MORFOMETRIA MULTIVARIADA DE CUATRO ESPECIES DE LA FAMILIA MUGILIDAE DE LA ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA, DIFERENCIADAS CON BASE EN SUS CARACTERÍSTICAS CITOGENÉTICAS Y MORFOLÓGICAS

Ernesto Ron[1*] & Mauro Nirchio[2]

[1] *Investigador independiente, Ecuador.*
**autor de correspondencia: ernesto.ron@gmail.com. https://orcid.org/0000-0002-0412-7821*

[2] *Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Núcleo de Nueva Esparta, Universidad de Oriente, Venezuela y Universidad Técnica de Machala, Av. Panamericana km 5.5, Vía Pasaje, Machala, Ecuador. mauro.nirchio@gmail.com. https://orcid.org/0000-0001-7171-243*

RESUMEN: Se presenta el análisis morfométrico multivariado para cuatro de las siete especies del género *Mugil* reportadas para Venezuela (*Mugil trichodon*, *M. liza*, *M. margaritae* y *M. rubrioculus*), separadas con base en sus características citogenéticas (número diploide, formula cariotípica y la posición de las regiones organizadoras del nucléolo), para minimizar los problemas que surgen a la hora de clasificar estas especies, a causa de su gran parecido morfológico. La determinación de 13 diferentes mediciones corporales y la aplicación de técnicas de análisis multivariado a través del análisis de componentes principales permitieron corroborar la conformación de 4 grupos diferentes en el espacio multivariado, correspondientes a cada una de las especies, así como la importancia relativa de las diferentes variables morfométricas para la diferenciación de estas.

Palabras Clave: *Mugil,* Análisis de Componentes Principales, Morfología, Taxonomía, Venezuela

ABSTRACT: We present a multivariate morphometric analysis for four of the seven species of *Mugil* genera species reported for Venezuela (*Mugil trichodon, M. liza, M. margaritae and M. rubrioculus*), separated with basis on their cytogenetic characteristics (diploid number, karyotype formula and nucleolus organizer regions position) to minimize the problems that arise when classifying these species, because of their morphological resemblance. The determination of 13 different body measurements and the application of multivariate analysis by principal component analysis allow corroborate the conformation of 4 different groups in the multivariate space, corresponding to each of the species, and the relative importance of morphometric variables for differentiating them was identified.

Key words: *Mugil*, Principal Components Analysis, Morphology, Taxonomy, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la clasificación de las especies de la familia Mugilidae se han generado muchas discrepancias en lo concerniente a las relaciones sistemáticas y evolutivas que engloba el grupo de estos peces, lo cual se evidencia por la sinonimia que reina entre las 258 especies nominales de la familia, de las cuales sólo 78 son consideradas válidas (Froese & Pauly 2021); por ejemplo, tenemos que dentro de la sinonimia para *Mugil curema* Valenciennes, 1836, se incluyen los nombres *M. brasiliensis*, *M. gaimardianus*, *M. metzelaari*, *M. petrosus*, *Liza curema*, y *Myxus harengus*. Los sinónimos para *Mugil liza* Valenciennes, 1836, contienen a *Mugil brasiliensis* y *Mugil lebranchus*; mientras que para *Mugil trichodon* Poey, 1876, fueron sinonimizados *M. gyrans* y *Querimana gyrans*. Paralelamente, Thomson (1997), no reconoce la lisa con cola en forma de abanico *M. gyrans,* designando en cambio a *M. trichodon* como el nombre válido para esta especie; aunque Rivas (1980), propuso la separación de *M. gyrans* y *M. trichodon* basándose principalmente en los recuentos del número de elementos que conforman la segunda aleta dorsal.

Por otra parte, *Mugil curema* y *M. gaimardianus* han sido consideradas como sinonimias por Alvarez-Lajonchere (1975) y por Thomson (1997), mientras que Menezes (1983) y Cervigón (1993) reconocían a *M. gaimardianus* como una especie distinta de *M. curema,* basándose en la coloración de los ojos en especímenes vivos, la longitud de las aletas pectorales y el número de escamas en la línea media lateral del cuerpo. Con base en estas confusiones sobre *M. gaimardianus* y la posible pérdida del material de referencia utilizado en la descripción original de esta especie, Harrison *et al.* (2007) realizaron una revisión sistemática del material colectado en museos y/o Colecciones biológicas de

referencia, así como de nuevos ejemplares frescos capturados en las costas de la isla de Margarita, Venezuela, caracterizadas por la presencia de ojos rojos, como los señalados para la especie *M. gaimardianus* en la literatura, lo cual permitió la descripción y propuesta de una nueva especie para la región *Mugil rubrioculus* Harrison, Nirchio, Oliveira, Ron & Gaviria, 2007 con base en las evidencias morfológicas y citogenéticas de la especie.

En función de las confusiones señaladas persistentes para muchas de las otras especies del género y las dificultades para la identificación correcta de las especies de Mugílidos de las costas de la región Caribe y sur Atlántica, por su gran similitud morfológica y solapamiento de caracteres entre especies diferentes, Menezes *et al.* (2010), realizaron la revisión sistemática de la especie *M. liza*, confirmando sus estatus taxonómico y la presencia de la especie a los largo del Caribe y la costa sur Atlántica del Brasil. Posteriormente, Menezes *et al.* (2015), profundizaron la revisión sistemática del grupo con base en datos, merísticos, morfométricos, moleculares y aquellos datos citogenéticos disponibles para las especies del género, en donde descubren evidencias suficientes para el descubrimiento de otra nueva especie *Mugil margaritae* Menezes, Nirchio, Oliveira & Siccha-Ramirez, 2015 para las costas de Venezuela, la cual se diferencia claramente con base en la información molecular y citogenética de sus congéneres *M. curema* y *M. rubrioculus,* procediendo a la reconstrucción de la clave dicotómica para una más certera identificación las especies de la familia Mugilidae presentes en la región.

En función de lo anterior, la familia Mugilidae en Venezuela estaría representada por dos (2) géneros, *Dajaus*, conformado por una sola especie *Dajaus montícola* (Bancroft, 1834) y *Mugil*, con siete especies reportadas para nuestras costas: *Mugil curema* Valenciennes, 1836, *Mugil curvidens* Valenciennes, 1836, *M. trichodon* Poey, 1875; *M. liza* Valenciennes, 1836; *M. incilis* Hancock, 1830; *M. rubrioculus* Harrison, Nirchio, Oliveira, Ron & Gaviria, 2007 y *M. margaritae* Menezes, Nirchio, Oliveira & Siccha-Ramirez, 2015 (Cervigón 1993; Harrison *et al.* 2007; Menezes *et al.* 2010 2015).

En términos generales, la utilización de métodos morfométricos por diversos investigadores de las especies de la familia Mugilidae, han respaldado su eficiencia en diferentes áreas de la investigación morfométrica, siendo muy útiles para en la identificación de especies (Katselis *et al.* 2006; González-Castro & Ghasemzadeh, 2016), diferenciación de poblaciones (Corti & Crosetti 1996; Mamuris *et al.* 1998; Ibáñez-Aguirre *et al.* 2006;; Díaz-Murillo *et al.* 2017; Hassanien *et al.* 2020), evaluación del dimorfismo sexual (Rose-Ann *et al.* 2015), entre otros, aportando información de gran valor para el manejo pesquero y conservación de los recursos genéticos.

Con base en la posibilidad de emplear las características citogenéticas de *M. margaritae, M. liza, M. trichodon* y *M. rubrioculus* descritas previamente en la literatura (Nirchio & Cequea 1998; Nirchio *et al.* 2001; Rossi *et al.* 2005; Nirchio *et al.* 2005a; 2005b; Nirchio *et al*. 2007, 2009; Hett *et al*. 2011; Menezes *et al.* 2010*.,* 2015), como una opción viable para discriminar y confirmar con exactitud la identificación taxonómica de algunas de las entidades taxonómicas de la familia Mugilidae en la isla de Margarita y circunscribir las características morfológicas que las diferencian con mayor precisión, en este trabajo se realizó un estudio morfométrico multivariado, a partir de un análisis de componentes principales con base en diferentes mediciones corporales de esas especies para describir las variaciones de forma y verificar cuales de esas variables morfométricas pueden realmente ser empleadas como caracteres diagnósticos.

El análisis de componentes principales tuvo como objetivo analizar la posibilidad de representar adecuadamente la mayor parte de la información obtenida de las variables morfométricas con un menor número de variables construidas como combinaciones lineales de las originales, por lo que su utilidad fue doble: a) permitió representar óptimamente en un espacio de dimensión pequeña, observaciones de un espacio general multidimensional, por lo cual, el análisis de componentes principales fue el primer paso para identificar las posibles variables latentes, o no observadas, que generaron los datos y b) permitió transformar las variables originales, en general correlacionadas, en nuevas variables independientes (Mardia et al. 1995), con las que se puso a prueba su fortaleza como metodología para facilitar la diferenciación de las especies de la región y se realizan inferencias generales sobre los efectos que los cambios ontogenéticos relacionados con la madurez sexual pueden tener sobre la morfología de las especies y su correcta identificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *M. trichodon, M. margaritae, M. liza* y *M. rubrioculus* fueron recolectados en las regiones costeras de la isla de Margarita, Venezuela; mediante la utilización de diferentes métodos de captura, que permitieron el traslado de los ejemplares vivos a las instalaciones de la Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar de la Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, en un peñero con vivero y equipo portátil para aireación.

Todos los ejemplares recolectados fueron caracterizados citogenéticamente mediante la determinación del complemento diploide y la posición de las regiones organizadoras del nucléolo (RON´s), aplicándose las técnicas citogenéticas para la determinación del cariotipo descritas en Nirchio & Oliveira (2006) e identificados taxonómicamente mediante el empleo de la clave dicotómica elaborada por Menezes *et al*. (2015).

La revisión de las características merísticas para la identificación de cada uno de los ejemplares analizados citogenéticamente, fue realizada mediante la evaluación de los siguientes caracteres externos, que fueron contabilizados con la ayuda de un microscopio estereoscópico y presentan relevancia en las claves dicotómicas empleadas: a) Número de espinas de la 1ª dorsal (D1); b) Número de radios y/o espinas de la 2ª dorsal (D2); c) Número de radios o espinas de las aletas pectorales; d) Número de radios o espinas de la aleta anal y e) Número de escamas en la línea media lateral del cuerpo, contadas desde el borde opercular hasta la base de la aleta caudal, en función de las recomendaciones señaladas por Menezes *et al*. (2015).

La visualización de la variación de cada variable merística entre las diferentes especies, fue realizada mediante la elaboración de un Perfil de Guillaumin, el cual se construyó calculando un estimador para cada variable en cada especie (E), que consistió en la diferencia con signo, de los promedios de cada variable dentro del grupo o especie (Mg) respecto al promedio del total de todos los individuos (MT), entre la desviación estándar del total (DeT) (Guillaumin 1972), mediante la siguiente ecuación: $E = Mg – MT / DeT$.

Los caracteres morfométricos utilizados consistieron en un conjunto de mediciones de distancias corporales, que presentan relevancia en las claves dicotómicas empleadas para la identificación de las especies de la familia Mugilidae: a) Longitud total (LT), determinada desde el extremo anterior del rostro hasta el extremo de los radios más largos de la aleta caudal en posición natural; b) Longitud estándar (LE), distancia desde el extremo anterior del rostro hasta el punto de flexión de la aleta caudal, en el lugar de inserción de los radios al complejo hipural; c) Longitud de la cabeza (LCAB); desde el extremo anterior del rostro hasta el borde posterior del opérculo; d) Ancho de la boca (ANCHB), distancia entre las comisuras labiales de la boca, manteniendo el ejemplar con la boca cerrada; e) Altura corporal (AC), distancia desde el punto de inserción de la primera espina de la primera dorsal hasta el borde del vientre, determinada perpendicularmente con el eje corporal longitudinal; f) Diámetro ocular (DO), se determinó como la distancia horizontal entre los bordes opuestos de la órbita; g) Longitud de las aletas pectorales (LPEC), desde el punto de inserción superior de la aleta pectoral hasta el extremo del radio más largo; h) Longitud del pedúnculo de la aleta pectoral (LPAP), distancia vertical desde el punto de inserción superior hasta el punto de inserción inferior de los radios de la aleta; i) Longitud de las aletas pélvicas (LPEL), distancia entre el punto de inserción del elemento espinoso externo de la aleta hasta el extremo del radio más largo; j) Longitud de la base de la aleta anal (LBANAL), distancia externa entre el primer elemento espinoso y el último radio de la aleta; k) Longitud entre el origen de las aletas pélvicas y el origen de la aleta anal (LOAP-OAA), se determinó como la distancia entre el punto de inserción de la espina de las aletas pélvicas y el punto de inserción del primer elemento de la aleta anal; l) Longitud entre el origen de la primera aleta dorsal y el origen de la segunda aleta dorsal (LOD1-D2), distancia entre la primera espina de la primera aleta dorsal y el primer elemento de la segunda aleta dorsal; m) Longitud de la boca al origen de la primera aleta dorsal (LB-D1), distancia desde el extremo anterior del rostro y el punto de inserción de la primera espina de la primera dorsal; n) Longitud de la boca al origen de la segunda aleta dorsal (LB-OD2), distancia comprendida desde el extremo anterior del rostro y el punto de inserción del primer elemento de la segunda aleta dorsal y ñ) Longitud de la boca al origen de la aleta anal (LB-OA), distancia desde el extremo anterior del rostro y el punto de inserción de la primera espina de la aleta anal (Fig. 1).

Todas las mediciones fueron realizadas sobre el lado izquierdo del individuo siempre que fue posible, mediante el empleo de un ictiómetro y un vernier, con

1 mm y 0,1 mm de apreciación respectivamente. Para la realización del análisis estadístico de las variables morfométricas se utilizaron los programas PAST v.2.11 (Hammer *et al*. 2001) y G-Stat v2.0 (Leton & Pedromingo 2002). Los valores de las variables morfométricas expresadas en milímetros fueron transformados a sus logaritmos naturales previamente a todos los análisis (Bookstein 1991).

Los datos transformados fueron examinados utilizando un Análisis de Componentes Principales (ACP) con la finalidad de detectar la existencia de grupos estadísticamente robustos que representen a las especies estudiadas y conocer la contribución de cada variable a la varianza total de los datos, revelando así su importancia como carácter diagnóstico para la diferenciación de las especies. Los cálculos correspondientes al análisis de componentes principales (ACP), fueron realizados con la matriz varianza/covarianza de las 13 variables morfométricas, ya que todas fueron determinadas en las mismas unidades de medición (Hammer *et al*. 2006, González-Castro & Ghasemzadeh 2016). Finalmente, se sometió a prueba la hipótesis de diferenciación morfológica entre las especies analizadas de la familia Mugilidae, empleándose un Análisis Multivariado de Varianza de una sola vía, para la evaluación de la existencia de diferencias entre las cuatro especies estudiadas y una prueba de T de Hotelling para detectar que especies fueron diferentes entre sí.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fueron analizados un total de 114 individuos pertenecientes a las especies *Mugil trichodon* (N=23), *M. margaritae* (N=33), *M. rubrioculus* (N=27) y *M. liza* (N=31*)*, cada uno de los cuales fue sometido a un análisis del cariotipo e identificadas sus características citogenéticas para la confirmación de la designación de las especies para los análisis morfométricos de interés.

Los ideogramas y ubicaciones de las regiones organizadoras del nucleolo de todas las especies analizadas en el presente estudio coincidieron con las descripciones señaladas en Nirchio & Cequea (1998), Rossi *et al.* (2005), Harrison *et al*. (2007) y Menezes *et al*. (2015) (Fig. 2). En este aspecto es importante señalar que durante la verificación citogenética no

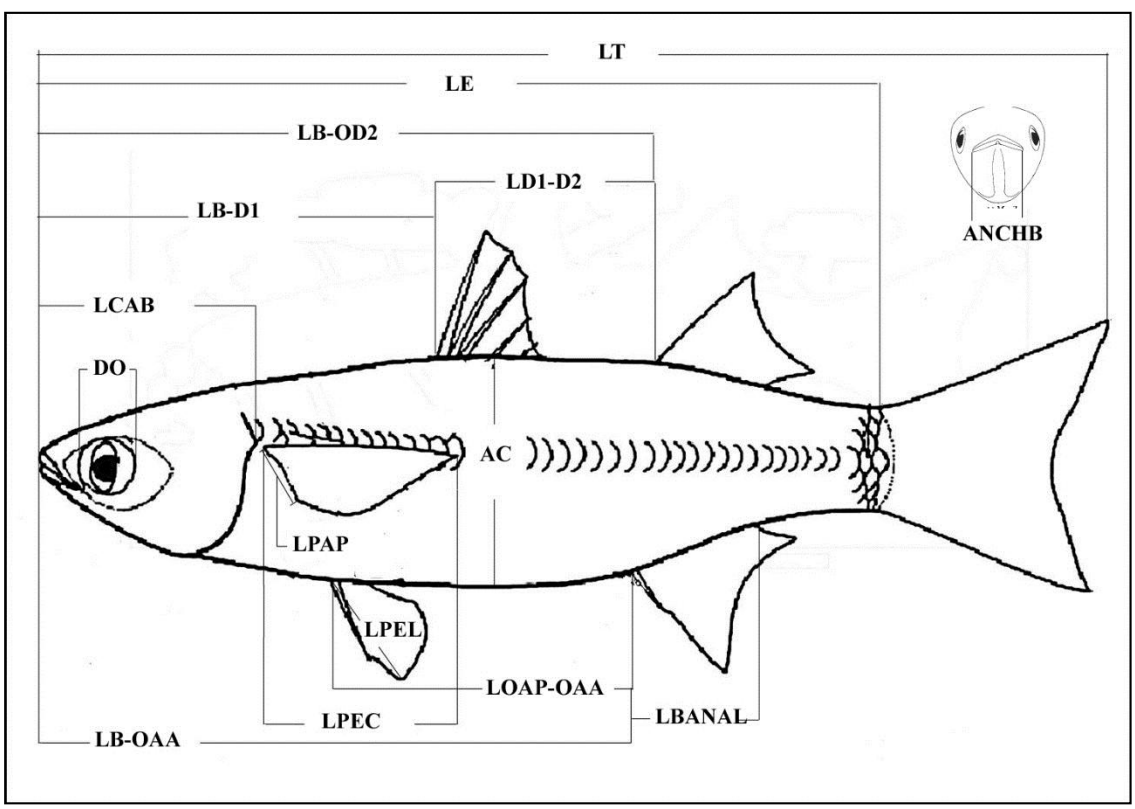


Fig. 1.- Ilustración de la ubicación de las medidas morfométricas determinadas en las cuatro especies de la familia Mugilidae analizadas.

se encontraron ejemplares portadores del cariotipo 2N=28, correspondiente a *Mugil curema,* especie tradicionalmente reportada para la región de estudio, pero que a la luz de los recientes hallazgos realizados por Menezes *et al.* (2015) podría no encontrarse en la región del Caribe, donde ha sido tradicionalmente confundida con la actual *M. margaritae* reportada por estos investigadores.

Especímenes voucher de cada especie analizada se encuentran depositados en la Colección Ictiológica del Museo Americano de Historia Natural (AMHN) con los siguientes números de catálogo: *Mugil trichodon* (AMNH 238185, AMNH 238184); *Mugil liza* (AMNH 238182, AMNH 238183); *Mugil rubrioculus* (AMNH 238167 *Holotipo*, AMNH 238169, AMNH 238168) y los correspondientes a *Mugil margaritae* en el Museo de Biología de la Universidad Central de Venezuela (MBUCV-V-35725 *Holotipo,* MBUCV-V-35726).

Si bien el número de elementos que conforman la aleta anal no permitió realizar distinciones a nivel de especie, fue suficiente para discriminar dos grupos, el primero de ellos conformado por *M. trichodon* y *M. liza* que presentan tres (3) espinas y ocho (8) radios blandos y el segundo formado por *M. margaritae* y *M. rubrioculus* que se caracterizaron por presentar tres (3) espinas y nueve (9) radios blandos. Situación similar se presenta en el número de escamas sobre la línea media corporal, que permitió observar la conformación de dos grupos, el primero constituido por *M. trichodon* y *M. liza* con menos de 34 escamas y el segundo por *M. margaritae* y *M. rubrioculus* con más de 36 escamas (Fig. 3). Estos resultados coinciden con las descripciones sobre estos caracteres merísticos realizada por Harrison *et al*. (2007) y Menezes *et al.* (2010, 2015).

En el caso de *M. margaritae* y *M. rubrioculus,* existe una marcada semejanza en cuanto a los caracteres merísticos utilizados en este estudio, siendo posible separarlas solamente con base en el número de escamas espinoides de la línea media corporal, ya que los individuos pertenecientes a *Mugil rubrioculus* presentaron entre 36 y 37 escamas, mientras que los correspondientes a *M. margaritae* mostraron entre 40 y 42. Al respecto, Helfman *et al.* (1999), señalan que las variaciones naturales en condiciones ambientales como la temperatura, contenido de oxígeno disuelto, salinidad, intensidad luminosa, fotoperiodo o concentración de CO_2 pueden afectar el desarrollo de las larvas de los peces, por lo que es conocido que los caracteres merísticos, tales como el número de vértebras, líneas de escamas, miótomos y branquispinas varían en relación a estas condiciones.

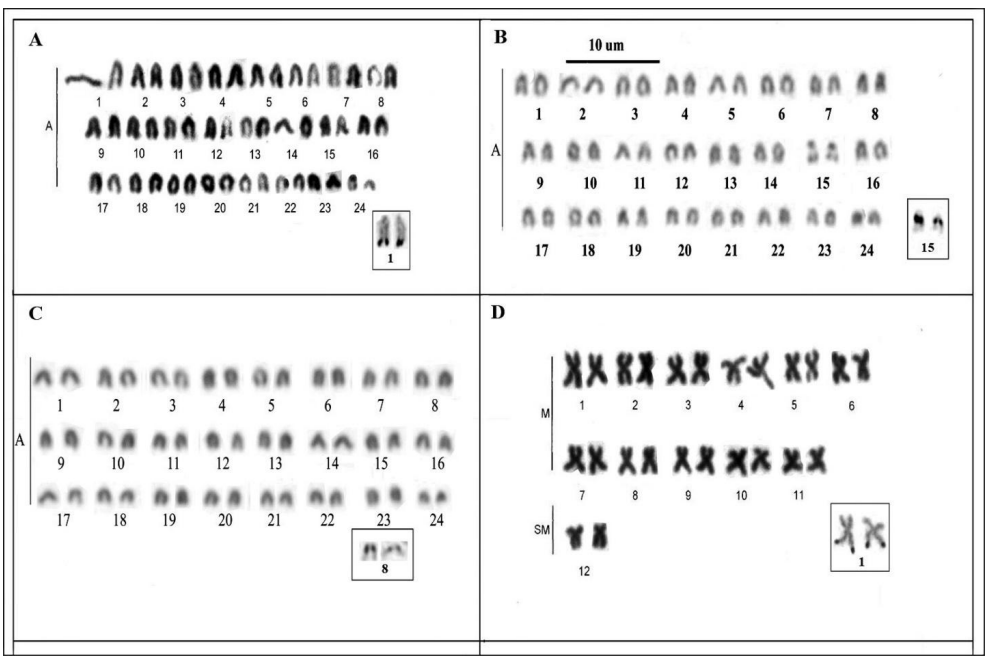


Fig. 2.- Cariotipo y regiones NOR (en recuadros) de *Mugil liza* (A)*, Mugil trichodon* (B)*, Mugil rubrioculus* (C) y *Mugil margaritae* (D) de la Isla de Margarita, Venezuela.

En la Tabla 1, se presentan los resultados obtenidos para las variables morfométricas originales expresadas como % de la longitud estándar, al mismo tiempo que se muestran los estadísticos descriptivos básicos para estas variables (Mínimo, Máximo, Promedio, y Coeficiente de Variación) en cada una de las especies. Con la excepción de las variables longitud total, longitud estándar y diámetro ocular, no se encontraron valores superiores al 10 % en los coeficientes de variación de las variables en ninguna de las especies. Los altos valores del coeficiente de variación del diámetro ocular en *Mugil rubrioculus* y *Mugil margaritae*, pudieran estar relacionados con la presencia de un párpado adiposo que se desarrolla sobre el ojo y se extiende hacia las áreas que lo rodean en las especies del género *Mugil* (Cervigón 1993), el cual evidencia diferente grado de desarrollo entre los individuos de estas especies a lo largo de su ciclo de vida, lo que dificulta la determinación con precisión de esta variable, propiciándose mayores rangos de variación, por lo que esta variable no fue considerada en los análisis de los datos morfométricos. Al respecto, Menezes *et al.* (2015) también mencionan la existencia de diferencias en el grado de desarrollo de esta membrana adiposa entre estas especies, indicando además que ésta se encuentra ausente en la mayoría de los ejemplares menores 30 – 35 mm de longitud estándar y que su desarrollo se incrementa con el desarrollo ontogenético.

Los cálculos correspondientes al análisis de componentes principales (ACP), realizados con la matriz varianza/covarianza de las 13 variables morfométricas, permitieron determinar que el 99,5 % de la varianza total de los datos es explicada por los

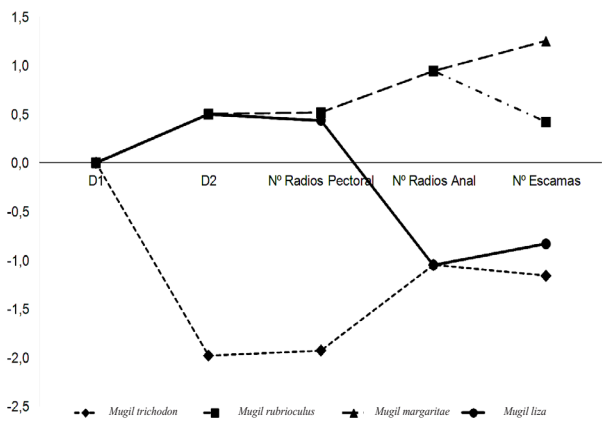


Fig. 3.- Diagrama de Guillaumin para las variables merísticas de las especies *Mugil trichodon*, *M. rubrioculus, M. margaritae* y *M. liza* de la isla de Margarita, Venezuela.

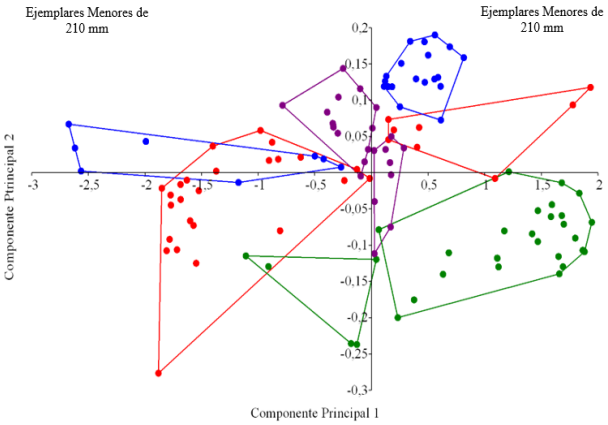


Fig. 4.- Gráfica de los vectores propios del CP 1 *vs.* CP 2 obtenidos mediante el Análisis de Componentes Principales de las 13 variables morfométricas determinadas en *Mugil liza* (verde), *M. trichodon* (morado), *M. rubrioculus* (azul) y *M. margaritae* (rojo) de la isla de Margarita, Venezuela.

cinco primeros componentes principales, siendo las variables morfométricas LCAB, ANCHB, AC, LPEC, LPEL, LBANAL y LD1-D2 las que mostraron mayor relevancia para la diferenciación de las especies.

En la Tabla 2, se muestran los valores de los coeficientes de cada variable para los primeros cinco componentes principales, a partir de los que se puede inferir, de acuerdo con su magnitud absoluta, la importancia relativa de las diferentes variables en cada uno de los componentes. Los coeficientes de contribución de todas las variables al CP 1 fueron de signo positivo y con valores similares, lo que indica una contribución relativamente homogénea de todas las variables a la varianza total de los datos. Se ha señalado, que cuando existe una alta correlación positiva entre todas las variables y el primer componente principal tiene todas sus coordenadas del mismo signo, este componente puede interpretarse como un promedio ponderado de todas las variables, o un factor global de "tamaño", mientras que los restantes componentes (CP 2, CP 3, CP 4 & CP5) se interpretarían como factores o componentes "de forma" y típicamente tienen coordenadas positivas y negativas, lo que implica que contraponen unos grupos de variables frente a otros (Mardia *et al*. 1995; González-Castro & Ghasemzadeh, 2016).

En la Fig. 4, se muestra la distribución de los *vectores propios* obtenidos para cada individuo en un plano cartesiano conformado por el CP 1 *vs.* CP 2 en el espacio multivariado, donde se puede observar en primer

lugar, la distribución de los individuos de las especies *Mugil trichodon*, *Mugil margaritae*, *Mugil liza* y *Mugil rubrioculus* en el eje cartesiano correspondiente al CP 1 en función del tamaño, encontrándose los individuos menores de 210 mm distribuidos hacia la izquierda del plano cartesiano y los individuos mayores de 210 mm hacia la derecha, confirmando la relación del primer componente principal con las diferencias de tamaño entre los individuos y sugiriendo la existencia de un proceso de diferenciación morfológica entre las especies de este grupo a lo largo del desarrollo ontogenético (González-Castro & Ghasemzadeh 2016). Un aspecto interesante para señalar es que es posible visualizar claramente la separación de las 4 especies en áreas diferentes del espacio multivariado, en los individuos de tallas superiores a los 210 mm en el sentido del eje correspondiente al CP 2 (lado derecho del eje cartesiano). Sin embargo, esta separación no es tan evidente en los individuos las especies *M. margaritae* y *M. rubrioculus* de tallas menores a los 210 mm, lo cual sugiere una mayor similitud morfológica entre estas especies en las etapas iniciales de su desarrollo y una mayor diferenciación morfológica a medida que se acercan a la etapa adulta, evidenciándose las dificultades existentes en la identificación de los ejemplares juveniles de las especies estudiadas. Al respecto hay que señalar, que en general las especies de esta familia suelen cohabitar las mismas regiones costeras y lagunares durante su etapa juvenil, explotando nichos ecológicos muy similares (Cervigón 1993; Stiassny 1993; Ramírez 1996; Menezes *et al.* 2015), hasta que alcanzan la maduración sexual y realizan la migración aguas afuera para reproducirse (Marín 2000; Marín *et al*. 2003), por lo que no es de extrañar su gran similitud morfológica durante estas etapas.

Para probar la diferenciación de los grupos observada en la distribución de los individuos en el espacio multivariado, los cuatro componentes principales CP 2, CP3, CP4 y CP5 correspondientes a las variaciones de forma, fueron utilizados como factores independientes para someter a prueba la hipótesis de diferenciación morfológica de las especies, mediante la aplicación de un Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA) de una sola vía. De esta manera, se logró reducir las dimensiones del problema inicial conformado por 13 variables diferentes, a cuatro variables múltiples (Componentes Principales) que recogen la información morfométrica de todas las variables iniciales, esta prueba demostró la existencia de diferencias morfométricas estadísticamente significativas entre las cuatro especies analizadas (MANOVA, Traza de Pillai $_{(12,327)}$ = 1.355; F=22,45; p <0,05), mientras que el análisis *post hoc* realizado mediante la Prueba de Hotelling por pares, aplicando corrección de los valores de probabilidad por el método de Bonferroni detectó diferencias estadísticas significativas entre todas las especies analizadas. Lo cual corrobora la utilidad de la citogenética como herramienta para la identificación de especies y para el fortalecimiento de los estudios morfométricos que se realicen en aquellos grupos donde

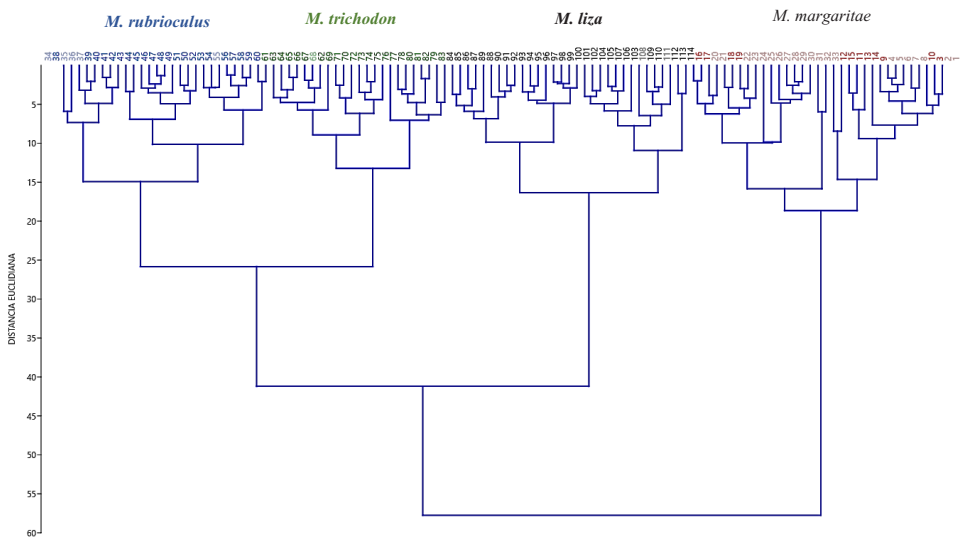


Fig. 5.- Dendrograma de Similitud Euclidiana entre los individuos analizados obtenido mediante el algoritmo UPGMA, construido con base en los valores obtenidos para cada individuo en los primeros 5 componentes principales.

Tabla 1.- Variables morfométricas originales expresadas como % LE y estadísticos descriptivos básicos de *Mugil liza (N=31)*, *Mugil trichodon (N=23)*, *Mugil rubrioculus* (N=27) y *Mugil margaritae (N=33)* de la isla de Margarita, Venezuela.

	M. liza (N=31)				*M. trichodon (N=23)*				*M. rubrioculus (N=27)*				*M. margaritae (N=33)*			
Variables	**MIN**	**MAX**	**Promedio**	**C.V**	**MIN**	**MAX**	**Promedio**	**C.V**	**MIN**	**MAX**	**Promedio**	**C.V**	**MIN**	**MAX**	**Promedio**	**C.V**
LE (en mm)	153	362	288,0±62,44	21,68	163	218	195,2±13,93	7,1	92	254	200,0±50,64	25,3	117	343	167,5±59,53	35,5
LCAB	21	26	23	6,3	23	26	25	3,0	23	28	24	7,1	25	29	27	4,4
ANCHB	7	9	8	7,8	8	9	9	4,3	8	10	9	7,0	9	11	10	6,6
AC	19	24	21	4,7	22	29	26	7,2	24	28	26	4,0	24	29	26	6,4
L PEC	16	20	18	4,7	17	23	20	6,7	17	21	19	5,8	17	21	19	6,5
LPAP	5	6	6	4,6	6	7	6	4,0	6	7	6	5,9	6	7	6	4,9
LPEL	14	17	16	5,1	15	18	17	5,8	14	19	16	9,9	14	19	16	7,1
LBANAL	11	13	12	4,2	13	15	14	3,6	14	17	15	5,9	10	16	13	8,1
LOAP-OAA	30	37	35	4,4	32	37	34	3,7	30	37	34	5,3	29	37	34	5,9
LOD1-D2	24	31	27	4,9	22	26	24	3,9	23	28	25	4,1	23	28	25	4,4
LB-OD2	66	75	73	2,1	74	77	76	1,3	73	76	74	0,9	72	78	75	1,5
LB-OA	68	72	70	1,2	67	73	71	1,7	68	71	69	1,3	68	73	70	1,5
LB-D1	44	50	48	2,6	51	54	52	1,4	48	55	50	2,7	48	53	50	1,9

Tabla 2.- Valores de los coeficientes de cada variable con respecto a cada uno de los componentes principales considerados (CP1, CP2, CP3, CP4 y CP5) para las especies *Mugil trichodon*, *M. margaritae*, *M. rubrioculus* y *M. liza*.

Variables	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
LE	0,30	-0,10	-0,01	-0,13	-0,05
LCAB	0,25	-0,15	**0,37**	0,19	0,17
ANCHB	0,23	-0,10	**0,66**	0,10	0,16
AC	0,25	**0,68**	0,02	**0,37**	**-0,39**
LPEC	0,27	0,06	**-0,31**	**0,40**	0,03
LPEL	0,27	**-0,34**	**-0,48**	0,27	**0,38**
LBANAL	0,25	**0,50**	-0,16	**-0,59**	**0,44**
LPAP	0,26	0,08	0,22	-0,02	0,17
LOAP-OAA	0,32	-0,05	-0,11	0,06	-0,29
LOD1-D2	0,32	**-0,30**	-0,06	**-0,45**	**-0,55**
LB-OD2	0,29	-0,07	0,01	-0,08	-0,04
LB-OA	0,30	-0,12	0,00	-0,04	0,00
LB-D1	0,28	0,06	0,00	0,03	0,18

exista esta información de referencia. Las relaciones de similitud morfométrica entre las especies analizadas pueden observarse en la Fig. 5, donde se presenta el dendrograma obtenido mediante la utilización del algoritmo de grupos pareados UPGMA y el índice de Similitud Euclidiana entre los individuos analizados, construido con base en los valores obtenidos para cada individuo en los primeros 5 componentes principales que acumulan el 99,5 % de la variación de los datos.

Finalmente, del análisis de la contribución de las variables a la diferenciación de la forma de las especies estudiadas se pudo constatar la existencia de dos patrones de forma corporal entre los adultos de las especies estudiadas, el primero conformado por la especie *Mugil liza,* caracterizada por una forma más alargada y menos alta, que se refleja en mayores proporciones en la distancia entre las primera y segunda dorsal y menor proporción de la altura corporal; y otro patrón morfológico conformado por especies de cuerpo menos alargado y de complexión corporal más robusta como las especies *Mugil trichodon*, *Mugil margaritae* y *Mugil rubrioculus*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a José Marcano y Régulo López por su valiosa colaboración durante el trabajo de campo para la captura de los ejemplares y el apoyo financiero del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente al Proyecto C.I -4-0901-1184/04 y a los revisores anónimos del manuscrito.

REFERENCIAS

Alvarez-Lajonchere, L. 1975. Estudio sistemático de *Mugil brasiliensis*, *Mugil gaimardianus* y *Mugil curema. Inv. Mar. Ser*., 8(14): 1-18.

Bookstein, F.L. 1991. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge Univ. Press. New York. 435 pp.

Cervigón F. 1993. *Los peces marinos de Venezuela*. 2ª ed. Fundación Científica Los Roques. Caracas, Venezuela. 499 pp.

Corti, M. & D. Crosetti. 1996. Geographic variation in the grey mullet: a geometric morphometric analysis using partial warp scores. *J. Fish Biol.,* 48: 255–269.

Díaz-Murillo, B., G. Ruiz-Campos, K. Piller, C. McMahan, F. García-De-León & F. Camarena-Rosales. 2017. Assessing population-level morphometric variation of the Mountain Mullet *Agonostomus monticola* (Teleostei: Mugilidae) across its Middle American distribution *Neotrop. ichthyol.* 15 (4): https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170036.

Froese, R. & D. Pauly. 2021. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org , versión 30 de Julio 2021.

González-Castro, M. & J. Ghasemzadeh. 2016. *Morphology and Morphometry Based Taxonomy of Mugilidae*. En: *Biology, Ecology and Culture of Grey Mullets (Mugilidae)*. D. Crosetti, & S. Blaber. (Ed). CRC Press Taylor & Francis Group: 1-21.

Guillaumin, M. 1972. Etude biometrique des populations naturelles de *P. carlivae* Rbr et *P. ciasii* Rbr (Lepidoptera: Hesperidae). I. Estimation du taux de chevauchement des distributions statistiques de deux populations en relation avec la notion de distance taxonomique. *Arch. Zool*., 115: 505-548.

Hammer, Ø., D.A. Harper & P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol. Electr.,* 4 (1): 1-9.

Hammer, Ø., D.A. Harper & P.D. Ryan. 2006. Pro PAST (v.1.57): *Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*. http://folk.uio.no/ohammer/past

Harrison, I.J., M. Nirchio, C. Oliveira, E. Ron & J. Gaviria. 2007. A new species of mullet (Teleostei: Mugilidae) from Venezuela, with a discussion on the taxonomy of *Mugil gaimardianus*. *J. Fish Biol.,* 71(a): 76–97.

Hassanien, H., A. Alsaqufi, H. El-Beltagi, R. Zied & K. Eldeeb. 2020. Estimation of flathead grey mullet *Mugil Cephalus* differentiation using multivariate analyses for morphometric data. *Fresenius Environ. Bull*., 29(12): 10941-10953.

Helfman G.S, B.B. Collette, & D.E. Facey. 1999. *The Diversity of Fishes.* Blackwell Science Pty, Ltd., U.S.A., 528 pp.

Hett, A. K., M. Nirchio, C. Oliveira, Z.R., Siccha, A.R. Rossi & L. Sola. 2011. Karyotype characterization of *Mugil incilis* Hancock, 1830 (Mugiliformes: Mugilidae), including a description of an unusual co-localization of major and minor ribosomal genes in the family. *Neotrop. Ichthyo.,* 9: (1): 107-112.

Ibáñez-Aguirre, A., E. Cabral-Solís, M. Gallardo-Cabello & E. Espino-Barr. 2006. Comparative morphometrics of two populations of *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) on the Atlantic and Mexican Pacific costas. *Sci. Mar*., 70 (1): 139-145.

Katselis, G., G. Hotos, G. Minos & C. Vidalis. 2006. Phenotypic Affinities on Fry of Four Mediterranean Grey Mullet Species. *Turk. J. Fish. Aqua. Sci*.. 6: 49-55.

Leton, E. & A. Pedromingo. 2002. G-STAT. *Manual del Programa, Documentación y Ejemplos*. 1ª ed. Editorial Glaxo Smithkline S.A. España. 208 pp.

Mamuris, Z., A.P. Apostolidis, P. Panagiotaki, A.J. Theodorou & C. Triantaphyllidis. 1998. Morphological variation between red mullet populations in Greece. J. *Fish Biol.,* 52: 107–117.

Mardia, K.V., J.T. Kent & J.M. Bibby. 1995. *Multivariate Analysis*. 10ª ed. Academic Press, INC. U.S.A. 519 pp.

Marín, E., B. J. A. Quintero, D. Bussuere & J.J. Dodron 2003. Reproduction and recruitment of white mullet (*Mugil curema*) to a tropical lagoon (Margarita Island, Venezuela) as revealed by otolith microstructure. *Fish. Bull.* 101: 809–821.

Marín, G. 2000. Ichthyofauna and fisheries of the Unare lagoon, estado Anzoátegui, Venezuela. *Ac. Biol. Vnzlica*., 20 (30): 61–92.

Menezes, N.A. 1983. Guia prático para conhecimento e identificação das tainhas e paratis (Pisces, Mugilidae) do litoral Brasileiro. *Rev. Bras. Zool.,* 2(1): 1-12.

Menezes N.A., C. Oliveira & M. Nirchio. 2010. An old taxonomic dilemma: the identity of the western south Atlantic lebranche mullet (Teleostei: Perciformes: Mugilidae). *Zootaxa,*. 2519: 59–68.

Menezes, N.A., M. Nirchio & C. Oliveira & R. Siccha-Ramirez. 2015.Taxonomic review of the species of *Mugil* (Teleostei: Perciformes: Mugilidae) from the Atlantic South Caribbean and South America, with integration of morphological, cytogenetic and molecular data. *Zootaxa,* 3918 (1): 001–038.

Nirchio, M., D. González & J. E. Pérez. 2001. Estudio citogenético de *Mugil curema* y *M. liza* (Pisces: Mugilidae): Regiones organizadoras del nucleólo. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 40:3-7.

Nirchio, M. & C. Oliveira. 2006. *Citogenética de Peces*. 1ª ed. Coordinación de Publicaciones del Rectorado de la Universidad de Oriente, Venezuela. 212 pp.

Nirchio, M. & H. Cequea. 1998. Karyology of *Mugil liza* and *M. curema* from Venezuela. *Bol. Invest. Mar. Cost.,* 27: 45-50.

Nirchio, M., C. Oliveira, I.A. Ferreira, J.E. Perez, J.I. Gaviria, I.J. Harrison, A.R. Rossi & L. Sola. 2007. Comparative cytogenetic and allozyme analysis of *Mugil rubrioculus* and *M. curema* (Teleostei: Mugilidae) from Venezuela. *Interciencia*, 32 (11): 757-762.

Nirchio, M., C. Oliveira, I. Ferreira, C. Martins, A.R. Rossi & L. Sola. 2009. Classical and molecular cytogenetic characterization of *Agonostomus monticola*, a primitive species of Mugilidae (Mugiliformes). *Genetica,* 135: 1-5.

Nirchio, M., R. R. Cipriano, M. M. Cestari & A. S. Fenocchio. 2005a. Cytogenetical and morphological features reveal significant differences among Venezuelan and Brazilian samples of *Mugil curema*. *Neotrop. Ichthyol.,* 3: 107-110.

Nirchio, M., E. Ron & A.R. Rossi. 2005b. Karyological characterization of *Mugil trichodon* Poey, 1876 (Pisces: Mugilidae). *Sci. Mar.,* 69: 525-530.

Ramírez, P. V. 1996. *Lagunas costeras venezolanas*. Edit. Benavente & Martínez, C. A. Porlamar, Venezuela. 275 pp.

Rivas, L.R. 1980. *Synopsis of knowledge on the taxonomy, biology, distribution, and fishery of the Gulf of Mexico mullets (Pisces: Mugilidae)*. En: *Proceedings of a workshop for potential fishery resources of the northern Gulf of Mexico.* Eds. M. Flandorfer y L. Skupien. Mississippi-Alabama Sea Grant Consort. Publ. MASGP-80-012: 34-53

Rose-Ann S, B.J. Hernando, J. Juario, S. Patiño, P. Casas, J. Arreza, A. Responte & S. A. Vedra. 2015. Sexual dimorphism of flathead mullet (*Mugil cephalus*) from Northern Mindanao Rivers using geometric morphometric analysis. *Internat. Lett. Nat. Sci*., 45:34-48.

Rossi, A.R., E. Gornung, L. Sola & M. Nirchio.2005. Chromosomal evolution in Mugilidae (Pisces, Mugiliformes): comparative molecular cytogenetic analysis of two congeneric species, *Mugil curema*

and *M. liza*, characterized by significant karyotype diversity. *Genetica,* 125: 27-32

Stiassny, M. L. 1993. What are grey mullets? *Bull. Mar. Sci*., 52(1): 197-219.

Thomson, J.M. 1997. The Mugilidae of the world. Mem. Qeensland Mus. 41(3): 457-562.

Recibido: Abril 2020
Aceptado: Mayo 2020