

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DEL HÍBRIDO CHORROSCO (*Pseudoplatystoma fasciatum* x *Pimelodus blochi*) Y DE SUS PROGENITORES (SILURIFORMES:PIMELODIDAE).

Morphometric Characterization of the Hybrid Chorroasco (*Pseudoplatystoma fasciatum* x *Pimelodus blochi*) and its Parents (Siluriformes: Pimelodidae).

FRANCISCO J. MATEO. H.¹, NEREIDA DELGADO P.¹ y HÉCTOR LÓPEZ R.²

¹ Instituto de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
Teléfono: (0243) 5507427 - 5507425

² Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.
mateofran@hotmail.com, musiu11@gmail.com, helopez@ciens.ucv.ve

Fecha de Recepción: 17/01/2007, **Fecha de Revisión:** 20/10/2008, **Fecha de Aceptación:** 11/02/2009

Resumen

Para conocer las divergencias y/o convergencias en la forma del cuerpo entre el híbrido chorroasco y sus progenitores, se evaluaron distintas regiones del cuerpo.

Se utilizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con las matrices de covarianza y correlación, valiéndose del método Jackknife, con el propósito de verificar cuándo un coeficiente dentro del componente es estadísticamente diferente de cero. Los análisis demuestran que el híbrido exhibe la forma corporal general de la especie progenitora *Pseudoplatystoma fasciatum*. Se confirma además que el ACP con la matriz de correlación, si bien logró extraer en la mayoría de los casos un mejor vector de tamaño isométrico, no permitió verificar las relaciones dentro de los grupos de estudio, ya que sus gráficas por lo general ubicaron a los híbridos en posición intermedia en relación a sus progenitores, dando la impresión que éstos heredan los caracteres de los padres, prácticamente en la misma proporción. Mientras tanto, al aplicar el ACP con matriz de covarianza, las gráficas si permitieron visualizar las relaciones entre los grupos.

Palabras clave: Híbrido, morfometría, *Pimelodus blochi*, *Pseudoplatystoma fasciatum*.

Abstract

In order to elucidate divergence, as well as convergence in body shape between the chorroasco hybrid, and its parents, total body shape, as well as diverse body regions were analysed.

A Principal Components Analysis (PCA) on the covariance and correlation matrices was done by using Jackknife resampling, to verify if a coefficient within the component was statistically different from zero. The analysis demonstrates that the hybrid shows the body shape of the parent specie *Pseudoplatystoma fasciatum*. Even though PCA with a correlation matrix extracted a better isometric size vector in most cases, it did not allowed verification of relations within the groups, as the scores of the most significant axes generally placed hybrids in an intermediate position relative to their parents. This leaves the impression that the respective parental characters are inherited in almost equal proportions. However, applying the PCA on the covariance matrix, the resulted scores allowed a better visualization of the relationships between the groups.

Key words: Hybrid, morphometric, *Pimelodus blochi*, *Pseudoplatystoma fasciatum*.

1. Introducción

La Familia Pimelodidae, reúne especies con potencial para actividades acuícolas, pero con una limitante que se centra principalmente durante el cultivo larvario, debido a los hábitos alimentarios piscívoros. Como alternativa, La Estación de Piscicultura de la Universidad Centro Occidental “Lisandro Alvarado” (U.C.L.A.) inició en la década de los noventa, investigaciones referentes a la factibilidad acuícola de distintos cruces entre especies de la familia Pimelodidae con distintos hábitos alimentarios, con el fin de mitigar las tasas de canibalismo durante el cultivo larvario (Kossowski & Madrid 1991; Kossowski, 1991, 1996, 1999). Entre los distintos logros, se menciona *P. fasciatum* x *P. blochi* denominado por la Estación híbrido chorroscó.

Sobre su morfología ya existe un trabajo previo donde se compararon tasas de crecimiento (alometrias) con respecto a otro híbrido (*Pseudoplatystoma fasciatum* x *Leiarius marmoratus*), comprobando que en ambos híbridos (*P. fasciatum* x *P. blochi* y *P. fasciatum* x *L. marmoratus*), existen tasas de crecimiento comunes, sugiriendo que los cruces podrían heredar buena parte de los caracteres morfométricos del progenitor coincidente (Mateo & López 2005).

En este estudio, se exploran las relaciones morfométricas entre dicho híbrido y las especies parentales, mediante un análisis de componentes principales. Para ello, se utilizaron dos metodologías, ambas a partir del análisis de componentes principales. La primera con una matriz de covarianza, recomendada cuando todos los datos tienen la misma escala de medida y la segunda con la matriz de correlación (Somers, 1986), la cual ajusta las diferencias de tamaño que existen dentro de las muestras y entre las muestras.

2. Materiales y Métodos

Para el estudio se diseñó un único grupo de evaluación, conformado por:

- diecisiete (17) híbridos chorroscó producto del cruce entre *P. fasciatum* x *P. blochi* (entre 129,60mm - 184,00mm de longitud estándar),
- quince (15) individuos *P. fasciatum* (entre 357,20 mm – 478,20mm),
- quince (15) individuos *P. blochi* (entre 161,10mm – 217,30mm).

Los híbridos fueron suministrados por la Estación Piscícola de la Universidad Centro Occidental “Lisandro Alvarado”, ubicada en Yaritagua, Municipio Bruzual del Estado Yaracuy y se criaron en el transcurso del año 2002 en los tanques del Instituto de Zoología Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, situado en Maracay, Estado Aragua. Los ejemplares de las especies progenitoras (*P. fasciatum* y *P. blochi*) fueron capturados en el asentamiento El Rincón, Vía quebrada El Mamón, entre Ospino y Guanare, estado Portuguesa, la misma localidad de donde proceden los reproductores responsables de los cruces.

Los ejemplares se sacrificaron con hielo. Seguidamente se preservaron con una solución de formol al 10%. Finalmente se transfirieron a una solución de alcohol etílico al 70% para su conservación definitiva.

Para cada individuo dentro de cada grupo, se consideraron veinte (20) variables (medidas) obtenidas por el método de los hitos morfológicos propuesta por Strauss & Bookstein (1982), tomadas a partir de diez (10) hitos anatómicos (Zelditch *et al.*, 1995; Dujardin, 1999) (Fig. 1). Las mediciones se hicieron en el lado izquierdo de cada individuo usando un vernier con 0,05 mm de precisión.

De esta manera, el cuerpo de los peces se representó a través de un modelo (Fig. 1), en el que se reconocen las siguientes regiones:

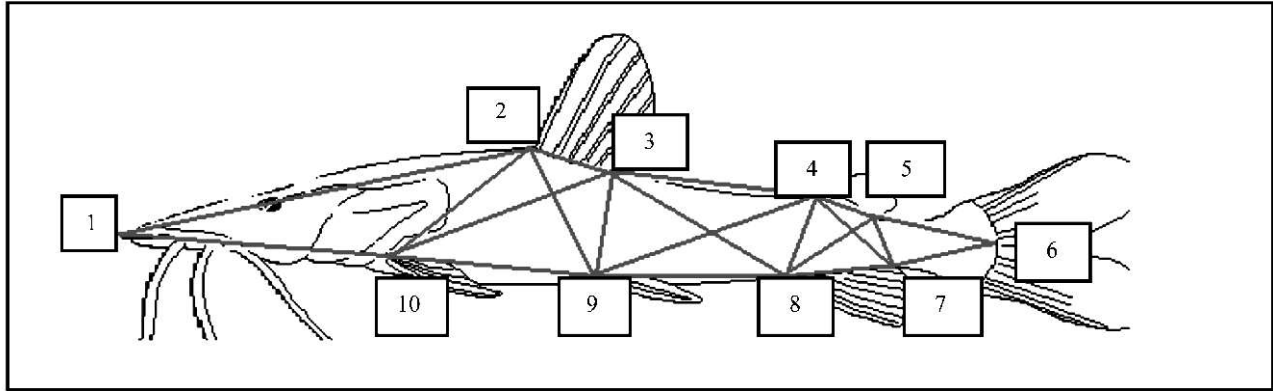
- Cabeza (hitos 1, 2 y 10).
- Región media (hitos 2, 3, 9 y 10).
- Tronco anterior (hitos 3, 4, 8 y 9).
- Tronco posterior (hitos 4, 5, 7 y 8).
- Cola (hitos 5, 6, 7, en la Fig. 1).

2.1 Aplicación de los componentes principales para las regiones corporales

Se construyeron cinco (5) matrices, correspondientes a las regiones:

2.2 Interpretación de los componentes principales

Parte importante de la variabilidad debida al tamaño usualmente es asignada por el ACP al



Vista lateral del cuerpo con los hitos anatómicos

1 Extremo del hocico	6 Plato hipural
2 Inserción anterior de la aleta dorsal	7 Inserción posterior de la aleta anal
3 Inserción posterior de la aleta dorsal	8 Inserción anterior de la aleta anal
4 Inserción anterior de la aleta adiposa	9 Inserción de la aleta pélvica
5 Inserción posterior de la aleta adiposa	10 Inserción de la aleta pectoral

Fig. 1. Vista lateral del cuerpo con los hitos anatómicos y las variables.

-Cabeza: con las variables: V1-2, V1-10, V2-10;
 -Región media: V2-3, V10-9, V2-10, V3-9, V2-9, V3-10;
 -Tronco anterior: V3-9, V4-8, V3-4, V9-8, V3-8, V4-9;
 -Tronco posterior: V4-8, V5-7, V4-5, V8-7, V4-7, V5-8;
 -Región cola: V5-7, V5-6, V7-6. Dichas variables conforman las columnas en las distintas matrices, mientras que los individuos (47 ejemplares) constituyen las filas. A continuación con el programa PAST v. 0.98 (Hammer *et al.*, 2003) se practicaron los análisis de componentes principales con la matriz de covarianza y correlación y los datos previamente transformados a logaritmo neperiano.

primer componente principal (1CP), mientras que el 2CP y los componentes sucesivos, describen contrastes de figura (Jolicoeur & Mosimann, 1960; Corruccini, 1983; Bookstein *et al.*, 1985; Bookstein, 1989). Las cargas dentro de los componentes indican el grado en que las distintas variables medidas contribuyen con las diferencias de figura (Bookstein *et al.*, 1985; Bookstein, 1989).

Para las interpretaciones se utilizaron las gráficas bivariadas de los componentes principales (1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP), y se seleccionó la opción “elipses de confiabilidad al 95% de probabilidad” que proporciona el programa PAST, con la intención de obtener información de cada grupo en particular y

apreciar las relaciones entre ellos (Owen & Chmielewski, 1985; Cuadras, 1991). Asimismo, las relaciones entre las muestras, se interpretaron con la inspección de los signos y magnitudes de las cargas (o coeficientes) para cada carácter en los vectores propios. Los vectores propios que expresan figura (2CP y 3CP) tienen coeficientes de diferentes magnitudes y/o signos, mientras que el vector propio que expresa tamaño (1CP), tendrá coeficientes del mismo signo y similar magnitud (Bookstein *et al.*, 1985; Strauss, 1985; Cuadras, 1991; Gallo-Da-Silva *et al.*, 1998).

Debido a que las muestras contienen individuos que varían con respecto al tamaño, edad, sexo, incluso el hábitat, se espera exista tanto variación ambiental como genética en los análisis; estos aspectos interactúan con la figura (Thorpe & Leamy, 1983; Bookstein *et al.*, 1985), por lo que se utilizaron algunas estrategias para minimizar el efecto de éstos dentro de los estudios. Por ello, se consideró además del ACP con la matriz de covarianza, el de correlación (ambos con los datos previamente transformados a logaritmo). Según Somers (1986), el ACP con la matriz de correlación logra en muchos casos ajustar el primer componente a un vector de tamaño isométrico. Además se caracterizó por separado el tamaño (1CP) y la figura (2CP y 3CP) -práctica comúnmente empleada en los estudios morfométricos- con el objeto de considerar sólo la contribución de los componentes de figura, para determinar las diferencias o semejanzas entre las muestras (híbridos y progenitores) (Smith, 1973; Neff & Smith, 1979; Thorpe & Leamy, 1983; Strauss, 1986), al igual que la extensión y dirección de la semejanza, ésta última proporcionada por las elipses de confiabilidad (Owen & Chmielewski, 1985).

2.3 Aplicación de la técnica de remuestreo Jackknife

Se aplicó la técnica de remuestreo Jackknife al análisis de componentes principales, con la intención de obtener significancia estadística en las cargas dentro de los componentes (Gibson *et al.*, 1984; Marcus, 1990; Peres & Bizerril, 1994;

Monteiro, 1997). La técnica consiste en calcular n veces un estadístico cualquiera (n = tamaño de la muestra) en cada oportunidad, excluyendo un ejemplar en la muestra, hasta eliminar (una sola vez) el total de los ejemplares dentro de la muestra. En total se elaboraron doscientas treinta y cinco (235) matrices. Para cada evaluación se siguieron los siguientes pasos:

1.- Se estiman los coeficientes de los vectores propios para el total de individuos (Coef. totales).
 2.- Se obtienen n series de Coef. (n = tamaño de la muestra); cada serie con un individuo diferente excluido, esto genera los estimadores Jackknife = Coef.jk.

3.- Se convierte cada estimador (Coef.jk) en pseudovalores (Coef.pv) por medio de la ecuación:

$$\text{Coef. pvi} = (n * \text{Coef. total}) - [(n-1) * \text{Coef. jki}]$$

4.- El valor Jackknife para cada Coef. es el promedio de sus pseudovalores y éste es el mejor estimador del Coef.

$$\text{Coef. v} = (\sum \text{Coef. pvi})/n.$$

5.- Los pasos anteriores se repiten para cada coeficiente dentro de cada grupo de estudio por evaluación.

6.- Los pseudovalores son utilizados luego en las pruebas de t (previamente confirmado el supuesto de normalidad) para determinar si el coeficiente es estadísticamente diferente de cero (0) y por tanto con una contribución significativa a un componente dado (Gibson *et al.*, 1984).

3. Resultados

3.1 Comparación de la Cabeza entre el Híbrido Chorroscó y sus Progenitores

Para esta región, las gráficas (Fig. 2) muestran elipses inclinadas con relación a los componentes, lo que sugiere que puede encontrarse información de figura tanto en el primer componente como en el segundo. Se visualiza además una superposición de las elipses de los híbridos y *P. fasciatum* en el segundo componente. Las variables responsables de la similitud entre el híbrido chorroscó y la especie *P. fasciatum* son: V1-10 y V2-10.

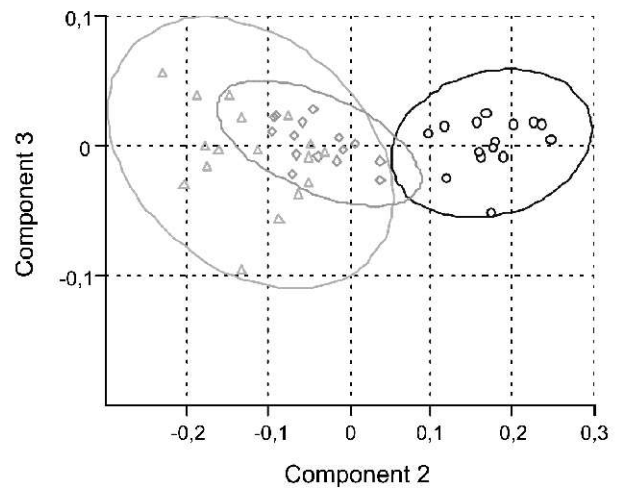
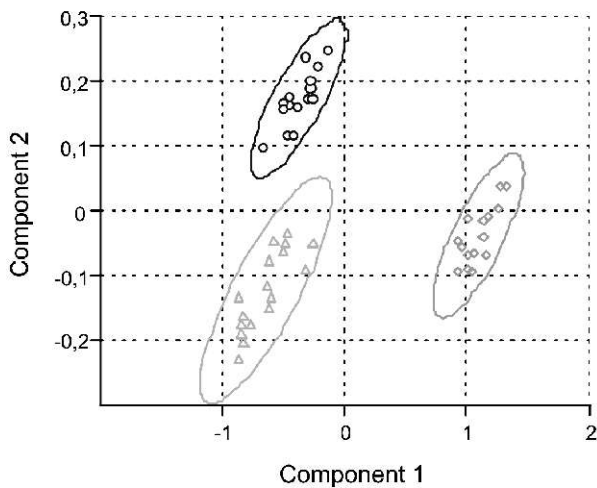
Por el contrario, las gráficas de la Fig. 3 muestran una disposición paralela de las elipses de confiabilidad en relación a los componentes, lo que sugiere que en este caso buena parte de la información en el primer componente es debida al tamaño isométrico y el segundo es básicamente de figura. Sin embargo, la elipse de los individuos híbridos ocupa una posición perfectamente intermedia en comparación a los progenitores.

Al examinar las cargas en los cuadros del primer vector bajo las dos modalidades de estudio, se tiene que con la matriz de covarianza el 1CP no es un vector de tamaño isométrico (Fig. 2), al contrario de lo que se observa con el 1CP obtenido con la matriz de correlación (Fig. 3), donde las cargas son aproximadamente iguales.

3.2 Comparación de la Región Media entre el híbrido chorrosco y sus progenitores

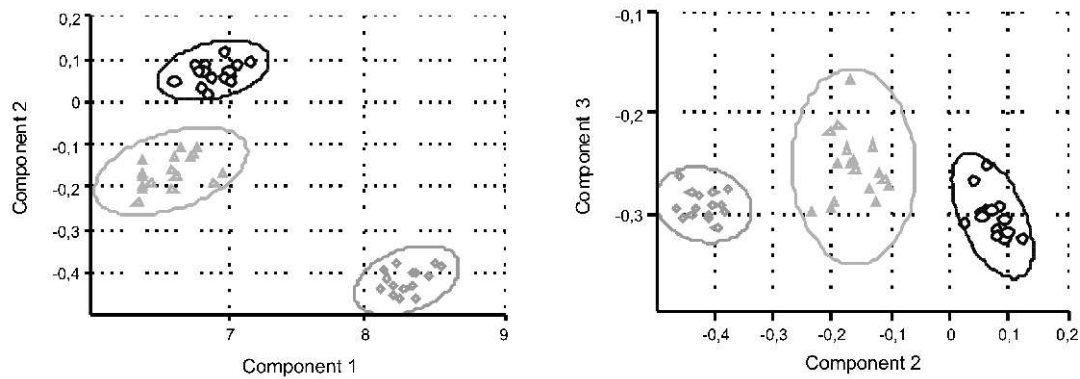
En las gráficas (Fig. 4 y 5) obtenidas tanto con la matriz de covarianza como de correlación se observa el mismo resultado. El híbrido y la especie parental *P. fasciatum* solapan en buena medida las elipses de confianza. Las variables responsables de la similitud entre el híbrido y la especie *P. fasciatum* son: V2-3 y V10-9.

En los cuadros de las Fig. 4 y 5 se verifica que ambos estudios parecen extraer un vector tamaño, sin embargo el componente obtenido con la matriz de correlación se acerca más al supuesto valor teórico de tamaño isométrico.



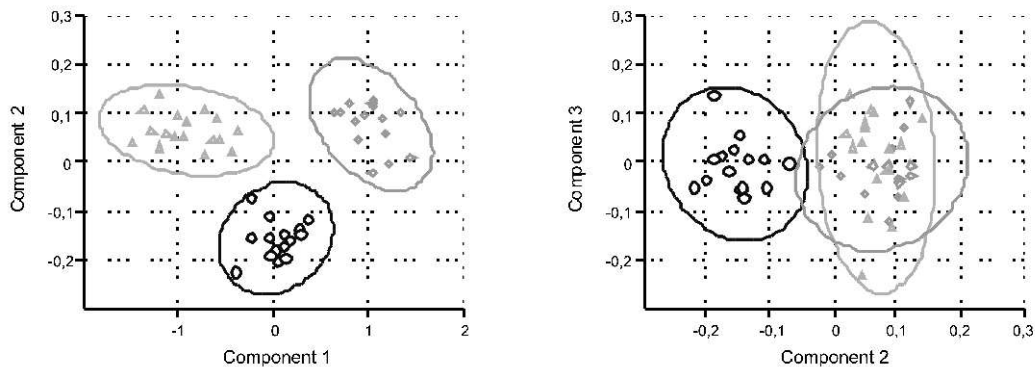
Variables	1CP			2CP			3CP		
	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)
V(1-2)	0,6216	0,0033	0,0000	0,0599	0,0261	0,0264	-0,7803	0,0033	0,0000
V(1-10)	0,6761	0,0104	0,0000	-0,5464	0,0198	0,0000	0,4923	0,0152	0,0000
V(2-10)	0,3985	0,0163	0,0000	0,8377	0,0133	0,0000	0,3808	0,0257	0,0000
Valor Propio		0,6154			0,0183			0,0007	
Porcentaje Total (%)		97,0017			2,8865			0,1118	

Fig. 2. Comparación de la cabeza entre el híbrido chorrosco y sus progenitores. ACP matriz de covarianza. Gráficas 1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP. Triángulos: híbrido chorrosco; círculos: *P. blochi*; rombos: *P. fasciatum*. Para cada componente: valores Jackknife de los coeficientes (Coef.), error estándar (ES) y la probabilidad ($P < 0,001$).



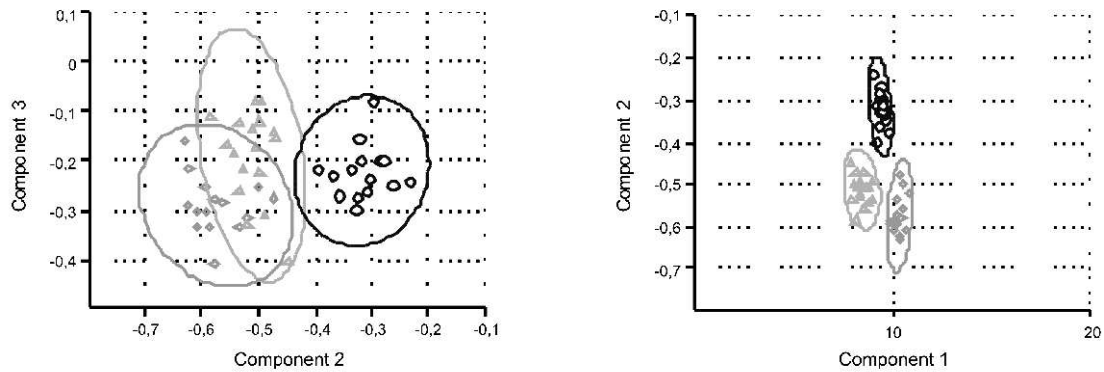
Variables	1CP			2CP			3CP		
	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)
V(1-2)	0,5866	0,0025	0,0000	-0,1656	0,0204	0,0000	-0,7920	0,0045	0,0000
V(1-10)	0,5785	0,0007	0,0000	-0,5988	0,0149	0,0000	0,5557	0,0151	0,0000
V(2-10)	0,5681	0,0024	0,0000	0,7811	0,0068	0,0000	0,2568	0,0209	0,0000
Valor Propio		2,876972			0,1199			0,0030	
Porcentaje Total (%)		95,8991			3,9994			0,1015	

Fig. 3. Comparación de la cabeza entre el híbrido chorroasco y sus progenitores. ACP matriz de correlación. Gráficas 1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP. Triángulos: híbrido chorroasco; círculos: *P. blochi*; rombos: *P. fasciatum*. Para cada componente: valores Jackknife de los coeficientes (Coef.), error estándar (ES) y la probabilidad ($P < 0,001$).



Variables	1CP			2CP			3CP		
	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)
V(2-10)	0,3919	0,0061	0,0000	0,1324	0,0399	0,0018	0,1352	0,0866	0,1253
V(2-3)	0,3902	0,0134	0,0000	-0,8459	0,0336	0,0000	0,1960	0,1367	0,1582
V(10-9)	0,4661	0,0115	0,0000	0,5247	0,0774	0,0000	0,4710	0,0779	0,0000
V(3-9)	0,3806	0,0138	0,0000	0,0811	0,1195	0,5010	-0,8068	0,0622	0,0000
V(2-9)	0,4084	0,0075	0,0000	0,0804	0,0683	0,2452	-0,2884	0,1225	0,0228
V(3-10)	0,4058	0,0043	0,0000	-0,0730	0,0362	0,0495	0,1945	0,0368	0,0000
Valor Propio		0,7191			0,0129			0,0054	
Porcentaje Total (%)		97,1444			1,7466			0,7410	

Fig. 4. Comparación de la región media entre el híbrido chorroasco y sus progenitores. ACP matriz de covarianza. Gráficas 1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP. Triángulos: híbrido chorroasco; círculos: *P. blochi*; rombos: *P. fasciatum*. Para cada componente: valores Jackknife de los coeficientes (Coef.), error estándar (ES) y la probabilidad ($P < 0,001$).



Variables	1CP			2CP			3CP		
	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)
V(2-10)	0,4143	0,0009	0,0000	0,1617	0,0489	0,0018	0,2099	0,0909	0,0255
V(2-3)	0,4002	0,0030	0,0000	-0,8646	0,0222	0,0000	0,1069	0,1401	0,4491
V(10-9)	0,4090	0,0013	0,0000	0,4569	0,0828	0,0000	0,4984	0,0743	0,0000
V(3-9)	0,4056	0,0014	0,0000	0,1615	0,1211	0,1889	-0,8013	0,0616	0,0000
V(2-9)	0,4109	0,0011	0,0000	0,1253	0,0668	0,0669	-0,2392	0,1103	0,0354
V(3-10)	0,4143	0,0009	0,0000	-0,0601	0,0427	0,1658	0,2229	0,0370	0,0000
Valor Propio		5,8301			0,1017			0,0458	
Porcentaje Total (%)		97,1687			1,6948			0,7634	

Fig. 5. Comparación de la región media entre el híbrido chorroscó y sus progenitores. ACP matriz de correlación. Gráficas 1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP. Triángulos: híbrido chorroscó; círculos: *P. blochi*; rombos: *P. fasciatum*. Para cada componente: valores Jackknife de los coeficientes (Coef.), error estándar (ES) y la probabilidad ($P < 0,001$).

3.3 Comparación del Tronco Anterior entre el Híbrido Chorroscó y sus Progenitores

Para esta región se observa (Fig. 6) una disposición inclinada con relación a los ejes, por lo que la información debida al tamaño está presente tanto en el primer componente como en el segundo. En la gráfica 2CP vs. 3CP, los híbridos prácticamente se ubican en el extremo del plano, solapando buena parte de su elipse con el progenitor *P. fasciatum*.

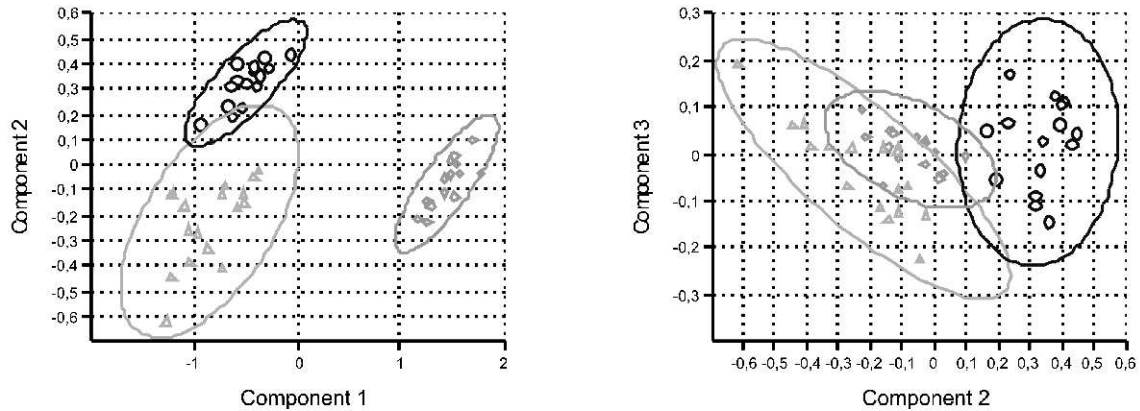
Las variables responsables de la similitud entre el híbrido y la especie *P. fasciatum* son: V3-4, V3-9 y V4-8. Asimismo, en el cuadro de la Fig. 6, se observa que el primer componente obtenido a partir de la matriz de covarianza, dista de la condición teórica de un vector de tamaño isométrico, aún cuando las cargas son todas del mismo signo (+) sus valores son distintos entre sí.

En el estudio con la matriz de correlación (Fig. 7), los híbridos ocupan una posición intermedia en relación a los progenitores.

3.4 Comparación del Tronco Posterior entre el Híbrido Chorroscó y sus Progenitores

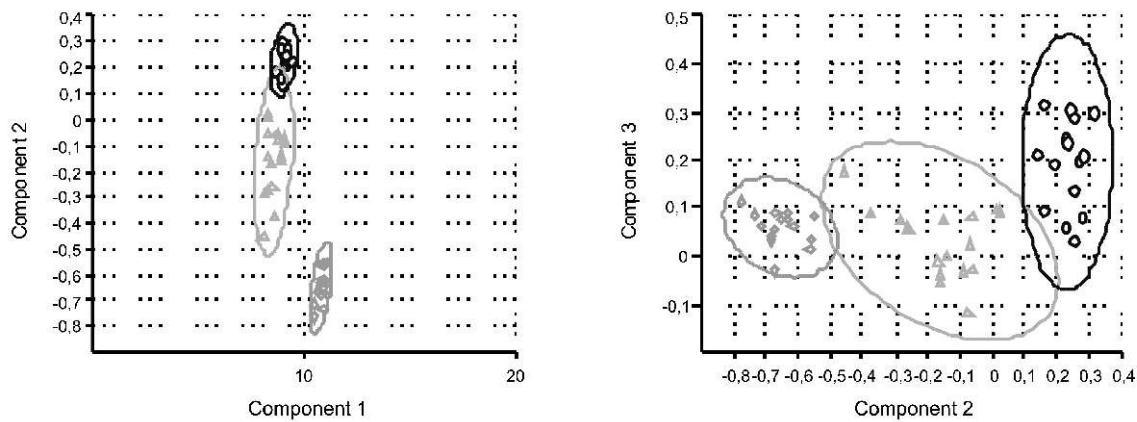
En la Fig. 8 se observa una disposición inclinada en relación a los ejes, es decir que la información de figura está presente tanto en el primer componente como en el segundo. Se evidencia también que el híbrido se agrupa junto con el progenitor *P. fasciatum*, por lo que exhiben el mismo contorno para esta región. Las variables responsables de la similitud entre el híbrido y la especie *P. fasciatum* son todas las consideradas para esta región excepto la variable V5-8.

En el cuadro de la Fig. 8, las cargas son ligeramente distintas entre sí para el primer componente, por lo que el vector está más asociado a un tamaño alométrico que isométrico.



Variables	Coef.	1CP			Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)
		ES	P(t)	Coef.						
V(3-4)	0,5627	0,0228	0,0000	-0,6624	0,0219	0,0000	-0,3678	0,0583	0,0000	
V(3-9)	0,2998	0,0211	0,0000	0,5105	0,0415	0,0000	-0,4379	0,0415	0,0000	
V(9-8)	0,4324	0,0070	0,0000	0,1045	0,0730	0,1589	0,7911	0,0164	0,0000	
V(4-8)	0,2309	0,0215	0,0000	0,5434	0,0185	0,0000	-0,1988	0,0854	0,0244	
V(3-8)	0,4198	0,0033	0,0000	0,0312	0,0329	0,3475	0,1772	0,0502	0,0010	
V(4-9)	0,4236	0,0047	0,0000	0,0873	0,0157	0,0000	-0,0648	0,0478	0,1817	
Valor Propio		0,0841			0,0694			0,0071		
Porcentaje Total (%)		93,2379			5,9738			0,6144		

Fig. 6. Comparación del tronco anterior entre el híbrido chorroasco y sus progenitores. ACP matriz de covarianza. Gráficas 1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP. Triángulos: híbrido chorroasco; círculos: *P. blochi*; rombos: *P. fasciatum*. Para cada componente: valores Jackknife de los coeficientes (Coef.), error estándar (ES) y la probabilidad ($P < 0,001$).



Variables	Coef.	1CP			Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)
		ES	P(t)	Coef.						
V(3-4)	0,3859	0,0055	0,0000	-0,6150	0,0264	0,0000	-0,2244	0,2659	0,4031	
V(3-9)	0,4051	0,0026	0,0000	0,4307	0,0403	0,0000	-0,3941	0,0816	0,0000	
V(9-8)	0,4216	0,0026	0,0000	-0,1297	0,0417	0,0032	0,7779	0,0360	0,0000	
V(4-8)	0,3884	0,0050	0,0000	0,6174	0,0275	0,0000	-0,0177	0,0931	0,8502	
V(3-8)	0,4232	0,0030	0,0000	-0,1735	0,0134	0,0000	0,1531	0,0419	0,0007	
V(4-9)	0,4237	0,0034	0,0000	-0,1170	0,0202	0,0000	-0,0854	0,0471	0,0764	
Valor Propio		5,5274			0,4206			0,0356		
Porcentaje Total (%)		92,1238			7,0104			0,5926		

Fig. 7. Comparación tronco anterior entre el híbrido chorroasco y sus progenitores. ACP matriz de correlación. Gráficas 1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP. Triángulos: híbrido chorroasco; círculos: *P. blochi*; rombos: *P. fasciatum*. Para cada componente: valores Jackknife de los coeficientes (Coef.), error estándar (ES) y la probabilidad ($P < 0,001$).

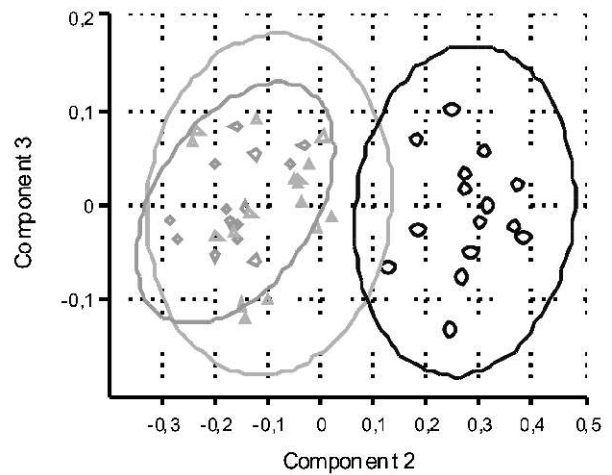
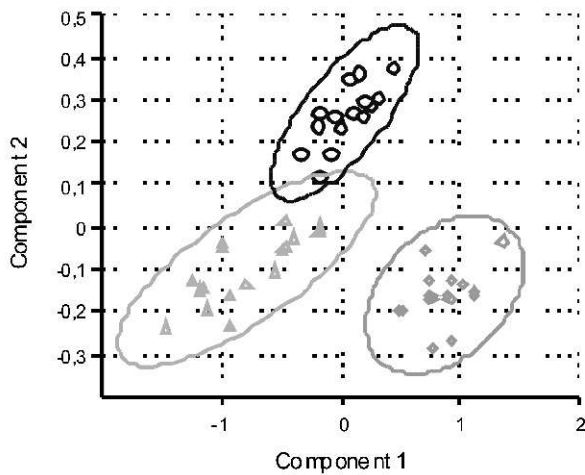
Con respecto al estudio con la matriz de correlación, la condición cambia y el cuadro de la Fig. 9 presenta un vector cercano a un tamaño isométrico. En esta ocasión al evaluar las gráficas (Fig. 9), se nota una disposición relativamente paralela de los ejes de las elipses de confianza en relación al primer componente. Al igual que en la mayoría de los estudios, las gráficas con correlación ubican al híbrido en una posición intermedia en relación a los progenitores.

3.5 Comparación de la Cola entre El Híbrido Chorrosco y sus Progenitores

En las gráficas (Fig. 10) se observa una disposición inclinada en relación a los ejes, es

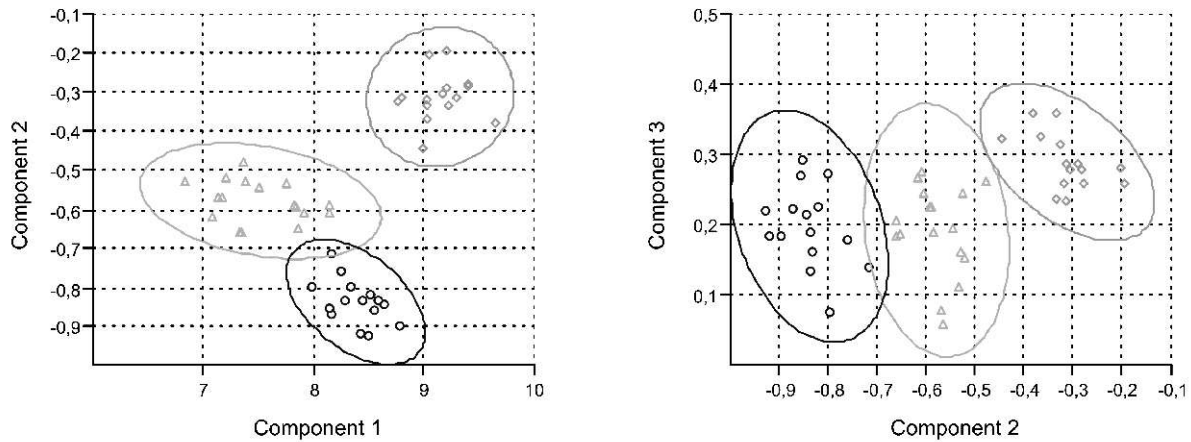
decir que la información de la figura está presente tanto en el primer componente como en el segundo. En el segundo componente, las tres muestras (híbridos y progenitores) solapan sus respectivas elipses de confianza, lo que sugiere que podría no haber diferencia entre los grupos para esta región. Son dos las variables que establecen esta relación: V5-7 y V7-6. En el cuadro (Fig. 10) se observan cargas ligeramente distintas entre sí para el primer componente, por lo que el vector está más asociado a un tamaño alométrico que isométrico.

En el estudio con la matriz de correlación (Fig. 11) la condición cambia y se presenta un vector prácticamente isométrico. En las gráficas se aprecia que al igual que en la mayoría de los casos, el híbrido ocupa una posición intermedia en relación a los progenitores.



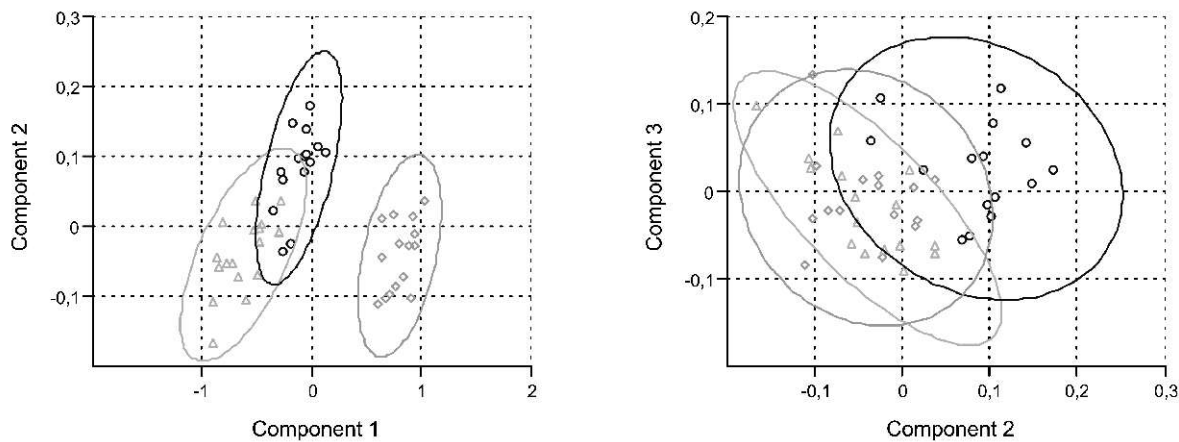
Variables	1CP			2CP			3CP		
	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)
V(4-5)	0,3082	0,0311	0,0000	0,7571	0,0254	0,0000	3,6456	1,5511	0,0231
V(4-8)	0,3652	0,0137	0,0000	0,1904	0,0277	0,0000	-4,1233	1,7429	0,0223
V(8-7)	0,4844	0,0231	0,0000	-0,5419	0,0373	0,0000	5,1999	2,2341	0,0244
V(4-7)	0,3994	0,0118	0,0000	0,2295	0,0349	0,0000	-0,7624	0,3900	0,0567
V(5-8)	0,3989	0,0058	0,0000	-0,0621	0,0238	0,0124	0,5901	0,2802	0,0407
V(5-7)	0,4689	0,0111	0,0000	-0,2235	0,0289	0,0000	-4,4768	1,9213	0,0242
Valor Propio		0,5574			0,0408			0,0031	
Porcentaje Total (%)		92,27			6,7703			0,5207	

Fig. 8. Comparación ronco posterior entre el híbrido chorrosco y sus progenitores. ACP matriz de covarianza. Gráficas 1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP. Triángulos: híbrido chorrosco; círculos: *P. blochi*; rombos: *P. fasciatum*. Para cada componente: valores Jackknife de los coeficientes (Coef.), error estándar (ES) y la probabilidad ($P < 0,001$).



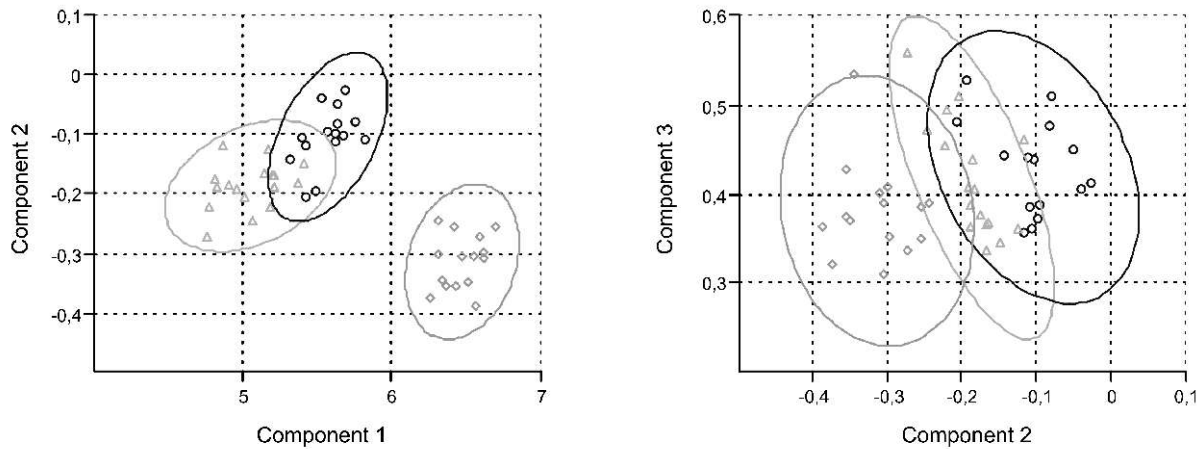
Variables	Coef.	1CP			Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)
		ES	P(t)	ES									
V(4-5)	0,3694	0,0134	0,0000	0,7747	0,0275	0,0000	0,3674	0,0577	0,0000				
V(4-8)	0,4190	0,0037	0,0000	0,1135	0,0331	0,0013	-0,7334	0,1073	0,0000				
V(8-7)	0,3997	0,0037	0,0000	-0,5191	0,0391	0,0269	0,5965	0,0476	0,0000				
V(4-7)	0,4219	0,0035	0,0000	0,1403	0,0269	0,0000	0,1266	0,2155	0,5598				
V(5-8)	0,4229	0,0031	0,0000	-0,1562	0,0176	0,0000	0,0210	0,1352	0,8775				
V(5-7)	0,4151	0,0023	0,0000	-0,2878	0,0188	0,0000	-0,3042	0,0872	0,0011				
Valor Propio		5,4984			0,4430			0,0300					
Porcentaje Total (%)		91,64			7,3838			0,5009					

Fig. 9. Comparación tronco posterior entre el híbrido chorroasco y sus progenitores. ACP matriz de correlación. Gráficas 1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP. Triángulos: híbrido chorroasco; círculos: *P. blochi*; rombos: *P. fasciatum*. Para cada componente: valores Jackknife de los coeficientes (Coef.), error estándar (ES) y la probabilidad ($P < 0,001$).



Variables	Coef.	1CP			Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)	Coef.	ES	P(t)
		ES	P(t)	ES									
V(5-7)	0,5694	0,0133	0,0000	-0,6810	0,1155	0,0000	-0,5927	0,1577	0,0005				
V(5-6)	0,6446	0,0133	0,0000	-0,0048	0,1832	0,9794	0,7870	0,0146	0,8165				
V(7-6)	0,5119	0,0104	0,0000	0,7718	0,1050	0,0000	-0,4330	0,1815	0,0212				
Valor Propio		0,3838			0,0063			0,0031					
Porcentaje Total (%)		97,6121			1,5977			0,7902					

Fig. 10. Comparación de la cola entre el híbrido chorroasco y sus progenitores. ACP matriz de covarianza. Gráficas 1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP. Triángulos: híbrido chorroasco; círculos: *P. blochi*; rombos: *P. fasciatum*. Para cada componente: valores Jackknife de los coeficientes (Coef.), error estándar (ES) y la probabilidad ($P < 0,001$).



Variables	Coef.	1CP		Coef.	2CP		Coef.	3CP	
		ES	P(t)		ES	P(t)		ES	P(t)
V(5-7)	0,5770	0,0012	0,0000	-0,7895	0,1128	0,0000	-0,3443	0,2432	0,1635
V(5-6)	0,5766	0,0009	0,0000	0,0985	0,2683	0,7153	0,8584	0,0285	0,0000
V(7-6)	0,5759	0,0010	0,0000	0,6919	0,1535	0,0000	-0,5088	0,2198	0,0251
Valor Propio		2,9287			0,0441			0,0271	
Porcentaje Total (%)		97,6252			1,4700			0,9048	

Fig. 11. Comparación de cola entre el híbrido chorroscó y sus progenitores. ACP matriz de correlación. Gráficas 1CP vs. 2CP y 2CP vs. 3CP. Triángulos: híbrido chorroscó; círculos: *P. blochi*; rombos: *P. fasciatum*. Para cada componente: valores Jackknife de los coeficientes (Coef.), error estándar (ES) y la probabilidad ($P < 0,001$).

4. Discusión

Los distintos ACP aplicados confirman que: las características consideradas en un híbrido no siempre son intermedias en relación al intervalo de variación de dichas características en las especies progenitoras (Smith, 1973; Thorpe & Leamy, 1983; Strauss, 1986; Purdom, 1993). Lo anterior es cierto principalmente cuando el estudio morfométrico parte de una matriz de covarianza (Fig. 2, 4, 6, 8, 10) donde se pudo constatar que los híbridos, en forma moderada y en algunos casos ampliamente, entraron en el intervalo de uno de los progenitores, demostrando así que compartirían más similitud con un progenitor en contraste con el otro. Por el contrario, en la mayoría de los casos donde se parte de una matriz de correlación para la aplicación del ACP, se observó que las diferencias y/o semejanzas para los caracteres considerados parecen promediarse y es por eso que en las gráficas de los componentes se observa a los híbridos en posición intermedia con respecto a sus

Las cargas de las variables en los componentes indican la extensión en que cada variable contribuye a la variación en estos componentes. La técnica Jackknife permitió asociar a cada carga una probabilidad, indicando si ésta estaba estadísticamente correlacionada o no con el componente. Para las distintas regiones, las cargas del primer componente principal fueron positivas y aproximadamente de la misma magnitud, por lo que éste correspondió al incremento conjunto de todas las variables, indicando así que efectivamente el componente expresa tamaño. Sin embargo, no siempre se pudo constatar un tamaño isométrico, es decir aquel sin alteración de la forma. Esto ocurrió en la mayoría de los ACP con matriz de covarianza (ver cuadros de las Fig. 2, 4, 6, 8, 10).

Las cargas en el segundo componente principal fueron positivas y negativas y en el caso de los análisis que partieron de una matriz de covarianza, éstas indicaron cuales son responsables de las agrupaciones.

Las distancias entre las observaciones en el plano de los componentes se interpretan en términos de patrones de similitud de respuesta al conjunto de variables (Peña, 2002), en este sentido, aquellos casos donde las elipses de confianza se solapaban (ACP con matriz de covarianza) los individuos serán similares para esa región (Fig. 2, 6); mientras que en los casos donde prácticamente los centroides de las elipses coinciden, podría afirmarse que las muestras bajo estas condiciones son iguales (Fig. 4, 8, 10). Esto si se interpreta al centroide como el individuo promedio dentro de cada elipse de confianza (Peña, 2002)

Como sugiere Somers (1986), los análisis morfométricos con un ACP partiendo de una matriz de correlación, logran –como se observa en la mayoría de los resultados- extraer en el primer componente un vector de tamaño isométrico (ver cuadros de las Fig. 5, 7, 9, 11), mejor en comparación con el componente extraído con una matriz de covarianza. Sin embargo, la metodología presenta un serio inconveniente cuando se lleva las interpretaciones a las gráficas. Tal como se mencionó al inicio de la discusión, en las representaciones el híbrido suele ubicarse en posición intermedia en relación a sus progenitores, dando la impresión de que éstos heredan los caracteres de uno y otro padre prácticamente en la misma proporción.

Se reveló que el efecto ontogenético en las muestras (individuos de diferentes edades) se presentó en buena medida dentro de los resultados (Smith, 1973; Shea, 1985; Mateo & López, 2005), quizás afectando las interpretaciones de los mismos. Esto se verifica por la disposición oblicua de las nubes en relación a los componentes.

Con respecto a la forma general del cuerpo, se tiene que el híbrido se asemeja a *P. fasciatum*. Todas las regiones menos la cola mostró patrones de similitud con esta especie progenitora (Mateo & López 2005).

5. Bibliografía

Bookstein, F., B. Chernoff, R. L. Elder, J. M. Humphries, G. R. Smith & R. E. Strauss. (1985). Morphometrics in evolutionary biology. Special Publication 15. Philadelphia: *The Academy of Natural Science*. 277

Bookstein, F. (1989). “Size and shape”: a comment on semantics. *Syst. Zool.* 38(2): 173-180.

Corruccini, R. (1983). Principal components for allometric analysis. *Am. J. Physical Anthropology*. 60: 451-453.

Cuadras, M. (1991). *Métodos de análisis multivariante*. Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A. Barcelona, España.

Dujardin, J. (1999). *Introducción a la morfometría, con énfasis en Triatominae y Phlebotominae*. I Curso Internacional de Morfometría. La Paz, Bolivia.

Gallo-Da-Silva, V., M. Cavalcanti & P. Duarte. (1998). Comparative morphometrics of Semionotidae, Lepisosteidae and Amiidae (Actinopterygii: Neopterygii) by multivariate analysis of truss networks. *An. Acad. Bras. Ci.* 70(1):117-123.

Gibson, A., A. Baker & A. Moed. (1984). Morphometric variation in introduced populations of the common myna (*Acridotheres tristis*): an application of jackknife to principal component analysis. *Syst. Zool.* 33(4): 408-421.

Hammer, O., D. Harper & P. Ryan. Copyright 2003. PAST – *Palaentological Statistics*, v. 0.98. <http://folk.uio.no/ohammer/past>.

Jolicoeur, P. & J. Mosimann. (1960). Size and shape variation in the painted turtle. A principal component analysis. *Growth*. 24:339-354.

Kossowski, C. & F. Madrid. (1991). Observaciones de los estadios embrionario y larval del

- bagre rayado cabezón *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus) 1766 (Pisces, Siluriformes). *Biollania*. 8: 9-15.
- Kossowski, C. (1991). Experiencias iniciales sobre la hibridización de *Leiarius marmoratus* (Gill) 1871 por *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus) 1766 (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae). *Acta. Cient. Venez.* 42: 48-50.
- Kossowski, C. (1996). Reproducción inducida del bagre cajaro y avances sobre su hibridación con dos especies de pimelodidos (Pisces, Siluriformes). *Bioagro*. 8(1):4-20.
- Kossowski, C. (1999). Perspectivas del cultivo de bagre en Venezuela. Congreso Sur-Americano de Acuicultura. Puerto La Cruz. Venezuela. 287-297.
- Marcus, L. (1990). Traditional morphometrics. The University of Michigan Museum of Zoology, Special Publication. 2: 77-122.
- Mateo, F. & H. López. (2005). Comparación alométrica entre los híbridos yaque pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum* x *Leiarius marmoratus*) y chorrosco (*Pseudoplatystoma fasciatum* x *Pimelodus blochi*) (Siluriformes: Pimelodidae). *Rev. De la Facultad de Ciencias Veterinarias. UCV*. 46(2): 99-107
- Monteiro, L. (1997). Allometric growth and functional integration in the skull of the black caiman *Melanosuchus niger* (Crocodylia: Alligatoridae). A jackknife approach. *Rev. Brasil. Biol.* 57(1):31-37.
- Neff, N. & G. Smith. (1979). Multivariate analysis of hybrid fishes. *Syst. Zool.* 28(2):176-196.
- Owen, J. & M. Chmielewski. (1985). On canonical analysis and the construction of confidence ellipses in systematic studies. *Syst. Zool.* 34(3): 366-374.
- Peres, P. & C. Bizerril. (1994). The jackknifing of multivariate allometric coefficient (Jolicouer 1963): A case study on allometry and morphometric variation in *Corydoras barbatus* (Quoy & Gaimard, 1824) (Siluriformes, Callichthyidae). *Arq. Biol. Tecnol.* 37 (2): 449-454.
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*. Mc. Graw-Hill. Madrid, España.
- Purdom, C. (1993). *Genetics and fish breeding*. Chapman and Hall. London
- Shea, B. (1985). Bivariate and multivariate growth allometry: statistical and biological considerations. *J. Zool., Lond.* 206: 367-390.
- Smith, G. (1973). Analysis of several hybrid cyprinid fishes from western North America. *Copeia*. 3: 395-410.
- Somers, K. (1986). Multivariate allometry and removal of size with principal components analysis. *Syst. Zool.* 35(3): 359-368.
- Strauss, R. & F. Bookstein. (1982). The truss: body form reconstructions in morphometrics. *Syst. Zool.* 31(2): 113-135.
- Strauss, R. (1985). Evolutionary allometry and variation in body form in the south american catfish, Genus *Corydoras* (Callichthyidae). *Syst. Zool.* 34(4): 381-396.
- Strauss, R. (1986). Natural hybrids of the freshwater sculpins *Cottus bairdi* and *Cottus cognatus* (Pisces: Cottidae): electrophoretic and morphometric evidence. *The American Midland Naturalist*. 115(1): 87-105.
- Thorpe, R. & L. Leamy. (1983). Morphometric studies in inbred and hybrid house mice (*Mus* sp.): multivariate analysis of size and shape. *J. Zool.* 199: 421-432.
- Zelditch, M., W. Fink & D. Swiderski (1995). Morphometrics, homology and phylogenetics: quantified characters as synapomorphies. *Syst. Biol.* 44(2): 179-189.