la parte anterior y arriba; y de los hitos 10 (inicio de la aleta anal), 11 (base de la aleta pélvica) y 12 (base de la aleta pectoral) hacia la parte posterior del cuerpo y abajo. El acortamiento de la región cefálica obedece a la

reducción del espacio entre los hitos 1 (hocico), 2 (espina supraoccipital), 13 (sínfisis), 14 (borde anterior de la órbita ocular), 15 (borde posterior de la órbita ocular) y 16 (borde posterior del opérculo) (Fig. 4a). Deformaciones de la región cefálica y medial fueron observadas en el WP 2; donde el desplazamiento hacia atrás de los hitos 2, 3, 4, 10, 11, 12, 15 y 16 originaron una curvatura en la parte posterior de la cabeza y en la región medial; además hay un acercamiento entre estos hitos. En la parte anterior de la cabeza los hitos 1 (hocico), 14 y 15 (borde anterior y posterior de la órbita ocular) se desplazan hacia la parte anterior dando como resultado una expansión que distancia entre los hitos, siendo más marcada en la órbita ocular (Fig. 4b).

En el WP 3 se observan desplazamientos hacia arriba y atrás de los hitos 8, 9, 10 y 11 (borde ventral del pedúnculo caudal, fin e inicio de la aleta anal y base de la aleta pélvica); y hacia abajo y atrás de los hitos 3, 4, 5 y 6 (inicio y fin de la aleta dorsal, base de la aleta adiposa y borde dorsal del pedúnculo caudal) originando una contracción que se visualiza como un acercamiento entre estos hitos. En la región cefálica al contrario se observa una expansión que dio como resultado el alejamiento de los hitos 1 (hocico) y 2 (espina supraoccipital); esto debido a el desplazamiento hacia arriba y atrás de este hito (Fig. 4c). Una expansión dorso-ventral de la región medial resultado del desplazamiento hacia arriba de los hitos 3 y 4 (inicio y fin de la aleta dorsal) y hacia abajo de los hitos 10 y 11 (inicio de la aleta anal y base de la aleta pélvica), es observada en el WP 4. El desplazamiento hacia la parte anterior y abajo del hito 5 (base de la aleta adiposa) origino una expansión entre este hito y el hito 6 (borde dorsal del

pedúnculo caudal); y una acercamiento entre este y el hito 7 (origen de los radios medios caudales) (Fig. 4d).

El WP 5 describe deformaciones en la región ventral y dorsal producidas por el desplazamiento hacia arriba de los hitos 10 (inicio de la aleta anal), 11 (base de la aleta pélvica) y 12 (base de la aleta pectoral); y de los hitos 3 (inicio de la aleta dorsal) y 4 (fin de la aleta dorsal) hacia abajo, provocando una contracción dorso-ventral en la región medial. De igual manera se observa un desplazamiento posterior del hito 5 (base de la aleta adiposa) provocando un expansión entre este hito y el hito 4 (fin de la aleta dorsal) (Fig. 4e). Las deformaciones de la región cefálica y ventral son explicadas en el WP 6 donde se visualizan desplazamientos hacia la región anterior de los hitos 16 (borde posterior del opérculo), acercándose al hito 15 (borde posterior de la órbita ocular), el hito 10 (inicio de la aleta anal) se desplaza hacia arriba, mientras el hito 11 (inicio de la aleta pélvica) se desplaza hacia abajo (Fig. 4f). El WP 7 describe dos deformaciones locales; la primer se encuentran en la región del fin de la aleta dorsal la segunda en el inicio de la aleta anal (Fig. 4g); El WP 8 describe una deformación en la región del borde posterior del opérculo (Fig. 4h); Una región cefálica ligeramente protruida en la parte posterior es la deformación descrita por el WP 9 (Fig. 4i); en el WP 10 se visualizo una contracción de las estructuras de la región cefálica y una pequeña deformación ventral ocasionada por el desplazamiento hacia arriba de la aleta pectoral (Fig. 4j); El WP 11 y 13 describen deformaciones locales de la región caudal (Fig. 4k y 4m) mientras que el WP 12 describe una deformación en la región de la órbita ocular (Fig. 4l).

Hyphessobrycon metae

El análisis de cerchas permitió visualizar que esta especie se caracteriza por tener un cuerpo alargado similar al de *H. diancistrus*; la forma consenso describió desplazamientos en los interpuntos ubicados en la región del pedúnculo caudal (interpuntos 6 y 8) y de los radios caudales (interpunto 7) que cubren parte del fin de la aleta anal (interpunto 9), los cuales originaron expansiones (Fig. 5a).

Las deformaciones visualizadas en el TPS por medio del componente uniforme describieron desplazamientos hacia la zona anterior de los hitos de la cabeza, en este componente las deformaciones no son muy significativas; por otra parte, el componente no uniforme (WParc) describió deformaciones en la parte posterior de la cabeza y el extremo ventral del pedúnculo caudal. El hito 2 (espina supraoccipital) se desplazó hacia la parte posterior, lo que originó una contracción entre este hito y el hito 1 (hocico); el hito 16 (borde posterior del opérculo) se desplazó hacia atrás originando un distanciamiento entre este hito y el hito 15 (borde posterior de la órbita ocular). El hito 8 (extremo ventral del pedúnculo caudal) se desplazó hacia la parte anterior, al igual que el hito 9 (fin de la aleta anal) dando como resultado un acercamiento entre ellos y una protrusión hacia la zona posterior del hito 7 (origen de los radios medios caudales). Las diferencias entre las formas (individuos 25 vs. 46) fueron explicadas principalmente por el componente uniforme 88% mientras que el componente no uniforme (WParc) explicó el 22% (Fig.5b).

Similar a lo que sucede con *H. agulha*, al realizar otras comparaciones entre los individuos de esta especie se visualizaron principalmente deformaciones en el ancho del cuerpo, región cefálica y región caudal, las cuales fueron explicadas en todos los casos por el componente uniforme; los ejes de variación de la forma descritos por los componentes uniformes y no uniformes fueron coherentes con los WP, encontrándose que las deformaciones descritas del primer al sexto WP son globales mientras que del séptimo WP en adelante son locales.

El WP 1 es el que explica la mayor variación de la forma consenso; este WP describe una curvatura en la parte anterior del cuerpo y el acortamiento de la región cefálica; la curvatura es resultado del desplazamiento de los hitos 3 (inicio de la aleta dorsal), 4 (fin de la aleta dorsal), 10 (inicio de la aleta anal) y 11 (base de la aleta pélvica) hacia la región ventral. El acortamiento de la región cefálica es resultado del desplazamiento de los hitos que se ubican en esa región hacia la parte anterior del cuerpo (Fig. 6a). En el WP 2, se visualizo una curvatura en la región cefálica y medial del cuerpo, involucrando un desplazamiento hacia la región dorsal de los hitos 1, 2, 11, 13, 14, 15 y 16; y un desplazamiento hacia la región ventral de los hitos 3, 4, 10 y 11; dando como resultado una contracción en la región media (Fig. 6b). Se describe una expansión de la región cefálica y un acortamiento de la parte posterior del cuerpo en WP 3, estas deformaciones surgen como resultado del desplazamiento hacia arriba del hito 2 (espina supraoccipital) y hacia abajo de los hitos 12 (base de la aleta pectoral) y 13 (sífnisis) en el caso de la expansión; desplazamientos hacia abajo de los hitos 4 (fin de la aleta dorsal), 5

(base de la aleta adiposa) y 6 (extremo dorsal del pedúnculo caudal), y hacia arriba de los hitos 10 (inicio de la aleta anal), 9 (fin de la aleta anal) y 8 (extremo ventral del pedúnculo caudal) en el caso de la contracción (Fig. 6c).

El WP 4 describe una curvatura en la región del pedúnculo caudal que surge como resultado del desplazamiento hacia la región dorsal de los hitos 5 (base de la aleta adiposa), 6 (extremo dorsal del pedúnculo caudal), 8 (extremo ventral del pedúnculo caudal) y 9 (fin de la aleta anal). Además se observaron desplazamientos hacia abajo de los hitos 3 (inicio de la aleta dorsal) y 4 (fin de la aleta dorsal) (Fig. 11d). En el WP 5 se presentaron desplazamientos hacia abajo de los hitos 10 (inicio de la aleta dorsal) y 11 (base de la aleta pélvica) y hacia arriba de los hitos 3 y 4 (inicio y fin de la aleta dorsal), dando como resultado un ensanchamiento en la parte media del cuerpo (Fig. 6e). La deformación descrita por el WP 6 involucra un desplazamiento hacia abajo del hito 10 (inicio de la aleta anal) que resulta en una extensión de la región de la aleta anal; el desplazamiento hacia arriba del hito 11 (base de la aleta pélvica) provoca un acercamiento entre este hito y el hito 10, es decir hay una contracción en este región (Fig. 6f). El WP 7 describe deformaciones que involucran la parte posterior de la región cefálica y la región dorsal (Fig. 6g); La deformación descrita en el WP 8, se atribuye a desplazamientos de los hitos de la parte dorsal del cuerpo (Fig. 6h); El WP 9 describe deformaciones en la región cefálica y en la parte ventral del cuerpo (Fig. 6i); El WP 10 describe una deformación local en la parte anterior de la región cefálica (Fig. 6j); El WP 11 y WP 13 describen deformaciones en la región caudal del cuerpo (Fig. 6k y 6m);

mientras que el WP 12 describe una deformación en la región de la órbita ocular (Fig. 6l).

Hyphessobrycon ocaseoensis

El análisis de cerchas nos permitió visualizar que esta especie tiene un cuerpo robusto en comparación con las demás especies descritas anteriormente, en la forma consenso se describen desplazamientos en los interpuntos de la región cefálica (1, 2, 13, 14, 15 y 16) que dieron como resultado expansiones; a su vez desplazamientos en la base de la aleta pectoral, pélvica, inicio y fin de la aleta dorsal (interpuntos 12, 11, 3 y 4 respectivamente) originaron contracciones que comprimieron la región de la aleta anal (Fig. 7a).

En el análisis de la forma por medio del TPS se visualizó en el componente uniforme describe desplazamientos hacia la parte anterior de los hitos de la región dorsal (2, 3, 4, 5 y 6) y hacia la parte posterior de los hitos de la región ventral (8, 9, 10, 11, 12), dando como resultado un incremento de la profundidad del cuerpo; en el componente no uniforme (WParc) el desplazamiento hacia la parte posterior del hito 16 (borde posterior de la abertura opercular) que originó una expansión en la parte posterior de la región cefálica y hacia la parte anterior del hito 7 (origen de los radios medios caudales). Las diferencias entre las formas (individuos 2 vs. 61) fueron explicadas principalmente por el componente uniforme 80% mientras que el componente no uniforme (WParc) explicó el 20% (Fig.7b).

Similar a lo que sucede con *H. agulha* y *H. ocaseoensis*, al realizar otras comparaciones entre los individuos de esta especie se visualizaron

deformaciones en el ancho del cuerpo, región cefálica y región caudal, las cuales fueron explicadas en todos los casos por el componente uniforme; los ejes de variación de la forma descritos por los componentes uniformes y no uniformes fueron coherentes con los WP, encontrándose que las deformaciones descritas del primer al sexto WP son globales mientras que del séptimo WP en adelante son locales.

La curvatura de la región media anterior y el acortamiento de la región cefálica es descrito en el WP 1, la primera deformación obedece al desplazamiento de los hitos 2, 3 y 4 (espina supraoccipital, inicio y fin de la aleta dorsal) hacia la región ventral; la segunda es resultado del acercamiento de los hitos ubicados en la región cefálica (1, 2, 13, 14, 15 y 16). La deformación descrita por este WP es la que posee el menor autovalor y por lo tanto es la deformación más global (Fig. 8a). La deformación descrita en el WP 2 es similar a la descrita en el WP 1, se visualizó la expansión de la región cefálica, una curvatura en la región media del cuerpo y el acercamiento de los hitos 10 y 11 (fin de la aleta anal y base de la aleta pélvica) que surgió como resultado de la curvatura (Fig. 8b). El ensanchamiento de la región cefálica y el acortamiento de la región caudal son descritos en el WP 3, el primero obedece al desplazamiento hacia la región dorsal del hito 2 (espina supraoccipital) y hacia la región ventral del hito 12 (base de la aleta pectoral); el segundo es resultado del acercamiento de los hitos por desplazamientos hacia la región ventral de los hitos que están ubicados en la región dorsal (4, 5 y 6) y hacia la región dorsal de los hitos que se encuentran ubicados en la región ventral (8, 9, 10 y 11) (Fig. 8c).

En el WP 4 se describen deformaciones que involucran los hitos 4 (fin de la aleta dorsal) y 5 (base de la aleta adiposa), los cuales se desplazaron hacia la región ventral dando origen a una curvatura en esta región. En la región cefálica, el hito 2 (espina supraoccipital) se desplazó hacia la región anterior originando una expansión entre este hito y el hito 3 (inicio de la aleta dorsal); y el hito 15 se desplazó levemente hacia la región ventral (Fig. 8d). El WP 5 describe una expansión en la región medial, la cual involucra el desplazamiento hacia la región dorsal de los hitos 3 y 4 (inicio y fin de la aleta dorsal) y hacia la región ventral de los hitos 10 y 11 (base de la aleta pélvica y pectoral); en la región caudal se visualizó una contracción dorso-ventral que es consecuencia del acercamiento de los hitos 5 (base de la aleta adiposa) y 9 (fin de la aleta anal); y 6 y 8 (extremo dorsal y ventral del pedúnculo caudal) (Fig. 8e). Contracciones en la región de la aleta anal y de la región cefálica fueron observadas en el WP 6; el hito 10 (inicio de la aleta anal) se desplazó hacia la región dorsal y hacia la parte posterior acercándose al hito 9 (fin de la aleta anal), el hito 13 (sínfisis) se desplazó hacia la región ventral dando como resultado un distanciamiento entre este hito y el hito 1 (hocico); y el hito 15 (borde posterior de la órbita ocular) se desplazó hacia la parte posterior dando origen a una protrusión en esta región (Fig. 8f). El WP 7 describe una deformación en la región media posterior del cuerpo (Fig. 8g); el WP 8 describe deformaciones en la región ventral del cuerpo (Fig. 8h); deformaciones en la región cefálica son descritas por el WP 9 y en la región dorsal del cuerpo por el WP 10 (Fig. 8i y 8j); el WP 11 y WP 13 describieron deformaciones que

involucraron los hitos de la región caudal (Fig. 8k y 8l); y el WP 12 describe una deformación en la órbita ocular (Fig. 8m).

Hyphessobrycon poecilioides

Por medio del análisis de cerchas se visualizo que la forma del cuerpo de esta especie es robusta; las deformaciones describieron expansiones en la parte anterior de la región cefálica, cubren los interpuntos hocico (1), extremo posterior de la espina supraoccipital (2), orbita ocular (14 y 15) y sínfisis (16); una contracción fue observada entre el inicio de la aleta anal y la base de la aleta pélvica (interpuntos 10 y 11) (Fig. 9a).

En el análisis de la forma por medio del TPS se visualizo en el componente uniforme el desplazamiento de los hitos de la zona dorsal (2, 3, 4, 5, y 6) hacia la región posterior del cuerpo, y hacia la región anterior los hitos de la zona ventral (8, 9, 10, 11, 12 y 13); en el componente no uniforme se señala una contracción de la región media, como resultado del acercamiento entre los hitos 10 (inicio de la aleta anal) y 11 (base de la aleta pélvica), y se presenta un desplazamiento del hito 16 (borde posterior de la abertura opercular) hacia la región posterior. Las diferencias entre las formas (individuos 31 vs. 57) fueron explicadas principalmente por el componente no uniforme (WParc) 79% mientras que el componente uniforme explico el 21% (Fig. 9b).

Similar a lo que sucede con *H. agulha*, *H. metae* y *H. ocaseoensis*, al realizar otras comparaciones entre los individuos de esta especie se visualizaron principalmente deformaciones en el ancho del cuerpo, región cefálica y región caudal, las cuales fueron explicadas en todos los casos por el componente

uniforme; los ejes de variación de la forma descritos por los componentes uniformes y no uniformes fueron coherentes con los WP, encontrándose que las deformaciones descritas del primer al sexto WP son globales mientras que del séptimo WP en adelante son locales.

El WP 1 describe la curvatura del cuerpo y la contracción de la región caudal; La curvatura obedece al desplazamiento de la región media posterior del cuerpo, descrita por los hitos 3, 4, 10 y 11, hacia la zona dorsal, y de las regiones cefálica y caudal hacia la zona ventral. La contracción de la región caudal se debe al acercamiento de los hitos 5, 6, 7, 8 y 9 (Fig. 10a). Se describe en el WP 2 un desplazamientos hacia arriba de la sínfisis (hito 13) y una contracción dorso-ventral de la región media anterior, descrita por la aleta dorsal (hito 3 y 4), inicio de la aleta anal (hito 10), base de la aleta pélvica (hito 11) y base de la aleta pectoral (hito 12) (Fig.10b). En el caso del WP 3, la altura de la región cefálica se contrae dorsalmente, mientras la región caudal se expande dorsalmente. La contracción es debida al desplazamiento hacia abajo del espina supraoccipital (hito 2), mientras que la expansión vertical de la región caudal se obedece al desplazamiento hacia arriba de la aleta adiposa (hito 5) y el extremo dorsal del pedúnculo caudal (hito 6) (Fig.10c). La contracción de la región media del cuerpo y la expansión dorsal de la región caudal son descritas por el WP 4. La contracción es el resultado del desplazamiento anterior y hacia abajo de los hitos 3 y 4 (inicio y fin de la aleta dorsal) y del desplazamiento hacia arriba de los hitos 10 (inicio de la aleta anal) y 11 (base de la aleta pélvica) (Fig.10d). Se describe una deformación en la región ventral en los WP 5 y 6, en el primero es producida por el

desplazamiento hacia abajo de los hitos 10 (inicio de la aleta anal) y 11 (base de la aleta pélvica) (Fig. 10e), mientras que el segundo describe un desplazamiento hacia arriba del hito 11 (base de la aleta pélvica), hacia la zona anterior de los hitos 3 y 4 (inicio y fin aleta dorsal) y de la región anterior hacia la zona dorsal, mientras la región posterior se desplaza hacia la zona ventral (Fig. 10f). El WP 7 describe deformaciones en la región dorsal del cuerpo (Fig. 10g); Los WP 8 y 9 describen deformaciones locales en la región cefálica (Fig.10h y 10i); La deformación descrita por el WP 10 es mucho mas local que las anteriores y señala una contracción de las estructuras de la región caudal (Fig.10j); La contracción de la región cefálica es descrita por los WP 11 y 13 (Fig.10k y 10m) mientras que en el WP 12 se describe la protrusión posterior del origen de los radios medios caudales (Fig.10l).

Hyphessobrycon proteus

Por medio del análisis de cerchas se visualizó que esta especie posee un cuerpo robusto; en la forma consenso se describieron desplazamientos en la región de la base de la aleta pectoral y adiposa (interpuntos 12 y 5 respectivamente), los cuales originaron expansiones. Entre la base de la aleta pélvica e inicio de la aleta anal se observa una contracción que contribuye al acercamiento de estos interpuntos (11 y 10 respectivamente); en la región del pedúnculo caudal y de los radios medios caudales (interpuntos 6, 7 y 8) ocurre una deformación similar a la descrita anteriormente (Fig. 11a).

Los cambios de la forma visualizados por medio del TPS en el componente uniforme describieron desplazamientos no muy marcados de los hitos 2 y 3

(espina supraoccipital y Inicio de la aleta dorsal) hacia la parte anterior del cuerpo, mientras que en el componente no uniforme se presentaron desplazamientos de los hitos de la región dorsal (2, 3, y 4) hacia arriba y de los hitos de la región ventral (10, 11 y 12) hacia abajo dando como resultado una expansión entre ellos, a su vez se visualizó una contracción entre los hitos mencionados anteriormente originando un acercamiento entre la base de las aletas; el hito 16 (borde posterior del opérculo) se desplazó hacia la región anterior dando origen a una expansión en la parte posterior de la región cefálica. Las diferencias entre las formas (individuos 31 vs. 35) fueron explicadas principalmente por el componente no uniforme (WParc) 62% mientras que el componente uniforme explicó el 38% (Fig.11b).

Similar a lo que sucede con las especies descritas anteriormente, al realizar otras comparaciones entre los individuos de esta especie se visualizaron principalmente deformaciones en el ancho del cuerpo, región cefálica y región caudal, las cuales fueron explicadas en todos los casos por el componente uniforme; los ejes de variación de la forma descritos por los componentes uniformes y no uniformes fueron coherentes con los WP, encontrándose que las deformaciones descritas del primer al sexto WP son globales mientras que del séptimo WP en adelante son locales.

El WP 1 describe una curvatura en la parte anterior del cuerpo y el acortamiento de la región cefálica; la curvatura es resultado del desplazamiento de los hitos 3 (inicio de la aleta dorsal), 4 (fin de la aleta dorsal), 10 (inicio de la aleta anal) y 11 (base de la aleta pélvica) hacia la región ventral. El acortamiento de la región cefálica es resultado del desplazamiento de los hitos

que se ubican en esa región hacia la parte anterior del cuerpo (Fig.12a). Mediante el WP2 se describe una deformación complementaria a la anteriormente descrita; la región cefálica se expande, el hito 2 (espina supraoccipital) se acerca al hito 3 (inicio de la aleta dorsal) y este a su vez se acerca al hito 4 (fin de la aleta dorsal); el hito 12 (base de la aleta pectoral) se desplazo hacia arriba y hacia la parte posterior acercándose al hito 11 (base de la aleta pélvica), este hito tubo un desplazamiento similar al hito 12 acercándose al hito 10 (inicio de la aleta anal) (Fig.12b). El WP 3, describió el acortamiento de la región cefálica y la expansión de la región del pedúnculo caudal. El acortamiento de la cabeza obedece al acercamiento de los hitos que allí se ubican y la expansión al distanciamiento entre los hitos 6, 7 y 8 que se encuentran en el pedúnculo caudal. Se visualizo un acortamiento entre los hitos 10 (inicio de la aleta anal) y 11 (base de la aleta pélvica); y 11 y 12 (base de la aleta pectoral) (Fig.12c).

Las diferencias del WP 4; involucran el desplazamiento hacia abajo del hito 4 (fin de la aleta dorsal) y 5 (base de la aleta adiposa). El hito 10 (inicio de la aleta anal) se desplazó hacia arriba y el hito 9 (fin de la aleta anal) hacia abajo provocando un acercamiento entre ellos (Fig.12d). Deformaciones en la región dorsal y ventral fueron descritas por el WP 5; los hitos 3 y 4 (inicio y fin de la aleta dorsal) se desplazaron hacia abajo y los hitos 10 y 11 (inicio de la aleta anal y base de la aleta pélvica) hacia arriba, dando como resultado un acercamiento entre los hitos de la región dorsal y ventral (Fig.12e). Las deformaciones descritas por el WP 6, son complementarias a las descritas por el WP 5; los hitos 3 y 4 se desplazaron hacia arriba y los hitos 10 y 11 hacia

abajo, provocando un aumento en la profundidad del cuerpo; además se observo un desplazamiento hacia arriba del hito 15 (borde posterior de la órbita ocular) y hacia la parte posterior acercándose al hito 16 (borde posterior del opérculo) (Fig.12f). El WP 7 describió deformaciones en la región dorsal y anterior del cuerpo (Fig.12g); El WP 8 describió un acortamiento de la región cefálica (Fig.12h); Deformaciones en la región cefálica son descritas por el WP 9 (Fig.12i); Mediante el WP 10 se señala una deformación que involucra la región del pedúnculo caudal (Fig.12j); La deformación de la parte posterior de la región cefálica es descrita en el WP 11 (Fig.12k); El WP 12 describe una deformación localizada en el origen de los radios medios caudales (Fig.12l) y el WP 13 describió una deformación de tipo local en la parte posterior de la región cefálica (Fig.12m).

***Hyphessobrycon* sp. 1**

A partir de la forma consenso obtenida por medio del análisis de cerchas se determino que esta especie es alargada. Se encontraron expansiones en el borde posterior del opérculo que cubren parte de la órbita ocular, sínfisis y base de la aleta pectoral (interpuntos 16, 14, 15, 13 y 12 respectivamente); en la región de la aleta anal (interpuntos 9 y 10) se encontró una expansión marcada. Se observaron contracciones entre el hocico-extremo posterior de la espina supraoccipital (interpuntos 1, 2), hocico-borde anterior de la órbita ocular (interpuntos 1, 14) y la base de la aleta pélvica-pectoral (11, 12) se observaron contracciones (Fig. 13a).

La deformación explicada por el componente uniforme en el análisis TPS describe un desplazamiento de los hitos en la zona dorsal (2, 3, 4, 5 y 6) hacia la parte posterior del cuerpo, y los de la zona ventral hacia la región anterior (8, 9, 10, 11, 12 y 13); el componente no uniforme señala un desplazamiento hacia arriba de los hitos 11 (base de la aleta pélvica), 12 (base de la aleta pectoral) y 13 (sínfisis), este último se acerca a los hitos 1 (hocico) y 14 (borde anterior de la órbita ocular) que señalan las estructuras de la región cefálica, las cuales se están contrayendo. El hito 9 (fin de la aleta anal) se desplaza hacia el 5 (base de la aleta adiposa) y hacia el hito 8 (extremo ventral del pedúnculo caudal) dando origen a una expansión de la región de la aleta anal, la cual está influenciada por el desplazamiento posterior del hito 10 y 11 (Inicio de la aleta anal y base de la aleta pélvica), de igual manera se visualizo una contracción entre los hitos 11 y 12 (base de la aleta pélvica y pectoral); el hito 8 se desplazó hacia el 6 (extremo dorsal del pedúnculo caudal), presentándose así una contracción longitudinal del pedúnculo caudal (Fig. 13b). Las diferencias entre las formas (individuos 22 vs. 64) fueron explicadas principalmente por el componente uniforme 61% mientras que el componente no uniforme (WParc) explico el 39% (Fig.18b).

Similar a lo que sucede con las especies descritas anteriormente, al realizar otras comparaciones entre los individuos de esta especie se visualizaron principalmente deformaciones en el ancho del cuerpo, región cefálica y región caudal, las cuales fueron explicadas en todos los casos por el componente uniforme; los ejes de variación de la forma descritos por los componentes uniformes y no uniformes fueron coherentes con los WP, encontrándose que

las deformaciones descritas del primer al sexto WP son globales mientras que del séptimo WP en adelante son locales.

El WP 1 describe la curvatura del cuerpo y el estrechamiento de la región caudal; La curvatura es el resultado del desplazamiento de la zona media posterior del cuerpo, descrita por los hitos 3, 10 y 11 hacia la región dorsal, y de las regiones cefálica y caudal hacia la región ventral. El estrechamiento de la región caudal se debe a la contracción entre los hitos 5, 6, 7, 8 y 9, en especial entre los hitos 7 y 8 (Fig. 14a). El WP 2 describe los cambios relacionados con el estrechamiento de la región media del cuerpo, siendo el resultado del desplazamiento antero-ventral de la aleta dorsal (hitos 3 y 4) y el desplazamiento hacia arriba del borde de la aleta pélvica (hitos 11). Se presenta una deformación descrita por el desplazamiento de los hitos 1, 2, 13, 14, 15, y 16 (región cefálica) hacia la región dorsal, mientras la región caudal se desplaza en dirección ventral (Fig. 14b).

Los cambios relacionados al incremento de la altura de la región cefálica, a la expansión antero-dorsal del cuerpo de *Hyphessobrycon* sp. 1 y el estrechamiento de la región media y posterior del cuerpo, predominantemente la región caudal son descritas por el WP 3. La expansión antero-dorsal del cuerpo está dada por el desplazamiento hacia abajo de los hitos 12 y 13 y del desplazamiento hacia arriba del hito 2. La contracción del cuerpo en la región posterior obedece al desplazamiento de los hitos 9 y 10 hacia la región dorsal y del hito 5 hacia la región ventral, mientras la contracción en la región media del cuerpo resulta del desplazamiento hacia abajo de los hitos 3 y 4, y hacia arriba del hito 11. La reducción del espacio entre los hitos 6, 7 y 8, muestran

claramente la contracción longitudinal en la región caudal (Fig. 14c). La altura de la región cefálica se reduce ventralmente, mientras la región caudal se expande dorsalmente y la región media se ensancha ventralmente en el WP 4. La reducción de la altura es causa del desplazamiento hacia arriba de la sínfisis (hito 13) y base de la aleta pectoral (hito 12); la expansión de la región caudal se debe principalmente al desplazamiento hacia arriba de la aleta adiposa (hito 5) y el fin de la aleta anal (hito 9). Con respecto a la región media del cuerpo es resultado del desplazamiento de la base de aleta pélvica (hito 11) hacia la región ventral (Fig. 14d).

La deformación descrita por el WP 5, muestra el ensanchamiento de la región media del cuerpo y el estrechamiento de la región caudal. El ensanchamiento es dado por el desplazamiento de la aleta dorsal (hitos 3 y 4) hacia arriba y el desplazamiento hacia abajo del borde de la aleta pélvica (hito 11); el estrechamiento de la región caudal es resultante del desplazamiento hacia abajo de la base de la aleta adiposa (hito 5) y el extremo dorsal del pedúnculo caudal (hito 6) (Fig. 14e). El WP 6 describió un desplazamiento hacia la parte posterior del hito 10 (inicio de la aleta anal) y hacia la parte anterior del hito 9 (fin de la aleta anal), dando como resultado un acercamiento entre estos ellos; en la región cefálica el hito 15 (borde posterior de la órbita ocular) se desplazo hacia la parte posterior acercándose al hito 16 (borde posterior del opérculo (Fig. 14f). El estrechamiento de la región cefálica, el ensanchamiento de la región media del cuerpo y la reducción del espacio en la región caudal, son descritas por el WP 7 (Fig. 14g); El ensanchamiento de la región media del cuerpo y deformaciones de la región dorsal son descritas en el WP 8 (Fig. 14h);

El WP 9 describe una expansión de la órbita ocular y una contracción de la región dorsal (Fig. 14i); El WP 10 describe una contracción longitudinal de la región caudal (Fig. 14j); Los WP 11 y 12, describen deformaciones locales en la región cefálica (Fig. 14k y 14l); mientras que el WP 13 una contracción de la región caudal (Fig. 14m).

***Hyphessobrycon* sp. 2**

Por medio del análisis de cerchas se visualizó en las deformaciones parciales que la forma consenso de esta especie difiere de las demás debido a que se caracteriza por ser alargada y con una región cefálica grande en comparación con las otras especies; se describieron desplazamientos de todos los interpuntos originando expansiones en la mayoría del cuerpo a excepción de la región media posterior y el pedúnculo caudal donde se visualizo una contracción que involucró los interpuntos de esta región (5, 6, 7, 8 y 9) (Fig. 15a).

La deformación explicada por el componente uniforme en el análisis TPS resulta del desplazamiento anterior y hacia arriba de los hitos de la zona dorsal del cuerpo (2, 3, 4 y 5) que dan origen a la expansión de la parte media del cuerpo; el componente no uniforme (WParc) el desplazamiento hacia atrás de los hitos de la región cefálica (1, 2, 12, 13, 14, 15 y 16) que dan como resultado una expansión de la región cefálica, a su vez se visualizo una contracción en el extremo ventral del pedúnculo caudal producto del desplazamiento hacia delante del hito 8, acercándose al hito 9. Las diferencias entre las formas (individuos 1 vs. 9) fueron explicadas principalmente por el componente

uniforme 82% mientras que el componente no uniforme (WParc) explico el 18% (Fig.15b).

Similar a lo que sucede con las especies descritas anteriormente, al realizar otras comparaciones entre los individuos de esta especie se visualizaron principalmente deformaciones en el ancho del cuerpo, región cefálica y región caudal, las cuales fueron explicadas en todos los casos por el componente uniforme; los ejes de variación de la forma descritos por los componentes uniformes y no uniformes fueron coherentes con los WP, encontrándose que las deformaciones descritas del primer al sexto WP son globales mientras que del séptimo WP en adelante son locales.

El WP 1 describe la curvatura del cuerpo y el acortamiento de la región cefálica; La curvatura es el resultado del desplazamiento de la zona media a la región anterior del cuerpo, descrita por el inicio y fin de la aleta dorsal (hitos 3 y 4), inicio de la aleta anal (hito 10), base de la aleta pélvica (hito 11) y pectoral (hito 12), hacia la zona ventral; y de las regiones cefálica y caudal hacia la zona dorsal. La región cefálica presenta un acortamiento resultante de una contracción entre el espina supraoccipital (hito 2), sínfisis (hito 13), borde posterior de la órbita ocular (hito 15) y el borde posterior de la abertura opercular (hito 16), en especial entre los hitos hocico (hito 1) y borde anterior de la órbita ocular (hito 14) (Fig. 16a).

En el WP 2, se presenta una curvatura en la región posterior y una contracción en la profundidad del cuerpo, al igual que un acortamiento de la región cefálica. La curvatura y la contracción se deben a un desplazamiento hacia la zona

ventral del hito 2 y hacia la zona dorsal de los hitos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 que describen las regiones media y caudal del cuerpo. El acortamiento es resultado de la contracción entre los hitos 13, 15 y 16, especialmente entre los hitos 1 y 14 (Fig. 16b). La deformación descrita por el WP 3 describe la expansión dorsal de la región cefálica, mientras la región media y caudal se contrae ventralmente. La expansión resulta principalmente del desplazamiento hacia arriba del hito 2, mientras la contracción en las dos regiones se deben al desplazamiento dorsal de los hitos 7, 8, 9, 10, 11 y 12, causando que la región caudal se contraiga longitudinalmente y se desplace hacia arriba (Fig. 16c).

El WP 4 describe una curvatura del cuerpo, en donde se observa un desplazamiento de la región anterior, descrita por los hitos 1, 2, 13, 14, 15 y 16 hacia la zona ventral, y la región posterior hacia la zona dorsal. Las regiones cefálica y caudal presentan contracciones ventrales; mientras que la región media las presenta dorsalmente. (Fig. 16d). Una curvatura es descrita en el WP 5, esta es dada por el desplazamiento de la región anterior (hitos 1, 2, 13, 14, 15 y 16) hacia la zona dorsal y de la región posterior (hitos 5, 6, 7, 8 y 9) hacia la zona ventral. La contracción de la región cefálica es resultado del desplazamiento hacia arriba del hito 13 (sínfisis); en la región caudal se señala un desplazamiento hacia abajo de los hitos 5 (base de la aleta adiposa), 6 (extremo dorsal del pedúnculo caudal) y 7 (origen de los radios medios caudales), y hacia arriba de los hitos 8 (extremo ventral del pedúnculo caudal) y 9 (fin de la aleta anal), especialmente el acercamiento del hito 7 y 8, observándose de esta manera una contracción longitudinal de la región caudal. Por otro lado, la región media se expande dorso-ventralmente; los hitos 3 y 4

(inicio y fin aleta dorsal) se desplazan hacia arriba y hacia abajo los hitos 10 (inicio aleta anal), 11 (base de la aleta pélvica) y 12 (base de la aleta pectoral) (Fig. 16e). La contracción de la región media del cuerpo y la región caudal son descritas por el WP 6. La primera contracción es el resultado del desplazamiento hacia abajo del fin de la aleta dorsal (hito 4) y hacia arriba de la base de la aleta pélvica (hito 11). La segunda se debe al desplazamiento hacia arriba del fin de la aleta anal (hito 9) y el extremo ventral del pedúnculo caudal (hito 8) (Fig. 16f). El WP 7 describe una contracción ventral de la región cefálica y un desplazamiento de la región caudal hacia la zona dorsal (Fig. 16g); La contracción de las regiones media y caudal son descritas por el WP 8 (Fig. 16h); El WP 9 muestra la deformación de la parte inferior de la cabeza (Fig. 16i); Se describen deformaciones locales de la región caudal en el WP 10 (Fig. 16j); Los WP 11 y 12 describen deformaciones mucho más locales que las anteriores y señalan contracciones de las estructuras de la región cefálica (Fig. 16k y 16l), mientras que el WP 13 describe la deformación resultante del acercamiento del origen de los radios medios caudales (hito 7) al extremo ventral del pedúnculo caudal (hito 8) (Fig. 16m).

***Hyphessobrycon* sp. 3**

El análisis de cerchas permitió visualizar que esta especie tiene un cuerpo alargado; en la forma consenso se describen expansiones en la órbita ocular, borde posterior del opérculo, base de la aleta pectoral y extremo ventral del pedúnculo caudal (interpuntos 14, 15, 16, 12 y 8 respectivamente); una contracción fue observada en la región que involucra los interpuntos hocico,

borde anterior de la órbita ocular, sínfisis y espina supraoccipital (interpuntos 1, 12, 13 y 2 respectivamente) (Fig. 17a).

La deformación explicada por medio del análisis TPS en el componente uniforme resulta del desplazamiento de los hitos de la zona dorsal hacia atrás (2, 3, 4,5 y 6) y de los hitos de la zona ventral (8, 9, 10, 11, 12 y 13) hacia delante, estos desplazamientos dan origen a la expansión de la región media del cuerpo. En el componente no uniforme se describe la contracción longitudinal del cuerpo debido al desplazamiento hacia arriba de todos los hitos de la zona ventral, excepto los hitos 10 (inicio aleta anal) y 11 (base de la aleta pélvica), los cuales se desplazan hacia abajo; en la región posterior cefálica se describe una expansión que involucra los hitos 15 y 16, y la base de la aleta pectoral (hito 12). Las diferencias entre las formas (individuos 26 vs. 43) fueron explicadas principalmente por el componente no uniforme (WParc) 55% mientras que el componente uniforme explico el 45% (Fig. 17b).

Similar a lo que sucede con las especies descritas anteriormente, al realizar otras comparaciones entre los individuos de esta especie se visualizaron principalmente deformaciones en el ancho del cuerpo, región cefálica y región caudal, las cuales fueron explicadas en todos los casos por el componente uniforme; los ejes de variación de la forma descritos por los componentes uniformes y no uniformes fueron coherentes con los WP, encontrándose que las deformaciones descritas del primer al sexto WP son globales mientras que del séptimo WP en adelante son locales.

El WP 1 describe la curvatura del cuerpo y la contracción de la región cefálica, resultado del desplazamiento de la zona media hacia la región anterior del cuerpo, descrito por los hitos 3, 4, 10, 11 y 12, hacia la zona ventral, y de las regiones cefálica y caudal hacia la zona dorsal. La contracción de la región cefálica obedece al acercamiento de los hitos 1, 14, 15, y 16, en especial entre el borde anterior de la órbita ocular (hito 14) y el espina supraoccipital (hito 2), y el borde posterior de la órbita ocular (hito 15) y la sínfisis (hito 3) (Fig. 18a). El WP 2 describe los cambios relacionados con la profundidad del cuerpo y las contracciones en la región cefálica que resultan del desplazamiento hacia abajo del espina supraoccipital (hito 2) y del acercamiento de los hitos 13, 14 y 15 en especial 1 y 14 (Fig. 18b); los hitos 7, 8, 9, 10 y 11 se desplazan hacia arriba. La altura de la región cefálica del cuerpo se contrae dorso-ventralmente mientras que la región posterior se expande en el WP 3. La reducción de la altura es debida a un desplazamiento hacia abajo del espina supraoccipital (hito 2), hacia arriba de la sínfisis (hito 13) y del acercamiento del hocico (hito 1) y el borde anterior de la órbita ocular, y del borde posterior de la órbita ocular (hito 15) y la borde posterior de la abertura opercular (hito 16). La expansión resulta del desplazamiento hacia abajo del extremo ventral del pedúnculo caudal (hito 8), inicio y fin de la aleta anal (hitos 9 y 10), base de la aleta pélvica (hito 11) y base de la aleta pectoral (hito 12) (Fig. 18c).

La deformación descrita por el WP 4 obedece a las contracciones de la región cefálica y media del cuerpo, y a la expansión en la región caudal. La contracción en la región cefálica es el resultado del desplazamiento hacia abajo del hito 2 (espina supraoccipital) y del acercamiento de los hitos 1, 13, 14 y 15;

en la parte media se presenta un desplazamiento hacia arriba del inicio de la aleta dorsal (hitos 3), inicio de la aleta anal (hito 10) y base de la aleta pélvica (hito 11), mientras que el fin de la aleta dorsal se desplaza hacia abajo; se observa el acercamiento entre los hitos 3 y 4 (inicio y fin de aleta dorsal), y 10 y 11 (inicio de aleta anal y base de la aleta pélvica). Por otro lado, la expansión obedece al desplazamiento hacia la zona anterior de los hitos 5 (Aleta adiposa) y 9 (fin de la aleta anal) (Fig. 18d). El WP 5 describe una contracción de la región media del cuerpo, resultado del desplazamiento hacia abajo de la aleta dorsal (hitos 3 y 4) y hacia arriba del inicio de la aleta anal y pélvica (hitos 10 y 11), además se presenta una protrusión posterior del extremo dorsal del pedúnculo (hito 6) (Fig. 18e). Se describe en el WP 6, una contracción en la región cefálica, debido al desplazamiento del hito 3 (inicio aleta dorsal) hacia arriba, aproximándose ligeramente a los hitos 14 y 15 (borde anterior y posterior de la órbita ocular), además del acercamiento de los hitos 1, 2, 14, 15 y 16. La contracción de la región media del cuerpo obedece al desplazamiento hacia la zona dorsal del hito 10 (inicio de la aleta anal) y al acercamiento de los hitos 4, 5, 9 y 10; por otra parte se observa que la región cefálica se desplaza hacia la zona dorsal, y las regiones media y caudal hacia la región ventral (Fig. 18f). El WP 7 describe una expansión en la región media del cuerpo (Fig. 18g); El WP 8 presenta una contracción en la región cefálica y media del cuerpo (Fig. 18h); Los WP 9, 11 y 13 describen deformaciones locales de la región cefálica (Fig. 18i, 18k y 18l); La deformación en el pedúnculo caudal se describe en el WP 10 (Fig. 18j) mientras que el WP 12 señala una protrusión posterior del hito de origen de los radios medios caudales (hito 7) (Fig. 18l).

Hyphessobrycon diancistrus

La forma consenso obtenida a partir del análisis de cerchas permitió visualizar que esta especie se caracteriza por tener un cuerpo alargado similar al de *Hyphessobrycon metae*; presenta una región predorsal larga y una cabeza pequeña en comparación con las demás especies. Se observó desplazamiento en los interpuntos de la órbita ocular y sínfisis (14, 15 y 13 respectivamente), los cuales dieron origen a expansiones (Fig. 19a).

Hyphessobrycon heterorhabdus

La forma consenso obtenida mediante el análisis de cerchas permitió visualizar que esta especie en tiene un cuerpo alargado y con la base de la aleta dorsal pequeña al compararla con las demás especies. Se observó expansiones originadas en los desplazamientos de los interpuntos hocico, sínfisis y orbita ocular (1, 13, 14 y 15 respectivamente); a su vez desplazamientos en el borde posterior del opérculo con respecto a la órbita ocular (interpuntos 16 y 15), entre la base de la aleta pectoral y pélvica (interpuntos 12 y 11), y entre el inicio y fin de la aleta dorsal (interpuntos 3 y 4), los cuales originaron contracciones en estas regiones del cuerpo (Fig. 19b).

4.2 Alometría multivariada y relación talla-forma

Las especies del género *Hyphessobrycon* grupo heterorhabdus presentes en Colombia se caracterizaron por un crecimiento alométrico en todas sus cerchas. La región dorsal entre los interpuntos 2-7 (extremo posterior de la espina supraoccipital y origen de los radios medios caudales) y la profundidad

del cuerpo entre los interpuntos 2-12 (extremo posterior de la espina supraoccipital y base de la aleta pectoral), 3-11 (Inicio de la aleta dorsal y base de la pélvica), 4-10 (fin de la aleta dorsal y inicio de la aleta anal), 5-9 (base de la aleta pélvica y fin de la aleta anal) y 6-8 (extremo dorsal y ventral del pedúnculo caudal) presentaron crecimiento alométrico positivo; entre los interpuntos del margen dorsal de la región cefálica (1 y 2) ocurre el caso contrario, el crecimiento es de tipo alométrico negativo.

Se presentó una contracción de la región anal (entre los interpuntos 9 y 10), entre la base de la aleta pélvica y pectoral (interpuntos 11 y 12), y entre la sínfisis (interpunto 13) y el hocico (interpunto 1); mientras entre la base de la aleta pectoral y la sínfisis (interpuntos 12-13), entre la base de la aleta pélvica y anal (interpuntos 11-10), y entre el fin de la aleta anal y el extremo ventral del pedúnculo caudal se expanden (9-8) (Fig. 2b y Tabla 1).

En cuanto a la relación talla y forma, el ajuste de un modelo lineal multivariado general a la relación que existe entre las deformaciones (*i.e.* componentes uniforme + no uniforme [descrito por los WParc]), y TC de los individuos, fue significativo para todas las especies analizadas (*H. agulha*, *H. ocaseoensis*, *H. poecilioides*, *H. proteus*, *Hyphessobrycon* sp. 1, *Hyphessobrycon* sp. 2 e *Hyphessobrycon* sp.3) por lo que se rechaza la hipótesis de isometría (Tabla 2), corroborando de esta manera los resultados encontrados por medio de la alometría multivariada realizada a partir del análisis de cerchas; de igual manera en el caso de todas las especies la regresión contra TC fue significativa en el componente uniforme y en todos los WParc y WP, presentándose p-

valores equivalentes a 1×10^{-5} por lo que se plantea que estas variables están directamente relacionadas con la talla de los individuos.

4.3 Análisis de componentes principales

Con las coordenadas obtenidas a partir del análisis de cerchas se llevaron a cabo los siguientes análisis de componentes principales:

El ACP para las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia no fue significativo; se encontró un solapamiento de formas entre todas las especies y la conformación de dos grupos que se diferencian por el grado de robustez. En el primero incluye las especies menos robustas: *H. agulha*, *H. diancistrus*, *H. heterorhabdus*, *H. metae*, *Hyphessobrycon* sp. 1, *Hyphessobrycon* sp. 2 y *Hyphessobrycon* sp. 3; el segundo lo conforman: *H. ocaseensis*, *H. poecilioides* y *H. proteus*, las cuales son más robustas. La variación entre las especies fue explicada mediante la combinación de las dos primeras componentes (93,45%), siendo los interpuntos hocico – extremo posterior de la espina supraoccipital los que más aportaron a esta variabilidad para la primera componente (70,923%), seguido de los interpuntos extremo posterior de la espina supraoccipital - base de la aleta pectoral para la segunda componente (22,53%) (Fig. 20).

El ACP entre *H. ocaseensis*, *H. poecilioides* y *H. proteus* no fue significativo; *H. ocaseensis* y *H. proteus* son más similares en contorno, se observó que todos los individuos en ambas especies conforman una unidad, a diferencia de *H. poecilioides*, el cual presenta una forma evidentemente distinta y mucho más variable. La primera componente fue explicada mediante los interpuntos

hocico- extremo posterior de la espina supraoccipital con un 73,32% de la variabilidad total y la segunda componente con un 16,69% por los interpuntos extremo posterior de la espina supraoccipital – base de la aleta pectoral (Fig. 21).

El ACP entre *H. diancistrus*, *H. metae* y *Hyphessobrycon* sp. 3 explicó el 96,34% de la variabilidad total; la primera componente explico el 82,76% y la segunda el 13,58%, por los interpuntos hocico-extremo posterior de la espina supraoccipital y extremo posterior de la espina supraoccipital-base de la aleta pectoral respectivamente. Las tres especies mencionadas presentaron contornos diferentes, siendo *Hyphessobrycon* sp. 3 la de mayor variabilidad; *H. diancistrus* y *H. metae* son muy similares en forma, sin embargo, no se encontró solapamiento entre ellas (Fig. 22).

El ACP entre *H. agulha*, *H. heterorhabdus*, *Hyphessobrycon* sp. 1 y *Hyphessobrycon* sp. 2 indicó que la especie *H. agulha* es la que presenta mayor variabilidad y se encuentra agrupando a las demás; *Hyphessobrycon* sp. 1 y *Hyphessobrycon* sp. 2 son dos especies distintas, las cuales no presentan solapamiento de formas siendo *Hyphessobrycon* sp. 1 mas similar a *H. agulha* y *Hyphessobrycon* sp. 2 a *H. heterorhabdus*, las dos primeras componentes explicaron el 94,25% de la variabilidad total, la primera componente (74,32%) se explico por los interpuntos hocico-extremo posterior de la espina supraoccipital y la segunda componente (19,93%) por los interpuntos extremo posterior de la espina supraoccipital - base de la aleta pectoral (Fig. 23).

El ACP para las especies *Hyphessobrycon* sp. 1, *Hyphessobrycon* sp. 2 y *Hyphessobrycon* sp. 3, señalo que las 3 especies difieren en forma siendo más similares *Hyphessobrycon* sp. 2 y *Hyphessobrycon* sp. 3. La primera componente explico el 86,13% de la variación total por medio de los interpuntos hocico-extremo posterior de la espina supraoccipital y la segunda componente explico el 9,72% por medio de los interpuntos extremo posterior de la espina supraoccipital-base de la aleta pectoral (Fig. 24). En todos los análisis de componentes principales se observo un factor común, los interpuntos que explicaron la variación fueron los mismos y corresponden a interpuntos que hacen parte de la cercha I, es decir la región cefálica, atribuyéndose a esta región la variabilidad de la forma entre las especies de *Hyphessobrycon* grupo heterorhabdus.

4.4 Análisis de similitud

El cluster realizado con las configuraciones consenso dio un resultado similar al encontrado en el análisis de componentes principales; las especies se dividen en dos grupos según el grado de robustez, y tienen una alta similitud morfológica (76%). Dentro de las más robustas se encuentra *Hyphessobrycon poecilioides*, *H. proteus* y *H. ocaseoensis*, siendo estas dos últimos las más similares (96%). En el otro grupo se encuentran las especies alargadas *Hyphessobrycon* sp. 1, *H. agulha*, *H. metae*, *Hyphessobrycon* sp. 2 y 3, siendo más similares *H. agulha*, *H. metae* (88%), y *Hyphessobrycon* sp. 2 y 3 (92%) (Fig. 25).

5. DISCUSIÓN

Los análisis de morfometría, particularmente en teleósteos, han sido la fuente primaria de información para estudios taxonómicos y evolutivos (Meléndez, 2002). El uso de las cerchas permitió encontrar nuevas medidas discriminantes que junto con las tradicionales corroboran la identidad taxonómica de las especies. Entre las medidas tradicionales para diferenciar especies se destacan la profundidad del cuerpo, longitud de la aleta dorsal y anal, de la mandíbula superior y del hocico (García-Alzate, *et al.* 2008a, b; García-Alzate & Román-Valencia, 2008a); mientras que en cerchas son evidentes aquellas relacionadas con la profundidad del cuerpo (extremo posterior de la espina supraoccipital-Inicio de la aleta pectoral) y el tamaño de la cabeza (hocico-extremo posterior de la espina supraoccipital). Estas medidas pueden ser utilizadas en la determinación taxonómica y servir como referencia en estudios de variación entre poblaciones.

El análisis de componentes principales realizado aquí no fue significativo debido al solapamiento de formas encontrado, estos resultados concuerdan con García-Alzate & Román-Valencia (2008a) quienes emplearon medidas tradicionales para diferenciar las especies de *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* de Colombia, de igual manera estos autores plantean que las especies trans-interandinas se caracterizan por ser de gran tamaño y extremadamente robustas, comparadas con las demás especies cisandinas; hecho que se confirma con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Dentro del grupo de las especies trans-interandinas, *H. ocaseensis* y *H. proteus* son las especies más similares según la forma. En un estudio realizado recientemente por García-Alzate & Román-Valencia (2008a) se plantea que *H. ocaseensis* es similar a *H. proteus* no solo a nivel morfológico sino también a nivel osteológico; se diferencian además de los caracteres diagnósticos, por la longitud de la mandíbula superior con relación a la longitud post-orbital de la cabeza y la profundidad del cuerpo; y por la longitud del pedúnculo caudal y del maxilar; de igual manera García-Alzate & Román-Valencia (2008a) proponen que estas dos especies se distinguen de *H. poecilioides* por la longitud del hueso maxilar y del hocico; con base en lo anterior no es extraño encontrar una estrecha relación entre estas especies, hecho que concuerda con nuestros resultados dado que las especies que se encuentran en estas áreas son similares con base a la forma. De igual manera, las especies de la región cisandina conformaron un grupo debido a la similaridad de formas ya que todas son delgadas y pequeñas, además esta área presentó la mayor riqueza y diversidad de especies del grupo.

García-Alzate (2009) realizó un análisis filogenético y biogeográfico de las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* se asume que *H. ocaseensis* es la especie basal del grupo. El grupo *heterorhabdus* es monofilético y está soportado por 2 sinapomorfias a nivel osteológico: 1- con 13 a 14 epipleurales y 2- Metapterigoide sin proyección ventral no en contacto con el simplectico; excluye a las especies *H. proteus* y *H. poecilioides* del grupo e inclusive del género debido a que presentan una estructura osteológica distinta a las demás especies de *Hyphessobrycon*; sin embargo estas dos especies

son filogenéticamente próximas y a su vez son cercanas a *H. ocaseensis*, hecho que nos lleva a plantear que la forma robusta y grande corresponde a especies ancestrales estrechamente relacionadas con el género *Hyphessobrycon*, y específicamente con el grupo *heterorhabdus* mientras que la forma delgada y pequeña corresponde a especies más recientes, entre las cuales se incluye *H. diancistrus*, *H. heterorhabdus*, *H. metae*, *H. agulha*, *Hyphessobrycon* sp.1, *Hyphessobrycon* sp.2 y *Hyphessobrycon* sp.3; estas cuatro últimas especies están distribuidas en la cuenca del Amazonas, área que es considerada como la más derivada en el análisis biogeográfico realizado por el mismo autor.

Al realizar estudios que evalúan los cambios morfológicos atribuibles a la forma de las especies, no solo se debe tener en cuenta el componente filogenético, sino que se pueden atribuir estas variaciones a factores ecológicos como los hábitos alimentarios y variables ambientales como las características hidrológicas de los ríos; en éste caso el hábitat es un factor que determina la forma general del cuerpo de las especies siendo ésta la fuente de variación, debido a las diferencias en el caudal que presentan los ríos; el río Orinoco y Amazonas son de caudal fuerte y pueden ejercer una presión selectiva hacia los individuos con características más hidrodinámicas (Pardo 2002), a diferencia de los tributarios de las cuencas del río Cauca y Magdalena.

Las especies analizadas en este estudio se caracterizaron por exhibir, durante su desarrollo ontogénico, un crecimiento alométrico; la longitud y profundidad del cuerpo presentaron alometría positiva; y la región cefálica, entre la base de la aleta pélvica y pectoral, la región de la aleta anal y del aparato mandibular

alometría negativa; este es el primer reporte para todas las especies de *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia a excepción de *H. poecilioides*. García-Alzate & Román-Valencia (2008b) realizaron un estudio sobre la ecología trófica y reproductiva de *H. poecilioides*, reportan que esta especie tiene crecimiento tipo alométrico.

Ruiz-Calderón y Cipriani (2006) describen que *Astyanax siapae* presenta un crecimiento alométrico, a medida que los individuos crecen, la región cefálica se empequeñece en relación al tamaño y la altura relativa del cuerpo incrementa, igual a lo que sucede con las especies objeto de estudio; donde la reducción de la región cefálica se podría relacionar con el hecho de que esta se encuentra conformada principalmente por estructuras de tipo óseo, las cuales puede que no tengan un crecimiento tan rápido o en la misma proporción que la masa muscular, la cual contribuye a que el pez aumente en tamaño y profundidad.

Soneira *et al.*, (2006) realizaron un estudio acerca de los hábitos tróficos de las especies del género *Hyphessobrycon* en los esteros de Iberá, en donde proponen que estas especies pueden presentar gran variabilidad interespecifica de hábitos alimenticios pudiendo ser omnívoros, alguívoros o insectívoros; algunas notas sobre el tipo de alimentación de las especies analizadas aquí han sido realizadas (García-Alzate *et al.*, 2008a; García-Alzate & Román-valencia 2008a, b), en general estas especies son de habito omnívoro siendo predominantemente insectívoros, factor que les favorece durante el desarrollo ontogénico, pues el tipo de alimentación les permite incrementar su masa corporal.

El tipo de crecimiento de la región de la aleta anal se correlaciona con la longitud del intestino, debido a que la posición del ano corresponde con la posición del inicio de la aleta anal (Loy *et al.*, 1998); en este caso el crecimiento alométrico negativo de la región y el hábito alimenticio de cada una de las especies contribuyeron en la determinación de la corta longitud del intestino, la cual corresponde a especies omnívoras o carnívoras (Román-Valencia. 1995); de igual manera el tipo de crecimiento del aparato mandibular favorece el hábito alimenticio, presentándose una boca terminal en estas especies; así mismo, el tipo de hábito trófico favorece a estos organismos, ya que les permite almacenar grasa debido a que en el caso de los adultos esta es requerida para el evento reproductivo, razón por la cual en estadios maduros las especies incrementan la profundidad del cuerpo y su tamaño.

En peces teleósteos que habitan diferentes ambientes es común observar una considerable diversidad de formas, la cual abarca cambios en la convexidad de los perfiles dorsales y ventrales, en la profundidad del cuerpo, en las proporciones de la cabeza y las mandíbulas, entre otras (Ruiz-Calderón & Cipriani 2006); este planteamiento coincide con los resultados del presente estudio. García-Alzate *et al.*, (2008b) analizo la variabilidad morfológica de las especies pertenecientes a este grupo distribuidas en Venezuela, utilizando un análisis de componentes principales de la matriz de correlación de varias medidas de distancia tradicionales y caracteres merísticos. La mejor discriminación de los grupos fue observada sobre el primer componente que explicaba 89,93% de la variabilidad total, que describía cambios de la profundidad del cuerpo; resultados similares al mencionado anteriormente y a

los encontrados en este estudio fueron reportados para otras especies pertenecientes al grupo (Zarske, *et al.*, 2006; García-Alzate *et al.*, 2008a; García-Alzate & Román-Valencia. 2008a).

Las deformaciones observadas tienen relación con el tipo de crecimiento de las especies, esto es evidenciado por medio de las comparaciones realizadas entre los individuos de cada especie, donde el componente uniforme en la mayoría de los casos describió deformaciones relacionados con el incremento o reducción de la región cefálica y/o profundidad del cuerpo, siendo esta la razón por la cual este componente explica la mayor parte de las diferencias entre los individuos; a diferencia del componente no uniforme donde se describen desplazamientos generalmente locales ubicados en la región cefálica o del pedúnculo caudal. De igual manera, las relaciones lineales simples fueron significativas, mostrando de esta manera la dependencia del componente uniforme y de los 13 W_{parc} con la talla de los individuos (Ruiz-Calderón & Cipriani, 2006). Así mismo, existe una relación significativa entre el componente uniforme y los W_{parc} de la muestra de cada una de las especies y la talla del centroide. Las deformaciones descritas por los primeros WP describieron curvaturas de las zonas cefálica y caudal que surgieron como resultado de desplazamientos hacia arriba y abajo de la zona media; estas deformaciones están mostrando los efectos de la contracción asimétrica del cuerpo debida a la deshidratación de los músculos en el líquido fijador y preservador (Ruiz-Calderón & Cipriani, 2006). Esta fuente de variabilidad morfológica es la menos considerada en el presente estudio, sin embargo en

todas las especies se observaron deformaciones que pueden estar relacionadas con este proceso.

Los resultados obtenidos en las deformaciones parciales fueron corroborados con las láminas TPS, los WP, Wparc, componentes uniformes y no uniformes, mostrando así que ambas metodologías fueron adecuadas para evaluar la disparidad morfológica de las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia. De esta manera se demuestra que a pesar de que el método de cerchas es considerado como una metodología intermedio entre la morfometría tradicional y geométrica, esta es eficaz para evaluar variaciones morfológicas inter e intra específicas. Zelditch *et al* 2004 plantearon que la metodología de cerchas aun tiene problemas en cuanto a la colecta, visualización y comunicación de los datos, debido a que no proporciona una información completa de la forma y las medidas evalúan mas él tamaño; por medio de este estudio se demuestra que los avances en el conocimiento de la morfometría geométrica y en el desarrollo de programas estadísticos, han contribuido a mejorar la captura e interpretación de los datos mediante análisis multivariados y la manera de visualizar los cambios de la forma, teniendo como ventaja el hecho de que requiere una muestra de individuos más pequeña para llevar a cabo el análisis en comparación con la metodología de la placa delgada "TPS".

Al realizar la comparación entre las dos metodologías encontramos que el TPS propuesto por Rohlf, es el más detallada debido a que los cambios de la forma son evaluados desde diferentes perspectivas; por medio de una forma consenso en la cual se evalúan los cambios con los WP y por comparaciones

entre individuos y los Wparc incluyendo el componente no uniforme y uniforme; a diferencia de la otra metodología donde se emplea una forma consenso a partir de la cual se observan principalmente deformaciones de tipo global que involucran diferentes regiones, las cuales permiten una visión general de las variaciones morfológicas.

El análisis clúster realizado para las especies de igual manera contribuyó a que se corroboraran las agrupaciones encontradas por medio del análisis de componentes principales, demostrándose que la forma general de las especies puede ser obtenida con cualquiera de las dos metodologías sin presentar variaciones significativas entre una y otra; además se corrobora que estas especies son similares morfológicamente debido probablemente al aislamiento geográfico reciente y las estrechas relaciones de parentesco (González-Díaz *et al.*, 2005). Las especies trans-interandinas son las más parecidas en forma, siendo *H. ocaseensis* y *H. proteus* más similares, *H. poecilioides* a pesar de integrar el grupo es la más diferente, esto se debe a que esta especie no pertenece al grupo *heterorhabdus* y es la que menos se relaciona con las demás especies según las relaciones filogenéticas obtenidas (García-Alzate 2009); en el grupo de las especies cisandinas las más similares fueron *Hyphessobrycon* sp. 1, *Hyphessobrycon* sp. 2 y *Hyphessobrycon* sp. 3, la disparidad de *Hyphessobrycon* sp1 con respecto a las otras dos especies se atribuye a deformaciones en la región de la aleta anal que son resultado de una protuberancia que presentan los machos. La similitud de formas entre *H. agulha* y *H. metae* se debe a que estas especies habitan cuerpos de agua con

grandes caudales, factor que influye en la forma delgada y pequeña del cuerpo; a su vez estas características relacionan a todas las especies cisandinas.

El análisis morfométrico llevado a cabo fue de tipo descriptivo y por medio de él se puso en evidencia la gran disparidad morfológica de las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia, demostrándose que la muestra analizada es dispar y esta disparidad está asociada al desarrollo ontogénico de los individuos, las relaciones filogenéticas y la biología de las especies.

6. CONCLUSIONES

Las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* se diferencian en variables relacionadas con la profundidad del cuerpo (espina supraoccipital-Inicio de la aleta pectoral) y el tamaño de la cabeza (hocico-espina supraoccipital).

Todas las especies se caracterizan por tener un crecimiento tipo alométrico.

La profundidad del cuerpo se ve afectada por desplazamientos relativos de los hitos morfológicos del esqueleto apendicular, que incluye la aleta dorsal, adiposa, anal, pélvica y pectoral.

Las deformaciones en la región cefálica son resultado de una reducción de la cabeza que involucra el acercamiento del espina supraoccipital, el hocico y la sínfisis; y desplazamientos relativos de la órbita ocular y el borde posterior de la abertura opercular.

La construcción de las formas del cuerpo a partir de cerchas (Box Truss) y de las láminas TPS, pueden ser una herramienta importante para entender y explicar los procesos ecológicos que favorecen o determinan las características morfológicas de las especies.

La morfología de las especies está siendo influenciada por factores históricos, como la distribución geográfica y las relaciones filogenéticas, y por factores biológicos como el desarrollo ontogénico, el tipo de alimentación y la selección

de hábitat, los cuales contribuyen a las diferencias de la forma entre las especies del grupo.

Las metodologías empleadas en este estudio son complementarias, y arrojaron resultados similares permitieron comprobar la hipótesis de disparidad del grupo.

7. RECOMENDACIONES

Realizar más estudios empleando la morfometría geométrica como herramienta para evaluar la disparidad morfológica de las especies, ya que esta es una variable que aun ha sido poco estudiada en especial en especies del orden Characiformes.

Para realizar este tipo de estudios se requiere tener una muestra representativa de la especie a analizar incluyendo ejemplares desde la talla más pequeña hasta la más grande.

Realizar estudios de morfometría geométrica y ecología que permitan evaluar los cambios de la forma atribuibles a los hábitos de las especies.

Es importante realizar estudio morfogeométricos que aumenten el conocimiento de la interrelación entre las especies y los factores históricos y biológicos que están contribuyendo a la diferenciación de formas entre especies.

8. REFERENCIAS

- Adams, D. C., Rohlf, F. J. & Slice, D. E. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*, 71: 5-16 pp.
- Alfonsi, C, López, H y Pérez, J. 2003. Caracterización genética y morfológica de las poblaciones de *Cyprinodon dearborni* (Atherinomorpha: Cyprinodontidae) en Chacopata y Laguna de los Patos, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 51, Supl. 4: 7-15 pp.
- Astua de Moraes, D. 2003. A morfometria geométrica e a "revolução na Morfometria": localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. *Bioetím.* 23 pp.
- Bookstein, F. L. Chernoff, R. Elder, J. Humphries, G. Smith & Strauss, R. 1985. *Morphometrics in evolutionary biology.* The Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Michigan. 277 pp.
- Bookstein, F. L. 1991. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology.* Cambridge University Press. Cambridge, 445 pp.
- Calcagnotto, D., Schaefer S.A. & DeSalle, R. 2005. Relationships among Characiform fishes inferred from analysis of nuclear and mitochondrial gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 36: 135–153 pp.

- Dryden, I.L & Mardia, K. V. 1998. Statistical shape analysis. Jhon Wiley Sons.
376 pp.
- Eigenmann, C. H. 1908. Zoological results of the Thayer Brazilian Expedition.
Preliminary descriptions of new genera and species of Tetragonopterid
characins. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 52(6): 93-106
pp.
- Eigenmann, C. H. 1913. Some results from an ichthyological reconnaissance of
Colombia, South America, Part II. Indiana University Studies, 18, 1–32
pp.
- Eigenmann, C. H & Henn, A. 1914. On new species of fishes from Colombia,
Ecuador and Brazil. Contributions from the zoological laboratory of
Indiana University. 24: 231-234 pp.
- Fowler, W. 1913. Fishes from the Madeira River, Brazil. Proc. Acad. Nat. Sci.
Phil. 65: 552-557 pp.
- García-Alzate, C. A. 2009. Análisis filogenético y biogeográfico de las especies
de *Hyphessobrycon* (Characiformes: Characidae) grupo *heterorhabdus*.
Tesis Doctoral. Postgrado en Zoología. Facultad de Ciencias.
Universidad Central de Venezuela, Caracas. 196 pp.
- García-Alzate, C. A. & Román-Valencia, C. 2008a. *Hyphessobrycon*
ocasoensis sp. n. (Teleostei, Characidae) una nueva especie para el Alto
Cauca, Colombia. Animal Biodiversity and Conservation 31 (2): 11–23
pp.

- García-Alzate, C. A & Román-Valencia, C. 2008b. Biología alimentaria y reproductiva de *Hyphessobrycon poecilioides* (Pisces: Characidae) en la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Revista museo argentino de ciencias naturales*. 10(1): 17-27 pp.
- García-Alzate, C. A. Román-Valencia, C. & Taphorn, D. 2008a. *Hyphessobrycon oritoensis* (Characiformes: Characidae), a new species from the Putumayo River drainage, Colombian Amazon. *Zootaxa* 1813: 42–50 pp.
- García-Alzate C., Román-Valencia C. & Taphorn D. 2008b. Revision of the *Hyphessobrycon heterorhabdus*-group (Teleostei: Characiformes: Characidae), with description of two new species from Venezuela. *Vertebrate Zoology*. 58 (2): 139-157 pp.
- Géry, J. 1977. *Characoids of the World*. THF Publications, Neptune City, NJ, 672 pp.
- González-Díaz, A. Díaz-Pardo, E. Soria-Barreto, M & Rodiles-Hernández, R. 2005. Análisis morfométrico de los peces del grupo *labialis*, género *Profundulus* (Cyprinodontiformes: Profundulidae), en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 76: 55- 61pp.
- Goodall, C. 1991. Procrustes methods in the statistical analysis of shape. *Royal Statist. Soc. B*. 53: 285-339 pp.

- Hammer, Ø. Harper, D.A.T. & Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9 pp.
- Ibañez, A. Cowx, I. & O'Higgins. 2007. Geometric morphometric analysis of fishes scales for identifying genera, species, and local populations within the Mugilidae. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64: 1091-1100 pp.
- Leveque, C. Oberdorff, E. T. Paugy, E. D. Stiassny, L. J. Tedesco, E. P. 2008. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 545–567 pp.
- Loy, A. Mariani, I. Bertelletti, M & Tunesi, L. 1998. Visualizing allometry: geometric morphometrics in the study of shape changes in the early stages of the two-banded sea bream, *Diplodus vulgaris* (Perciformes, Sparidae). *Journal of Morphology* 237:137–146 pp.
- Maldonado-Ocampo JA. & Usma, J.S. 2006. Estado del conocimiento sobre peces dulceacuícolas en Colombia. Tomo II. 174-194 pp.
- Márquez, E & Rojas, H. 2005. Morfometría geométrica de dos morfotipos de *Pimelodus blochii* Valenciennes, 1840 (Siluriformes: Pimelodidae) en Venezuela. *Boletín del centro de investigaciones biológicas*. 39 (3): 217-248 pp.
- Medel, R. 2008. Introducción a la morfometría geométrica. Universidad de Chile. 52 pp.

- Meléndez, R. 2002. Morfometría y merística de *Aplodactylus punctatus* Valenciennes 1832 (Pisces: Aplodactylidae) provenientes de la zona entre Iquique (20° 13's) y Concepción (36° 47' s), Chile. *Gayana* 66(2): 207-212 pp.
- Pardo, R. 2002. Diferenciación morfológica de poblaciones de *Trichomycterus areolatus* Valenciennes 1846 (Pisces: Siluriformes: Trichomycteridae) de Chile. *Gayana* 66(2): 203-205 pp.
- Pardo, R. S. Scott & I. Vila. 2005. Análisis de formas en especies chilenas del genero *Trichomycterus* (Osteichthyes: Siluriformes) utilizando morfometría geométrica. *Gayana* 69(1): 180-183 pp.
- Reis, R. E.; Kullander, S. O. y Ferraris JR, C. J. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre. Edipucrs. 729 pp.
- Rodríguez-Olarte, D., Taphorn, D. y Lobón-Cerviá J. 2009. Patterns of Freshwater Fishes of the Caribbean Versant of Venezuela, *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 94(1): 67 – 90 pp.
- Rohlf, F. J. & D. E. Slice. 1990. Extensions of the procruster method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Zoology* 39: 40-50 pp.
- Rohlf, F. J. 2000. Statistical power comparision among alternative morphometric methods. *Amer. J. Phys. Anthropol.* III: 463-478 pp.

- Rohlf, F. J. 2003. tpsRegr, shape regression, version 1,28. Department of ecology and evolution, state university of New York at Stony Brook. Disponible en: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>.
- Rohlf, F. J. 2004. tpsSpline, thin-plane spline, version 1.20. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook. Disponible en: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>.
- Rohlf, F. J. 2005. tpsDig2, digitize landmarks and outlines, version 2.05. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook. Disponible en: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>.
- Román-Valencia & García-Alzate, 2006. Análisis comparativo morfogeométrico de *Characidium cacanum* y *Characidium sp* en el alto río Cauca, Colombia. *Dahlia* (Revista Asociación Colombiana de Ictiología) 9: 21-24 pp.
- Román-Valencia. 1995. Piscicultura: sus bases, métodos y aplicaciones Colombia. Ed. Servicopiar. 123 pp.
- Rueber, L & Adams, D. C. 2001. Evolutionary convergence of body shape and trophic morphology in cichlids from Lake Tanganyika. *J. Evol. Biol.* 14: 325–332 pp.
- Ruiz-Calderón, R & Cipriani, R. 2006. Análisis morfogeométrico de *Astyanax siapae*. *Dahlia* (Revista Asociación Colombiana de Ictiología). 9: 63-75 pp.

- Soneira, P. Ruiz-Díaz, F. Bechara, J. Almirón, A & Casciotta, J. 2006. Hábitos tróficos de las especies del genero *Hyphessobrycon* (characidae) en los Esteros del Iberá. Universidad National del Nordeste Argentina. 26: 1-4 pp.
- Strauss R. E. & Bookstein, F. L. 1982. The truss: body form reconstructions in morphometrics. *Syst. Zool.* 31 (2): 113-135 pp.
- Trapani, J. 2003. Geometric morphometric analysis of body-form variability in *Cichlasoma minckleyi*, the Cuatro Ciénagas cichlid. *Environmental Biology of Fishes* 68: 357-369 pp.
- Ulrey, A. 1894. Preliminary descriptions of some new South American Characinidae. *American Naturalist*, 610–611 pp.
- Weitzman, S. H. 1977. A new species of Characoid fish, *Hyphessobrycon diancistrus*, from the río Vichada, Orinoco river drainage, Colombia, South America (Teleostei: Characidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington.* 90 (2): 340-357 pp.
- Zarske, A. Le Bail, P. & Géry, J. 2006. New and poorly known Characiform fishes from French Guiana. 1. Two new Tetras of the genera *Hemigrammus* and *Hyphessobrycon* (Teleostei: Characiformes: Characidae). *Zoologische Abhandlungen (Dresden)* 55: 17-30 pp.
- Zelditch, M. L. Swiderski, D. L. Sheets, H. D & Fink, W. D. 2004. *Geometric morphometrics for biologists: A primer.* Elsevier Acad. Press, New York. 443 pp.

9. ANEXOS

Tabla 1. Coeficiente de variación alométrica para las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus*, presentes en Colombia. <0,97 alometría negativa, 0,971–1,03 isometría, >1,031 alometría positiva.

Variable	Interpunto	Cercha	<i>H. agulha</i>	<i>H. diancistrus</i>	<i>H. heterorhabdus</i>	<i>H. metae</i>	<i>H. ocaseoensis</i>	<i>H. poecilioides</i>	<i>H. proteus</i>	<i>H. sp. 1</i>	<i>H. sp. 2</i>	<i>H. sp. 3</i>
X1	1-2	I	-0,7323	0,5811	0,8834	0,122	0,6944	-0,8672	-0,2777	0,056	0,1634	0,471
X2	1-12	I	2,465	1,838	2,999	1,852	1,934	3,036	2,211	2,016	1,838	2,058
X3	1-13	I	-0,4784	0,5327	0,6227	0,163	0,4107	-0,5166	-0,2238	0,0519	0,1617	0,421
X4	2-3	II	2,983	2,785	3,717	2,491	3,795	4,915	3,642	2,798	2,56	2,78
X5	2-13	I	-0,2494	0,4359	0,4249	0,253	0,1358	-0,2838	-0,1533	0,0428	0,1287	0,375
X6	2-12	I	3,169	3,417	5,564	2,856	7,372	6,83	5,459	3,573	3,251	3,653
X7	2-11	II	-0,1467	0,4054	0,2938	0,282	0,0871	-0,2192	-0,1282	0,0454	0,1222	0,368
X8	3-4	III	2,907	3,002	5,04	2,524	4,246	4,918	3,912	2,888	2,673	3,058
X9	3-12	II	-0,02174	0,4219	0,247	0,317	0,04938	-0,1358	-0,1094	0,0462	0,1255	0,345
X10	3-11	II	2,709	2,733	4,463	2,364	2,805	3,885	2,928	2,527	2,357	2,707
X11	3-10	III	0,03273	0,3749	0,2414	0,331	0,03703	-0,084	-0,0887	0,0435	0,1191	0,325
X12	4-5	IV	2,613	2,559	4,264	2,343	2,414	3,529	2,573	2,426	2,243	2,551
X13	4-11	III	0,04184	0,3716	0,2379	0,325	0,03622	-0,0677	-0,0865	0,0388	0,1175	0,318
X14	4-10	III	2,479	2,053	4,12	2,135	1,883	2,757	2,111	2,084	1,982	2,249
X15	4-9	IV	0,02778	0,3832	0,2441	0,314	0,04176	-0,0721	-0,089	0,039	0,1196	0,319
X16	5-6	V	2,353	1,823	3,667	1,924	1,59	2,358	1,873	1,881	1,78	1,956
X17	5-10	IV	-0,00306	0,388	0,2498	0,305	0,04099	-0,1269	-0,0992	0,0363	0,115	0,337
X18	5-9	V	2,361	1,91	3,511	1,942	1,584	2,378	1,826	1,853	1,757	1,878
X19	5-8	V	-0,1143	0,4284	0,3174	0,295	0,1138	-0,1807	-0,1254	0,0435	0,1518	0,37
X20	6-7	VI	2,178	1,765	2,793	1,681	1,168	2,025	1,463	1,507	1,421	1,547
X21	6-9	V	-0,2565	0,4616	0,4214	0,26	0,1794	-0,247	-0,1638	0,048	0,1296	0,385
X22	6-8	VI	2,155	1,72	2,691	1,642	1,139	1,933	1,41	1,466	1,443	1,429
X23	7-8	VI	-0,4758	0,5018	0,7038	0,219	0,3822	-0,4498	-0,2347	0,0536	0,137	0,422
X24	8-9	V	2,173	1,613	2,322	1,622	1,306	2,175	1,558	1,544	1,425	1,505
X25	9-10	IV	-0,655	0,5655	0,8088	0,119	0,6031	-0,6721	-0,2479	0,0561	0,1613	0,461
X26	10-11	III	2,237	1,643	2,711	1,568	1,486	2,427	1,794	1,618	1,524	1,674
X27	11-12	II	-0,665	0,5827	0,8247	0,136	0,6234	-0,7335	-0,2678	0,0554	0,1609	0,463
X28	12-13	I	2,476	1,901	2,826	1,823	1,911	3,042	2,187	2,017	1,887	2,003

Tabla 2. Resultados del análisis de regresión multivariada de las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus*.

Especie	F-Goodall	Lambda Wilks	Prueba de permutación
<i>H. agulha</i>	Fs= 63.2 df= 896 p-valor < 10 ⁻⁵	Fs= 91.08 df1= 896 df2= 682 p-valor < 10 ⁻⁵	valores de F-Goodall = observados = 0,1% valores de Lambda = observados = 0,1%
<i>H. metae</i>	Fs= 157.3 df= 897 p-valor < 10 ⁻⁵	Fs= 588 df1= 896 df2= 281 p-valor < 10 ⁻⁵	valores de F-Goodall = observados = 0,1% valores de Lambda = observados = 0,1%
<i>H. ocaseoensis</i>	Fs= 53.6 df= 896 p-valor < 10 ⁻⁵	Fs = 179 df1= 896 df2= 597 p-valor < 10 ⁻⁵	valores de F-Goodall = observados = 0,1% valores de Lambda = observados = 0,1%
<i>H. poecilioides</i>	Fs= 457 df= 896 p-valor < 10 ⁻⁵	Fs= 238.6 df1= 896 df2= 622 p-valor < 10 ⁻⁵	valores de F-Goodall = observados = 0,1% valores de Lambda = observados = 0,1%
<i>H. proteus</i>	Fs= 61.5 df= 896 p-valor < 10 ⁻⁵	Fs= 146 df1= 896 df2= 850 p-valor < 10 ⁻⁵	valores de F-Goodall = observados = 0,1% valores de Lambda = observados = 0,1%
<i>Hyphessobrycon</i> sp.1	Fs= 795.4 df= 896 p-valor < 10 ⁻⁵	Fs= 710 df1= 896 df2= 661 p-valor < 10 ⁻⁵	valores de F-Goodall = observados = 0,1% valores de Lambda = observados = 0,1%
<i>Hyphessobrycon</i> sp.2	Fs= 367.6 df= 896 p-valor < 10 ⁻⁵	Fs= 838 df1= 896 df2= 977 p-valor < 10 ⁻⁵	valores de F-Goodall = observados = 0,1% valores de Lambda = observados = 0,1%
<i>Hyphessobrycon</i> sp.3	Fs= 162.7 df= 897 p-valor < 10 ⁻⁵	Fs= 572 df1= 896 df2= 218 p-valor < 10 ⁻⁵	valores de F-Goodall = observados = 0,1% valores de Lambda = observados = 0,1%

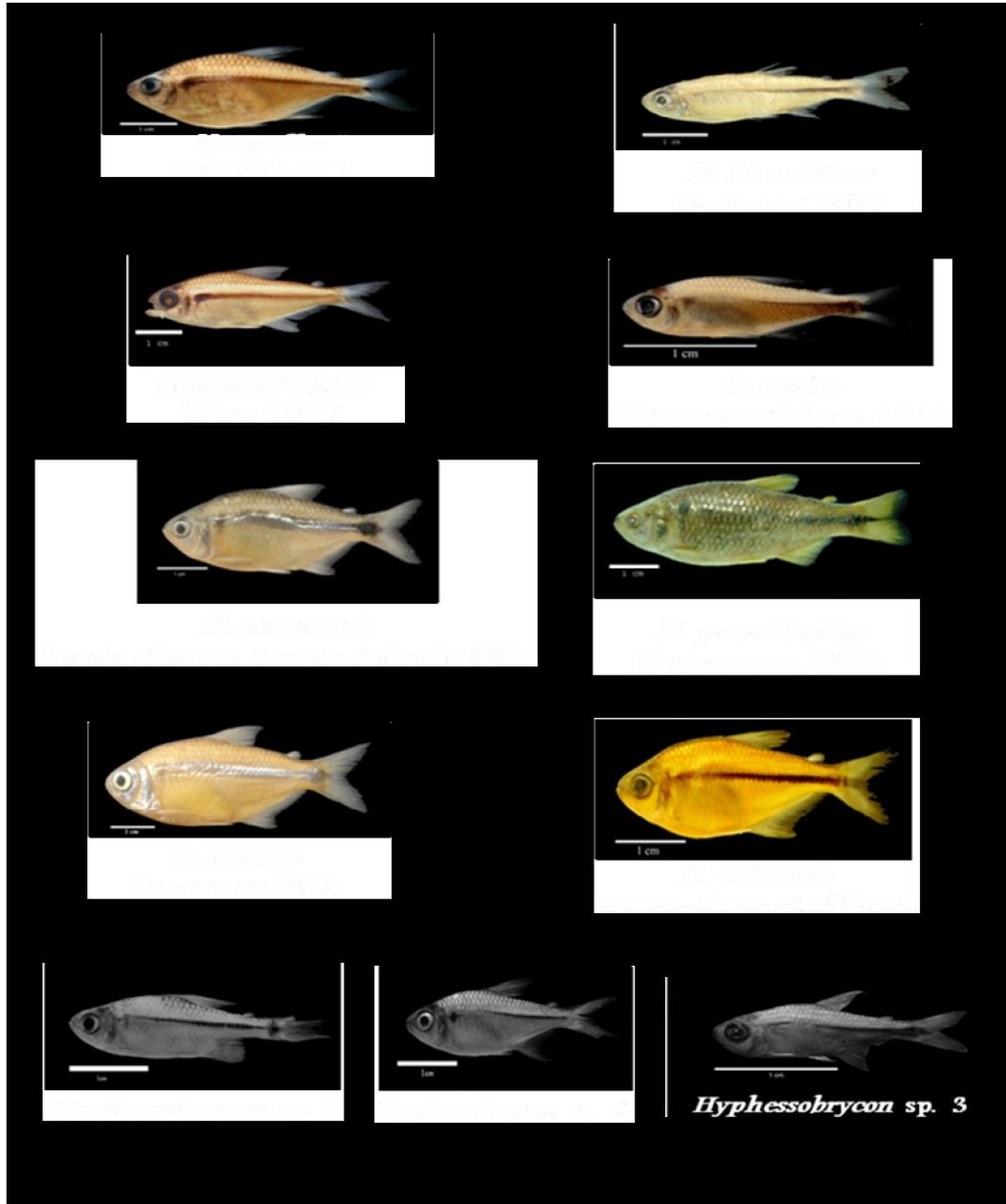


Figura 1. Especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia.

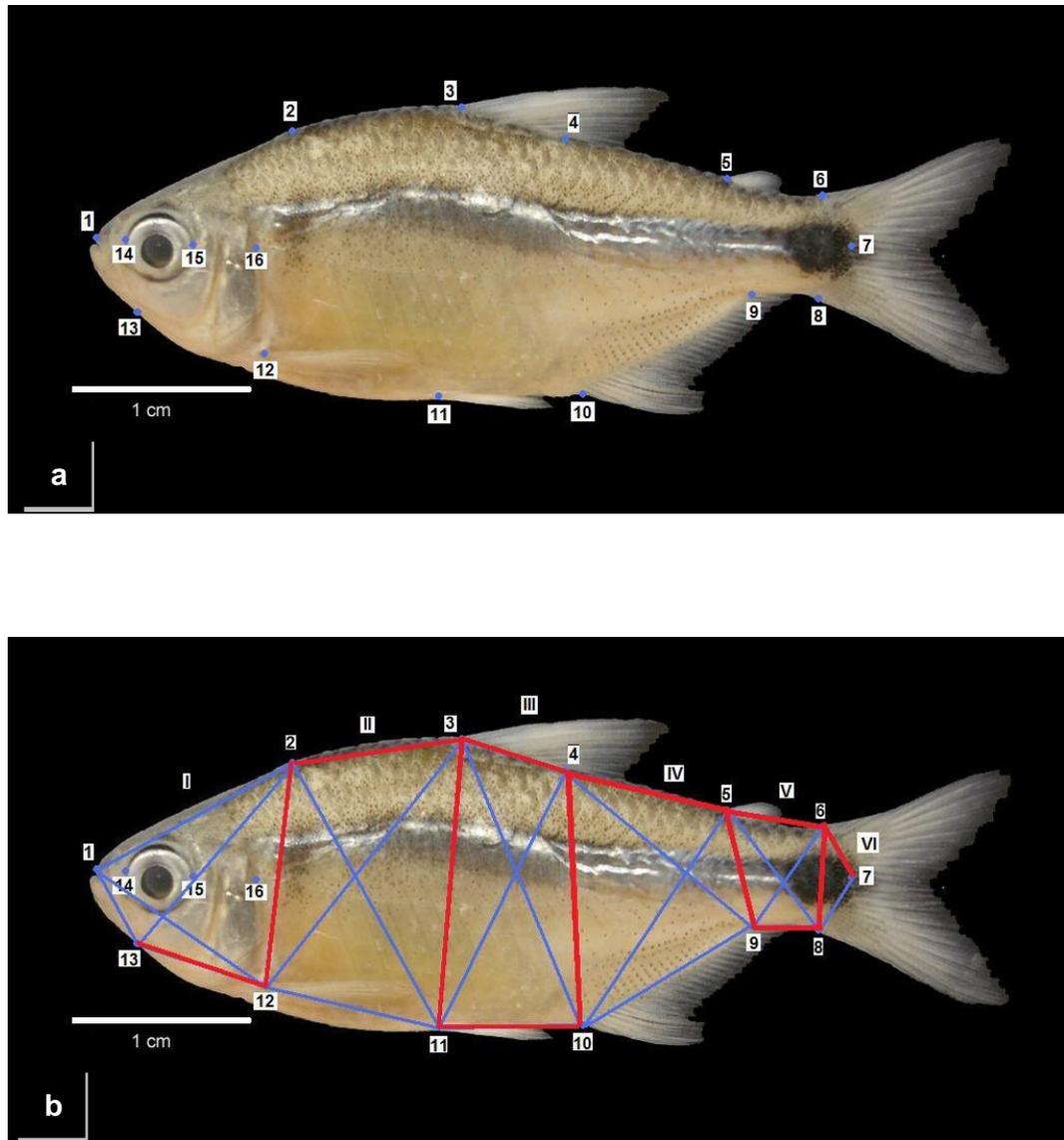
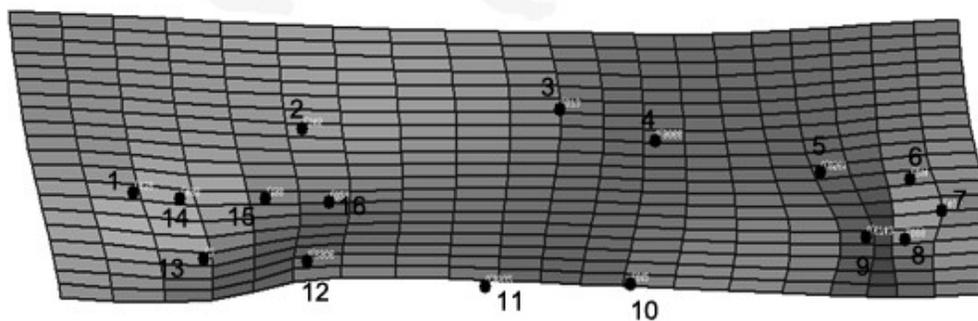
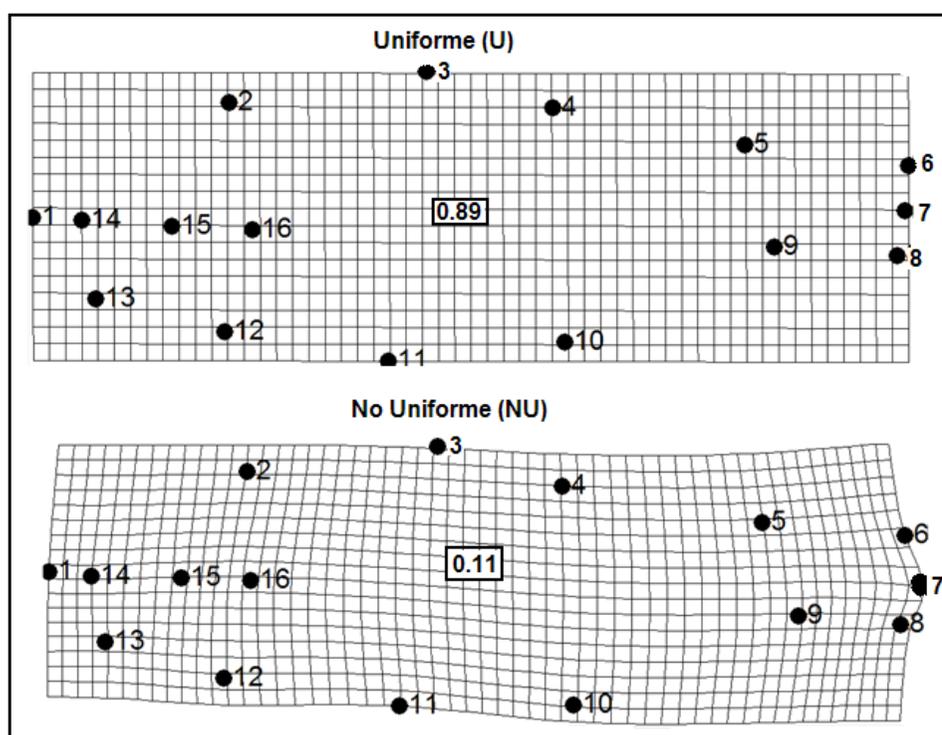


Figura 2. a- Vista lateral de *Hyphessobrycon ocaseoensis*, 29 mm LE. Se muestran los hitos morfológicos que indican la posición de las estructuras biológicas comparadas en este estudio, los hitos 1-16 corresponden a los descritos en el texto. **b-** Alometría consenso de las especies del género *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia. En rojo: alometría positiva, y en azul: alometría negativa.



a-



b-

Figura 3. *Hyphessobrycon agulha*. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 1 vs. 85. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala de las deformaciones mostradas en esta figura es 1,0.

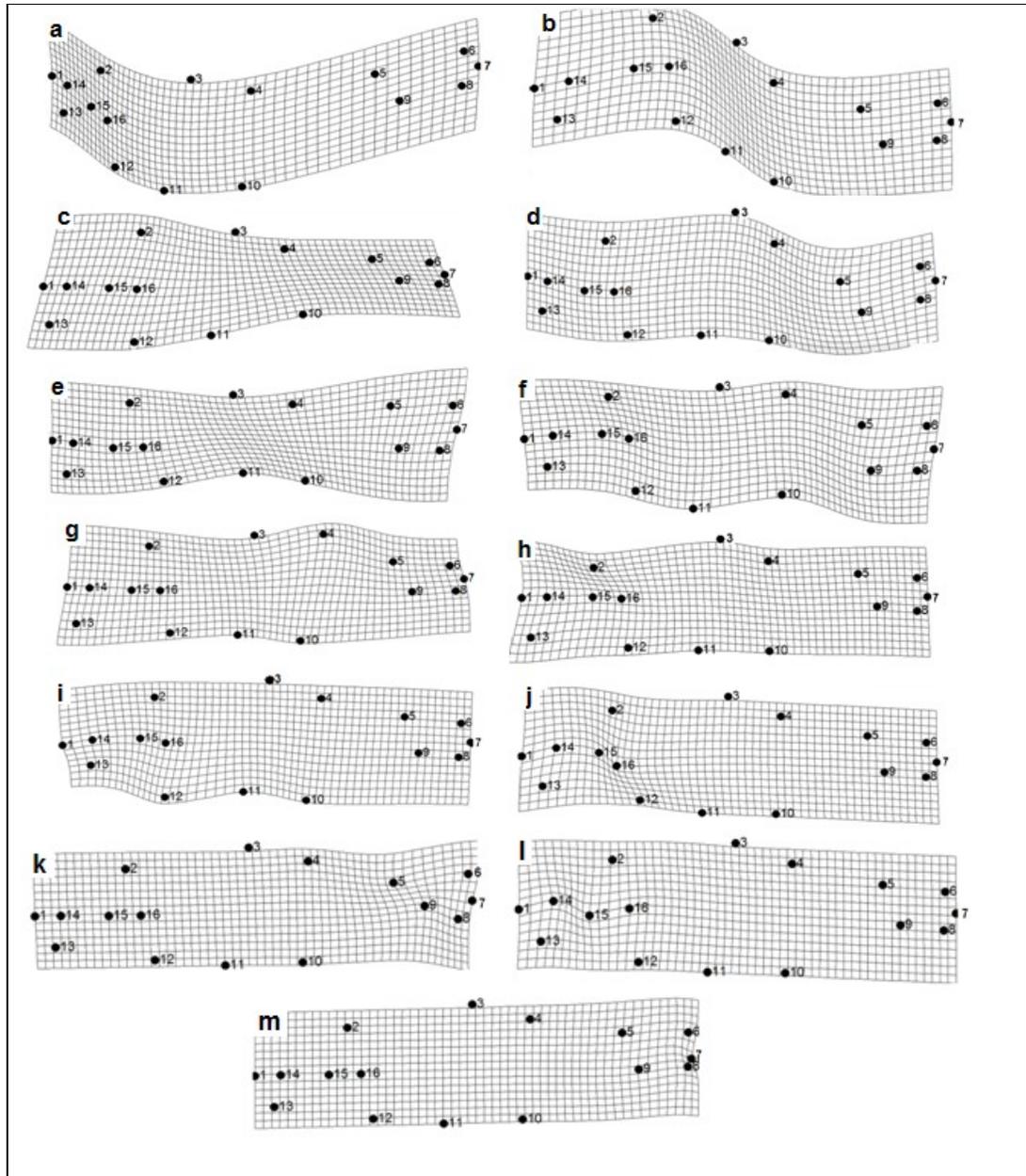
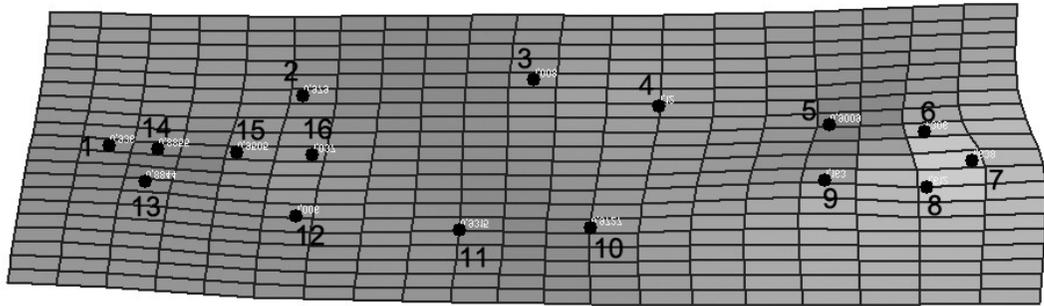
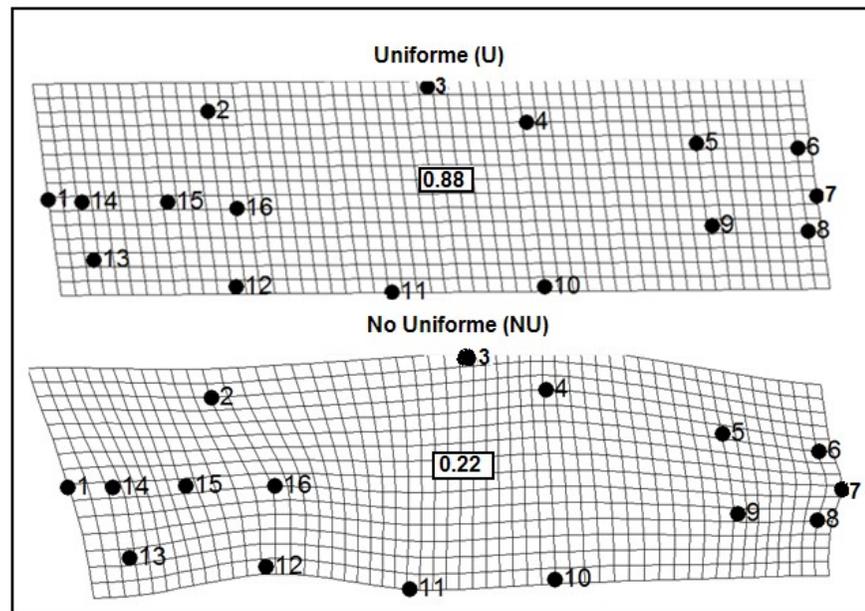


Figura 4. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon agulha*. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.



a-



b-

Figura 5. *Hyphessobrycon metae*. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 25 vs. 46. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala de las deformaciones mostradas en esta figura es 1,0.

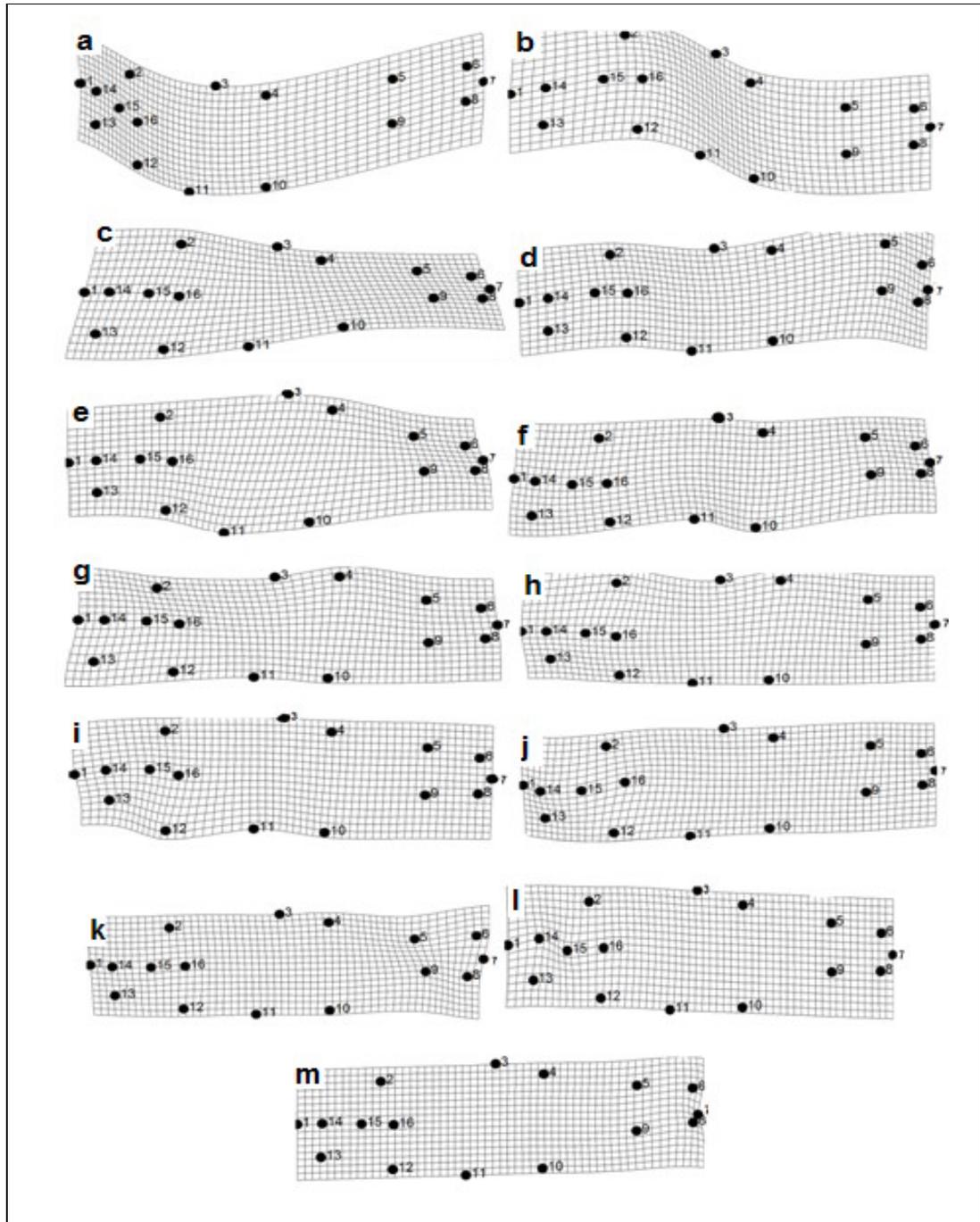
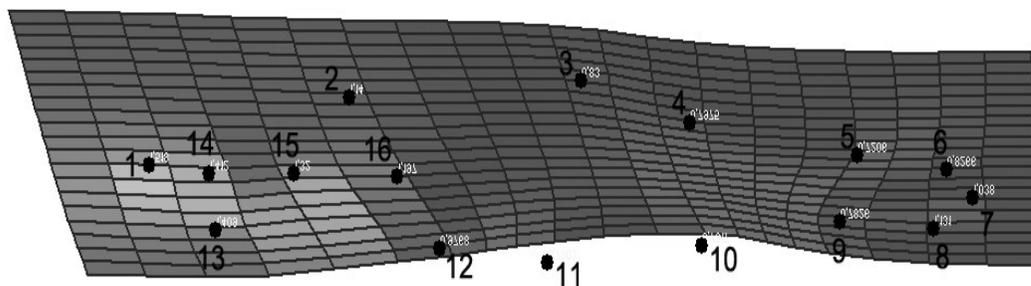
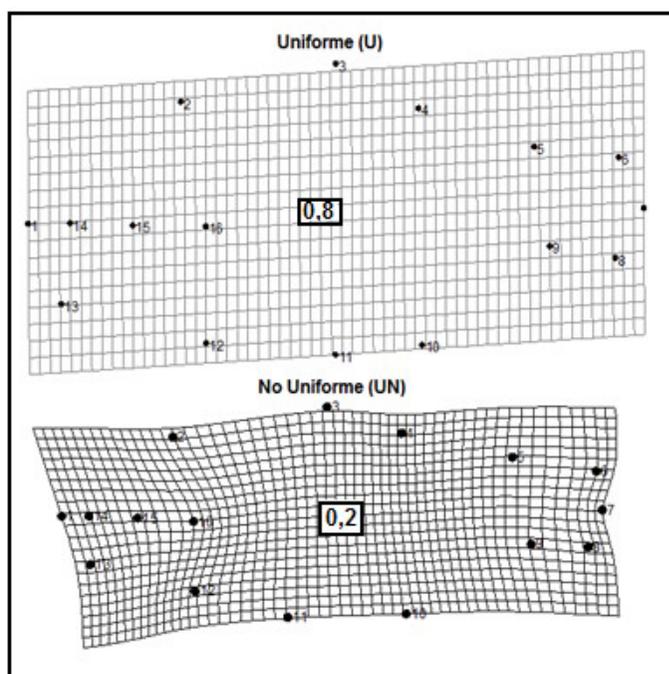


Figura 6. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon metae*. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.



a-



b-

Figura 7. *Hyphessobrycon ocaseoensis*. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 2 vs. 61. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala de las deformaciones mostradas en esta figura es 1,0.

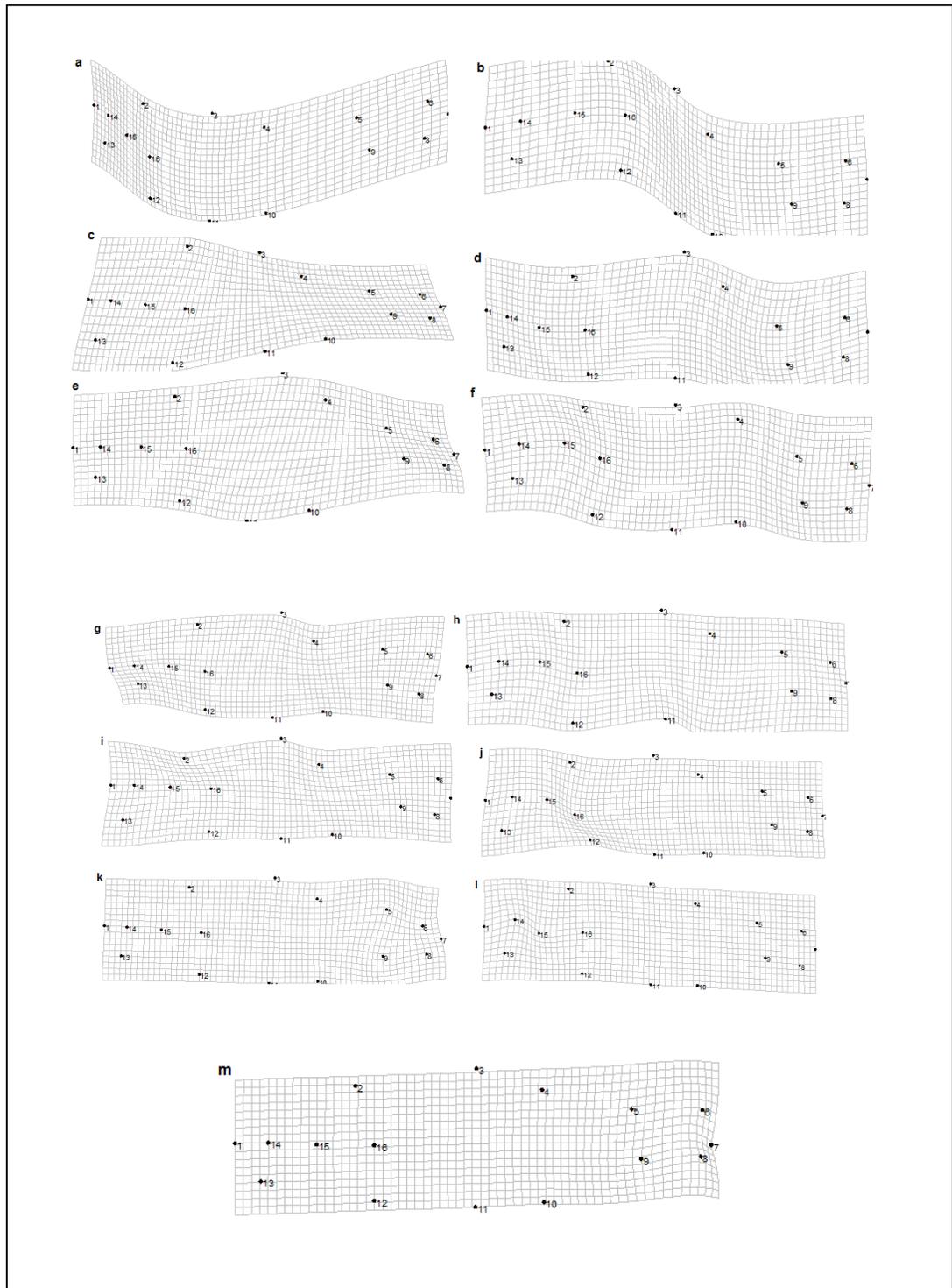
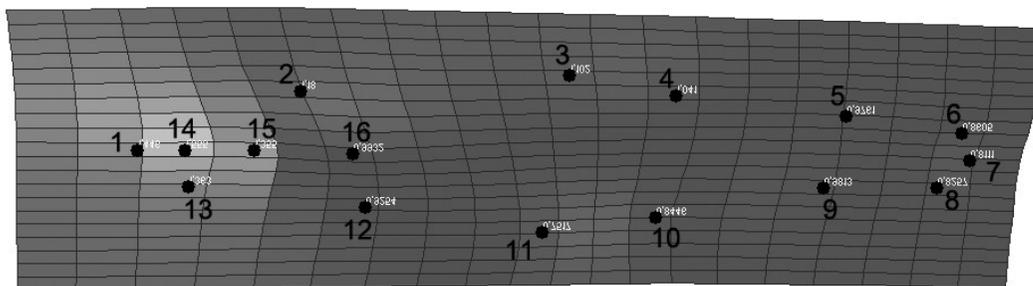
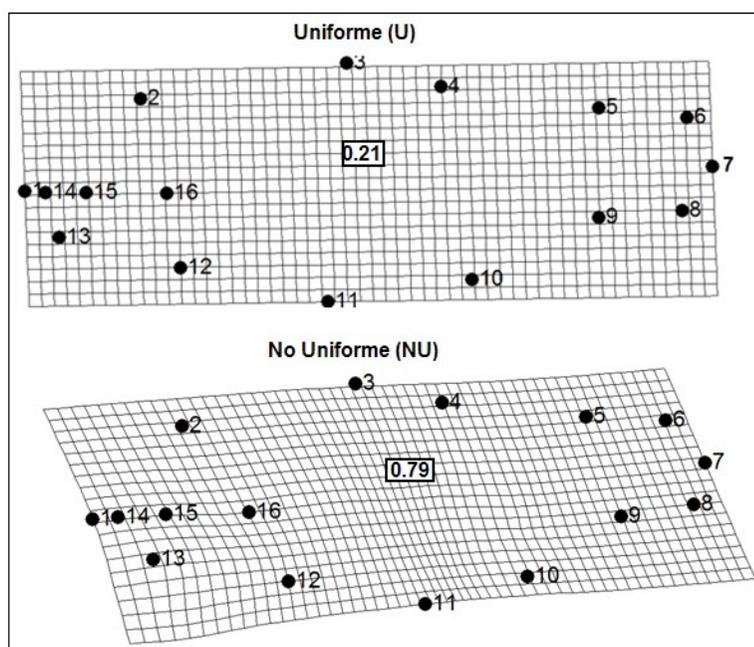


Figura 8. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hypessobrycon metae*. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.



a-



b-

Figura 9. *Hyphessobrycon poecilioides*. a- Deformaciones parciales. b- Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 31 vs. 57. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala de las deformaciones mostradas en esta figura es 1,0.

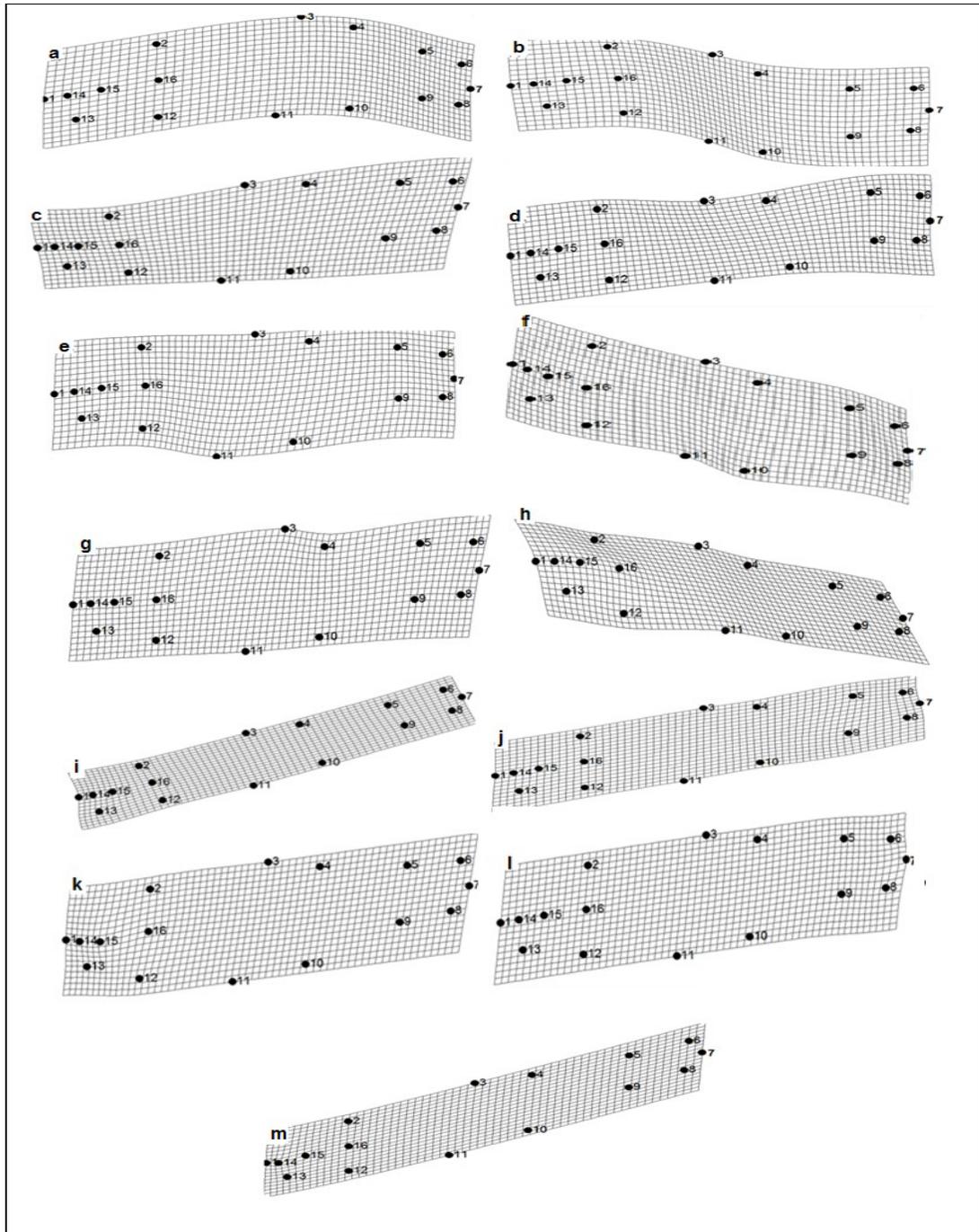
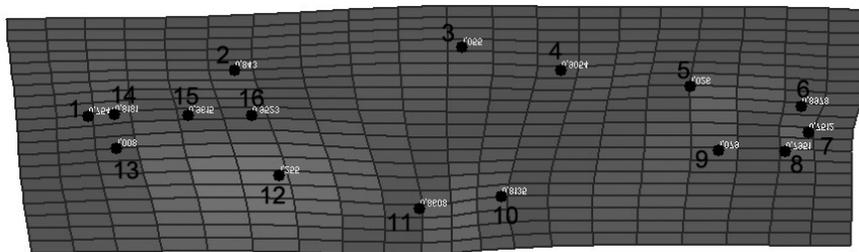
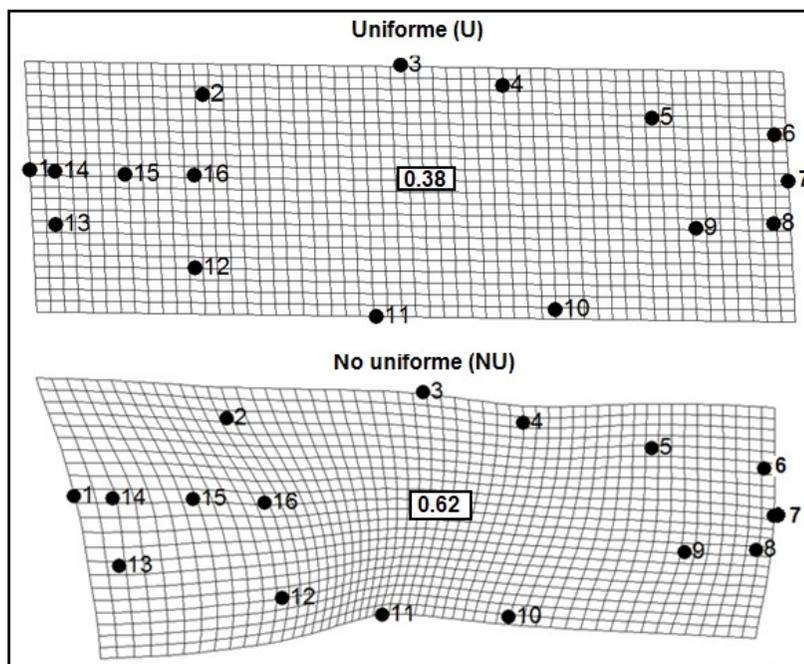


Figura 10. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon poecilioides*. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.



a-



b-

Figura 11. *Hyphessobrycon proteus*. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 31 vs. 35. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala de las deformaciones mostradas en esta figura es 1,0.

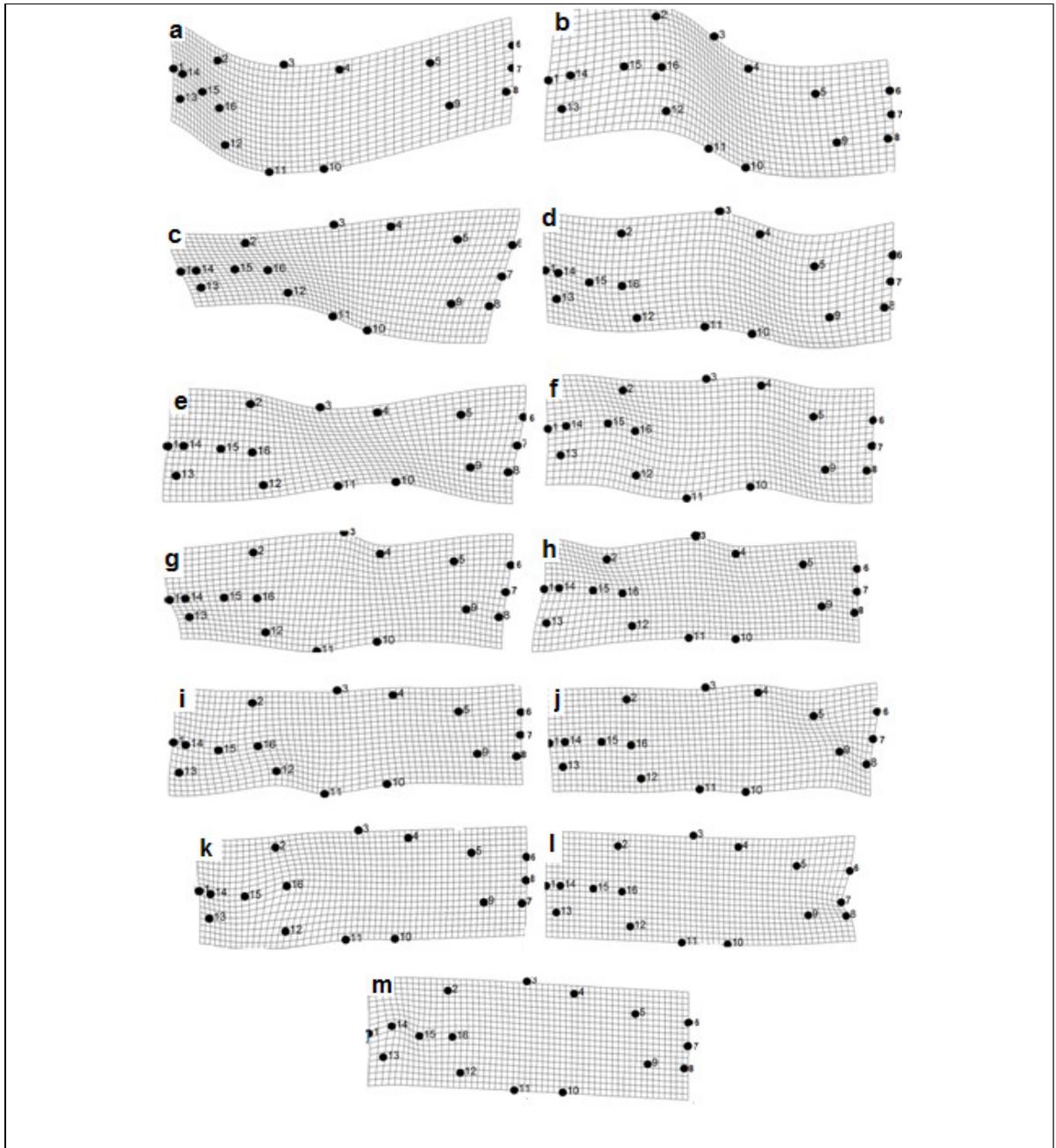
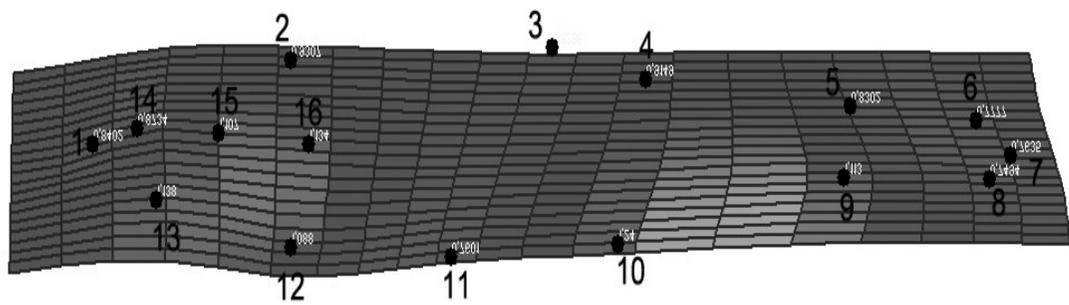
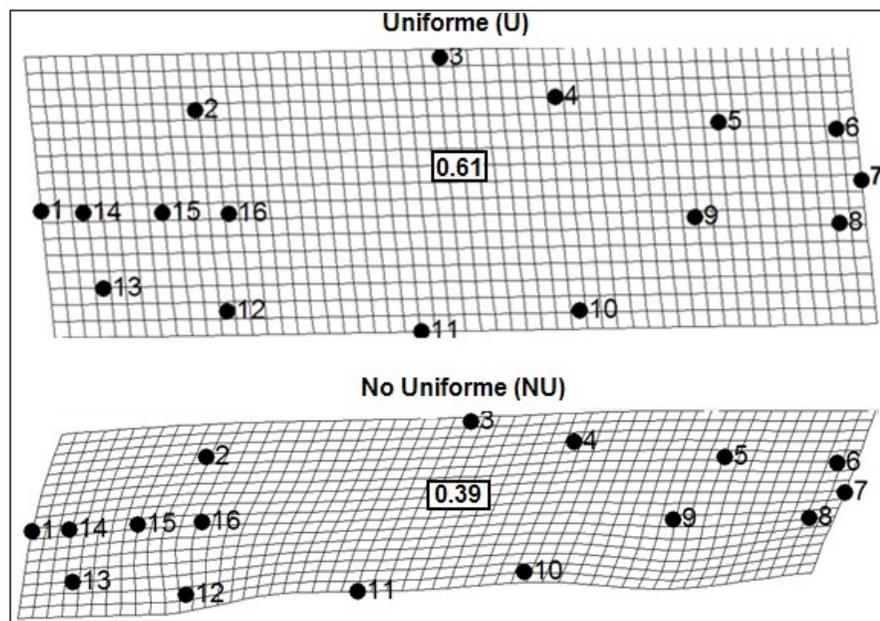


Figura 12. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hypessobrycon proteus*. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.



a-



b-

Figura 13. *Hyphessobrycon* sp. 1. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 22 vs. 64. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala de las deformaciones mostradas en esta figura es 1,0.

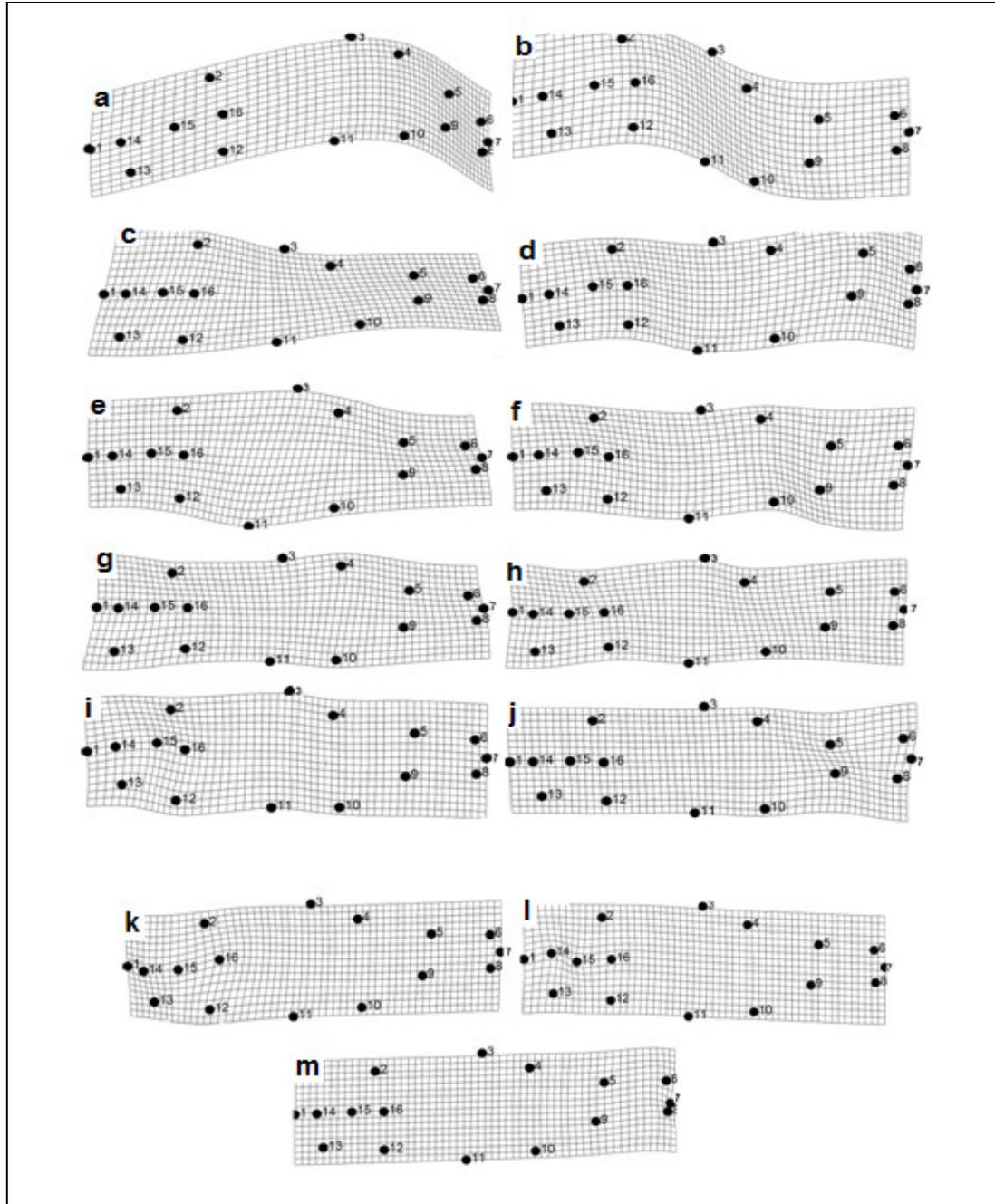
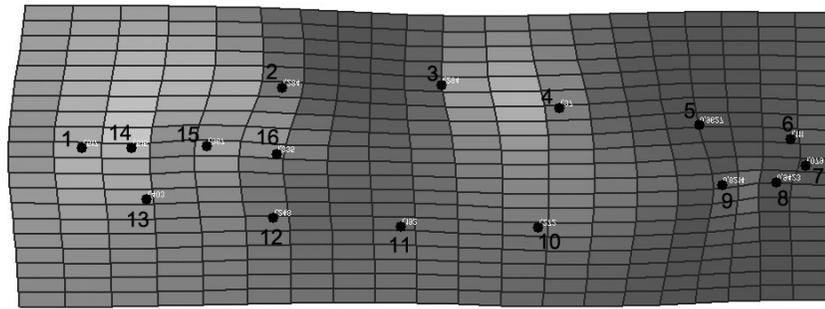
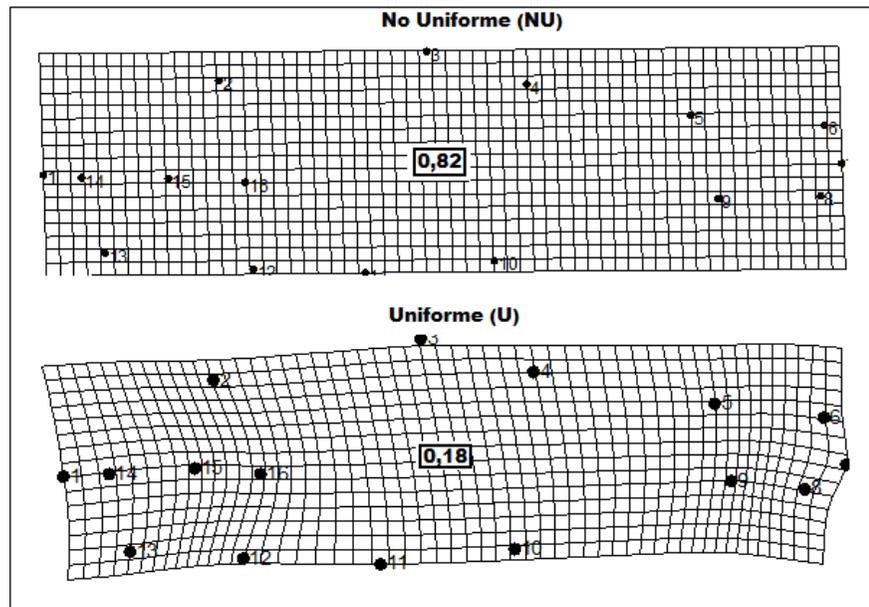


Figura 14. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon* sp. 1. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.



a-



b-

Figura 15. *Hyphessobrycon* sp. 2. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 1 vs. 9. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala de las deformaciones mostradas en esta figura es 1,0.

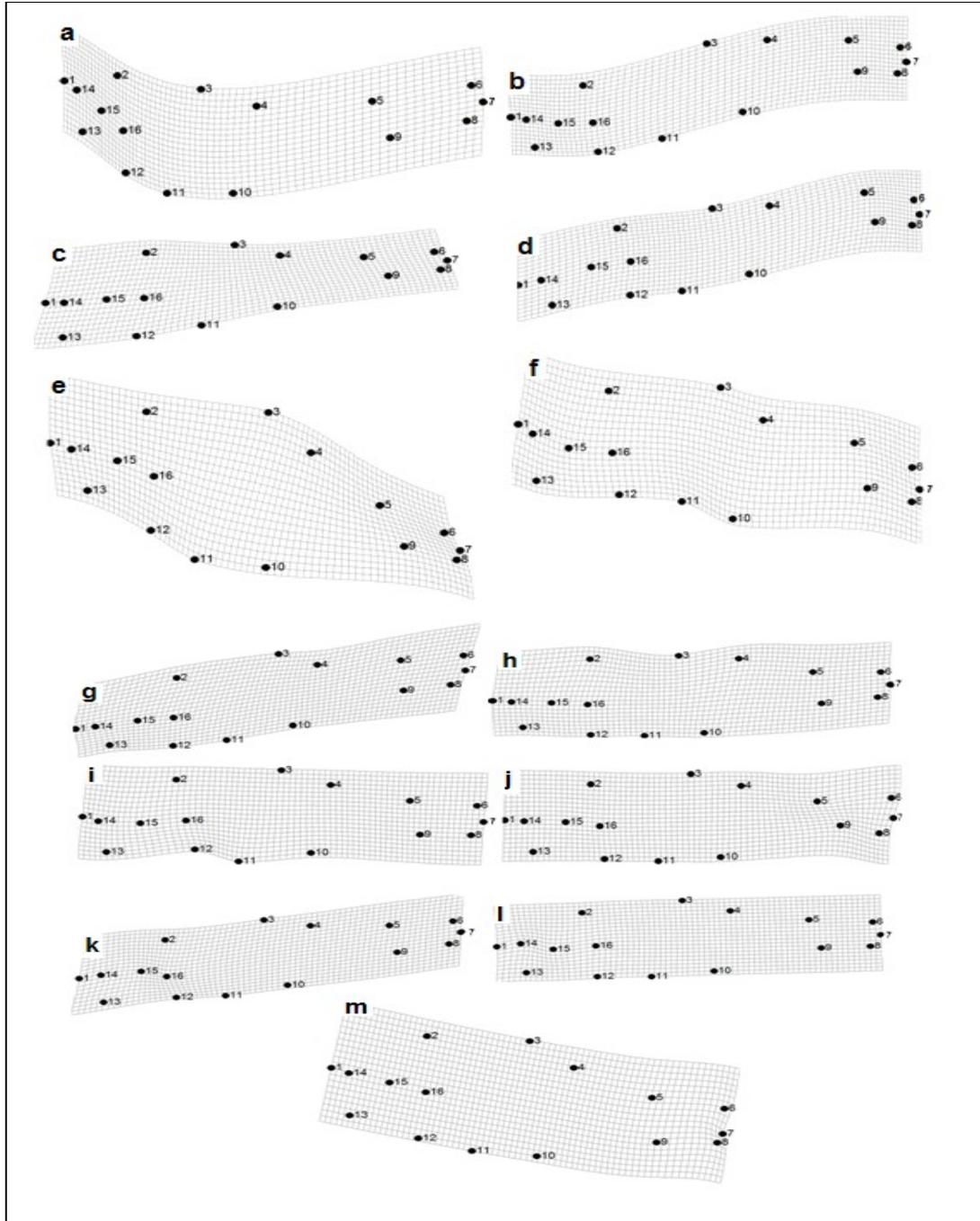
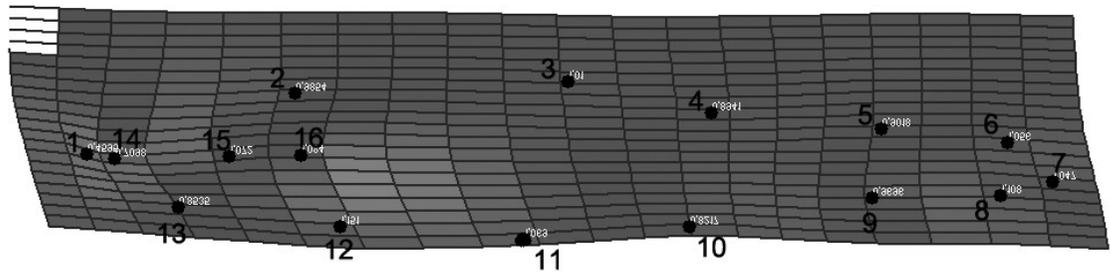
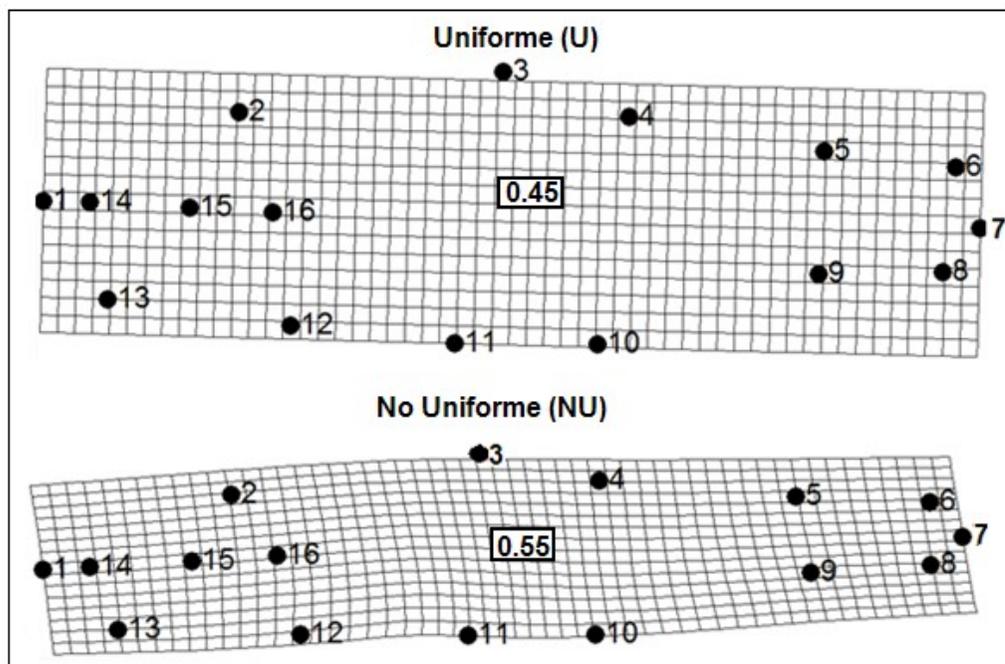


Figura 16. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon* sp. 2. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.



a-



b-

Figura 17. *Hyphessobrycon* sp. 3. **a-** Deformaciones parciales. **b-** Deformaciones uniformes (U) y no uniformes (NU) de los individuos 26 vs. 43. Los números que aparecen en el centro de las láminas en los componentes U y NU corresponden a la proporción de la diferencia de la forma explicada por cada uno de ellos. El factor de escala de las deformaciones mostradas en esta figura es 1,0.

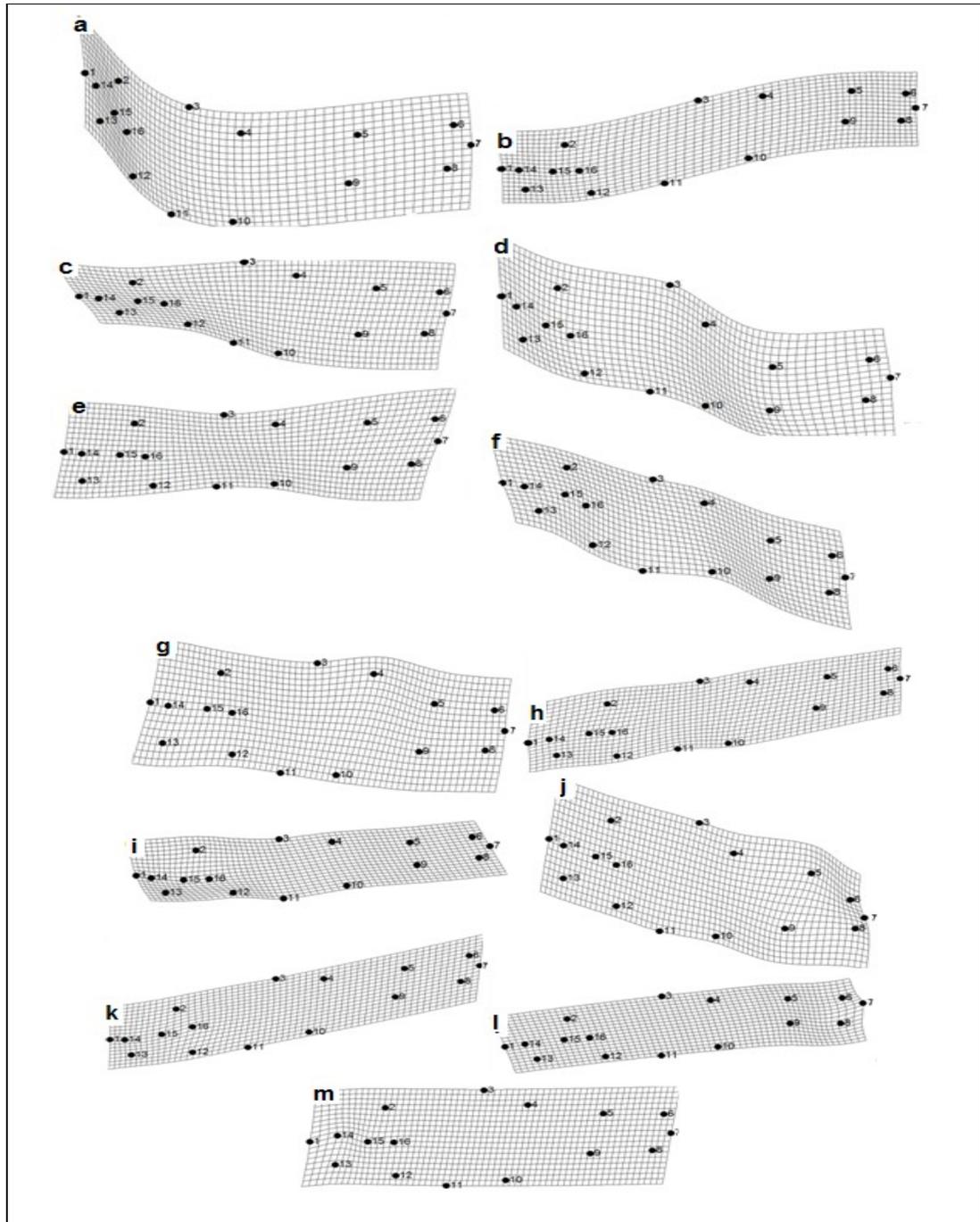
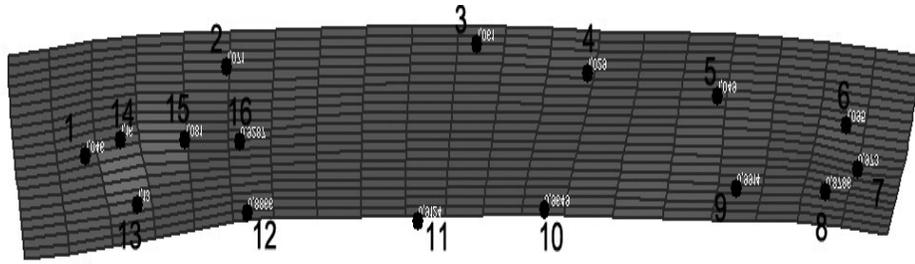
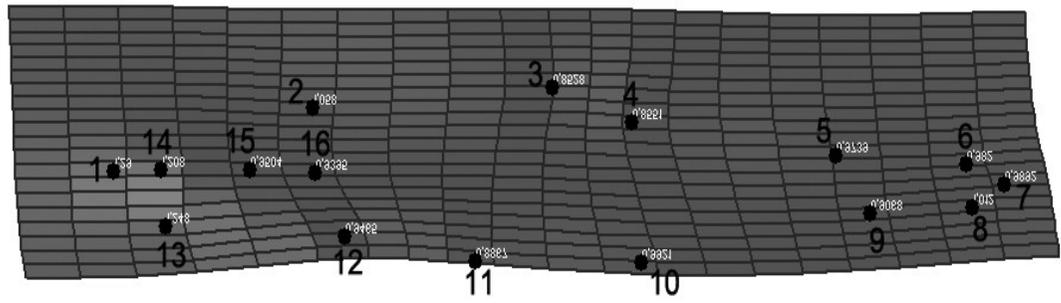


Figura 18. Laminas TPS de los Warps principales (WP) de *Hyphessobrycon* sp. 3. El orden de las figuras indicado por las letras corresponde al incremento del valor relativo del WP.



a-



b-

Figura 19. Deformaciones parciales. a- *Hyphessobrycon diancistrus*.

b- *Hyphessobrycon heterorhabdus*.

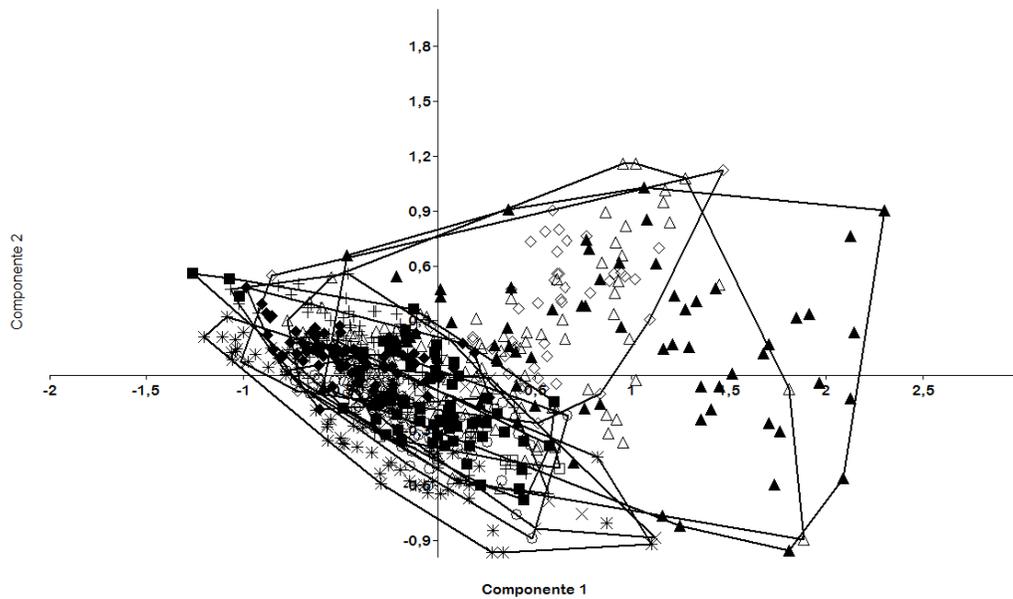


Figura 20. Representación de los dos primeros componentes principales para todas las especies de *Hyphessobrycon* grupo *heterorhabdus* presentes en Colombia. *H. agulha* (+), *H. diancistrus* (x), *H. heterorhabdus* (□), *H. metae* (■), *H. ocaseensis* (◇), *H. poecilioides* (▲), *H. proteus* (Δ), *Hyphessobrycon* sp. 1 (▼), *Hyphessobrycon* sp. 2 (○) y *Hyphessobrycon* sp. 3 (*).

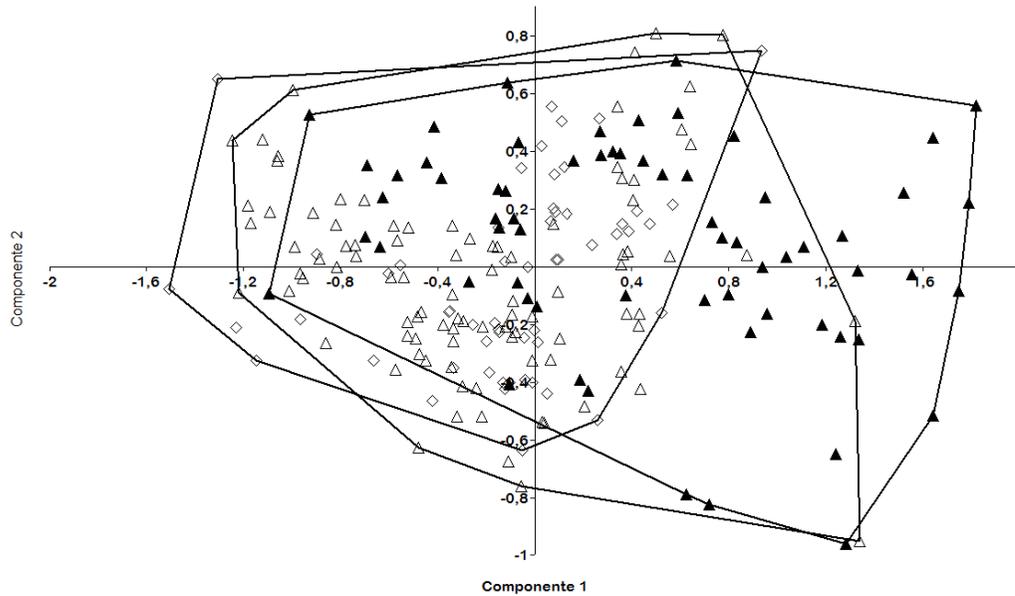


Figura 21. Representación de los dos primeros componentes principales para las especies del Magdalena/Alto Cauca: *H. proteus* (Δ), *H. poecilioides* (\blacktriangle) y *H. ocaseoensis* (\diamond).

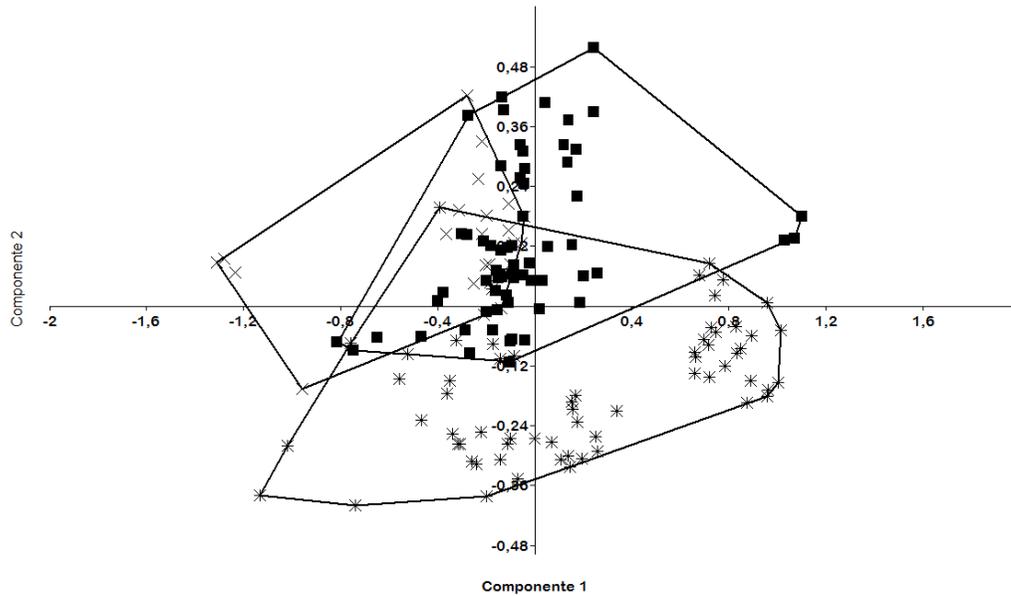


Figura 22. Representación de los dos primeros componentes principales para las especies del alto Orinoco: *H. diancistrus* (X), *H. metae* (■) y *Hyphessobrycon* sp. 3 (*).

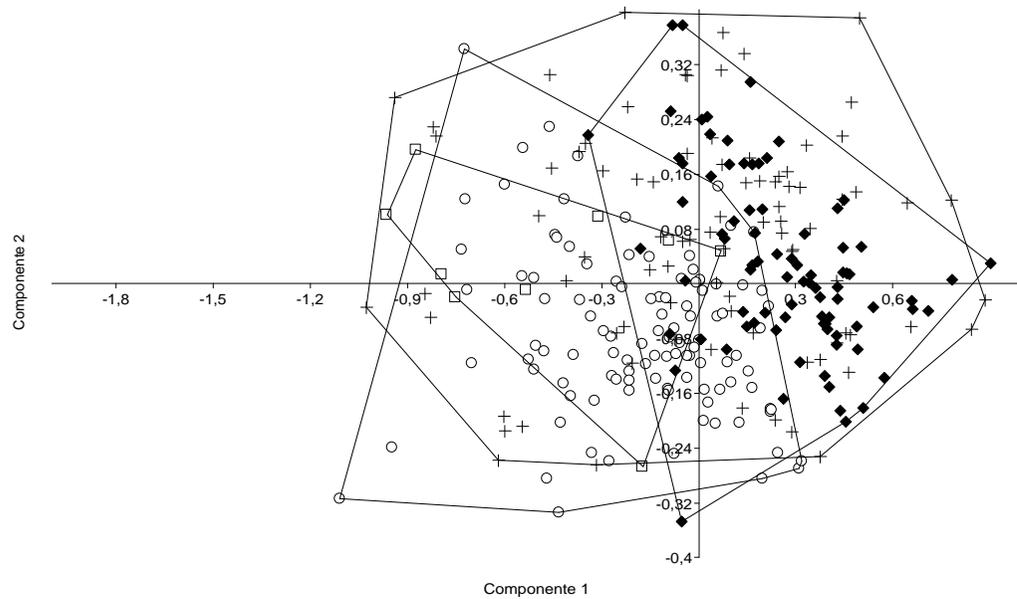


Figura 23. Representación de los dos primeros componentes principales para las especies del alto y medio Amazonas: *H. agulha* (+), *H. heterorhabdus* (□), *Hyphessobrycon* sp. 1 (◆) y *Hyphessobrycon* sp. 2 (○).

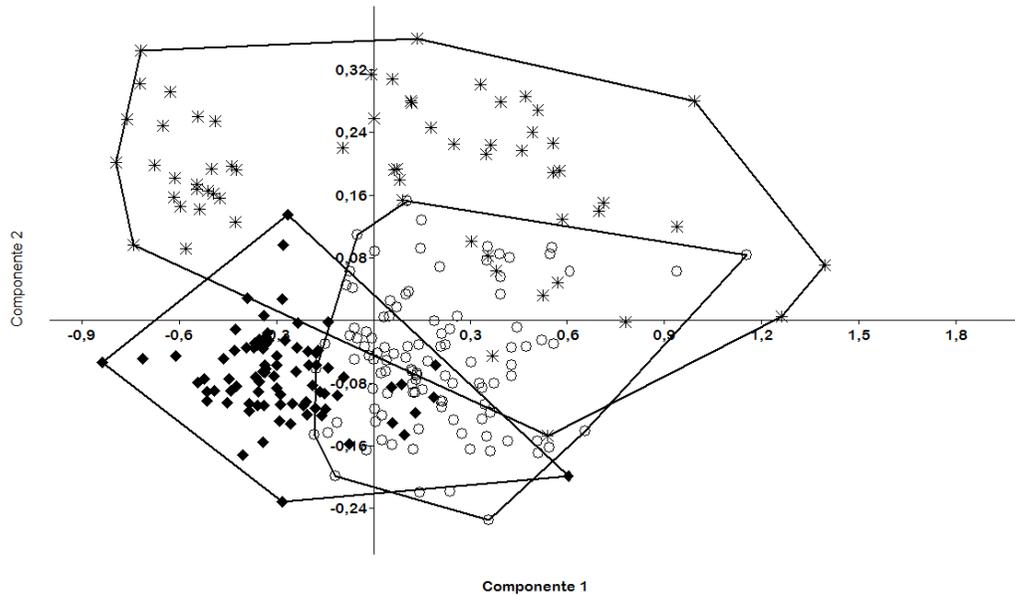


Figura 24. Representación de los dos primeros componentes principales para las especies en proceso de descripción: *Hyphessobrycon* sp. 1 (◆), *Hyphessobrycon* sp. 2 (○) y *Hyphessobrycon* sp. 3 (*).

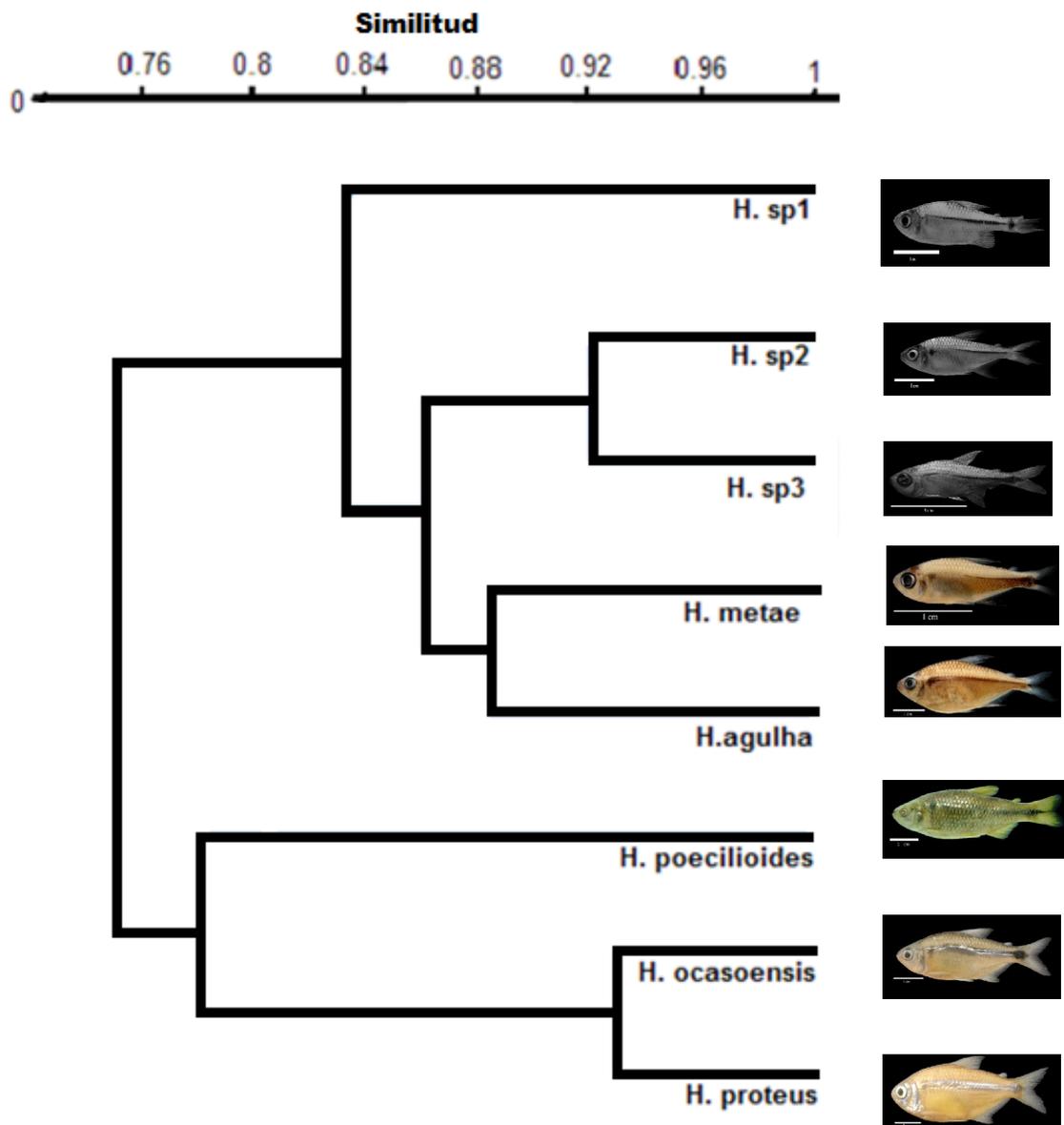


Figura 25. Análisis clúster de las especies del genero *Hyphessobrycon*, grupo *heterorhabdus*, presentes en Colombia.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.