

## Variación morfológica de los peces *Hemibrycon boquiae* y *Hemibrycon rafaelse* (Characiformes: Characidae) en el Río Cauca, Colombia

César Román-Valencia<sup>1</sup>, Dahiana K. Arcila-Mesa<sup>1</sup> & Hernando Hurtado T.<sup>2</sup>

1. Universidad del Quindío, Laboratorio de Ictiología, A.A. 2639, Armenia, Colombia; ceroman@uniquindio.edu.co; arciladk@gmail.com

2. Universidad del Quindío, Grupo de Investigación y Asesoría en Estadística, Armenia, Colombia.

Recibido 20-XI-2008. Corregido 22-II-2009. Aceptado 25-III-2009.

**Abstract: Morphological variation in populations of *Hemibrycon boquiae* and *H. rafaelse* from Río Cauca, Colombia.** We analyzed the variation in morphological and osteological characteristics of *Hemibrycon boquiae* and *Hemibrycon rafaelse* in the Cauca River. The multivariate analysis determined populations of *H. boquiae* in nine streams: Boquier, Honda, Las Aguilas, Doña Juana, Villa Paola, Portachuelo, The Snake, Aimes and Ramirez, and populations of *H. rafaelse* in four streams: Canceles, Clara, San Rafael and San Jose. There were morphometric differences among populations of *H. boquiae* (n= 277) and *H. rafaelse* (n= 121). Nevertheless, there were significant meristic discrepancies among populations of both species: number of scales between lateral line and anal fin, and number of scales between lateral line and pelvic fin. The absence of bilateral symmetry was observed in the number of maxillary teeth in *H. boquiae*. The cluster analysis distance for osteological characters, including the number of predorsal scales, separated *H. boquiae* and *H. rafaelse* in two defined groups. Rev. Biol. Trop. 57 (3): 541-556. Epub 2009 September 30.

**Key words:** morphology, distribution, *Hemibrycon*, Andes, tropical fish.

La selección divergente guía las diferencias fenotípicas a través de la diferenciación genética o plasticidad fenotípica. Otras fuentes de divergencia pueden actuar en cambios microevolutivos y guiar a la especiación. Sin embargo, el cruce entre poblaciones (migraciones o flujo génico) pueden imponer una diversificación adaptativa entre ambientes alternativos (Langerhans *et al.* 2003). En este contexto, las especies y poblaciones de *Hemibrycon* presentan un interesante modelo de distribución alrededor de la cuenca del Amazonas (Géry 1962, Román-Valencia *et al.* 2006, 2007, Bertaco *et al.* 2007, Arcila-Mesa 2008), para Colombia se distribuyen en alopátria (Román-Valencia *et al.* 2006, 2007, Román-Valencia & Arcila-Mesa 2008, Arcila-Mesa 2008). Se infiere que la historia geológica del sistema del Magdalena

ha desempeñado un papel fundamental en los eventos de cladogénesis de las especies de *Hemibrycon* debido al aislamiento de sus poblaciones.

*Hemibrycon* es un grupo monofilético (Arcila-Mesa 2008), y *H. boquiae* se identifica para la quebrada Boquia (Eigenmann 1927, Román-Valencia 2001, Lima *et al.* 2003, Ortega-Lara *et al.* 2006). Román-Valencia (2001) realiza la redescipción de *H. boquiae* con base en material de la localidad típica (= quebrada Boquia), posteriormente se determinan poblaciones de esta especie en diferentes drenajes del alto y medio Cauca (véase material examinado en este trabajo) y se evidencian caracteres que diferencian las poblaciones pero no suficientes para diagnosticar nuevas especies. Román-Valencia & Arcila-Mesa (2008)

describen a *H. rafaelse* con base en caracteres merísticos y osteológicos, y al igual que *H. boquiae* se caracteriza por presentar todas sus poblaciones en alopatría (Arcila-Mesa 2008).

El objetivo de ese trabajo consiste en caracterizar las poblaciones de *H. boquiae* y de *H. rafaelse* en los drenajes del Río Cauca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron datos de las poblaciones de *H. boquiae* y de *H. rafaelse* de su localidad típica, y de diversas localidades a lo largo del sistema del alto y medio Cauca. Se examinó material depositado en: Instituto de Investigaciones Biológicas "Alexander Von Humboldt", Villa de Leyva, Boyacá, Colombia (IAvH); Unidad de Ictiología del Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia (ICNMNH); Laboratorio de Ictiología, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia (IUQ).

**Variabes:** Las medidas morfométricas se tomaron con calibrador digital, hasta centésimas de milímetro; todas las medidas fueron obtenidas punto a punto; los recuentos de escamas y radios se realizaron con estereoscopio; las medidas y recuentos se realizaron sobre el lado izquierdo de los ejemplares, excepto cuando éstos estaban deteriorados en tal lado. Para *H. boquiae* se realizaron conteos del número de dientes del maxilar en lado derecho e izquierdo. Las medidas y conteos siguen a Vari y Siebert (1990).

Las observaciones osteológicas se realizaron sobre ejemplares clareados y teñidos de acuerdo a las modificaciones del método descrito por Taylor & Van Dyke (1985), Song & Parenti (1995). Cuando fue posible se examinaron dos o seis ejemplares clareados y teñidos de cada población con el objetivo de visualizar caracteres asociados a variaciones anatómicas y dimorfismo sexual. La nomenclatura de huesos se basó en Weitzman (1962) y Vari (1995). Se incluyeron las cuatro primeras vértebras del aparato de Weber y el centrum terminal se contó como una vértebra. En total

se examinaron ocho poblaciones de *H. boquiae* y cuatro de *H. rafaelse* provenientes de diferentes localidades del río Cauca.

**Análisis estadístico:** Se realizó un análisis de componentes principales (ACP), se considera el crecimiento alométrico, todas las medidas fueron transformadas a logaritmo, el método de Burnaby (Burnaby 1966) se usó para la corrección de la talla (McCoy *et al.* 2006) de los 23 caracteres morfométricos (Cuadros 1, 2); para analizar la formación de grupos dentro de las poblaciones de *Hemibrycon*, se comparó cada población con las especies registradas de *Hemibrycon* (*H. boquiae* y *H. rafaelse*). En el ACP sólo fueron procesados los ejemplares que tuvieron una longitud estándar mayor o igual a 45 mm, que es la talla de madurez sexual mínima para *H. boquiae* (Román-Valencia *et al.* 2008).

Se tomó la media aritmética como medida de tendencia central para la morfometría y los valores máximos y mínimos correspondientes a cada carácter. Para la merística se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de 0.05 y una prueba Tukey, para corroborar la presencia de diferencias interespecíficas estadísticamente significativas.

Se diseñó una matriz de caracteres osteológicos, los caracteres se codificaron como binarios y se presentan en: descripción de caracteres; se realizó un análisis cluster exploratorio con el algoritmo *paired group* y la medida de similaridad de Jaccard. Se usaron 29 de 81 caracteres osteológicos y un carácter merístico, que presenta variación entre las poblaciones. Para evaluar los agrupamientos presentados por el clusters se realizaron gráficos de Andrews. Para el procesamiento de datos se utilizó el software Past, versión 1.28 de 2004 y Sigma Plot versión 10.0 de 2006.

## Material examinado

***Hemibrycon boquiae:*** Colombia, Quindío; IUQ 543, 18; Salento, vereda La Nubia, alto Cauca, cuenca del río Quindío, quebrada Las Águilas sobre la vía San Juan-a Nubia, 100 m

CUADRO 1

Datos morfométricos y métricos de las poblaciones H. boquiae. Longitud estándar y total en mm; promedios se dan paréntesis

TABLE 1  
Meric and morphometric data of H. boquiae populations. Standard and total length in mm. Mean in parenthesis

Morfometría	Topotípico = 35	Q. Doña Juana = 31	Q. Villa Paola = 27	Q. El Águila = 7	Q. La Vibora = 21	Q. Los Ramírez = 28	Q. Aimes = 89	Q. Portachuelo = 28
Longitud estándar	33.07-76.92 (45.26)	41.81-56.26 (48.57)	35.79-89.98 (50.80)	45.81-73.73 (64.39)	41-69.04 (55.1)	52.6-98.44 (71.80)	30.65-84.42 (55.47)	40.54-94.84 (61.79)
Longitud total	42.02-91.78 (65.55)	50.25-67.13 (58.48)	43.71-106.0 (61.35)	55.22-90.57 (65.93)	50.94-84.27 (67.7)	62.82-121.25 (87.32)	35.37-101.13 (68.98)	49.44-114.06 (74.63)
<b>Porcentaje de la longitud estándar:</b>								
1. Profundidad del cuerpo	21.53-27.46 (24.59)	25.45-28.78 (27.25)	23.13-30.07 (27.06)	26.52-28.39 (27.40)	26.5-32.3 (29.1)	24.46-29.30 (26.92)	24.4-32.06 (28.29)	25.25-31.80 (27.61)
2. Longitud hocico-aleta dorsal	48.11-53.91 (51.96)	49.02-53.20 (51.42)	48.40-53.82 (51.12)	48.71-53.81 (51.18)	51.4-54.9 (53.3)	48.00-52.97 (50.96)	42.74-53.84 (51.02)	49.52-53.48 (51.51)
3. Longitud hocico-aleta pectoral	21.15-25.33 (23.49)	22.56-24.95 (23.2)	23.10-25.20 (24.16)	20.28-24.10 (21.89)	23.2-25.8 (24.3)	21.35-28.30 (23.13)	20.76-26.26 (22.41)	21.71-25.26 (23.38)
4. Longitud hocico-aleta pélvica	42.91-48.23 (45.23)	34.6-46.5 (43.52)	42.22-47.97 (45.05)	42.57-45.93 (43.81)	43.8-46.5 (45.2)	40.94-47.23 (42.78)	41.05-48.44 (43.87)	40.87-45.74 (43.22)
5. Longitud aleta dorsal-aleta pectoral	36.12-40.46 (38.10)	37.12-40.82 (39.25)	36.40-41.77 (39.68)	38.54-42.02 (40.22)	39.2-42.4 (40.8)	35.88-41.61 (38.59)	37.03-43.59 (39.35)	37.19-41.58 (38.74)
6. Longitud hocico-aleta anal	55.96-60.12 (58.15)	45.44-59.55 (56.46)	55.11-60.79 (58.50)	54.61-58.44 (56.61)	57.6-60.8 (59.0)	52.85-59.80 (56.34)	45.84-61.01 (57.02)	54.99-61.30 (58.03)
7. Longitud aleta dorsal-hipurales	47.43-54.83 (51.71)	48.78-56.77 (52.38)	47.19-54.47 (51.04)	50.19-53.90 (52.21)	50.3-53.5 (51.7)	50.72-56.42 (54.00)	47.87-57.7 (53.68)	49.39-54.35 (52.17)
8. Longitud aleta dorsal-aleta anal	24.75-29.02 (26.44)	26.13-29.17 (27.83)	24.50-29.44 (27.16)	27.01-30.52 (28.43)	26.4-31.7 (29.6)	24.28-30.18 (27.23)	24.76-33.32 (28.71)	26.24-31.66 (28.31)
9. Longitud aleta dorsal	17.84-22.90 (20.45)	20.46-24.33 (21.82)	19.35-23.81 (21.27)	20.34-21.94 (21.38)	18.9-22.2 (21.2)	18.98-24.22 (20.69)	17.89-24.5 (20.79)	17.55-22.13 (20.24)
10. Longitud aletas pectorales	17.14-20.30 (18.90)	17.93-22.85 (19.86)	17.49-21.44 (19.58)	18.27-19.68 (19.04)	18.6-20.8 (19.9)	17.31-20.75 (19.31)	17.82-21.51 (19.29)	17.96-21.13 (19.33)
11. Longitud aletas pélvicas	9.56-13.09 (11.22)	12.16-14.69 (13.46)	10.27-14.59 (12.64)	10.65-13.13 (12.07)	11.4-13.3 (12.4)	11.57-13.74 (12.63)	10.62-14.2 (12.27)	10.93-13.31 (12.28)
12. Longitud aleta anal	12.73-17.32 (14.77)	13.39-16.81 (15.07)	12.12-18.24 (15.25)	13.20-17.37 (15.29)	14.2-16.6 (15.4)	11.56-15.83 (13.70)	10.12-18.26 (14.34)	10.62-16.65 (14.63)
13. Profundidad del pedúnculo caudal	9.17-11.10 (10.04)	9.47-11.03 (10.34)	6.35-11.07 (10.14)	10.19-12.60 (11.05)	10.3-11.6 (11.1)	10.33-12.18 (10.95)	10.03-12.81 (11.64)	8.6-11.36 (10.17)
14. Longitud pedúnculo caudal	7.45-12.76 (10.10)	8.96-13.28 (11.59)	8.51-13.30 (11.02)	9.05-13.67 (11.28)	8.6-12.8 (11)	9.97-14.97 (12.43)	8.15-15.54 (12.13)	10.02-14.89 (11.90)
15. Longitud cabeza	19.50-22.86 (21.63)	18.65-24.74 (22.13)	18.73-24.80 (22.30)	19.36-22.64 (20.90)	21.3-23.5 (22.4)	18.79-22.07 (20.50)	18.05-23.75 (20.44)	19.18-23.41 (20.96)
<b>Porcentaje de la longitud cabeza:</b>								
16. Longitud hocico	23.43-29.22 (26.34)	21.88-31.46 (24.66)	22.16-29.59 (25.56)	25.07-28.08 (26.96)	21.96-29.2 (25.7)	23.35-29.28 (26.23)	20.05-30.95 (26.09)	21.82-30.57 (26.55)
17. Diámetro del ojo	32-41.87 (37.95)	36.15-51.67 (42.26)	31.75-45.06 (40.41)	35.80-44.75 (40.61)	36.7-43.98 (40.5)	31.51-43.75 (37.09)	28.96-45.52 (39.6)	30.07-44.47 (37.49)
18. Longitud postorbital de la cabeza	29.77-39.13 (35.32)	29.76-40.05 (35.26)	28.44-41.84 (36.31)	34.75-39.73 (37.06)	33.97-38.9 (36.0)	33.16-41.07 (36.85)	28.33-46.84 (36.36)	33.38-40.52 (36.65)
19. Longitud del hueso maxilar	25.70-35.18 (31.10)	28.71-43.46 (34.80)	27.01-36.45 (33.68)	28.02-35.10 (31.88)	29.7-36.6 (33.8)	27.67-36.94 (31.79)	22.00-38.98 (32.30)	25.18-35.45 (30.81)
20. Ancho interorbital	32.31-40.31 (36.48)	33.47-42.23 (37.00)	33.18-42.80 (37.24)	35.97-39.74 (37.83)	34.5-38.2 (36.3)	36.27-41.74 (39.29)	28.16-44.42 (39.24)	30.98-40.85 (37.14)
21. Longitud mandíbula superior	26.17-34.33 (30.15)	25.67-36.89 (29.88)	22.98-33.95 (29.32)	21.70-30.83 (27.19)	27.9-34.5 (30.63)	26.61-34.54 (31.89)	32.09-37.38 (32.09)	26.05-36.05 (31.39)
<b>Métrica:</b>								
Número de escamas en la línea lateral	42-44	40-42	39-43	39-43	40-43	40-44	40-44	39-43

CUADRO 1 (Continuación)

Datos morfométricos y métricos de las poblaciones H. boquiae. Longitud estándar y total en mm; promedios se dan paréntesis

TABLE 1 (Continued)  
Meric and morphometric data of H. boquiae populations. Standard and total length in mm. Mean in parenthesis

Morfometría	Topotípico = 35	Q. Doña Juana = 31	Q. Villa Paola = 27	Q. El Águila = 7	Q. La Vibora = 21	Q. Los Ramírez = 28	Q. Aimes = 89	Q. Portachuelo = 28
Número de escamas entre la línea lateral y la aleta dorsal	5-6	6	6	6	6-7	6-7	5-7	6-7
Número de escamas entre la línea lateral y la aleta anal	5-6	5	5-6	5	6-7	6-7	4-6	5-6
Número de escamas entre la línea lateral y las aletas pélvicas	4-5	5	5	5-6	6-7	6-7	5-6	5
Número de escamas predorsales	13-14	12-14	12-14	12-13	12-13	12-14	11-15	11-13
Número de radios en la aleta dorsal	ii-iii-6-8	iii-7	iii-7	iii-7	ii-8	ii-8	ii-iii-7-8	ii-iii-7-8
Número de radios en la aleta anal	iii-24-27	iii-iv-24-26	iii-iv-24-26	iii-25-27	iii-iv-24-25	iii-23-27	ii-iv-22-27	iii-iv-23-26
Número de radios en las aletas pélvicas	ii-6	ii-6	ii-6	ii-6	ii-6	ii-6	ii-6-7	ii-6
Número de radios en las aletas pectorales	ii-10-11	ii-9-10	ii-10-11	ii-10-11	ii-10-11	ii-10-11	ii-9-13	ii-9-11

antes del puente sobre el río Quindío (4°36'04" N y 75°37'17" W) a 1 601 msnm, 30 mayo 2004. Colombia, Quindío; IUQ 545, 5; Salento, vereda La Nubia, alto Cauca, cuenca del río Quindío, quebrada Las Águilas sobre la vía San Juan-La Nubia, 100 m antes del puente sobre el río Quindío (4°36'04" N y 75°37'17" W) a 1 601 msnm, 30 mayo 2004. Colombia, Quindío; IUQ 546, 9; Salento, vereda La Nubia, alto Cauca, cuenca del río Quindío, quebrada Doña Juana 500 m antes de la quebrada La Víbora sobre la vía San Juan-Boquia (4°37'39" N y 75°35'54" W) 1 714 msnm, 30 mayo 2004. Colombia, Quindío; IUQ 548 (a), 25; Salento, finca Villa Paola, sobre la vía a Boquia, alto Cauca, cuenca del río Quindío, quebrada Villa Paola (4°37'38" N y 75°35'59" W), 30 mayo 2004. Colombia, Quindío; IUQ 548 (b), 16; Salento, vereda La Nubia, alto Cauca, cuenca del río Quindío, quebrada Doña Juana 500 m antes de la quebrada La Víbora sobre la vía San Juan-Boquia (4°37'39" N y 75°35'54" W) 1 714 msnm, 3 junio 2004. Colombia, Quindío; IUQ 549, 16; vereda El Agrado, finca, alto Cauca, cuenca del río Quindío, quebrada Doña Juana 500 m antes de la quebrada La Víbora sobre la vía San Juan-Boquia (4°37'39" N y 75°35'54" W) 1 714 msnm, 30 mayo 2004. Colombia, Quindío; IUQ 551; Salento, vereda el agrado, finca Villa Paola, sobre la vía a Boquia, alto Cauca, cuenca del río Quindío, quebrada Villa Paola (4°37'38" N y 75°35'59" W), 30 mayo 2004. Colombia, Quindío; IUQ 871, 15; quebrada Boquia, vereda Boquia, afluente río Quindío; 26 marzo 2002. Colombia, Quindío; IUQ 301a, 3 (C & T); quebrada Boquia, afluente río Quindío vereda Boquia, debajo del puente en la vía Boquia, 30 septiembre 1998. Colombia, Quinchia; IUQ 536, 4 (C & T); Vereda Opirama, río Opirama, quebrada Talabám (5°17'47" N y 75°45'08" W) a 1 172 msnm, 18 octubre 2004. Colombia, Caldas; IUQ 491, 72; Neira, Tareas, medio Cauca, río Tareas 100 m en la vía Neira-Salamina (5°12'04" N y 75°32'56" W) 1 286 msnm, 30 noviembre 2002. Colombia, Caldas; IUQ 493, 1; Neira, Tareas, medio Cauca, quebrada Aimes, río Tareas 100 m en la vía Neira-Salamina

CUADRO 2  
*Datos morfométricos y merísticos en poblaciones de H. rafaélense. Longitud estándar y total en mm; promedios en paréntesis*

TABLE 2  
*Meristic and morphometric data of H. rafaélense populations. Standard and total length in mm. Mean in parenthesis*

Morfometría	Q. San Rafael = 50	Q. San Jose = 18	Q. Canceles = 28
Longitud estándar	22.73-89.95 (40.91)	37.28-74.64 (59.66)	40.02-84.28 (56.43)
Longitud total	28.29-105.6 (50.26)	46.78-91.46 (73.33)	49.47-101.83 (67.04)
Porcentaje de la longitud estándar:			
1. Profundidad del cuerpo	23.27-29.87 (26.22)	24.98-28.69 (26.92)	25.17-32.4 (29.08)
2. Longitud hocico-aleta dorsal	48.33-54.24 (51.31)	49.82-53.44 (51.23)	50.11-55.35 (51.97)
3. Longitud hocico-aleta pectoral	21.26-25.84 (23.81)	21.48-23.87 (22.74)	20.7-30.17 (23.87)
4. Longitud hocico-aletas pélvicas	42.00-46.74 (44.52)	41.41-45.36 (43.30)	41.56-46.26 (43.64)
5. Longitud aleta dorsal-aleta pectoral	35.21-41.26 (38.23)	35.78-41.08 (38.71)	36.45-43.14 (39.67)
6. Longitud hocico-aleta anal	54.74-59.92 (56.99)	54.92-58.32 (56.85)	54.72-62.25 (58.29)
7. Longitud aleta dorsal-hipurales	46.33-55.49 (52.20)	48.93-58.64 (53.62)	48.14-54.62 (51.77)
8. Longitud aleta dorsal-aleta anal	23.78-30.75 (28.00)	26.31-30.71 (27.83)	26.96-32.42 (29.95)
9. Longitud aleta dorsal	17.39-23.76 (21.68)	18.83-23.68 (20.43)	19.09-23.98 (21.93)
10. Longitud aletas pectorales	17.75-22.18 (19.66)	18.49-21.71 (19.66)	18.68-22.54 (20.33)
11. Longitud aletas pélvicas	11.06-16.06 (12.41)	10.56-15.99 (12.15)	10.16-16.28 (13.22)
12. Longitud aleta anal	11.00-19.23 (15.10)	10.72-16.73 (13.73)	12.65-20.10 (15.64)
13. Profundidad del pedúnculo caudal	8.28-11.88 (10.48)	9.39-12.97 (10.97)	9.68-12.82 (11.18)
14. Longitud pedúnculo caudal	7.25-13.31 (9.94)	9.05-13.89 (10.94)	8.65-12.43 (10.11)
15. Longitud cabeza	18.17-23.14 (22.06)	19.40-24.42 (21.48)	20.15-24.48 (21.82)
Porcentaje de la longitud cabeza:			
16. Longitud hocico	20.29-29.07 (24.48)	20.91-30.69 (25.19)	22.04-30.02 (26.20)
17. Diámetro del ojo	36.65-43.58 (40.18)	32.99-46.34 (39.83)	34.65-45.07 (39.87)
18. Longitud postorbital de la cabeza	31.21-39.9 (35.44)	32.52-41.4 (37.47)	33.10-43.17 (37.57)
19. Longitud del hueso maxilar	28.00-37.76 (32.35)	27.84-39.76 (33.8)	25.23-36.18 (32.56)
20. Ancho interorbital	34.74-41.55 (37.83)	34.12-43.48 (38.76)	32.04-42.04 (36.96)
21. Longitud mandíbula superior	24.49-35.53 (29.85)	29.71-37.31 (33.29)	23.28-37.87 (30.56)
Merística:			
Número de escamas en la línea lateral	40-42	40-43	38-40
Número de escamas entre la línea lateral y la aleta dorsal	6-7	5-6	5-7
Número de escamas entre la línea lateral y la aleta anal	4-6	5-6	5-6
Número de escamas entre la línea lateral y las aletas pélvicas	4-6	5-6	5-6
Número de escamas predorsales	10-12	11-13	10-12
Número de radios en la aleta dorsal	ii-iii.7-8	iii.7	iii.7
Número de radios en la aleta anal	iii-iv.24-28	iii-iv.24-27	iii-v.22-27
Número de radios en las aletas pélvicas	ii.6	ii.6	ii.6
Número de radios en las aletas pectorales	ii.9-11	ii.10	ii.9-11

(5°12'04" N y 75°32'56" W) 1 286 msnm; 28 diciembre 1995. Colombia, Caldas; IUQ 494, 3; Neira, Tareas, medio Cauca, río Tareas 100 m en la vía Neira- Salamina (5°12'04" N y 75°32'56" W) 1 286 msnm; 28 diciembre 1995. Colombia, Caldas; IUQ 530, 6, Salamina, La India, río Chamberri (5°24'55" N y 75°30'10" W). Colombia, Honda; IUQ 531, 71; río Honda en la vía Honda a Aranzazu-Manizales, Aranzazu. Colombia, Quindío; IUQ 2387, 39; Caicedonia, sector del Alambrado, alto Cauca, cuenca del río La Vieja, quebrada Las Honda en la finca Cristales; 13 diciembre 2008.

*H. rafaelse*: Colombia, Risaralda; IUQ 1144, 17; río San José, 200 m vía La Florida-Pereira, Risaralda, cuenca del río Otún, 12 enero de 2007. Colombia, Risaralda; ICNMFH 6703, 1; Apia, quebrada San Rafael, Sistema río Apia, en la vía Santuario-Apia, 12 abril 1991. Colombia, Risaralda; ICNMFH 3505, 50; Apia, quebrada San Rafael, Sistema río Apia, en la vía Santuario-Apia, 12 abril 1991. Colombia, Risaralda; IUQ 509, 27; Apia, quebrada San Rafael en bocas del río Apia, a 100 m de la vía Santuario-Apia (5°04'54" N y 75°56'36" W) 1 253 msnm, 8 julio 2003. Colombia, Risaralda; MCNG 54101, 5; Apia, quebrada San Rafael en bocas del río Apia, a 100 m de la vía Santuario-Apia (5°04'54" N y 75°56'36" W) 1 253 msnm, 8 julio 2003. Colombia, Quindío; IUQ 1212, 2 (C & T); quebrada Canceles, afluente del río La Vieja, Reserva El Ocaso, Quindío (40°33'4" N y 75°52'71" W), 999 msnm, 3 noviembre 2006. Colombia, Quindío; IUQ 1213, 2 (C & T); quebrada Canceles, afluente del río La Vieja, Reserva El Ocaso, Quindío (40°33'4" N y 75°52'71" W), 999 msnm, 31 julio 2006. Colombia, Quindío; IUQ 1147, 11; quebrada Canceles, afluente del río La Vieja, Reserva El Ocaso (40°33'4" N y 75°52'71" W) 999 msnm, 3 noviembre 2006. Colombia, Quindío; IUQ 1145, 20; quebrada Canceles, afluente del río La Vieja, Reserva El Ocaso, Quindío (40°33'4" N y 75°52'71" W) 999 msnm, 31 julio 2006. Colombia, Quindío; IUQ 911, 3; Colombia, Quindío, Montenegro, camino a Samaria, vereda El Gigante, quebrada Canceles, afluente del

río La Vieja (40°33'4" N y 75°52'71" W) 999 msnm; 3 mayo 2006.

## RESULTADOS

**Caracteres morfométricos:** La cabeza y los ojos de *H. boquiae* es pequeña (18.65-24.80% y 28.96-51.67% de longitud estándar respectivamente) y postorbital alargado (28.33-46.84% de longitud de la cabeza) (Cuadro 1). El análisis de componentes principales para los caracteres morfométricos determina poblaciones de *H. boquiae* en las quebradas: Las Águilas, Doña Juana, Villa Paola, Portachuelo, La Víbora, Aimes y Ramírez, las cuales aparecen agrupadas dentro de la variabilidad de la población topotípica de *H. boquiae* (=quebrada Boquia, Salento, Quindío) (Cuadros 3, 4; Fig. 1).

La cabeza y los ojos de *H. rafaelse* es pequeña (18.17-24.42% y 32.99-46.34% de longitud estándar respectivamente), y postorbital alargado (31.21-43.17% de longitud de la cabeza) (Cuadro 2). El análisis de componentes principales para los caracteres morfométricos determina poblaciones de *H. rafaelse* en las quebradas Canceles, La Clara, San Rafael y San José, agrupadas dentro de la variabilidad de la población topotípica de *H. rafaelse* (=quebrada San Rafael, alto Cauca) (Fig. 2).

Al examinar los valores propios del análisis de componentes principales ACP (Cuadro 3) se indica que los primeros cinco valores propios son significativos para *H. boquiae* y *H. rafaelse*. La estimación de la variabilidad acumulada para *H. boquiae* es 28.34%, 49.09%, 59.99%, 69.35% y 75.91%; para *H. rafaelse* es 25.04%, 44.13%, 58.27%, 66.77% y 74.17% respectivamente (Cuadro 3).

**Caracteres merísticos:** El ANDEVA presentó diferencias significativas en el número de escamas entre la línea lateral-aleta anal para las poblaciones de *H. boquiae* de las quebradas La Víbora y Los Ramírez (6 a 7 vs. 4 a 6,  $F=30.82$ ;  $p<0.000$ ) y en el número de escamas entre la línea lateral-aleta pélvica para las poblaciones de las quebradas Las Águilas,

CUADRO 3

Valor propio, obtenido a partir del análisis de componentes principales para las poblaciones de Hemibrycon boquiae y H. rafaense

TABLE 3

Value itself, obtained from the Principal Component Analysis (PCA) of Hemibrycon boquiae and H. rafaense populations

CP	Hemibrycon boquiae		Hemibrycon rafaense	
	valor propio	% varianza	valor propio	% varianza
1	0.0133109	28.344	0.0123399	25.04
2	0.00974866	20.758	0.00941076	19.097
3	0.00512237	10.907	0.00696818	14.14
4	0.00439674	93.622	0.00418884	85.001
5	0.00308479	65.686	0.00368643	74.806
6	0.0022992	48.958	0.00288511	58.545
7	0.00180569	38.449	0.00206002	41.803
8	0.00126263	26.886	0.00178781	36.279
9	0.00123428	26.282	0.00149279	30.292
10	0.00104734	22.302	0.00133965	27.184
11	0.000897894	19.119	0.000749306	15.205
12	0.000736173	15.676	0.000552743	11.216
13	0.000602836	12.836	0.000507963	10.308
14	0.000337975	0.71967	0.000354649	0.71966
15	0.000281348	0.59909	0.000278435	0.56501
16	0.000258452	0.55033	0.000219461	0.44533
17	0.000161755	0.34443	0.000155075	0.31468
18	0.000133794	0.28489	0.000143514	0.29122
19	0.0000973062	0.2072	0.0000803779	0.1631
20	0.0000892605	0.19007	0.0000386474	0.078424
21	0.0000376691	0.080211	0.0000232888	0.047258

CP: componente principal. CP: principal component.

Doña Juana, Villa Paola, Portachuelo y Aimes (6 a 7 vs. 5 a 6,  $F= 401.3$ ;  $p< 0.000$ ). Los demás caracteres morfométricos y merísticos de las poblaciones de *H. boquiae* de las quebradas La Víbora y Los Ramírez, se solapan con las demás poblaciones registradas (Cuadro 1).

Para *H. rafaense* de la quebrada San Rafael, se registraron diferencias en el número de escamas entre la línea lateral- aleta pélvica (4 a 6 vs. 5 a 6,  $F= 1.50$ ;  $p< 0.000$ ) y en el número de escamas entre la línea lateral- aleta

anal (4 a 6 vs. 5 a 6,  $F= 2.79$ ;  $p< 0.000$ ), sin embargo de acuerdo el ANDEVA estas diferencias no son estadísticamente significativas. Los demás caracteres morfométricos y merísticos de la población de *H. rafaense* de la quebrada San Rafael, se enmascaran con las demás poblaciones.

Las poblaciones de *H. boquiae* presentan entre 40 y 44 escamas con poros en la línea lateral, inusualmente 39 escamas se registran en las poblaciones de la quebrada

CUADRO 4  
Vectores propios, obtenidos a partir del análisis de componentes principales de las poblaciones de  
Hemibrycon boquiae y H. rafaelse

TABLE 4  
Vectors itself, obtained from the Principal Component Analysis (PCA) of  
Hemibrycon boquiae and H. rafaelse populations

Vectores propios				
Medidas	<i>Hemibrycon boquiae</i>		<i>Hemibrycon rafaelse</i>	
	CP 2	CP 3	CP 2	CP 3
Longitud estándar	0.03383	-0.01978	0.01944	-0.02674
Longitud total	0.04215	-0.02326	0.01396	-0.03037
1. Profundidad del cuerpo	0.1688	-0.03383	0.01946	-0.1217
2. Longitud hocico-aleta dorsal	0.02585	-0.02495	0.03548	-0.07727
3. Longitud hocico-aleta pectoral	-0.06694	0.04361	0.01413	-0.05743
4. Longitud hocico-aletas pélvicas	-0.0009862	-0.029	0.05212	-0.0635
5. Longitud aleta dorsal-aleta pectoral	0.1567	-0.06819	0.02158	-0.1059
6. Longitud hocico-aleta anal	0.09599	-0.06862	0.0252	-0.05613
7. Longitud aleta dorsal-hipurales	0.1222	-0.04572	0.04153	-0.04351
8. Longitud aleta dorsal-aleta anal	0.01589	0.04482	-0.0433	-0.191
9. Longitud aleta dorsal	0.07316	-0.05318	-0.06393	-0.1691
10. Longitud aletas pectorales	0.08821	-0.02803	0.01657	-0.1427
11. Longitud aletas pélvicas	0.03698	0.1497	-0.06503	-0.1821
12. Longitud aleta anal	-0.02042	-0.02011	-0.1697	-0.3853
13. Profundidad del pedúnculo caudal	0.229	-0.03302	-0.1995	-0.2098
14. Longitud pedúnculo caudal	0.7052	0.1368	-0.4171	0.6121
15. Longitud cabeza	-0.066	0.007755	-0.02213	-0.03951
16. Longitud hocico	-0.3256	-0.6917	-0.2645	0.3214
17. Diámetro del ojo	-0.209	0.2476	0.09376	0.004032
18. Longitud postorbital de la cabeza	-0.09614	-0.09212	0.02569	-0.2872
19. Longitud del hueso maxilar	-0.3279	0.6016	0.4978	0.1308
20. Ancho interorbital	0.05562	0.03742	0.03633	-0.01088
21. Longitud mandíbula superior	-0.2753	0.1529	0.6403	0.2523

CP: componente principal. PC: Principal Component.

Villa Paola y Águila, afluentes río Quindío y Portachuelo afluente río Roble en alto Cauca. Las poblaciones de *H. rafaelse* presentan entre 40 y 43 escamas con poros en la línea lateral, poco frecuente 38 escamas se registra en la población de la quebrada Canceles. En *H. rafaelse* la línea lateral es completa, en *H. boquiae* se observa variación: completa, incompleta (n= 3 quebrada Boquia), interrumpida (n= 2 quebrada Boquia) y duplicada sobre pocas escamas (n= 3 quebrada Boquia).

Las poblaciones de *H. boquiae* y *H. rafaelse* presentaron entre cuatro y seis dientes en

la fila externa del premaxilar, con una a tres cúspides; cuatro dientes en la fila interna del premaxilar, a veces cinco dientes en ejemplares de *H. boquiae* de la quebrada Boquia (4 de 34 ejemplares) con cinco cúspides. Tres dientes grandes sobre cada dentario, seguidos de un diente mediano y de cinco a nueve dientes pequeños. Cuatro a 13 dientes extendidos en el borde ventral del maxilar en *H. boquiae* y ocho a 13 en *H. rafaelse* y multicúspides.

En *H. boquiae* se observa ausencia de simetría bilateral en los dientes del maxilar en ejemplares de la quebrada Boquia (excepto

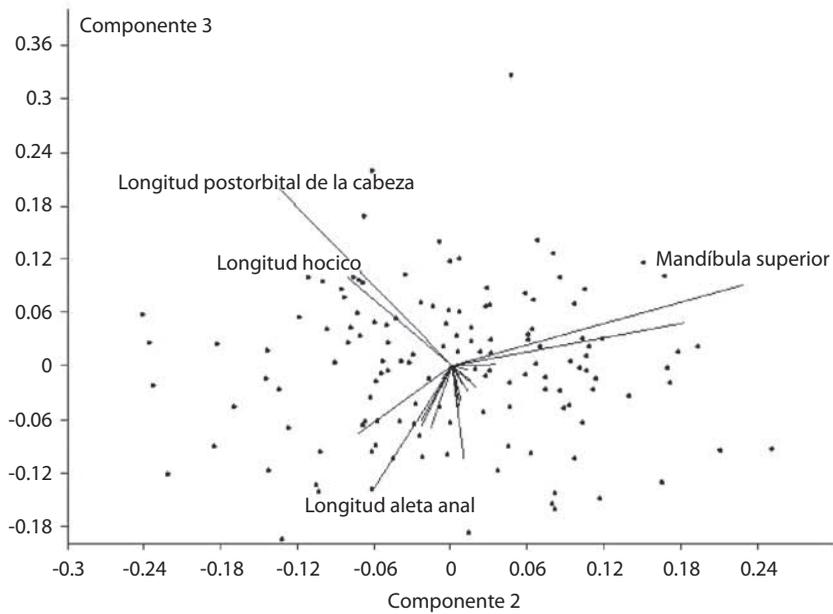
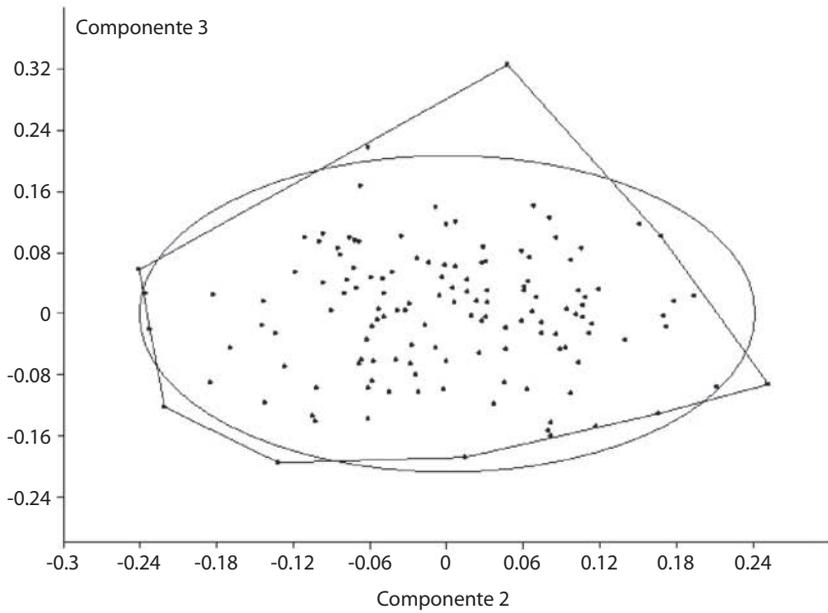


Fig. 1. Análisis de Componentes Principales (ACP) para los caracteres morfométricos de las poblaciones de *H. boquiae*.

Fig. 1. Principal Components Analysis (PCA) by morphometric characters of *H. boquiae* populations.

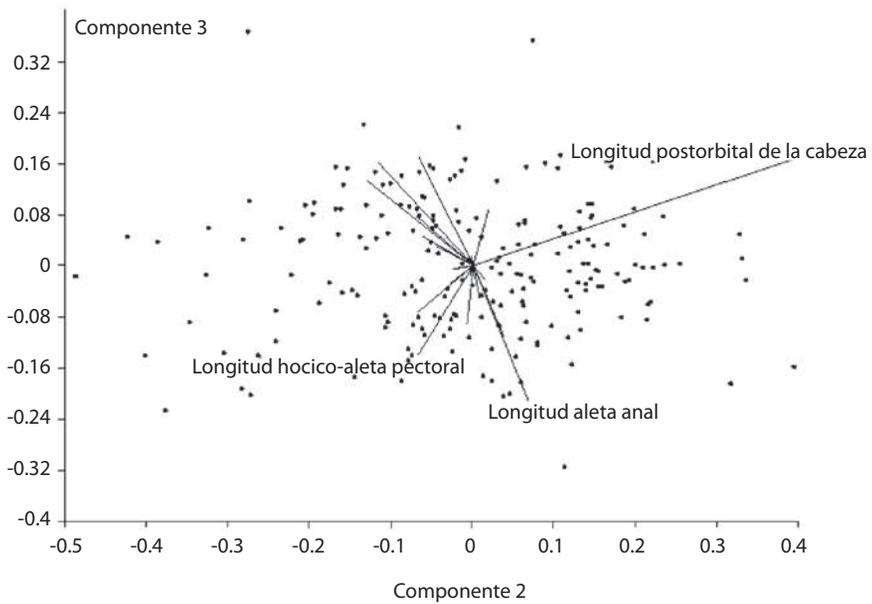
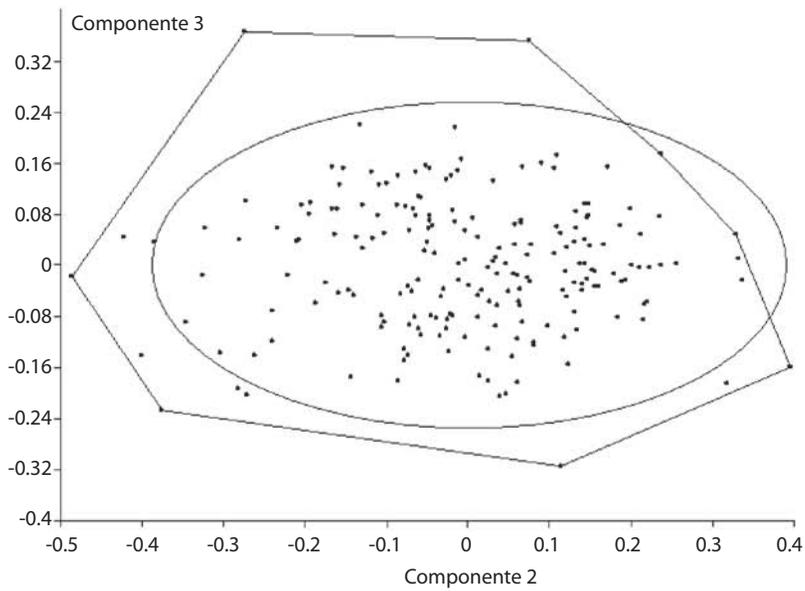


Fig. 2. Análisis de Componentes Principales (ACP) para los caracteres morfométricos de las poblaciones de *H. rafaense*.

Fig. 2. Principal Components Analysis (PCA) by morphometric characters of *H. rafaense* populations.

cinco de 30 ejemplares). Sin embargo, la prueba Kruskal-Wallis mostró que no existen diferencias significativas entre el número de dientes del lado izquierdo y derecho del maxilar ( $H= 0.007$ ;  $H_c= 0.008$ ;  $p= 0.92$ ) (Bonferroni corregido= 0.9352).

**Caracteres osteológicos:** La distancia de similitud del análisis cluster para los caracteres osteológicos, soporta dos grupos que corresponden con las poblaciones de *H. boQUIAE* y *H. rafaElsE* (48% de similitud, Fig. 3). Las poblaciones que se distribuyen en los drenajes del alto Cauca se encontraron más afines entre sí que con las poblaciones del medio Cauca. Las poblaciones de *H. boQUIAE* de las quebradas Las Águilas y Villa Paola se hallaron más asociadas (78% de similitud), a la vez con la población de la quebrada Doña

Juana (60% de similitud). Las poblaciones de la quebrada Boquia y Portachuelo se hallaron estrechamente asociadas (72% de similitud) y menos afines con las poblaciones de las quebradas Aimes, Chamberri y Talabam (48% de similitud). Las poblaciones de *H. rafaElsE* de la quebrada San José y Clara se encontraron con una mayor similitud (65% de similitud), a la vez con la población de la quebrada Canceles (58% de similitud). La población de la quebrada San Rafael se halló menos asociada con las demás poblaciones de *H. rafaElsE* (48% de similitud).

**Descripción de caracteres (Cuadro 5, Fig. 3):**

1. Extremo anterior del maxilar alargado, con una expansión ventral en el punto de contacto con el premaxilar: (0) ausente; (1) presente.

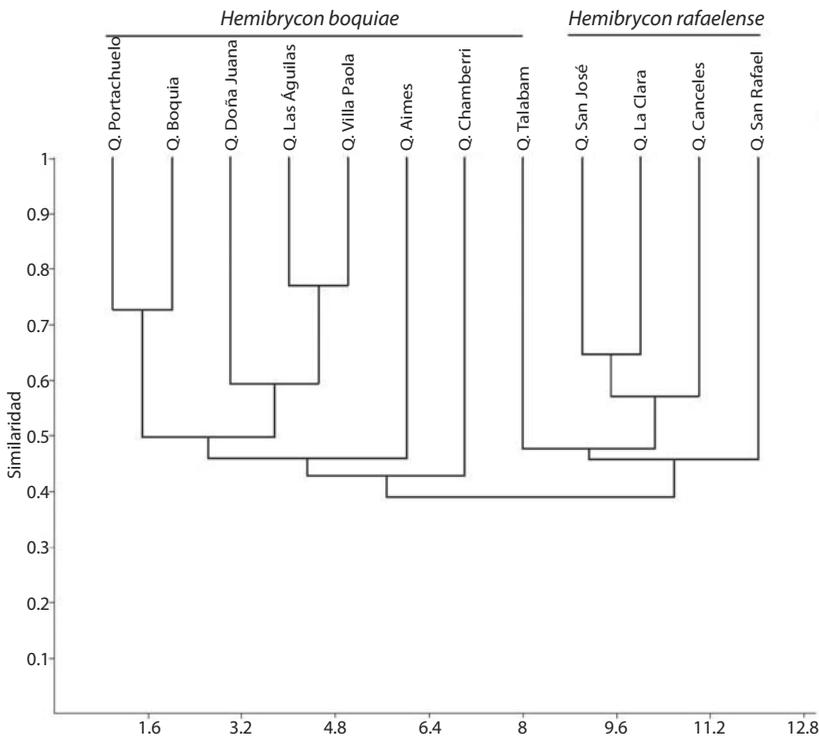


Fig. 3. Dendrograma de los caracteres osteológicos de las poblaciones de *Hemibrycon boQUIAE* y *H. rafaElsE*, coeficiente de Jaccard.

Fig. 3. Dendrogram of osteological characters of *H. boQUIAE* and *H. rafaElsE* populations.

CUADRO 5  
 Matriz de caracteres osteológicos, de las poblaciones de *Hemibrycon boquiae* y *H. rafaélense*. Los números corresponden con los caracteres mencionados en el texto

TABLE 5  
 Matrix characters osteological of *Hemibrycon boquiae* and *H. rafaélense* populations. The numbers correspond with the characters mentioned in the text

Población/Carácter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
<i>Hemibrycon boquiae</i>																															
Quebrada Boquia	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	
Quebrada Las Aguilas	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	
Quebrada Doña Juana	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	
Quebrada Villa Paola	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Quebradas Aimes	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	
Quebrada Talábam	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	
Quebrada Portachuelo	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	
Quebrada Chamberri	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	
<i>Hemibrycon rafaélense</i>																															
Quebrada San Rafael	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Quebrada San Jose	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
Quebrada Canceles	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
Quebrada La Clara	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

2. Número de cúspides de la fila externa del premaxilar: (0) con tres a cuatro cúspides; (1) con cinco a siete cúspides.
3. Número de dientes pequeños que siguen a los dientes grandes del dentario: (0) con cinco a siete; (1) con más de siete.
4. Extremo posterior del ectoterigoide se desplaza por el margen lateral del cuadrado: (0) ausente; (1) presente.
5. Ectoterigoide: (0) en contacto con el cuadrado; (1) no en contacto con el cuadrado
6. Mesopterigoides: (0) se sobrepone sobre el metapterigoide; (1) apenas en contacto con el metapterigoide
7. Fenestra de la región posterior del metapterigoide: (0) no se completa; (1) totalmente completa.
8. Lateroetmoide alcanza a entrar en contacto con el palatino: (0) ausente; (1) presente.
9. Extremo postero ventral del antorbital, con una apófisis: (0) ausente; (1) presente.
10. Extremo postero ventral del antorbital en contacto con el extremo anterior del maxilar: (0) ausente; (1) presente.
11. Primer infraorbital en contacto con el maxilar: (0) presente; (1) ausente.
12. Canal latero sensorial del segundo infraorbital: (0) recto y con ligeras proyecciones laterales reducidas; (1) con una proyección medial de forma recta se proyecta hasta aproximadamente la mitad del infraorbital.
13. Huesos nasales presentan proyecciones laterales no uniformes: (0) ausente; (1) presente.
14. Terminación de la espina del supraoccipital: (0) de forma aguda; (1) de forma redondeada.
15. Extremo posterior del pterótico se proyecta: (0) sobre todo el extraescapular; (1) hasta la parte media del extraescapular.
16. Contacto de la espina del tercer arco neural con el complejo neural: (0) presente; (1) ausente.
17. Concavidad del coracoides, se forma al unirse con el cleitrum: (0) se extiende hasta aproximadamente la mitad del coracoides; (1) se extiende menos de la mitad del coracoides.
18. Postcleitrum 1 y 2: (0) distantes; (1) muy cercanos.
19. Postcleitrum 3: (0) presenta una proyección lateral pequeña; (1) sin proyecciones laterales.
20. Postcleitrum 1 forma una estructura: (0) corto y engrosado; (1) alargado y delgado.
21. Proceso isquial con dos proyecciones delgadas perpendiculares a su eje: (0) reducidas; (1) bien desarrolladas.
22. Radios caudales procurrentes dispuestos en el extremo ventral de la aleta caudal: (0) con seis a 11; (1) con más de 11.
23. Radios caudales procurrentes dispuestos en el extremo dorsal de la aleta caudal: (0) con ocho a 10; (1) con más de 10.
24. Número de epurales: (0) constante, con dos; (1) variable, con uno a 2.
25. Número de epineurales: (0) con 36 o más; (1) con 35 o menos.
26. Número de epipleurales: (0) con 18 a 23; (1) con más de 23.
27. Número de vértebras que se extienden a partir del cuarto neural hasta el inicio de los pterigióforos de la aleta dorsal: (0) con siete a nueve; (1) con 10.
28. Primer supraneural: (0) entre el cuarto arco neural y la primera espina neural; (1) entre la primera y segunda espina neural.
29. Espinas en los radios de la aleta anal se inician a partir: (0) del tercer a cuarto radio hasta el último radio de la aleta anal; (1) del quinto a sexto radio hasta el último radio de la aleta anal.
30. Número de escamas predorsales: (0) con 12 a 14; (1) con 10 a 12.

## DISCUSIÓN

La magnitud de las diferencias fenotípicas entre las poblaciones de *Hemibrycon boquiae* y *H. rafaelse* no evidenció la formación de nuevas especies, debido a que se encontraron dentro de la variabilidad y lo reportado para ambas. Las discrepancias morfológicas se hallaron principalmente asociadas a caracteres

merísticos: como número de escamas entre la línea lateral-aleta pélvica y número de escamas entre la línea lateral-aleta anal, y osteológicos como: el número de epineurales y distancia del postcleitrum 1 con relación al postcleitrum 2.

La variación en merística y osteología a nivel poblacional, constituye una evidencia de la plasticidad fenotípica producto de presiones selectivas, a la cual se han encontrado expuestas estas poblaciones, como la tectónica del cuaternario en el río Cauca. De acuerdo a Ives *et al.* (2007) las divergencias entre poblaciones de una misma especie se debe a eventos de discrepancia filogenética o efectos directos de factores ambientales entre poblaciones (plasticidad fenotípica). Otras especies, en las cuales se plantea que la variación de los caracteres merísticos en poblaciones se debe a plasticidad fenotípica son: *Bryconamericus caucanus* (Román-Valencia *et al.* en prensa) y *Roeboides dayi* (Lucena 2000). La plasticidad fenotípica es inducida por heterogeneidad o estrés ambiental, cambios en la temperatura, humedad o concentración de oxígeno (Garland & Kelly 2006).

Eigenmann (1927) plantea que *H. boquiae* está estrechamente asociada con *Bryconamericus tolimae* y con *B. caucanus*, además, anota la dificultad para distinguir a *H. boquiae* de *B. caucanus*. Román-Valencia (2001) afirma que el número de dientes en el maxilar, distingue a *H. boquiae* de *B. caucanus*. Sin embargo, en éste estudio, el número de dientes a lo largo del maxilar es un carácter que varía en *H. boquiae*, coincide con Eigenmann (1927) y Géry (1962). Para distinguir a *H. boquiae* de *B. caucanus* se consideran caracteres asociados a machos, es decir, las espinas reducidas en los radios de todas las aletas, menos la caudal en *H. boquiae*, y espinas bien desarrolladas en los radios de las aletas anal y pélvicas en *B. caucanus*. Miles (1971) registra en *H. boquiae* 42 a 45 escamas, con poros en la línea lateral, aquí su ámbito de variación se observa de 40 a 44 escamas (en 265 de 277 ejemplares), inusualmente 39 (en 10 de 277 ejemplares) y 45 (en 2 de 277 ejemplares) (Cuadro 1).

La distribución de *H. boquiae*, a partir de este estudio, se amplía y comprende en nueve

drenajes del alto y medio Cauca, todas en alopatría. Las poblaciones de *H. rafaelse* se localiza en cuatro drenajes del alto Cauca. Palencia (1995) cita *H. boquiae* para la cuenca alta de los ríos Uribante y Doradas en Venezuela por dos caracteres: número de escamas con poros en la línea lateral (38 a 40) y número de radios ramificados en la aleta anal (27), coincide con *H. jabonero* escamas con poros de la línea lateral 38 a 42 y radios ramificados de la aleta anal 23 a 28 y su distribución. Por lo tanto, ésta identificación no corresponde con *H. boquiae*. Maldonado-Ocampo *et al.* (2005), Mojica *et al.* (2006) y Villa-Navarro *et al.* (2006) registran a *H. boquiae* para el alto Magdalena, lo cual es un error de determinación y de distribución. Corresponde con una nueva especie de *Hemibrycon*, que se diferencia de *H. boquiae* por el número de radios ramificados en la aleta anal (23 a 27 vs. 19 a 23).

## AGRADECIMIENTOS

Se recibió financiación de la Universidad del Quindío-Vicerrectoría de investigaciones (proyectos 212 y 304). A Maria Dolly García (grupo de investigación y asesoría estadística de la Universidad del Quindío) por sus comentarios y discusión al procesamiento estadístico. Donald C. Taphorn corrigió el resumen en inglés.

## RESUMEN

Analizamos la variación morfológica y osteológica en *Hemibrycon boquiae* y *H. rafaelse* en la cuenca del río Cauca. Los análisis multivariados determinan poblaciones de *H. boquiae* en las quebradas: Boquiae, Honda, Las Águilas, Doña Juana, Villa Paola, Portachuelo, La Víbora, Aimes y Ramírez y poblaciones de *H. rafaelse* en las quebradas: Canceles, La Clara, San Rafael y San José. No hay diferencias en la morfometría entre las poblaciones de *H. boquiae* y *H. rafaelse*. Se presentan discrepancias merísticas significativas para las poblaciones de *H. boquiae* (n= 277) y *H. rafaelse* (n= 121) en: número de escamas entre la línea lateral y la aleta anal, y número de escamas entre la línea lateral y la aleta pélvica. La distancia de similitud del análisis de agrupamiento ("cluster") para los caracteres osteológicos, al igual que el número de escamas predorsales, apoyan la existencia de dos grupos discretos que corresponden a *H. boquiae* y *H. rafaelse*.

**Palabras clave:** morfología, distribución, *Hemibrycon*, Andes, pez tropical.

## REFERENCIAS

- Arcila-Mesa, D.K. 2008. Análisis filogenético y biogeográfico de las especies de *Hemibrycon* (Characiformes, Characidae). Trabajo de Bachillerato, Universidad del Quindío, Programa de Biología, Armenia, Colombia.
- Bertaco, V.A., L.R. Malabarba, M. Hidalgo & H. Ortega. 2007. A new species of *Hemibrycon* (Teleostei: Characiformes: Characidae) from the río Ucayali drainage, Sierra del Divisor, Perú. *Neotrop. Ichthy.* 5: 251-257.
- Burnaby, T.P. 1966. Growth-invariant discriminant functions and generalized distances. *Biometrics* 22: 96-116.
- Eigenmann, C.H. 1927. The American Characidae. *Mem. Mus. Comp. Zool.* 43: 311-428.
- Garland, Jr. T. & S.A. Kelly. 2006. Phenotypic plasticity and experimental evolution. *J. Exp. Biol.* 209: 2344-2361.
- Géry, J. 1962. The distribution pattern of the genus *Hemibrycon*, with a description of a new species from Surinam and an incursion into ecotaxonomy. *Bul. Aquatic Biol.* 3: 65-80.
- Ives, A.R., P.E. Midford & T. Jr. Garland. 2007. Within-species variation and measurement error in phylogenetic comparative methods. *Syst. Biol.* 56: 252-270.
- Langerhans, R.B., G.A. Layman, A.K. Langerhans & T.J. Dewitt. 2003. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. *Biol. J. Linnean Soc.* 80: 689-698.
- Lima, F.C.T., L.R. Malabarba, P.A. Backup, J.F. Pezzi da Silva, R.P. Vari, A. Harold, R. Benine, O.T. Oyakawa, C.S. Pavanelli, N.A. Menezes, C.A.S. Lucena, M.C.S. Malabarba, Z.M.S. Lucena, R.E. Reis, F. Langeani, L. Cassati, V.A. Bertaco, C. Moreira & P.H.F. Lucinda. 2003. Genera Incertae Sedes in Characidae, p.106-169. *In* R.E. Reis, S.O. Kullander & C.J. Ferrais Jr. (eds.). Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. Edipucrs, Porto Alegre, Brasil.
- Lucena, C.A.S. 2000. Revisão taxonômica e filogenia das espécies transandinas do gênero *Roeboides* Günther (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes). *Común. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Serie Zoología Porto Alegre* 13: 3-63.
- Maldonado-Ocampo, J.A., A. Ortega-Lara, O. Usma, N. Galvis, F.A. Villa-Navarro, G. Vasquez, S. Prada-Pederos & R. Ardila. 2005. Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos "Alexander Von Humboldt", Bogotá, Colombia.
- McCoy, M.W., B.M. Bolker, C.W. Osenberg, B.G. Miner & J. R. Vonesh. 2006. Size correction: comparing morphological traits among populations and environments. *Oecologia* 148: 547-554.
- Miles, C. 1971. Los peces del Río Magdalena. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.
- Mojica, J.I., G. Galvis, P. Sánchez-Duarte, C. Castellanos & F.A. Villa-Navarro. 2006. Peces del valle medio del río Magdalena, Colombia. *Biota Colomb.* 7: 23-38.
- Ortega-Lara, A., J.S. Usma, P.A. Bonilla & N.L. Santos. 2006. Peces de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colomb.* 7: 39-54.
- Palencia, P. 1995. Clave identificatoria para los peces de la cuenca alta de los ríos Uribante y Doradas, Edo. Táchira, Venezuela. *Rev. Ecol. Lat. Am.* 3: 1-4.
- Román-Valencia, C. 2001. Redescrición de *Hemibrycon boquiae* (Pisces: Characidae), especie endémica de la quebrada Boquia, cuenca del Río Quindío, Alto Cauca, Colombia. *Dahlia Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.* 4: 27-32.
- Román-Valencia, C., C.R.I. Ruiz & R. Barriga. 2006. Una nueva especie de pez del género *Hemibrycon* (Characiformes: Characidae). *Rev. Biol. Trop.* 54: 209-217.
- Román-Valencia, C., R.I. Ruiz-C. & R. Barriga. 2007. Redescrición de *Hemibrycon orcesi* Böhlke 1958 y *H. polyodon* Günther 1864 (Pisces: Characidae), incluye clave para las especies de *Hemibrycon* en Ecuador. *Anim. Biodivers. Conserv.* 30: 179-188.
- Román-Valencia, C. & D.K. Arcila-Mesa. 2008. *Hemibrycon rafaense* (Characiformes, Characidae), a new species from the upper Cauca River, with key to Colombian species. *Anim. Biodivers. Conserv.* 31.1: 1-9.
- Román-Valencia, C., R.I. Ruiz-C. & A. Giraldo. 2008. Dieta y reproducción de dos especies sintópicas: *Hemibrycon boquiae* y *Bryconamericus caucanus* (Pisces: Characidae) en la quebrada Boquia, río Quindío, Alto Cauca, Colombia. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat., n.s.* 10:55-62.

- Román-Valencia, C., J. A. Vanegas-Ríos & M. D. García. En prensa. Variación morfológica de *Bryconamericus caucanus* (Teleostei: Characidae) en los ríos Cauca-Magdalena y Ranchería, Colombia. Rev Mex Biodivers.
- Song, J. & L.R. Parenti. 1995. Clearing and staining whole fish specimens for simultaneous demonstration of bone, cartilage and nerves. Copeia 1995: 114-118.
- Taylor, W.R. & G.C. Van Dyke. 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. Cybium 9: 107-119.
- Vari, R.P. 1995. The Neotropical fish family Ctenoluciidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): supra and intrafamilial phylogenetic relationship, with a revisionary study. Smith. Contr. Zool. 564: 1-96.
- Weitzman, S.H. 1962. The osteology of *Brycon meeki*, a generalized characid fish, with an osteological definition of the family. Stanford Ichthyol. Bull. 8: 1-77.
- Villa-Navarro, F.A., P.T. Zuñiga-Upegui, D. Castro-Roa, J.E. García-Melo, L.J. García-Melo & M.E. Herrada-Yara. 2006. Peces del alto Magdalena, cuenca del río Magdalena, Colombia. Biota Colomb. 7: 3-22.