

Caracterización genética y morfológica de las poblaciones de *Cyprinodon dearborni* (Atherinomorpha: Cyprinodontidae) en Chacopata y Laguna de los Patos, Venezuela

C. Alfonsi¹, H. López² y J.E. Pérez¹

1 Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. Fax: 58-93-301319. Correo electrónico: calfonsi@sucre.uo.edu.ve

2 Instituto de Zoología Tropical, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

(Recibido 31-VIII-01. Corregido 19-VI-02. Aceptado 22-XI-02)

Abstract: Two populations of the fish *Cyprinodon dearborni* were compared, one from Laguna de Chacopata and the other from Laguna de los Patos, Cumaná, Venezuela. The morphometric method of the Box Truss was used; the organisms were photographed with a digital camera. In the images 18 measures were made to each organism, with the MOCHA 1.2 program. The tendencies of morphologic variation among populations were analyzed by main components using STATGRAPHICS 2.0 and SHEAR programs. The first four main components in males and females explained 88% of the total variation. The components two, three and four separate the two populations based on the body form of the animals. For the electrophoretic study, 13 enzymatic systems were analyzed in starch gels. The variation and genetic distance were calculated with the program GENES 2.0. Differences were observed in the systems G6PDH, GPI; ES and GLUD, that which can be used as isoenzymatic markers. Genetic diversity of Chacopata ($H = 0.086$, $p = 0.079$) was higher than in Laguna de los Patos ($H = 0.029$; $p = 0.028$), but both are within the average in populations of fish. The two populations presented a Nei distance of 0.058. The genetic and morphologic differentiation suggests an incipient process of separation whose causes could be the ecological conditions of their hábitat, or processes of vicariant speciation.

Key words: *Cyprinodon*, morphometry, electrophoresis, isoenzymes.

La familia Cyprinodontidae es una familia de peces de amplia distribución, incluye nueve (9) géneros y cien (100) especies encontradas en América del Norte, del Centro y norte de Sur América, Indias Occidentales y África del Norte.

Del género *Cyprinodon* (Lacepede, 1803), existen trece especies nativas del norte de México y sur de Estados Unidos, la mayoría de las cuales habitan regiones desérticas. Se supone que las especies de esta zona, en su mayoría, poseen un origen filogenético reciente y pueden haber tenido un ancestro común en unos pocos peces ciprinodóntidos que migraron de Eurasia durante el Mioceno (Gold y

Avise 1977). En América del Sur, el número de especies de este género se ve reducida grandemente y Cervigón (1991) cita para las Antillas Neerlandesas y costas e islas de Venezuela sólo a *Cyprinodon dearborni*.

C. dearborni es un pez abundante en las lagunas litorales, cerca de los manglares, donde la salinidad y la temperatura son elevadas. Sin embargo, se encuentra también en aguas salobres, generalmente sobre fondos fangosos, en profundidades de solamente unos pocos centímetros. Puede alcanzar una talla máxima de 5 cm. Se caracteriza por presentar un color pardo grisáceo u oliváceo, más oscuro en la mitad dorsal y blancuzco hacia la parte ven-

tral. A ambos lados del cuerpo presentan franjas verticales pardas o grisáceas oscuras que generalmente se destacan en los machos. El dimorfismo sexual también se puede observar en la coloración de las aletas. Además, en los machos la talla y la altura del cuerpo son mayores. Estos organismos pueden soportar salinidades hasta 130 ppm por cortos periodos de tiempo y temperaturas superiores a 40°C, también pueden sobrevivir en agua dulce (Cervigón 1991).

Los miembros del género *Cyprinodon* han sido extensivamente estudiados en dos aspectos fundamentales:

- a) en ensayos de laboratorio para detectar niveles de toxicidad producida por diversas fuentes, tales como: toxinas (Rodrick 1997), larvicidas (Pierce *et al.* 1996), descargas de efluentes Douglas *et al.* 1996), esterres comerciales (Adams *et al.* 1995), metales pesados (Hutchinson *et al.* 1994), e hidrocarburos aromáticos (Hawkins *et al.* 1991), entre otros.
- b) como control biológico para las larvas de mosquitos (García-Avila *et al.* 1992) con mejores resultados que el tradicional "mosquitofish" (*Gambusia affinis*) por ser menos piscívoro y más omnívoro.

Los Ciprinodóntidos también han sido estudiados en aspectos como:

- a) tolerancias térmicas y salinas; los valores obtenidos en ellos se han registrado como de los mayores medidos en peces (Bennett y Bettinger 1997, Chung 1997).
- b) alimentación (Perschbacher y Strawn 1988).
- c) comportamiento territorialista, asociado a la reproducción, primero para defender el área de apareamiento y desove y posteriormente en la protección de los huevos (Kodrick-Brown 1996).

Desde el punto de vista genético, en el género *Cyprinodon* se han hecho algunos estimados de variación genética y caracterizaciones de poblaciones por estudios de electroforesis. Ashbaugh *et al.* (1994) analizaron a *Cyprinodon rubrofluviatilis*, al oeste de Texas y Oklahoma; Echelle *et al.* (1995), a cinco especies del género en Nuevo León, México. Utilizando esta misma técnica se han hecho estudios evolutivos entre otros el de Echelle y Echelle (1994). También, se han realizado caracterizaciones de ADN de mitocondrias para estudios evolutivos (Echelle y Dowling

1992), en cinco (5) especies del género en California y Nevada y estudios combinados de ADN de mitocondrias con electroforesis de isozimas en almidón (Echelle y Echelle 1993, Childs *et al.* 1996). En *C. dearborni* los estudios genéticos son escasos, en Venezuela sólo Nirchio (1996) y Nirchio com. pers. ha realizado estudios genéticos de la especie, caracterización por electroforesis y cariotipo.

Desde el punto de vista morfológico, los trabajos parecen ser más escasos, se cuenta sólo con el de Miller y Fuiman (1987), quienes estudiaron la morfología evolutiva de *Cyprinodon macularis* en Arizona, EUA, utilizando 26 medidas morfológicas en 12 poblaciones y estableciendo no sólo diferencias entre poblaciones sino también entre sexos.

El estudio de problemas biológicos usando información geométrica y métodos estadísticos es una herramienta valiosa. Inicialmente, los datos de medidas eran analizados sólo de manera lineal y univariante, en la actualidad se recurre a la aplicación de los modelos multivariantes. Cuando se realizan mapas homólogos en grupos de organismos, se pueden hacer apreciaciones de variaciones en la forma de éstos y llegar a conocer cuales son las zonas del cuerpo sujetas a modificaciones mayores; es decir, dónde están ocurriendo los cambios que posiblemente llevarán a una diferenciación de esos grupos.

Como se puede observar, si bien es cierto que los ciprinodontidos de Norteamérica han sido estudiados en muchos aspectos, los del resto del continente parecen haber pasado inadvertidos y por esto se hace necesario ampliar los conocimientos acerca de las poblaciones naturales de esta especie en Venezuela. En el presente trabajo, se caracterizan poblaciones de *C. dearborni* de dos poblaciones del nor-oriental Venezolano, mediante electroforesis de isozimas y métodos morfológicos, a fin de establecer los posibles patrones de diferenciación morfológica, genética y dimorfismo sexual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zonas de muestreo: Se analizaron dos poblaciones de *C. dearborni* del Estado Sucre; una en la Península de Araya, en la Laguna de

Chacopata y la otra en la Laguna de los Patos, Cumaná, Venezuela.

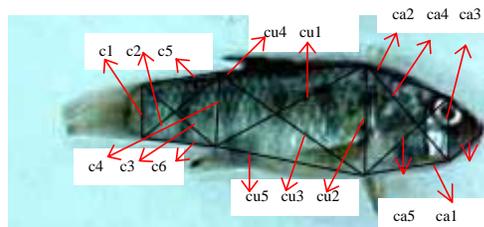
La Laguna de Chacopata se encuentra situada entre los 10°39' y los 10°41'N, los 63°47'30'' y 63°49'50''W, en el noroeste de la península de Araya, al norte del Estado Sucre. Es de dimensiones reducidas (4 x 2 km), con una angosta comunicación con el Caribe. La profundidad máxima se encuentra en el canal de comunicación con el mar y alcanza unos 2 m aproximadamente. Las aguas de la laguna se consideran hipersalinas. No tiene aporte permanente de agua dulce pero tiene un intercambio permanente con mar abierto.

La Laguna de los Patos se encuentra al suroeste de la Ciudad de Cumaná, 10°25'42''N y 64°11'36''W. Su profundidad máxima es de 1 m en su zona más lejana en sentido oeste. La salinidad, en esta laguna experimenta grandes fluctuaciones debido a la entrada de agua dulce proveniente de drenajes, sistemas de riego, desembocadura durante el invierno de algunas quebradas y las aguas servidas de algunos sectores. Tiene contacto directo con el mar sólo durante la época de lluvias.

Recolección de muestras: El arte de pesca utilizado fue un chinchorro de dos metros de largo por medio metro de alto y con 0.5 cm de luz malla. Los organismos provenientes de cada captura fueron trasladados al Instituto Oceanográfico de Venezuela en cavas con agua aireada y posteriormente colocados en acuarios, donde permanecieron hasta su análisis.

Morfometría: Los organismos fueron fotografiados con ayuda de una cámara digital tipo MAVICA, procesándose estas imágenes con el programa computarizado MOCHA 1.2, con el cual se hicieron las 18 medidas consideradas para cada espécimen (Fig. 1). Para las mediciones se siguió el Método de las Cerchas (Box Truss) de Strauss y Brookstein (1982).

Los datos fueron trasladados al programa computarizado EXCEL2000. Las tendencias de variación morfológicas entre poblaciones y sexos fueron analizadas a través de un análisis de componentes principales utilizando STAT GRAPHICS 2.1 para Windows. El efecto de las diferencias de tallas entre muestras fue re-



- c1= altura del pedúnculo caudal
- c2= extremo posteroinferior del pedúnculo caudal-final de la base dorsal
- c3= extremo posterosuperior del pedúnculo caudal-final de la base de la anal
- c4= final de la dorsal-final de la anal
- c5= extremo posterosuperior del pedúnculo caudal-final de la base de la dorsal
- c6= extremo posteroinferior del pedúnculo caudal-final de la base de la anal
- cu1= final de la base de la aleta anal – origen de la dorsal
- cu2= origen de la dorsal-base de la pectoral
- cu3= final de la dorsal- base de la pectoral
- cu4= longitud de la base de la dorsal
- cu5= final de la anal-base de la pectoral
- ca1= base de la pectoral- itsmo
- ca2= origen de la dorsal-parte medial del ojo
- ca3= parte medial del ojo-itsmo
- ca4= origen de la dorsal- itsmo
- ca5= base de la pectoral-parte medial del ojo
- bo1= itsmo- extremo anterior de la boca
- bo2= parte medial del ojo- extremo anterior de la boca

Fig. 1. Medidas corporales consideradas en *Cyprinodon dearborni* para el análisis morfométrico y componentes principales. c= caudal; cu= cuerpo; ca= cabeza; bo=boca.

ducido por el cizallamiento de los componentes (Brookstein *et al.* 1985) utilizando el programa SHEAR. Se establecieron además, comparaciones de medias entre poblaciones y sexos mediante análisis de varianza, utilizando STATGRAPHICS 2,1 para Windows. Para los análisis estadísticos se utilizó la transformación logarítmica de los datos.

Electroforesis: Los organismos fueron sacrificados y se separaron los tejidos: ojo, hígado y músculo, los cuales fueron homogeneizados en agua destilada. Se realizaron los ensayos de electroforesis horizontal en geles de almidón 10%, se utilizó para la preparación de los geles un buffer: 0.2 M tris; 0.025 M ácido cítrico, pH 7.60 y para llenar los reservorios de la cámara de electroforesis 0.3 M ácido bórico; 0.1 N NAOH, pH 8.60. La corrida se realizó dentro de una nevera a voltaje constante (250 V), hasta que las muestras migraron 4 centímetros en el gel.

CUADRO 1

Resumen estadístico para las 18 variables consideradas en el análisis de componentes principales para Cyprinodon dearborni

	Chacopata		Machos		Los Patos		Machos		Dif pob	Dif sex
	Hembras Media	Desv	Media	Desv	Hembras Media	Desv	Media	Desv		
c1	0.4196	0.0305	0.3926	0.0403	0.3805	0.0582	0.3717	0.0628	***	*
c2	0.6890	0.0603	0.6533	0.0776	0.5924	0.0733	0.5629	0.0778	***	*
c3	0.6871	0.0816	0.6554	0.0814	0.6219	0.0674	0.5827	0.0770	***	*
c4	0.5613	0.0479	0.5394	0.0571	0.4919	0.0592	0.4742	0.0628	***	Ns
c5	0.5087	0.0732	0.4831	0.0775	0.4389	0.0557	0.3952	0.0712	***	**
c6	0.4659	0.0815	0.4463	0.0871	0.4025	0.0501	0.3752	0.0639	***	Ns
cu1	1.0466	0.1119	0.9635	0.1316	1.0734	0.1203	1.0713	0.1588	**	*
cu2	0.9005	0.0673	0.8498	0.0897	0.8135	0.0956	0.7848	0.1407	***	*
cu3	1.2534	0.1045	1.1597	0.1401	1.2426	0.1276	1.2183	0.1830	Ns	*
cu4	1.3203	0.1080	1.2173	0.1298	1.2937	0.1283	1.2725	0.1984	Ns	*
cu5	1.1068	0.1251	1.0172	0.1270	1.1467	0.1212	1.1227	0.1778	**	*
ca1	0.6686	0.0889	0.6125	0.0820	0.5362	0.0993	0.5017	0.1023	***	*
ca2	0.7084	0.0825	0.6552	0.0847	0.5745	0.1057	0.5346	0.1285	***	*
ca3	0.4487	0.0638	0.4121	0.0565	0.4268	0.0692	0.4221	0.0671	Ns	Ns
ca4	0.8759	0.0985	0.8170	0.0940	0.7512	0.0105	0.7094	0.1045	***	**
ca5	0.9857	0.0831	0.9057	0.0924	0.8439	0.1250	0.8031	0.1618	***	**
bo1	0.3368	0.0480	0.3248	0.0463	0.3288	0.0550	0.3171	0.0634	Ns	Ns
bo2	0.3539	0.0536	0.3293	0.0433	0.3403	0.0621	0.3409	0.0519	Ns	Ns

*= diferencias a un alfa de 0.05; **= diferencias a un alfa de 0.01; ***= diferencias a un alfa de 0.001 y Ns =diferencias no significativas.

Se analizaron 13 sistemas enzimáticos: Glucose 6P dehydrogenase (G6PDH)(EC. 1.1.1.49); Glucose 6P isomerase (GPI) (EC. 5.3.1.9); L-Lactate dehydrogenase (LDH) (EC. 1.1.1.27); Malate dehydrogenase (MDH) (EC. 1.1.1.37); Phosphoglucomutase (PGM) (EC. 5.4.2.2); Xanthine dehydrogenase (XDH) (EC. 1.1.1.204); Glutamate dehydrogenase (GLUD) (EC. 1.4.1.3); Esterase (ES) (EC. 3.1.1.1); Leucil-Amino-peptidase (LAP) (EC. 3.4.11-); Xantine oxidase (XO)(EC. 1.2.3.2); Superoxide dismutase (SOD)(EC. 1.15.1.1); Glucose

dehydrogenase (GDH) (EC. 1.1.1.47); Malic Enzyme (ME)(EC. 1.1.1.40).

Los revelados de las enzimas se realizaron por métodos histoquímicos según Morizot y Schmidt (1990). Los cálculos de las medidas de variación genética (% de polimorfismo y heterocigosidad por locus), el establecimiento del equilibrio de Hardy y Weinberg para los loci encontrados como polimórficos y las medidas de distancia y similaridad de Nei y Rogers se realizaron con ayuda del programa computarizado Genes 2.0.

CUADRO 2

Porcentaje de variación explicada por cada componente principal en *Cyprinodon dearborni* analizados por sexo

Componente	Hembras		Machos	
	% Variac.	% Acumul.	% Variac.	% Acumul.
1	50.708	50.708	53.392	53.392
2	16.795	67.502	16.561	69.952
3	14.452	81.954	10.103	80.055
4	6.312	88.266	7.434	87.489

RESULTADOS

Morfometría: Se midieron un total de 117 organismos de los cuales 63 provenían de la población de Chacopata (27 hembras y 36 machos) y los restantes 54 (24 hembras y 30 machos) de Laguna de los Patos.

Los promedios de cada variable, su desviación estándar y los resultados de la comparación estadística de las medias se muestran en el Cuadro 1. Se puede apreciar en este Cuadro que en 11 de las 18 variables existen diferencias estadísticas significativas tanto por sexo como por población, en cuatro de ellas se observan diferencias para un solo factor y sólo en tres no se aprecian diferencias ni por sexo ni por población.

El análisis de componentes principales de la matriz de covarianza de los logaritmos de las distancias interpuntos homólogos, mostró los siguientes resultados: el porcentaje total acumulado de la variación total explicada por los cuatro primeros componentes fue aproximadamente igual para hembras (88.27%) y para machos (87.49%) (Cuadro 2). Los valores absolutos de las cargas en cada componente, como se muestra en el Cuadro 3, representan las distancias que contribuyen mayormente a las diferencias detectadas entre las dos poblaciones de *C. dearborni*. La distribución de las observaciones con la combinación de los componentes principales para las hembras se muestra en las Fig. 2 y 3, mientras que para los machos en las Fig. 4, 5, 6 y 7.

Electroforesis: Los 13 sistemas enzimáticos, correspondientes a 29 zonas de actividad

en Chacopata y 28 en Laguna de los Patos revelaron de manera diferencial en los tres tejidos estudiados. Se señalarán los resultados sólo para hígado, que fue el tejido donde revelaron todas las enzimas sin excepción. Las diferencias entre poblaciones se mencionan solo en los casos donde están presentes.

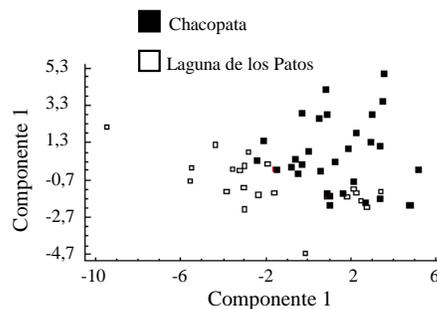


Fig. 2. Componentes principales 1 y 2 para hembras de *Cyprinodon dearborni*.

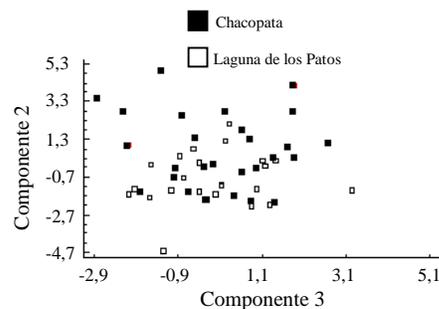


Fig. 3. Componentes principales 2 y 3 para hembras de *Cyprinodon dearborni*.

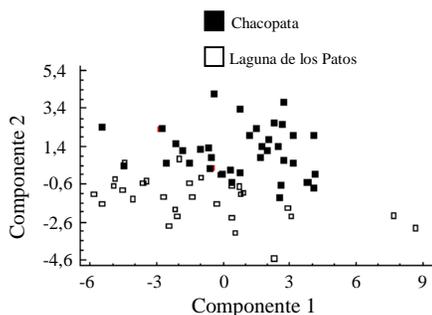


Fig. 4. Componentes principales 1 y 2 para machos de *Cyprinodon dearborni*.

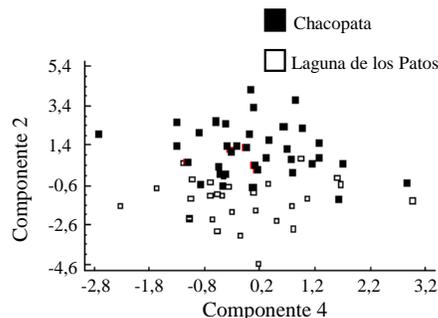


Fig. 6. Componentes principales 2 y 4 para machos de *Cyprinodon dearborni*.

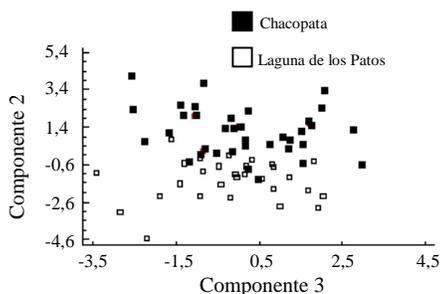


Fig. 5. Componentes principales 2 y 3 para machos de *Cyprinodon dearborni*.

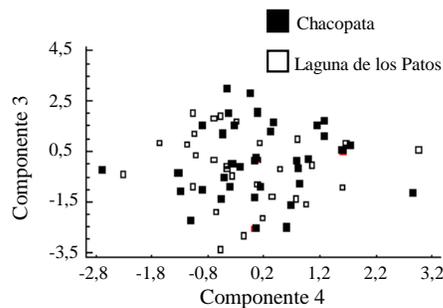


Fig. 7. Componentes principales 3 y 4 para machos de *Cyprinodon dearborni*.

OT, XO, EM se presentaron como monomórficas con 1 zona de actividad; PGM, LAP; GDH, XDH con dos zonas monomórficas (en el caso de GDH, presentó una sola zona de actividad en Laguna de los Patos (Fig. 8), LDH y GLUD presentaron en las dos poblaciones tres zonas monomórficas.

G6PDH mostró dos zonas de actividad (una polimórfica con dos alelos). Las frecuencias alélicas encontradas para esta última enzima en las poblaciones estudiadas y los valores de heterocigosidad observada y esperada y el estadístico Fis correspondiente, se muestran en el Cuadro 4. GPI, en Chacopata presentó 1 zona monomórfica y una polimórfica con dos alelos; para la población de Laguna de los Patos no se observó polimorfismo en esta enzima sino que se apreciaron sólo dos zonas monomórficas (Fig. 8) como fijación de un alelo. Los cálculos para el polimorfismo encontrado se señalan en el Cuadro 4. MDH reveló

con una zona monomórfica y una zona polimórfica con dos alelos. Los estimados de frecuencia se muestran en el Cuadro 4. En ES, en Chacopata, se observaron cinco zonas monomórficas y una polimórfica, para Laguna de los Patos no se observó el polimorfismo (Fig. 8).

DISCUSIÓN

Como se puede observar en el Cuadro 1, la tendencia general es que las medidas sean mayores en las hembras que en los machos y en la población de Chacopata mayores que en la Laguna de los Patos. Se confirmaron diferencias sexuales, las cuales ya han sido señaladas, sobre todo en la etapa adulta por Miller y Fuiman (1987) para *Cyprinodon macularis* y por Cervigon (1991) en *C. dearborni*.

El componente principal 1, de presentar cargas con valores parecidos y de igual signo

es interpretado generalmente como un componente de tamaño; en este caso, sin embargo, la distribución de las cargas indica que es posible que el CP1 no haya eliminado completamente el factor tamaño de los datos, lo cual afectaría la interpretación de los componentes subsiguientes. Los componentes principales 2 al 4, “cizallados” para disminuir los efectos del tamaño de los ejemplares, describen las diferencias en forma de las poblaciones estudiadas.

En las hembras, el CP2 describe el contraste entre el crecimiento relativamente menor de la cabeza (distancias ca1 y ca2), relacionado con un aumento en la longitud de la región media del cuerpo (distancias cu1 y cu5), mientras que el CP3, también muestra cierta diferenciación en las hembras con respecto a la región posterior del cuerpo (c5 y c6) y la cabeza. El CP4 representa diferencias en las dos poblaciones casi exclusivamente en la región de la boca. Las Fig. 2 y 3 reflejan que los ejemplares hembras de Chacopata son de mayor tamaño que los de Laguna de los Patos y que si bien no existe una clara diferenciación entre las dos poblaciones, la población de la Laguna de los Patos parece ser morfológicamente más consistente que la de Chacopata.

En los machos, el CP2 muestra que la región del pedúnculo caudal (c5 y c6), a juzgar por el valor de las cargas en estas dos distancias, es más determinante en la diferenciación de los machos de las dos poblaciones y en menor medida variables asociadas con la boca (bo2). El CP3, al igual que en las hembras, muestra contrastes entre las regiones de la cabeza y el cuerpo, mientras que en el CP4 la diferencia es casi exclusivamente explicada por las distancias asociadas con la región media del cuerpo.

Mientras que el CP1 en la Fig. 5 no muestra diferencias notables en los tamaños entre las dos poblaciones, puede verse una clara diferencia a lo largo del CP2. Las Fig. 5 y 6 proporcionan evidencias adicionales que apuntan hacia la existencia de diferencias morfológicas en los machos de las dos poblaciones.

La interpretación morfológica suministrada por este análisis de los machos y hembras de las dos poblaciones estudiadas, apunta hacia la existencia de posibles diferencias en las formas de las mismas, en especial en la de los



Fig. 8. Patrones enzimáticos observados en los sistemas: GDH, GPI y ES en hígado de *Cyprinodon dearborni* de las localidades de Chacopata y Laguna de los Patos.

machos, que resultaron morfológicamente más disímiles. Se prefirió utilizar este tipo de información, en lugar de los datos morfométricos convencionales, porque estos últimos, tiene una utilidad limitada para solventar problemas biológicos reales. Los resultados de los análisis morfométricos pueden depender de la elección de las medidas a considerar. Si las medidas no corresponden con la dirección en la que está ocurriendo el cambio de forma, la descripción de las diferencias entre formas será inadecuada. En la morfometría clásica, la mayoría de las medidas se toman sobre un sólo eje (longitudinal) o al máximo dos (incluyendo altura). Además, una gran cantidad de información es repetitiva, mientras que otra es obviada como la variación en las direcciones oblicuas.

En cuanto a la parte genética es notoria la presencia de diferencias poblacionales en los loci GPI, ES y GDH. En las dos primeras con la fijación de un alelo del polimorfismo respectivo y en la última con la desaparición de una zona de actividad en la población de Laguna de los Patos. Se observaron además diferencias en las frecuencias alélicas para

G6PDH y el equilibrio de Hardy y Weinberg se mostró desplazado en la población de Chacopata ($Y^2= 4.858$; $p<0.01$) (Cuadro 4).

GPI también se presentó alejada del equilibrio en la población de Chacopata ($Y^2= 8.027$; $p<0.001$), mientras que ES en esa misma población se mantuvo en equilibrio de Hardy y Weinberg. En Laguna de los Patos no se observaron estos polimorfismos.

La diversidad genética encontrada en este estudio para *C. dearborni* fue mayor en Chacopata ($H= 0.086$, $p= 0.079$) que en Laguna de los Patos ($H= 0.029$, $p= 0.028$). Kirpichnikov (1992), en una recopilación bibliográfica sobre polimorfismo en peces, señala que la proporción de loci polimórficos en una población (P) es en promedio 20% y el promedio de heterocigosidad (H) es más del 5%, los cuales, a pesar de ser valores bastante comunes se consideran altos. En el caso del género *Cyprinodon*, Echelle *et al.* (1987) señalaron para *C. tularosa* y *C. pecoensis* valores de $H= 0.017-0.027$ y $p= 0.04-0.07$, considerados como muy bajos, y para *C. bovinus* y *C. elegans*, $H= 0.045-0.050$ y $p= 0.13-0.15$ considerados como promedio. Ashbaugh *et al.* (1994) señalaron para *C. rivo-fluviatilis* valores de $H= 0.076-0.101$ y $p= 0$. para la población de Red River y $H= 0.00-0.017$ y $p= 0.07$ para la población de Brazos River. Echelle y Echelle (1993) analizaron 24 especies del género y entre ellas la que presentó mayor semejanza con los resultados en Chacopata fue *C. variegatus* con $H= 0.095$ en el Valle de la Muerte en México. Hay que hacer constar que el grado de variación de los polimorfismos proteicos depende en mucho de cada especie, del hábitat y del tamaño de la población.

Las poblaciones estudiadas presentaron una distancia de Nei de 0.058 y de Roger de 0.078, distancia que corresponde a dos poblaciones de una misma especie (Nei 1972), que permanecen separadas geográficamente y evolucionan de manera independiente de acuerdo a las condiciones bioecológicas de sus hábitats.

En este caso, existe concordancia en los resultados obtenidos por ambos tipos de estudio (morfológico y genético). La diferenciación genética y morfológica entre los representantes de *C. dearborni* en las dos poblaciones, sugiere un proceso incipiente de separación entre las mismas, cuyas causas pudieran

ser las condiciones bioecológicas de su hábitat, o procesos de especiación vicariante en la biota de esta región de Venezuela.

El uso de análisis combinados permite, tener una visión más amplia y una mayor resolución, que un análisis individual, en la apreciación de los fenómenos que pudiesen estar teniendo lugar en una población dada.

RESUMEN

Se comparan dos poblaciones del pez *Cyprinodon dearborni*, la primera de la Laguna de Chacopata (al norte de Paria) y la segunda en la Laguna de los Patos, en las cercanías de Cumaná, Venezuela. Para el estudio morfológico se siguió el Método de las Cerchas (Box Truss) de Strauss y Brookstein (1982) y los organismos fueron fotografiados con una cámara digital. En las imágenes se tomaron 18 medidas a cada organismo, con el programa MOCHA 1.2. Las tendencias de variación morfológica entre poblaciones fueron analizadas por componentes principales utilizando STATGRAPHICS 2.0 y SHEAR. El 88 % de la variación total fue explicada por los cuatro primeros componentes principales tanto en hembras como en machos. Los componentes dos, tres y cuatro separan las dos poblaciones en cuanto a la forma de los animales. Para el estudio electroforético, se analizaron 13 sistemas enzimáticos en electroforesis en geles almidón. Los cálculos de variación y distancia genética se realizaron con el programa GENES 2.0. Se observaron diferencias en los sistemas G6PDH, GPI, ES y GLUD, los cuales pueden ser usados como marcadores isoenzimáticos. La diversidad genética de Chacopata ($H= 0.086$; $p= 0.079$) fue mayor que en Laguna de los Patos ($H= 0.029$; $p= 0.028$), pero ambos se encuentran dentro del intervalo considerado promedio en poblaciones de peces. Las dos poblaciones presentaron una distancia de Nei de 0.058. La diferenciación genética y morfológica entre los representantes de *C. dearborni* en las dos poblaciones, sugiere un proceso incipiente de separación entre las mismas, cuyas causas pudieran ser las condiciones bioecológicas de su hábitat, o procesos de especiación vicariante en la biota de esta región del país.

REFERENCIAS

- Adams, W.J., G.R. Biddinger, K.A. Robillard & J.W. Gorsuch. 1995. A summary of the acute toxicity of 14-phthalate esters to representative aquatic organisms. *Environ. Toxicol. Chem.* 14: 1569-1574.
- Ashbaugh, N.A., A.A. Echelle & A.F. Echelle. 1994. Genic diversity in red river pupfish *Cyprinodon riboflavitilis* (Atheriniformes: Cyprinodontidae) and its implications for the conservation genetics of the species. *J. Fish. Biol.* 45: 291-302.
- Bennett, W.A. & T.L. Beiting. 1997. Temperature tolerance of the sheepshead minnow *Cyprinodon variegatus*. *Copeia* 1997: 77-87.
- Brookstein, F.L., B. Chernoff, R.L. Elder, J.M. Humphries, G.R. Smith & R.E. Strauss. 1985. Morphometrics in Evolutionary Biology. Special Publication 15. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. 277 p.
- Cervigón, F. 1991. Los peces marinos de Venezuela. Fundación Científica Los Roques. Caracas, Venezuela. 1: 425 p.
- Childs, M.R., A.A. Echelle & T.E. Dowling. 1996. Development of the hybrid swarm between pecos pupfish (Cyprinodontidae: *Cyprinodon pecoensis*) and sheepshead minnow (*Cyprinodon variegatus*): a perspective from allozymes and mt DNA. *Evolution* 50: 2014-2022.
- Chung, K.S. 1997. Tolerancia térmica del pez tropical *Cyprinodon dearborni* (Atheriniformes: Cyprinodontidae) a diversas tasas de calentamiento y salinidades. *Rev. Biol. Trop.* 45: 1541-1545.
- Douglas, W.S., S.S. Grasso, D.G. Hutton & K.R. Schroeder. 1996. Ionic imbalance as a source of toxicity in an estuarine effluent. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 31: 426-432.
- Echelle, A.A. & A.F. Echelle. 1993. Allozyme perspective on mitochondrial DNA variation and evolution of the Death Valley pupfish (Cyprinodontidae: *Cyprinodon*). *Copeia* 1993: 275-287.
- Echelle, A.F. & A.A. Echelle. 1994. Assessment of genetic introgression between two pupfish species, *Cyprinodon elengans* and *C. variegatus* (Cyprinodontidae), after more than 20 years of secondary contact. *Copeia* 1994: 590-597.
- Echelle, A.F. Echelle, S. Contreras-Balderas & L. Lozano-Vilano. 1995. Genetic variation in the endangered fish fauna (Atheriniformes: Cyprinodontidae) associated with pluvial lake Sandia, Nuevo León, Mexico. *Southwest. Nat.* 40: 11-17.
- Echelle A.A., T.E. Dowling. 1992. Mitochondrial DNA variation and evolution of the Death Valley pupfish (Cyprinodon; Cyprinodontidae). *Evolution* 46: 193-206.
- Echelle A.A., A.F. Echelle & D.R. Ross. 1987. Population structure of four pupfish species (Cyprinodontidae: Cyprinodon) from the Chihuahuan Desert Region of New Mexico and Texas: Allozymic variation. *Copeia* 3: 668-681.
- Gold, J.R. & J.C. Avise. 1977. Cytogenetic studies in North American Minnows (Cyprinidae). *Copeia* 3: 541-549.
- Hawkins, W.E., W.W. Walker, T.F. Lytle, J.S. Lytle & R.M. Overstreet. 1991. Studies on the carcinogenic effects of benzo(a)pyrene and 7,12-dimethylbenz(a)anthracene on the sheepshead minnow (*Cyprinodon variegatus*). *Aquat. Toxicol. Risk-Assess.* 14: 97-104.
- Hutchinson, T.H., T.D. Williams & G.J. Eales. 1994. Toxicity of cadmium, hexavalent chromium and copper to marine fish larvae (*Cyprinodon variegatus*) and copepods (*Tisbe battagliai*). *Mar. Environ. Res.* 38: 275-290.
- Kirpichnikov, V.S. 1992. Adaptive nature of intrapopulational biochemical polymorphism in fish. *J. Fish Biol.* 40: 1-16.
- Kodrick-Brown, A. 1996. Role of male-male competition and female choice in the development of breeding coloration in pupfish (*Cyprinodon pecoensis*) *Behav. Ecol.* 7: 431-437.
- Miller, R.R. & L.A. Fuiman. 1987. Description and conservation status of *Cyprinodon macularis eremus*, a new subspecies of pupfish from Organ Pipe Cactus National Monument, Arizona. *Copeia* 3: 593-609.
- Morizot, D.C. & M.E. Schmidt. 1990. Starch gel electrophoresis and histochemical visualization of proteins. 350 p. In D.H. Whitmore (ed). *Electroforetic and Isoelectric Focusing Techniques in Fisheries Management*. CRC. Boston.
- Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. *Amer. Nat.* 106: 273-282.
- Nirchio, M. 1996. Análisis electroforético de las esterasas de *Cyprinodon dearborni* de la Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta, Venezuela. *Saber.* 2: 56-62.
- Perschbacher, P.W. & K. Strawn. 1988. The sheepshead minnow *Cyprinodon variegatus*. A major pest in experimental mariculture of the Gulf killifish *Fundulus grandis*. *J. World Aquacult. Soc.* 19: 113-117.
- Pierce, R., M. Henry, D. Kelly, P. Sherblow, W. Kozlowsky, G. Wichterman & T. Wayne Miller. 1996. Temephos distribution and persistence in a southwest Florida salt marsh community. *J. Am. Mosquito Control Assoc.* 12: 637-646.
- Rodrick, G.E. 1997. Ozone assisted depuration of red tide contaminated shellfish. *J. Shellfish Res.* 16: 321.
- Strauss, R.E. & F.L. Brookstein. 1982. The truss: body form reconstructions in morphometrics. *Syst. Zool.* 31: 113-135.