

**MORFOMETRÍA, ASPECTOS BIOLÓGICOS Y CRECIMIENTO DEL RAYADO**  
***Agonostomus monticola* (PISCES: MUGILIDAE) EN LOS RÍOS TORIBIO Y**  
**PIEDRAS DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, COLOMBIA**

**ERIKA PATRICIA PAVA ESCOBAR**



**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA PESQUERA**  
**SANTA MARTA (D.T.C.H)**

**2008**

**MORFOMETRÍA, ASPECTOS BIOLÓGICOS Y CRECIMIENTO DEL RAYADO**  
***Agonostomus monticola* (PISCES: MUGILIDAE) EN LOS RÍOS TORIBIO Y**  
**PIEDRAS DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, COLOMBIA**

**ERIKA PATRICIA PAVA ESCOBAR**

Memoria de grado presentada como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Pesquero

**PEDRO ESLAVA E.**  
**DIRECTOR**

**Asesores**  
**LUÍS ORLANDO DUARTE**  
**Candidato Ph.D**



**FRANCISCO CORREA**  
**Biólogo**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA PESQUERA**  
**SANTA MARTA**  
**2008**

**Nota de aceptación:**


---

---

---

---

---



~~Presidente de Memoria de Grado~~

**Pedro Eslava E.**

Ingeniero Pesquero. Especialista en  
Acuicultura.

---

Jurado

**Juan Carlos Narváez Barandica.**

M. Sc Ciencias Biológicas

---

Jurado

**Fabián Escobar Toledo**

Ingeniero Pesquero

**Santa Marta D.T.C.H., Abril de 2008.**

### *Dedico*

*A Dios, por su amor y misericordia, por mi familia, amigos y cada momento vivido. Gracias por ser mi roca y mi fortaleza.*

*A mis padres, Dora Leonor Escobar Márquez y Rafael Pava Pedrozo, por su amor y apoyo incondicional.*

*A mi abuela, Wilfrida Márquez, por todos los años lindos que nos regalaste.*

*A mis hermanos, Yesenia Rocío, Fabián Alberto y Amaury Gabriel, y a mi sobrino Juan Carlos, por su cariño y comprensión.*

*A Ludys Farides, por su amistad.*



IP  
00197  
EJ1

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad del Magdalena, Programa de Ingeniería Pesquera, y a sus docentes por la formación académica e integral que me brindaron en el transcurso de mis estudios.

Al proyecto "Estudio de la Biología, ecología y posibilidades de piscicultura del besote *Joturus pichardi* Poey, 1860 (Pisces: Mugilidae) de los ríos de la vertiente norte de la SNSM, Colombia", a la Universidad del Magdalena, Colciencias y la Asociación Caoba, por el apoyo logístico y económico para el desarrollo de esta memoria.

Al Director del proyecto, esp. Acuicultura. Pedro Eslava E, por brindarme la oportunidad de realizar mi proyecto de grado en el grupo de investigación Biología y Ecología Aplicada.

A los Asesores, Biólogo Francisco Correa y Cand. Ph.D Luís O. Duarte Casares, por sus recomendaciones y sugerencias en los momentos indicados.

A los Jurados, Ing. Pesquero Fabián Escobar Toledo, M. Sc Juan Carlos Narváz Barandica y M. Sc Luís Manjarres Martínez, por sus críticas constructivas y buenas observaciones.

Agradezco de manera especial al M. Sc Jacobo Blanco Racedo, por sus acertados consejos, paciencia y entusiasmo.

A Jhon Edwin Perdomo Balaguera, por su apoyo.

A Roy Díaz Vesga, por su disposición y colaboración.

A mis amigos y compañeros Ana Lara Rangel, Jacqueline Carrasquilla Altamar, Rafael Pardo Oñate, Ahysell Sepúlveda Barros, Farit Rico, Víctor Navarro, Roberto Coronado y Shirley García, por los momentos compartidos.

Al director del Programa de Ingeniería Pesquera, Juan Carlos De La Rosa y coordinador Jair Mendoza, por el apoyo logístico.

## Resumen

Se cuantificó la variación morfométrica, y se determinó la relación talla-peso, el factor de condición y el crecimiento para *A. monticola* en los ríos Toribio y Piedras de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). El análisis univariado entre ríos mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), entre todas las medidas morfométricas. El análisis de componentes principales mostró que los dos primeros componentes principales libres del efecto del tamaño representaron el 50.6% de la variación entre los sitios de muestreo, siendo la primera función el 33.4% y la segunda el 17.2%. No se evidenciaron diferencias significativas entre los ríos en cuestión ( $P > 0,05$ ). La relación longitud-peso por sexo mostró diferencias significativas (ANCOVA:  $F_{1,408} = 12.09$ ;  $p < 0.05$ ), las ecuaciones calculadas para hembras y machos respectivamente fueron  $W = 0.00002LT^{2.8512}$  y  $W = 0.000008LT^{3.0053}$ . De igual forma el análisis por río, para hembras de *A. monticola* mostró diferencias significativas (ANCOVA:  $F_{1,315} = 54.61$ ;  $p < 0.05$ ). Se encontró diferencias altamente significativas ( $p < 0.05$ ) en el factor de condición medio mensual. A partir de tallas calculadas para las edades de 1 a 28 años, se obtuvo la curva de crecimiento estacionalizada de Von Bertalanffy para *A. monticola*, y se calcularon los parámetros de crecimiento en cada sitio de muestreo. Se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los valores de los parámetros  $L_{\infty}$  y  $K$  obtenidos del análisis jackknife entre los ríos Toribio ( $L_{\infty} = 331$  y  $K = 0.22$ ) y Piedras ( $L_{\infty} = 357$  y  $K = 0.13$ ). La evidencia de diferencias significativas en el análisis morfométrico univariado, la relación talla-peso, factor de condición y el crecimiento, se atribuyen a las condiciones ambientales y a la ubicación del sitio de muestreo para cada río.

**Palabras Claves:** *Agonostomus monticola*, SNSM, Morfometría, Relación longitud - peso, Factor de Condición y Crecimiento.



## TABLA DE CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| 1. PRESENTACIÓN.....  | 1    |
| 2. OBJETIVOS.....   | 3    |
| 2.1 Objetivo General.....   | 3    |
| 2.2 Objetivos Específicos.....  | 3    |
| 3. ANTECEDENTES.....  | 4    |
| 3.1. Planteamiento del Problema.....                                    | 5    |
| 4. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....  | 6    |
| 4.1. Ubicación Taxonómica del rayado <i>Agonostomus monticola</i> ..... | 6    |
| 4.2. Características generales.....                                     | 6    |
| 4.3. Morfometría.....   | 8    |
| 5. ÁREA DE ESTUDIO.....   | 10   |
| 6. MATERIALES Y MÉTODOS.....  | 14   |
| 6.1.1. Muestreos.....   | 14   |
| 6.1.2. Trabajo en laboratorio.....                                      | 14   |
| 6.2. Tratamiento de datos.....  | 17   |
| 6.2.1 Morfometría.....  | 17   |
| 6.2.2. Relación talla-peso.....   | 18   |
| 6.2.3. Factor de Condición.....   | 19   |
| 6.2.4. Crecimiento.....   | 19   |
| 7. RESULTADOS.....  | 22   |
| 7.1. Análisis multivariados.....  | 22   |
| 7.2. Relación talla-peso.....   | 27   |
| 7.3. Factor de Condición.....   | 29   |
| 7.4. Crecimiento.....   | 30   |
| 8. DISCUSIÓN.....   | 34   |
| 8.1. Morfometría.....   | 34   |
| 8.2. Relación talla-peso.....   | 36   |
| 8.3. Factor de condición.....   | 37   |
| 8.4. Crecimiento.....   | 39   |
| 9. CONCLUSIONES.....  | 42   |
| 10. RECOMENDACIONES.....  | 44   |
| 11. BIBLIOGRAFÍA.....   | 45   |





## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Rayado <i>Agonostomus monticola</i> (Brancroft en Griffith y Smith, 1834).....  | 7  |
| Figura 2. Área de estudio. Ríos: Toribio (Vertiente Occidental) y Piedras (Vertiente Norte) de la SNSM.....   | 11 |
| Figura 3. Figura 3. (a) Río Toribio, (b) Río Piedras. Fuente: GIBEA, 2006.....  | 12 |
| Figura 4. Medidas morfométricas tomadas en el rayado ( <i>A. monticola</i> ).....   | 15 |
| Figura 5. Análisis de Componentes Principales de los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.....   | 25 |
| Figura 6. Gráfica bivariada de la proyección de los puntajes de las medidas morfométricas de los dos primeros componentes del PCA.....  | 27 |
| Figura 7. Gráficos de dispersión de la relación talla-peso para ambos sexos de <i>A. monticola</i> en los Ríos Toribio y Piedras de la SNSM.....  | 28 |
| Figura 8. Gráficos de dispersión de la relación talla-peso para <i>A. monticola</i> en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.....   | 28 |
| Figura 9. Factor de condición de <i>A. monticola</i> para los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.....  | 30 |
| Figura 10. Curva de crecimiento estacionalizada de von Bertalanffy para <i>A. monticola</i> en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.....   | 32 |
| Figura 11. Intervalos de confianza de los parámetros a) $L_{\infty}$ , b) $K$ , para <i>A. monticola</i> , en los ríos 1) Toribio, 2) Piedras de la SNSM.....   | 32 |
| Figura 12. Valores del Caudal medio mensual del río Piedras, SNSM. Entre los años 1989 y 2007 (omitiendo los años 2004-2005). Fuente: IDEAM (Sistema de Información Nacional Ambiental), y los primeros seis meses del año 2006. Fuente: GIBEA..... | 33 |
| Figura 13. Caudal medio mensual del año 2006, de los Ríos Toribio y Piedras de la SNSM. Fuente: GIBEA.....  | 33 |



## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Numero de individuos empleados para cada análisis en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.....23
- Tabla 2. Media, error estándar (E.E.), valores de  $F$  y de significancia (valor-p), de cada una de las medidas morfométricas para cada río..... 24
- Tabla 3. Valores y porcentaje de variación del análisis de Componentes Principales de *A. monticola* en los ríos Piedras y Toribio de la SNSM.....25
- Tabla 4. Resultados del análisis de regresión y t-student de la relación talla-peso para hembras de *A. monticola*. (n) numero de individuos, (a y b) constantes de las regresiones, ( $r^2$ ) coeficiente de determinación, (t (3)) estadístico de isometría, (valor-p) valor de probabilidad.....29
- Tabla 5. Resultados de prueba  $t$  por mes, en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.....29
- Tabla 6. Parámetros de crecimiento de *A. monticola* en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM, valores estimados con el total de los muestreos (12).....31
- Tabla 7. Parámetros de crecimiento de algunas especies de Mugilidos. Fuente: Sánchez *et al*, 1998; Ibañez, G. y C, Gallardo, 2004 y los estimados en este estudio a través del programa Fisat II y LFDA 5.0.....40

## 1. PRESENTACIÓN

La familia mugilidae conforma el grupo de especies con mayor potencialidad para la cría y cultivo en el mundo (Álvarez-Lajonchere, 1972). De la familia Mugilidae las especies mas conocidas son *Mugil cephalus* y *Mugil curema* (Blanco, 1983), y entre las menos estudiadas se encuentra *Agonostomus monticola*, conocido localmente como rayado. Se caracteriza por ser un pez alargado y cilíndrico de la familia Mugilidae que habita en ríos y riachuelos, entre el nivel del mar y aproximadamente 650 m de altura (Bussing, 1987). Es una de las pocas especies de la familia que resiste las aguas tormentosas de las áreas rápidas y próximas a los saltos. Tolera temperaturas entre 20 y 31°C y se alimenta principalmente de crustáceos, insectos acuáticos y algas (Bussing, 1987). Esta especie se encuentra distribuida extensamente en las vertientes Atlántica y Pacífica de América. En el Atlántico se encuentra entre Florida y Venezuela, incluyendo las Antillas, y en el Pacífico se distribuye desde el área mexicana de baja California hasta Colombia (Ferraris, 2003).

En la SNSM actualmente, *A. monticola* solo hace parte de la pesca de subsistencia ejercida por los pobladores aledaños a los ríos donde el pez habita. De acuerdo a la actividad pesquera observada, en los ríos Toribio y Piedras, los pobladores





usan línea de mano, atarraya y arpón artesanal conocido en la zona como “pituco”.

La pesca es ejercida principalmente durante la época de verano.

El objetivo de este estudio fue evaluar aspectos morfométricos, biológicos y poblacionales en la especie *A. monticola* (rayado) en la SNSM, a partir de individuos representativos del flanco occidental, (río Toribio) y del flanco norte, (río Piedras) con el fin de cuantificar posibles diferencias. De esta manera, se podrá plantear las bases para un estudio biológico-pesquero y generar criterios básicos para el manejo de ésta especie en la zona de manera sostenible.

Esta investigación se enmarcó dentro del proyecto “Estudio de la Biología, ecología y posibilidades de piscicultura del besote *Joturus pichardi* Poey, 1860 (Pisces: Mugilidae) de los ríos de la vertiente norte de la SNSM, Colombia”, auspiciado por la Universidad del Magdalena, COLCIENCIAS y la Asociación Caoba.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar aspectos morfométricos, biológicos y poblacionales en los grupos de *Agonostomus monticola* pertenecientes a los ríos Toribio y Piedras de la SNSM, para cuantificar las posibles diferencias.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✦ Cuantificar la variación morfométrica entre los ejemplares de *A. monticola* en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.
- ✦ Determinar la relación longitud-peso y el factor de condición para *A. monticola* en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.
- ✦ Describir el crecimiento en los dos grupos de estudio de *A. monticola*.



### 3. ANTECEDENTES

*A. monticola* es una especie que ha sido poco estudiada, el conocimiento sobre aspectos biológicos y poblacionales de esta especie es poco o casi nulo en Colombia (Ferraris, 2003). Esta especie presenta una mayor documentación en cuanto a su distribución, caracteres distintivos y algunos aspectos ecológicos en países centroamericanos (Meek y Hilderbrand, 1916; Behre, 1928; Eigenmann, 1922; Dahl, 1971; Bussing, 1987; Harrison, 2002).

Las investigaciones que han hecho un aporte significativo para el conocimiento de la especie han sido enfocadas a la biología reproductiva de la especie. Cruz (1987) analizó proporción de sexos, índices de madurez sexual y fecundidad a partir de poblaciones hondureñas provenientes del río Plátano. Phillips (1993) realizó un análisis micro y macroscópico de gónadas de *A. monticola* a partir de poblaciones trinitarias determinando en estas: proporción de sexos, talla media de madurez para hembras, época de desove y fecundidad. Aiken (1998) en un estudio similar al realizado por el anterior autor, presenta datos sobre la dieta, haciendo énfasis en la biología reproductiva de *A. monticola*, a partir de poblaciones jamaiquinas.



### 3.1 Planteamiento del problema

Dado el escaso conocimiento existente sobre la biología de las especies de la SNSM, y enfatizando que actualmente el rayado es capturado con métodos poco adecuados y dañinos como la dinamita, pituco, venenos (rotenona) etc, fue interesante evaluar aspectos morfométricos, biológicos y poblacionales de la especie *A. monticola*, siendo la estimación de estos parámetros fundamentales en los estudios de la dinámica de poblaciones ícticas para el establecimiento de criterios de manejo y ordenamiento pesquero, el desarrollo de la actividad piscícola y el avance en el conocimiento de la fauna íctica. Además de determinar la posible existencia de más de un grupo conformando la especie *A. monticola* en la SNSM.

## 4. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 4.1 Ubicación taxonómica del rayado *Agonostomus monticola* (Brancroft en Griffith y Smith, 1834)

Se aplica la clasificación propuesta por Ferraris (2003):

|            |  |
|------------|--|
| Reino      | : Animalia   |
| Phylum     | : Chordata   |
| Subphylum  | : Vertebrata   |
| Superclase | : Gnathostomata  |
| Clase      | : Actinopterygii   |
| Subclase   | : Neopterygii  |
| División   | : Teleostei  |
| Orden      | : Mugiliformes   |
| Suborden   | : Mugiloidei   |
| Familia    | : Mugilidae  |
| Genero     | : <i>Agonostomus</i> Bennett, 1832                                   |
| Especie    | : <i>Agonostomus monticola</i> (Brancroft en Griffith y Smith, 1834) |

### 4.2 Características generales

En Colombia es conocido en la región de la SNSM como rayado (Dahl, 1971; Garzón y Wedler, 1997), tepemechin o machin en Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, México y Panamá (Meek y Hildebrand, 1916; Bussing, 1987; Cruz, 1987; Nelson, 1994; Ferraris, 2003).

*A. monticola* tiene un dorso de color grisáceo oliva con un reticulado negro sobrepuesto, los costados son plateados con un reticulado oscuro y el vientre



blanco perla. Hay una mancha negra en la base de la aleta pectoral y otra en la base de la cola. Los juveniles también presentan una banda de la punta del hocico que atraviesa el ojo y llega a la base de la pectoral. Las espinas de la primera aleta dorsal son muy evidentes por su color negro, contrastando con las membranas transparentes. Los radios de las otras aletas impares son oscuros y las membranas interradales amarillentas (Bussing, 1987)(Figura 1).



Figura 1. Rayado *Agonostomus monticola* (Brancroft en Griffith y Smith, 1834). Fuente: Grupo de Investigación Biodiversidad y Ecología Aplicada (GIBEA). Universidad del Magdalena. 2006.

El espécimen más grande reportado es de 36.0 cm de longitud total (Froese y Pauly, 2006). Los adultos habitan en agua dulce la mayor parte de su vida pero probablemente realicen la freza en las partes bajas de los ríos o en el mar. Los desoves están correlacionados con el periodo de mayor lluvia. Larvas y juveniles han sido colectados en la desembocadura de los ríos y mar afuera. Es una especie de pequeña pesquería comercial y de subsistencia en las Antillas y Centro América (Harrison, 2003).

En Colombia se distribuye en los ríos de la vertiente norte de la SNSM (Dahl, 1971; Garzón y Wedler, 1997). En el Pacífico colombiano está registrado para el río Dagua como *Joturus daguae*, sinonimia de *A. monticola* (Eigenmann, 1920; Ferraris, 2003). También ha sido colectado en la Ciénaga Grande de Santa Marta, ejemplar que se encuentra en la Colección de Peces del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). En América Central se encuentra en los ríos que desembocan en la Costa Caribe y Pacífica de Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, México y Panamá (Meek y Hildebrand, 1916; Behre, 1928; Bussing, 1987; Cruz, 1987; Nelson, 1994; Ferraris, 2003; Froese y Pauly, 2006). También ha sido reportado para los ríos de Las Bahamas y Las Antillas Mayores (probablemente también en la Antillas Menores) y en los ríos que desembocan en el Atlántico en Venezuela. Raramente reportado en ríos del sur de USA (Florida y Louisiana). También se conoce en las islas Galápagos (Harrison, 2003).

#### 4.3 Morfometría

La variación geográfica en morfometría ha sido usada para discriminar formas locales de peces durante un siglo (Cadrian, 2000). El desarrollo de métodos para la identificación de stock ha sido paralelo al avance de técnicas morfométricas. Los análisis más tempranos de variables morfométricas para identificación de stock fueron comparaciones univariadas, pero fueron prontamente seguidos por análisis bivariados y multivariados de crecimiento relativo para detectar cambios





ontogénicos y variación geográfica entre stocks de peces (Cadrin, 2000). Avances más recientes han sido facilitados por técnicas de procesamiento de imagen, colección de datos más comprehensivos y precisos, cuantificación de forma más efectiva y nuevas herramientas analíticas. Muchas referencias de casos de estudio ofrecen pautas para probar diferencias morfométricas e interpretar análisis multivariados en la identificación de stock. Los análisis morfométricos proveen un poderoso complemento de la genética y de las consideraciones de hábitat para identificar stock (Cadrin, 2000).

El análisis de componentes principales (PCA) tiene como objetivo la estructuración de un conjunto de datos multivariado mediante la reducción del número de variables, esta es una metodología de tipo matemático para la cual no es necesario asumir distribución probabilística alguna, transformando el conjunto de variables originales en un conjunto mas pequeño de variables, las cuales son combinaciones lineales de las primeras, y tiene como propósito central la determinación de unos pocos factores (componentes principales) que retengan la mayor variabilidad contenida en los datos. Las nuevas variables poseen algunas características estadísticas "deseables", tales como independencia (bajo el supuesto de normalidad) y no correlación (Díaz-Monrroy, 2002).

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

La SNSM, esta localizada al norte de Colombia y posee una extensión de 17000 km<sup>2</sup> aproximadamente, entre los 10° 01' 05" y 11° 20' 11" de latitud norte y los 72° 36' 16" y 74° 12' 49" de longitud oeste, en el extremo noroccidental de Suramérica (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, 1998). Se eleva abruptamente como una isla montañosa independiente de la cordillera de los Andes, desde las costas del mar Caribe y las tierras planas y fértiles que la rodean, hasta una altura de 5775 msnm. Sus picos nevados a tan solo 42 km de la costa hacen de ella la montaña de litoral más alta del mundo. Por su aguda variación altitudinal, ubicación en el trópico y por haber sido un refugio pleistocénico, en la SNSM se encuentra la más grande variedad de fauna y flora con numerosas especies endémicas (Corpamag, 1991). La SNSM fue declarada por la UNESCO Reserva del Hombre y la Biosfera. Por sus características la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza la declaró ecosistema prioritario en Suramérica para su conservación. (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, 1994).

El contexto geográfico del presente estudio lo constituyen los ríos Toribio y Piedras de la SNSM (Figuras 2 y 3).



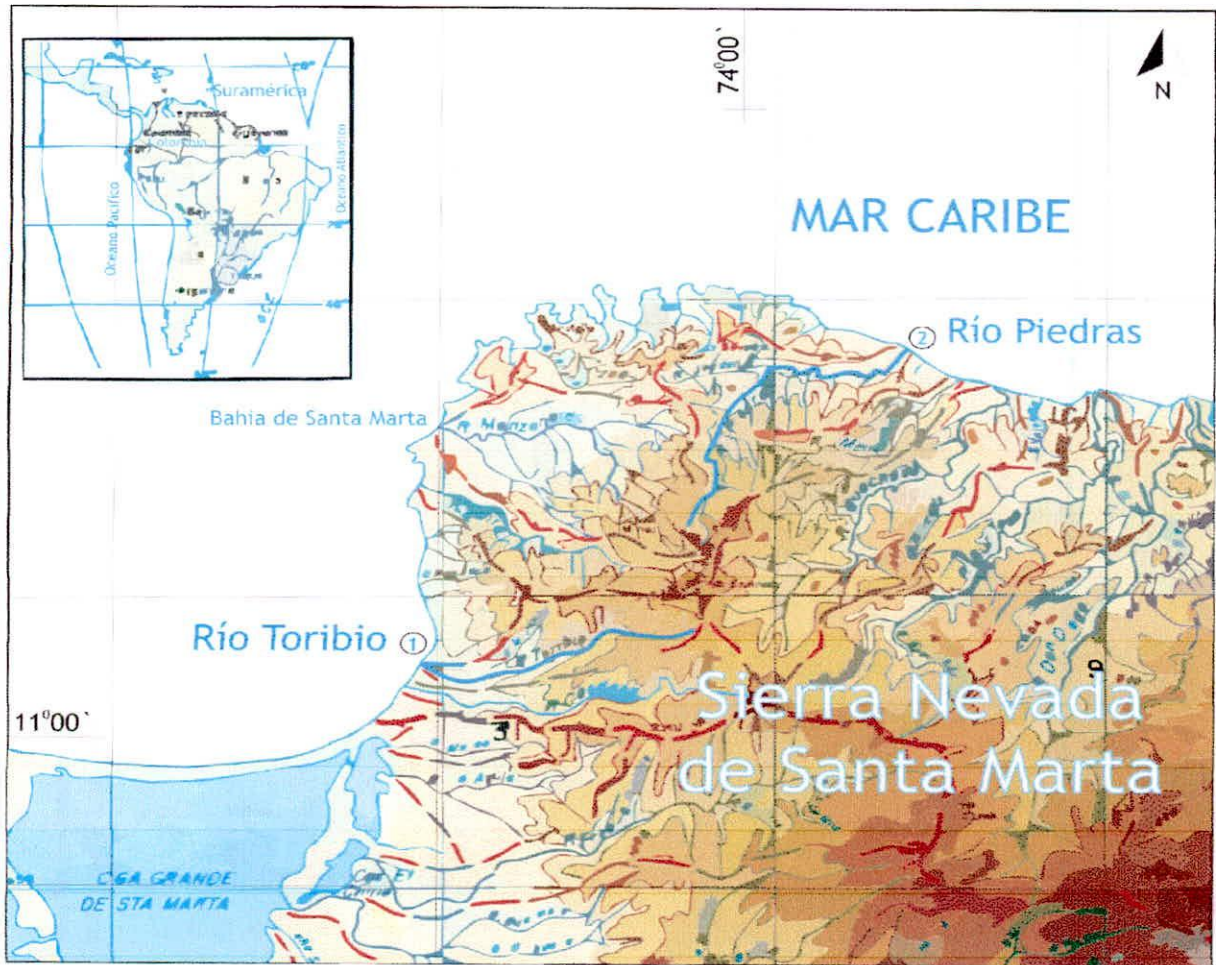


Figura 2. Área de estudio. Ríos: Toribio (Vertiente Occidental) y Piedras (Vertiente Norte) de la SNSM, Colombia. Tomado y modificado de Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, 1991.







a) b)  
Figura 3. (a) Río Toribio, (b) Río Piedras. Fuente: GIBEA, 2006.

La Cuenca hidrográfica del Río Piedras se encuentra ubicada en la costa norte colombiana, en jurisdicción del Distrito Turístico Cultural e Histórico de Santa Marta, capital del departamento del Magdalena. Limita al norte con el Mar Caribe, al sur con la Cuchilla de San Lorenzo, al este con la Cuenca Hidrográfica del río Mendihuaca y al oeste con la Cuenca Hidrográfica del río Manzanares. Comprende un área de 158 km<sup>2</sup>, tiene su nacimiento a 2400 m sobre el nivel del mar, en la Cuchilla de San Lorenzo, y desemboca en el Mar Caribe (Aguado *et al.* 2004).

La Cuenca Hidrográfica del río Piedras es de forma regular, con un ancho promedio de 5 km en su parte baja y alta, alcanzando unos 10 km en la parte media y una longitud promedio de 38 km. Ésta se encuentra enmarcada entre las coordenadas 12°11'29,1" de latitud norte y 71°57'32.6" de longitud oeste.

Referenciada con respecto al Datum Bogotá 1.000.000N -1.000.000E, el río se extiende a partir de las coordenadas 1.004.601,81E, 1.724.046,00N hasta su desembocadura, cuyas coordenadas son 1.740.985,16N, 1.019.933,96E (Aguado *et al*, 2004).

El Río Toribio nace en el flanco occidental de la SNSM, a 2800 m sobre el nivel del Mar y vierte sus aguas directamente al mar Caribe, formando un sistema hidrográfico sencillo e independiente. Su cuenca tiene una superficie de 99 km<sup>2</sup>, es de forma oblonga alargada, con un ancho aproximado de 3 km en su desembocadura y un promedio de 6 km en el resto de la cuenca. La distancia longitudinal desde su nacimiento hasta el mar es de 33 km. Limita al norte con unas microcuencas o arroyos que vierten sus aguas al mar (entre los que se destacan el arroyo Don Jaca), al noreste con la cuenca del Río Gaira y al sur con la cuenca del Río Córdoba (Oliveros, 1996).





## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1.1. Muestreos

Entre julio del 2005 y junio del 2006 se colectaron mensualmente ejemplares de *A. monticola* en los ríos Piedras y Toribio, para lo cual se dispuso de dos atarrayas con radios de 3 m y 5 m, con un tamaño de malla de 15 mm y 20 mm, respectivamente. En el río Toribio los muestreos fueron realizados entre los 15 y 20 msnm, mientras que en el río Piedras entre los 106 y 116 msnm. Estas diferencias en altitud se debieron a la accesibilidad para cada río. El muestreo se llevó a cabo haciendo un barrido en los diferentes tramos dentro de las áreas establecidas. Las faenas se iniciaron a las 8:00 am hasta coleccionar un número de especímenes que osciló entre 25 a 40 en cada río. Estos fueron rotulados y transportados hasta el laboratorio para su posterior análisis.

### 6.1.2. Trabajo en laboratorio

Se tomaron 18 medidas morfométricas al costado izquierdo de los especímenes (Figura 3) con calibrador digital con precisión de 0.01 mm. Las medidas de las longitudes total, estándar y horquilla mayores de 15.5 cm. fueron tomadas con ictiómetro convencional con precisión de 1 mm.

Con respecto al peso, se utilizó una balanza con precisión de 1 gramo y una balanza analítica digital con precisión de 0.0001 g. Los individuos con un peso mayor a 110 g, se pesaron en la balanza con aproximación al gramo.

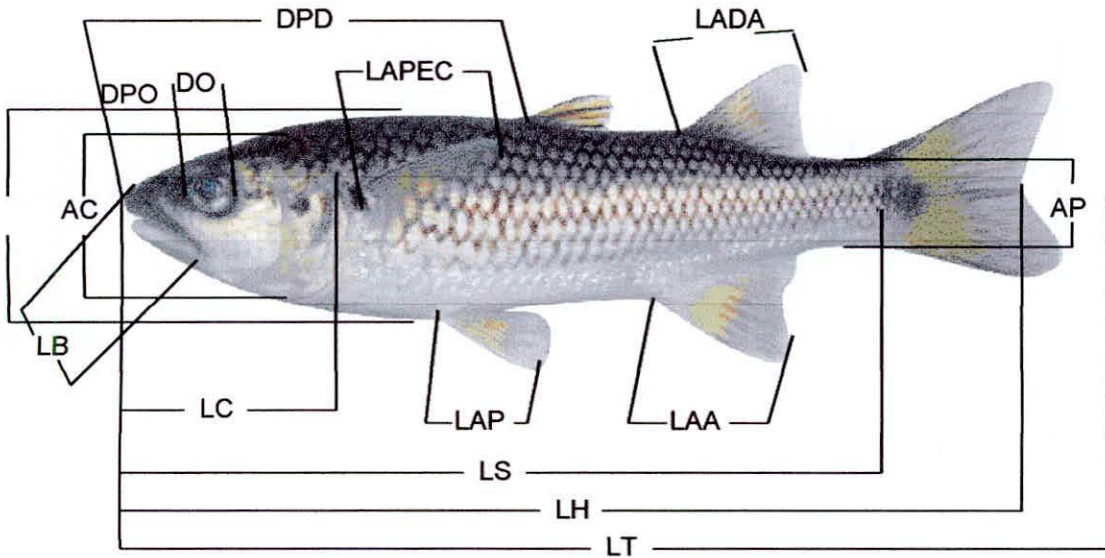


Figura 4. Medidas morfométricas tomadas en el rayado (*A. monticola*).

Las variables morfométricas tomadas para la identificación de stocks fueron:

Longitud total (LT): distancia desde el hocico hasta el lóbulo inferior de la aleta caudal.

Longitud estándar (LE): desde el hocico hasta la deflección de la piel a la altura de la placa del hipural.

Longitud horquilla (LH): desde el hocico hasta la horquilla de la aleta caudal.

Longitud de la cabeza (LC): desde el hocico hasta el borde posterior del opérculo.

Altura de la cabeza (AC): desde la línea media del occipucio en sentido vertical hasta el perfil ventral de la misma o pecho.

Grosor de la cabeza (GC): se mide a nivel de las cubiertas operculares, estando éstas en posición normal.

Distancia prenasal (LPN): distancia desde el extremo anterior del labio superior hasta el hocico.

Distancia preorbital (DPO): distancia desde el extremo anterior del labio superior hasta el borde exterior de la cornea.

Distancia predorsal (DPD): distancia desde el extremo anterior del labio superior hasta la base de la primera espina o radio de la aleta dorsal.

Longitud de la boca (LB): distancia medida desde el extremo anterior del labio superior hasta el final de éste.

Ancho de la boca (AB): distancia medida de la anchura total de un lado de la boca al opuesto.

Diámetro del ojo (DO): diámetro horizontal del ojo.

Altura del cuerpo (A): distancia entre la parte dorsal y ventral del cuerpo a la altura de la base de la aleta dorsal y de la base de las aletas pélvicas.

Longitud de la aleta dorsal anterior (LADA): longitud desde el origen hasta el extremo del radio más largo de la aleta dorsal.

Longitud aleta pectoral (LAPEC): longitud desde el origen hasta el extremo del radio más largo de la aleta pectoral.

Longitud aleta pélvica (LAP): longitud desde el origen hasta el extremo del radio más largo de la aleta pélvica.

Longitud aleta anal (LAA): longitud desde el origen hasta el extremo del radio más largo de la aleta anal.





Altura del pedúnculo (AP): medida de la dimensión mínima de esta parte del cuerpo en forma vertical.

Los pesos tomados fueron: peso total y peso eviscerado. También se identificó el sexo de los individuos analizados.

## **6.2. Tratamiento de datos**

En el presente estudio se evaluaron los siguientes aspectos: Morfometría, Relación longitud-peso, Factor de Condición y Crecimiento.

### **6.2.1. Morfometría**

De manera preliminar con cada una de las medidas morfométricas se realizó un análisis de varianza a una vía (ANOVA), con el fin de determinar diferencias univariadas entre los ríos en cuestión, previo a esto los datos fueron transformados a logaritmo para validar los supuestos de normalidad de residuos mediante la prueba Shapiro-Wilks y homogeneidad de varianzas con la prueba de Bartlett.

Dentro de cada grupo de muestreo se evidenció una variación del tamaño de los especímenes, esto se le atribuye a la colecta de individuos en diferentes estadíos. Con el fin de controlar y prevenir un posible sesgo en el conjunto de medidas, se tuvo en cuenta los procedimientos presentados por Strauss (1985) y dos Reis *et al.* (1990). Inicialmente para comprobar y remover el efecto de la variación del tamaño dentro de los grupos, se realizó un (PCA total) con los datos

transformados logaritmicamente, donde se obtuvo que el primer componente principal fue usado como un estimativo del tamaño general porque todos los caracteres fueron significativa y positivamente correlacionados con este componente (Strauss, 1985). Siguiendo el criterio de dos Reis *et al.* (1990), con el primer componente principal y cada una de las medidas morfométricas se realizaron regresiones y se obtuvieron los residuos de cada regresión, los cuales expresan la variación en las medidas luego de remover el efecto del tamaño dentro de los sitios de muestreo, con estos datos se formó una nueva matriz. Después se hizo nuevamente un PCA para valorar la variación morfométrica entre grupos. Posteriormente se llevó a cabo un análisis discriminante para determinar las diferencias estadísticas entre los grupos, usando el estadístico lambda de Wilk's, para evaluar si las funciones contribuyeron significativamente en la discriminación de los grupos.

### 6.2.2. Relación longitud-peso

Se calculó la relación longitud-peso por sexo para *A. monticola* de los ríos Toribio y Piedras de la SNSM, a través del siguiente modelo de regresión potencial.

$$W_E = a * LT^b$$

Donde  $W_E$  es el peso eviscerado tomado en gramos (g),  $LT$  es la longitud total en milímetros (mm),  $a$  y  $b$  son las constantes de las regresiones (Sparre y Venema, 1995).



Para determinar diferencias en la relación longitud-peso entre los sexos se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA), donde la variable dependiente fue el peso, la covariable la longitud y el factor el sexo. Previamente se validaron los supuestos de normalidad de residuos (prueba de Shapiro Wilks), homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett), relación lineal entre la variable dependiente y la covariable (análisis de correlación), y homogeneidad de las pendientes de la relación entre la variable dependiente y la covariable (García-Berthou y Moreno-Amich, 1993). Si existen diferencias, el siguiente análisis se realizará con el género que represente mejor en número a la población.

Posteriormente se realizó una relación longitud-peso por río y a través de un ANCOVA se evaluaron las posibles diferencias, escogiendo la longitud Total como variable independiente, la variable dependiente fue el peso eviscerado y el río como el factor. El tipo de crecimiento se determinó teniendo en cuenta el valor del coeficiente de alometría ( $b$ ) a través de una prueba t-Student (Zar, 1996). Donde se verifica si el parámetro es igual o diferente de 3, tomando este valor como isométrico, en caso de ser menor la variable se comporta como alométrica negativo y cuando es mayor alométrica positiva (Ibáñez y Ileonart, 1996). Cabe anotar que la relación longitud-peso se realizó con el peso eviscerado de los individuos, para evitar sesgos en los resultados. Dado que Pauly (1984) dice que es posible que la frecuencia de individuos maduros en el análisis aumente este índice.



### 6.2.3. Factor de Condición

Se calculó el factor de condición ( $k$ ), según Vazzoler (1996) mediante la siguiente expresión:

$$K = WT/(LT^b)$$

Donde  $WT$  es el peso total expresado en gramos,  $LT$  es la longitud total expresada en (mm) y  $b$  es el coeficiente de alometría correspondiente al crecimiento de los individuos, obtenido de la relación general talla-peso. Para evaluar diferencias en el factor de condición se realizó una comparación mensual por río a través de una prueba t-student.

### 6.2.4. Crecimiento

Se estimaron los parámetros de crecimiento de *A. monticola* por medio de la ecuación de crecimiento estacionalizada de von Bertalanffy.

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0) + (KC/2\pi)\sin 2\pi(t-t_s) - (KC/2\pi)\sin 2\pi(t_0-t_s)})$$

Donde  $L_t$  es la longitud del individuo en el momento de la captura,  $L_{\infty}$  (longitud asintótica), es la longitud máxima teórica alcanzada por el pez,  $K$  es la constante de crecimiento,  $C$  es el parámetro de amplitud de oscilación del crecimiento,  $t_s$  es la fracción de tiempo del año en que la tasa de crecimiento es mínima,  $t_0$  (parámetro de condición inicial) determina la edad hipotética en la que el pez tiene talla igual a cero (Sparre y Venema, 1995). Se asumió un crecimiento estacionalizado para los individuos de *A. monticola*, ya que los parámetros



ambientales no permanecen constantes durante todo el año, a esto se le suma la influencia de los vientos Alisios en la SNSM (Blanco, 1980).

Agrupando los datos de longitud total en marcas de clase de 10 mm, se calcularon los parámetros  $L_{\infty}$  y  $K$  a través de la rutina ELEFAN incluida en el programa FISAT (Gayanilo y Pauly, 1997),  $t_0$ ,  $C$  y  $t_s$  se calcularon mediante el programa LFDA versión 5.0 (Jones *et al*, 1990). A través de la ecuación inversa de von Bertalanffy se determinó el parámetro  $t$  (Sparre y Venema, 1995). Esto con el fin de hallar la edad a la que el pez alcanza la talla asintótica, y de esta forma presumir la longevidad teórica para la especie.

$$t(L) = t_0 - 1/K * \ln(1 - L_t / L_{\infty})$$

Donde  $L_t$  es un valor muy cercano al del parámetro  $L_{\infty}$ .

Se utilizó el índice de desempeño de crecimiento  $\phi'$  (Pauly y Munro, 1984) para comparar los valores de crecimiento entre los ríos Toribio y Piedras, a través de la siguiente ecuación.

$$\phi' = 2 \log_{10}(L_{\infty}) + \log_{10} K$$

Con el objetivo de cuantificar la influencia de cada grupo de datos mensuales sobre los parámetros de crecimiento, se aplicó la técnica de remuestreo "jackknife". Donde se obtuvo 12 combinaciones de datos, omitiendo de forma secuencial cada conjunto de datos que representa un mes (Levi *et al.*, 1987; Manly, 1997). Se determinaron los límites de confianza para cada parámetro. Para



determinar posibles diferencias entre los sitios de muestreo se realizó un ANOVA entre los valores de  $L_{\infty}$  y  $K$  de los ríos en cuestión.

Con el fin de determinar la influencia de la variación del caudal de los ríos Toribio y Piedras sobre la condición y el crecimiento de los especímenes, se realizó una comparación entre los valores multianuales del caudal medio mensual del Río Piedras suministrados por IDEAM (Sistema de Información Nacional Ambiental) que comprende los años de 1989 a 2007, omitiendo los periodos de 2005-2006, y los valores de caudal medio mensual del primer semestre del 2006 obtenidos en este estudio. Para evaluar las posibles diferencias se realizó una comparación de las muestras de los meses de enero a junio para cada uno de estos ríos. Cabe anotar que por falta de datos de ciclo multianual no se realizó la misma comparación en el río Toribio. De igual forma se evaluó los valores de Caudal para los ríos Toribio y Piedras con los datos de muestreo obtenidos en este estudio.



## 7. RESULTADOS

Se colectaron en total 760 individuos, 320 para el río Toribio y 440 para el río Piedras. En la Tabla 1, se indica el número de ejemplares empleados en cada análisis.

Tabla 1. Numero de individuos empleados para cada análisis en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.

| río     | Análisis     |                        |                     |             |
|---------|--------------|------------------------|---------------------|-------------|
|         | Morfométrico | Relación longitud-peso | Factor de condición | Crecimiento |
| Toribio | 311          | 256                    | 314                 | 314         |
| Piedras | 435          | 155                    | 408                 | 375         |

### 7.1. Análisis morfométrico

El análisis univariado entre ríos mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), entre todas las medidas morfométricas (Tabla 2). Los resultados de estos análisis morfométricos muestran diferencias entre los individuos pertenecientes a los ríos Toribio y Piedras. No obstante, estos resultados pueden deberse al tamaño y no a la forma de los individuos, por tal motivo fue necesario comprobar estos resultados con análisis multivariados.

Tabla 2. Media, error estándar (E.E.), valores de *F* y de significancia (valor-p), de cada una de las medidas morfométricas para cada río.

| MEDIDA MORFOMÉTRICA | RÍO     |       |         |       | F <sub>1,745</sub> | Valor-p |
|---------------------|---------|-------|---------|-------|--------------------|---------|
|                     | TORIBIO |       | PIEDRAS |       |                    |         |
|                     | MEDIA   | E.E.  | MEDIA   | E.E.  |                    |         |
| LC                  | 1.51    | 0.008 | 1.42    | 0.007 | 64.85              | 0.00    |
| AC                  | 1.42    | 0.008 | 1.37    | 0.007 | 67.29              | 0.00    |
| GC                  | 0.96    | 0.006 | 0.89    | 0.005 | 86.25              | 0.00    |
| DPN                 | 0.79    | 0.011 | 0.70    | 0.009 | 37.21              | 0.00    |
| DPO                 | 0.99    | 0.009 | 0.90    | 0.008 | 48.30              | 0.00    |
| DPD                 | 1.77    | 0.008 | 1.68    | 0.007 | 75.77              | 0.00    |
| LB                  | 1.08    | 0.010 | 0.97    | 0.009 | 61.42              | 0.00    |
| AB                  | 1.01    | 0.010 | 0.92    | 0.009 | 42.89              | 0.00    |
| DO                  | 0.96    | 0.006 | 0.89    | 0.005 | 86.25              | 0.00    |
| A                   | 1.47    | 0.008 | 1.38    | 0.007 | 65.480             | 0.00    |
| LADA                | 1.26    | 0.006 | 1.18    | 0.005 | 104.17             | 0.00    |
| LAPEC               | 1.36    | 0.008 | 1.27    | 0.006 | 76.96              | 0.00    |
| LAP                 | 1.330   | 0.008 | 1.240   | 0.006 | 77.70              | 0.00    |
| LAA                 | 1.36    | 0.008 | 1.27    | 0.007 | 74.93              | 0.00    |
| AP                  | 1.09    | 0.008 | 1.00    | 0.006 | 83.12              | 0.00    |

Al aplicar el análisis de componentes principales se obtuvo que los dos primeros componentes principales libres del efecto del tamaño representaron el 50.6% de la variación entre los sitios de muestreo, suministrando la primera función el 33.4 % de la variación total y la segunda el 17.2% (Tabla 3). Los individuos pertenecientes a los ríos en cuestión se superponen casi en su totalidad lo cual no muestra una diferencia significativa entre estos dos grupos ( $P > 0,05$ ) (Figura 5).

Tabla 3. Valores y porcentaje de variación del análisis de Componentes Principales de *A. monticola* en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.

| Comp. | Valores propios | % variación |
|-------|-----------------|-------------|
| 1     | 3.75893         | 33.411      |
| 2     | 1.9361          | 17.209      |
| 3     | 1.26246         | 11.221      |
| 4     | 0.780018        | 6.9332      |
| 5     | 0.632039        | 5.6178      |
| 6     | 0.574686        | 5.1081      |
| 7     | 0.438818        | .9004       |
| 8     | 0.389922        | 3.4658      |
| 9     | 0.343286        | 3.0513      |
| 10    | 0.298171        | 2.6503      |
| 11    | 0.245719        | 2.1841      |
| 12    | 0.224884        | 1.9989      |
| 13    | 0.204521        | 1.8179      |
| 14    | 0.161008        | 1.4311      |
| 15    | 1.62383E-10     | 1.4433E-09  |



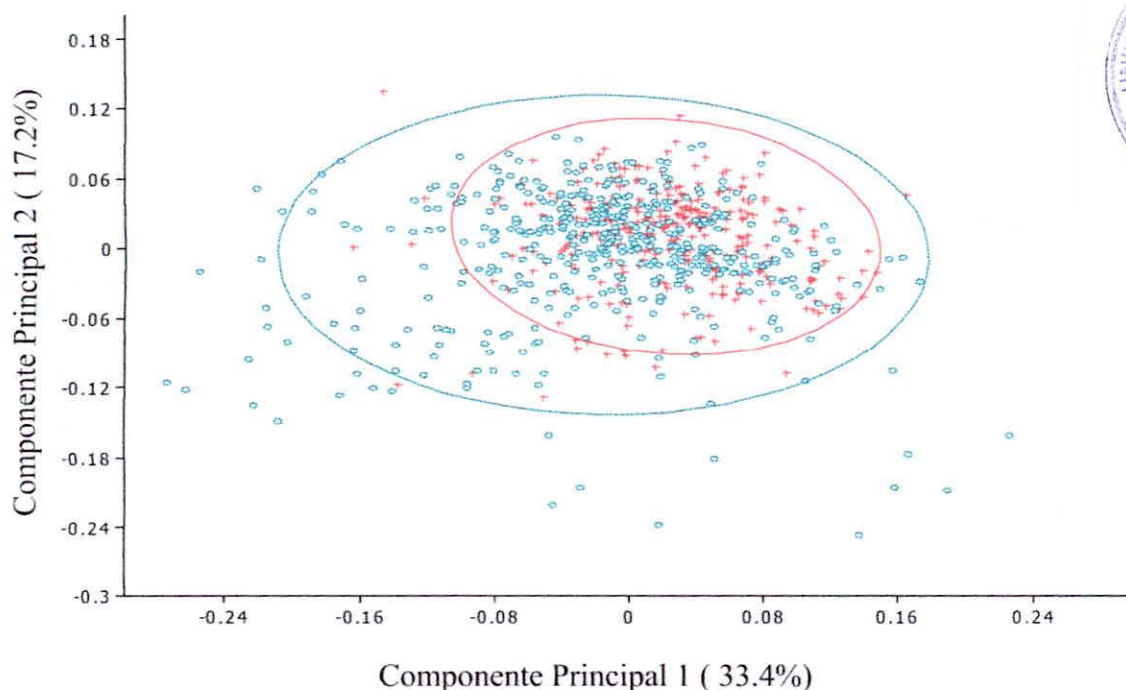


Figura 5. Análisis de Componentes Principales de los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.

El valor del parámetro lambda de Wilks, fue de 0.83 confirmando lo antes mencionado. Se observó que los individuos del río Toribio de acuerdo con sus características morfométricas clasificaron correctamente en un 72.03% e incorrectamente en un 27.97%, mientras que para el río Piedras la clasificación fue correcta en un 66.44% y el 33.56% fue incorrecta. Las variables que clasificaron en el primer componente principal fueron: LAP, LAA, DPD, LAPEC, DO, LADA, GC, AC, AP, A y en el segundo componente principal fueron: LC, LB, DPO, AB. Observando que en el primer componente clasificaron un número mayor de variables y de menor magnitud, y en el segundo componente principal el número

de variable fue menor, siendo todas concernientes a la cabeza del espécimen, y de mayor magnitud (Figura 6).

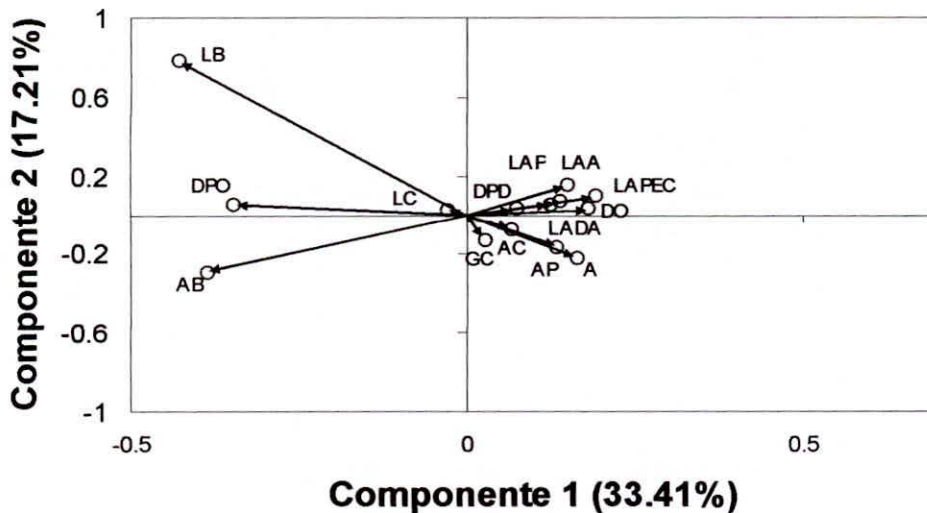


Figura 6. Gráfica bivariada de la proyección de los puntajes de las medidas morfométricas de los dos primeros componentes del PCA.

## 7.2. Relación longitud-peso

El análisis de la relación longitud-peso para *A. monticola* se realizó con 411 individuos, de los cuales 318 fueron hembras y 93 machos, con tallas comprendidas entre 83 mm y 324 mm y pesos entre 5.5 g y 265 g. El ANCOVA realizado por sexo mostró diferencias significativas ( $F_{1,408} = 12.09$ ;  $P < 0.05$ ) observando que a una misma longitud las hembras pesan más que los machos. Se obtuvieron las ecuaciones de la relación longitud-peso para cada sexo siendo para hembras  $W = 0.00002LT^{2.8512}$  y para machos  $W = 0.000008LT^{3.0053}$ .



Los valores de  $b$  obtenidos de la regresión fueron 2.8512 y 3.0053 para hembras y machos respectivamente. En la Figura 7 se presentan la relación para cada sexo. Considerando a las hembras, se observaron diferencias en la relación longitud-peso entre ríos, obteniendo que a una misma longitud las hembras del río Toribio pesan más que las del río Piedras (ANCOVA:  $F_{1,315} = 54.61$ ;  $p < 0.05$ ) y por tanto se efectuó la relación longitud-peso para cada río en cuestión (Figura 8).

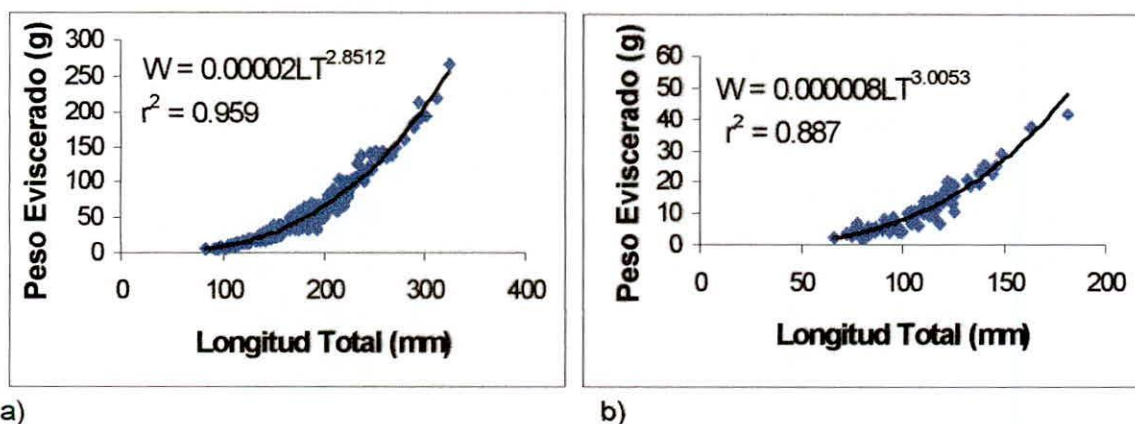


Figura 7. Gráficos de dispersión de la relación longitud-peso a) Hembras, b) Machos, de *A. monticola* en los Ríos Toribio y Piedras, SNSM.

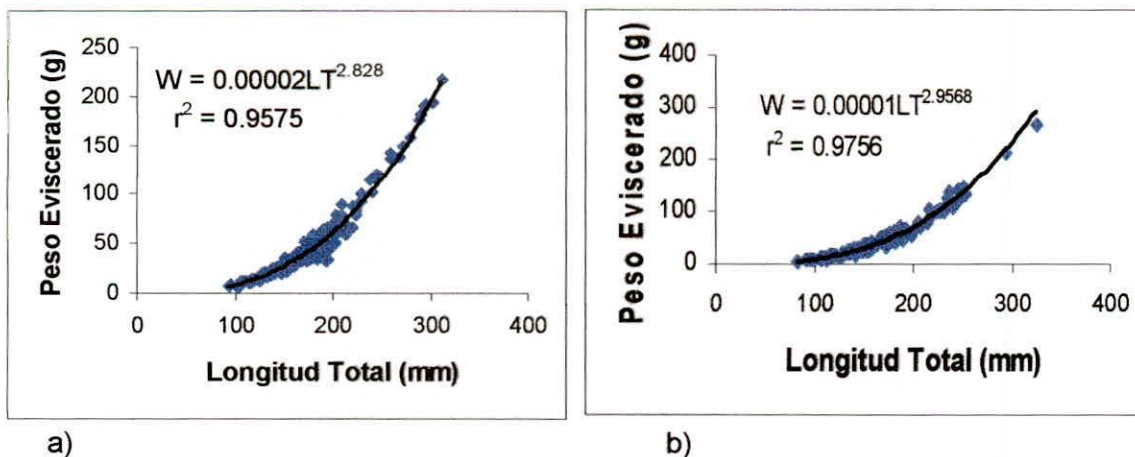


Figura 8. Gráficos de dispersión de la relación longitud-peso para hembras de *A. monticola* en los ríos a) Toribio, b) Piedras de la SNSM.

Las relaciones longitud-peso para hembras de *A. monticola* en los ríos Toribio y Piedras muestran que *A. monticola* tiene un crecimiento alométrico, con un alto coeficiente de determinación (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del análisis de regresión y t-student de la relación talla-peso para hembras de *A. monticola*. (n) número de individuos, (a y b) constantes de las regresiones, ( $r^2$ ) coeficiente de determinación, (t (3)) estadístico de isometría, (valor-p) valor de probabilidad.

| Sitio   | n   | a       | b      | $r^2$  | t (3)  | Valor-p | Crecimiento |
|---------|-----|---------|--------|--------|--------|---------|-------------|
| Toribio | 185 | 0.00002 | 2.828  | 0.9575 | -3.906 | 0.0000  | Alométrico  |
| Piedras | 133 | 0.00001 | 2.9568 | 0.9756 | -1.061 | 0.0000  | Alométrico  |

### 7.3. Factor de Condición

Se encontraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.05$ ) en el factor de condición medio mensual de los peces en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM (Tabla. 5) (Figura 9).

Tabla 5. Resultados del Factor de Condición de los Ríos Toribio y Piedras de la SNSM. Valores  $F$ ,  $t$  y significancia de la prueba t-student por mes.

| Muestreos  | $F$  | $t$    | Valor-p |
|------------|------|--------|---------|
| Julio      | 0.19 | -25.19 | 0.00    |
| Agosto     | 0.16 | -20.61 | 0.00    |
| Septiembre | 0.12 | -22.05 | 0.00    |
| Octubre    | 0.29 | -31.85 | 0.00    |
| Noviembre  | 0.10 | -16.86 | 0.00    |
| Diciembre  | 0.10 | -16.94 | 0.00    |
| Enero      | 0.17 | -9.34  | 0.00    |
| Febrero    | 0.13 | -19.32 | 0.00    |
| Marzo      | 0.13 | -20.15 | 0.00    |
| Abril      | 0.05 | -19.59 | 0.00    |
| Mayo       | 0.09 | -20.85 | 0.00    |
| Junio      | 0.15 | -23.13 | 0.00    |



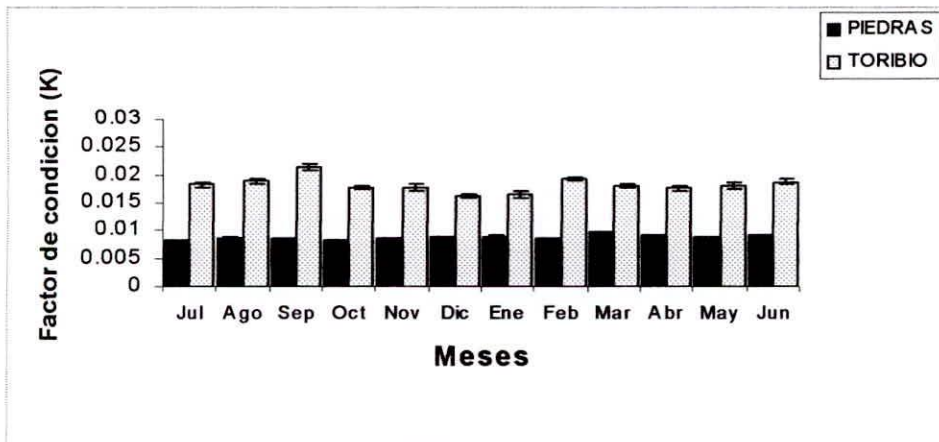


Figura 9. Factor de condición de *A. monticola* para los ríos Toribio y Piedras de la SNSM

#### 7.4. Crecimiento

La longevidad teórica calculada para *A. monticola* en los Ríos Toribio y Piedras fue de 63 y 106 años respectivamente. Probablemente estos altos valores se deban a falta de especímenes mucho más jóvenes y de menores tallas en las muestras incluidas en el cálculo de los parámetros de crecimiento. Debido a los altos valores arrojados, se decidió no tomarlos en cuenta para fines prácticos. Como referencia la longevidad reportada para *Mugil cephalus*, ( $A_{0.95} = 28.3$  años) (Ibáñez, G. y C, Gallardo, 2004), un mugílido de mayor tamaño y más estudiado.

A partir de tallas calculadas para las edades de 1 a 28 años, con el número total de muestras, se obtuvieron la curva de crecimiento de la especie (Figura 10) y los parámetros de crecimiento de *A. monticola* en cada río (Tabla 6).



Se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los valores de los parámetros  $L_{\infty}$  y  $K$  obtenidos del análisis jackknife entre los ríos Toribio ( $L_{\infty} = 331$  y  $K = 0.22$ ) y Piedras ( $L_{\infty} = 357$  y  $K = 0.13$ ). Estas diferencias son afirmadas con los resultados obtenidos en los límites de confianza, donde se observó que no hubo superposición de éstos (Figuras 11).

Tabla 6. Parámetros de crecimiento de *A. monticola* en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM, valores estimados con el total de muestreos (12).

|              | Ríos    |         |
|--------------|---------|---------|
|              | Toribio | Piedras |
| $L_{\infty}$ | 334.6   | 354.8   |
| $K$          | 0.20    | 0.12    |
| $t_0$        | -0.41   | -0.17   |
| $C$          | 0.62    | 1.30    |
| $t_s$        | 0.31    | 0.27    |
| $\phi'$      | 4.35    | 4.18    |
| $R_n$        | 0.33    | 0.28    |

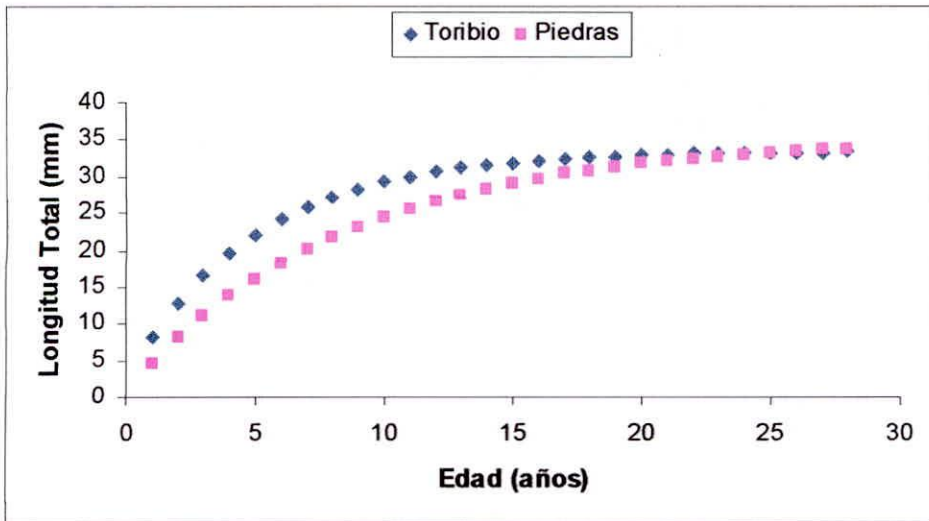
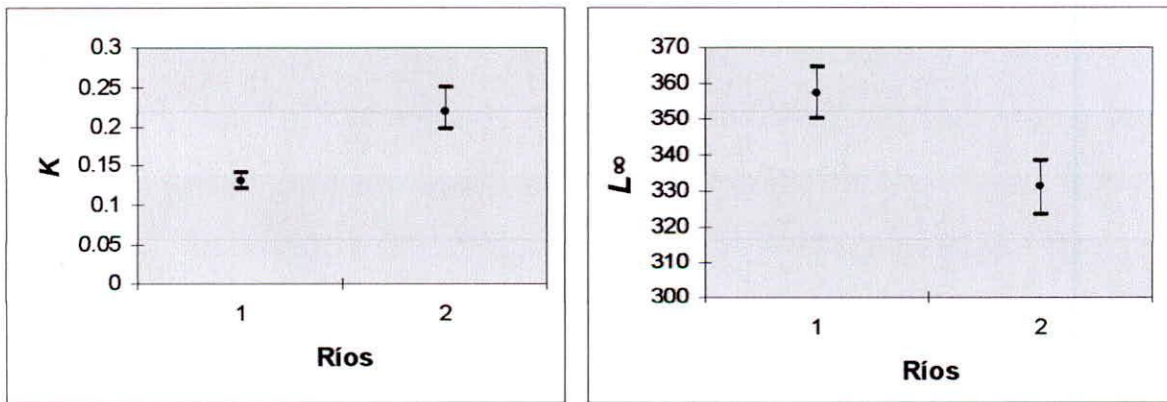


Figura 10. Curva de crecimiento estacionalizado de von Bertalanffy para *A. monticola* en los ríos Toribio y Piedras de la SNSM. Toribio:  $L_{\infty} = 334.6$ ;  $K = 0.20$ ;  $t_0 = -0.41$ ;  $C = 0.62$  y  $t_s = 0.31$ . Piedras:  $L_{\infty} = 354.8$ ;  $K = 0.12$ ;  $t_0 = -0.17$ ;  $C = 1.30$  y  $t_s = 0.27$ .



a) b) Figura 11. Intervalos de confianza de los parámetros a)  $L_{\infty}$ , b)  $K$ , para *A. monticola*, en los ríos 1) Toribio, 2) Piedras de la SNSM.



La comparación entre valores de Caudal medio mensual en el Río Piedras arroyo que no existe diferencia significativa ( $p>0.05$ ) entre el ciclo multianual y el semestral (Figura 12), de igual forma entre el Caudal medio mensual de los Ríos Toribio y Piedras ( $p>0.05$ ) (Figura 13).

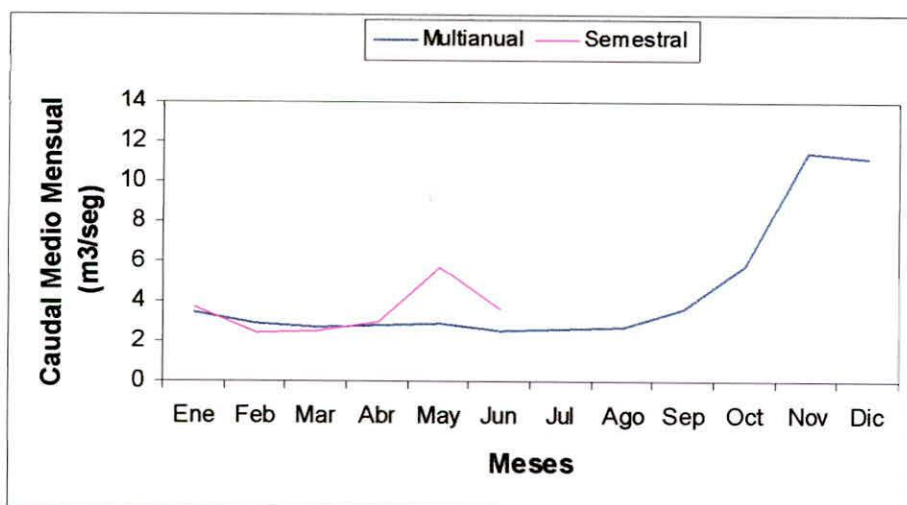


Figura 12. Valores del Caudal medio mensual del río Piedras, SNSM. \_\_\_ Entre los años 1989 y 2007 (omitiendo los años 2005-2006). Fuente: IDEAM (Sistema de Información Nacional Ambiental), \_\_\_ seis primeros meses del año 2006. Fuente: GIBEA.

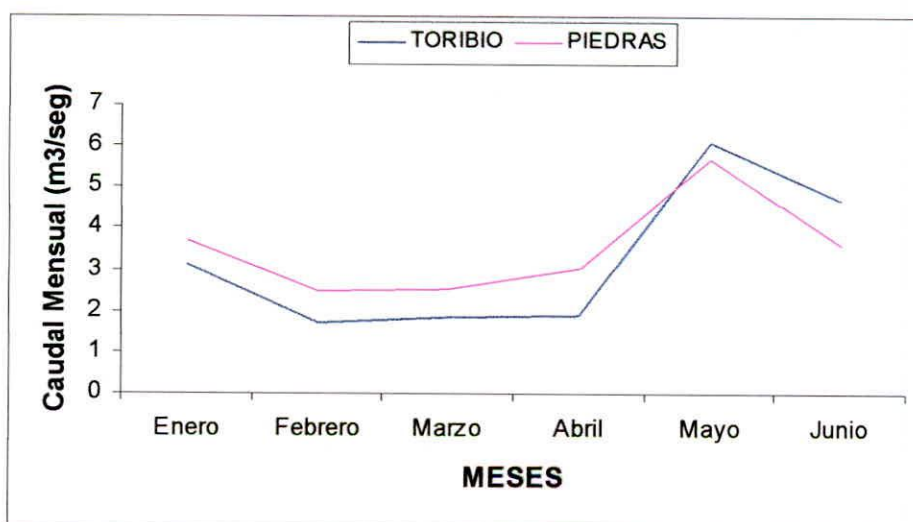


Figura 13. Caudal medio mensual del año 2006, de los Ríos Toribio y Piedras de la SNSM.



## 8. DISCUSIÓN

### 8.1. Morfometría

El análisis univariado mostró diferencias significativas entre todas las medidas morfométricas esto se debe a la diferencia de tamaños de los individuos pertenecientes a cada río, lo cual se atribuye a las diferencias en altitudes entre los sitios de muestreos para cada río, ya que el sitio viable de muestreo en el río Toribio está mucho más cerca de la desembocadura que el sitio de muestreo donde se posibilitó el muestreo en el río Piedras.

El PCA mostró ser útil para sistematizar o investigar la forma y el tamaño, la variación intraespecífica y la diferenciación de los grupos (Rohlf, 1990). Es posible que la falta de diferencia morfométrica observada entre los grupos comparados de *A. monticola* al aplicar el PCA, sea el resultado de ausencia de barreras geográficas que permiten el intercambio genético entre estos, lo cual es factible dado que se han capturado larvas de esta especie a 1 km de la costa (Anderson, 1957 en Cruz, 1987). Blanco (1980) observó que la lisa (*Mugil incilis*) no necesita alejarse mucho de la costa para desovar ya que no muy lejos de ésta existen profundidades adecuadas. Esto teniendo en cuenta que la activación del esperma ocurre en condiciones ligera a completamente salinas y en época de lluvia, sabiendo que la reproducción de la especie *A. monticola* tiene lugar en el periodo que coincide con la época de lluvia de la zona (Phillip, 1993; Cruz, 1987; Aiken,

1998). Corroborando este hecho, se observó que en la SNSM, el periodo reproductivo está comprendido en los meses septiembre y octubre, y el mes de noviembre como periodo final de desove, coincidiendo con el periodo de mayor precipitación en la zona (Díaz, 2007).

Dado que esta época viene acompañada de aumentos en el caudal, es posible que los huevos fecundados cerca de la zona de desembocadura sean arrastrados a una mayor distancia, aumentando el área de reproducción mar adentro, debido a la dirección de las corrientes que es generada por los vientos alisios del SW los cuales en la costa del departamento del Magdalena se dirigen bordeando la costa y soplan en esta zona desde mayo hasta noviembre (Blanco, 1980), época que coincide con el periodo reproductivo de la especie en estudio. De esta forma es posible que la dirección de las corrientes guiadas por los vientos alisios ayude al transporte de los huevos y larvas de un río de la SNSM al otro, sin recorrer grandes distancias, más aún cuando los parámetros ambientales (Temperatura, pH, Profundidad, Oxígeno disuelto, Conductividad, Dureza y Alcalinidad) en estos ríos no son significativamente diferentes (Perdomo, 2007) permitiendo la adaptación de los peces en cualquiera de estos ríos indistintamente. Todo esto sabiendo que los ríos son el hábitat en donde la especie completa su desarrollo y que no se han encontrado estadios posteriores a los larvales. Los análisis multivariados indican que no hay diferencias entre los grupos de *A. monticola* de los ríos Toribio y Piedras de la SNSM.



No obstante hay que tener en cuenta que el PCA fue realizado basado en medidas tradicionales, las cuales proporcionan resultados confiables, pero actualmente existen otro tipo de análisis como el "Box-truss", los cuales son más sensitivos a diferencias en la forma, que los análisis de dimensiones usadas tradicionalmente, porque la forma es más comprehensivamente descrita (Cadrin y Friedland, 1999).

## 8.2 Relación longitud-peso

Los individuos de *A. monticola* representados por hembras pertenecientes a los ríos Toribio y Piedras de la SNSM, presentaron un crecimiento de tipo alométrico (2.83 y 2.96 respectivamente), indicando que la longitud de estos individuos aumenta en mayor proporción que el peso, coincidiendo con lo reportado para *M. incilis* y *M. curema* (Lamprea, 1987). Mientras que Ibañez, G. y C, Gallardo (2004), encuentran para estas mismas especies un crecimiento isométrico y alométrico positivo (3 y 3.64) para *M. cephalus* y *M. curema* respectivamente. Se obtuvo mayor valor de la pendiente ( $b$ ) para los individuos del río Piedras.

El ANCOVA indicó que a una misma longitud las hembras pesan más que los machos, coincidiendo con las observaciones realizadas en campo y en laboratorio. Las cuales muestran que los machos presentan una coloración más clara (con un tenue color verde en el dorso), no exhiben el reticulado amarillento interr radial de





las aletas que muestran las hembras, presentan forma del cuerpo más alargada, las hembras tienen el dorso abultado y labios más gruesos con respecto a los machos, además cualitativamente también se observa que las hembras presentan mayor tamaño que los machos (Díaz, 2007). De igual forma la especie *M curema* mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre sexos de la Habana a través de un ANCOVA (Álvarez-Lajonchere, 1980).

### 8.3. Factor de condición

El factor de condición ha sido utilizado para describir el estado de bienestar de los peces y puede ser usado para definir los cambios estacionales en la condición de los peces y diferencias entre la condición de la misma especie en diferentes aguas (Nikolsky, 1963 EN Blanco, 1983). Está influido por la disponibilidad, cantidad y calidad del alimento presente en el medio ambiente, los factores abióticos, y por los cambios fisiológicos de la especie (Wootton, 1998).

En el factor de condición de *A. monticola*, específicamente el correspondiente al río Toribio, el mayor valor promedio se presenta al inicio del periodo reproductivo (septiembre), mientras que el menor después del periodo de reproducción (diciembre), coincidiendo exactamente con lo reportado para *M. cephalus* (Ibañez, G. y C, Gallardo, 2004) y para *Mugil curema* en uno de los dos incrementos reportados para la especie (septiembre-noviembre), en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Lamprea, 1987), estos valores de *K* coinciden además con los

mayores valores del índice gonadosomático de la especie (Díaz, 2007), corroborando que efectivamente este índice es un buen indicador del uso de la energía destinada a la reproducción, debido al gasto energético que ésta implica.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se cree que las diferencias del factor de condición mensual en los ríos evaluados no están relacionadas con los valores de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de los ríos, ya que se observó que no existe diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en los factores que influyen directamente con el bienestar de los especímenes tales como la variación del caudal y la temperatura del agua durante la época de muestreo en los ríos evaluados (Perdomo, 2007). Por lo que se presume que estos factores no tienen una influencia importante en la condición de la especie. Mientras que es posible que este resultado esté relacionado con la calidad y disponibilidad de alimento, la cual esta sujeta a los cambios estacionales, ya que luego del post-desove se observa como aumenta la condición de los peces específicamente en los meses de enero y febrero, probablemente debido al aumento de material detrítico que trajo la descarga de los ríos en época de lluvias, generando una mayor disponibilidad de alimento (Blanco, 1983; Osorio, 1985).

#### 8.4. Crecimiento

El crecimiento está definido como el cambio que se produce en el tamaño (longitud o peso) de los individuos con relación al tiempo (Sparre y Venema, 1995). Está influido por el alimento, espacio, temperatura, y otros factores (Wootton, 1998). Los factores que determinan el crecimiento de un pez puede ser dividida en factores exógenos impuestos por el ambiente y factores endógenos relacionados con el genotipo y la condición fisiológica del pez (Wootton, 1998).

Con base en los parámetros de crecimiento obtenidos, se obtuvo la longevidad teórica para *A. monticola* la cual fue de 63 y 106 años para los Ríos Toribio y Piedras, respectivamente. Estos valores aunque teóricos son muy elevados, comparados con los reportados en la literatura para la familia mugilidae, *M. cephalus* ( $A_{0.95} = 28.3$  años) y *M. curema* ( $A_{0.95} = 18.7$  años) (Ibáñez, G. y C, Gallardo, 2004). Al observar la curva de crecimiento para cada río se puede observar estacionalidad en el crecimiento y puede atribuirse a la condición migratoria de la especie, la cual realiza desplazamientos estacionales para su desove.

Los valores de  $L_{\infty}$  estimados para *A. monticola*, son menores a algunos de los reportados en la literatura, mientras que los valores de  $k$  son muy similares (Tabla



6). No obstante los índices de desempeño estimados en este estudio fueron superiores a los documentados (Tabla 7).

Se encontró diferencias significativas en la comparación de los parámetros de crecimiento entre los ríos evaluados a través del análisis de jackknife. Se cree que estas diferencias pueden estar revelando las características propias de cada río, entre las más influyentes la disponibilidad de alimento.

Los resultados obtenidos de la comparación entre los valores promedio de caudal multianual y semestral del río Piedras indica que la variación del promedio multianual de los últimos 20 años no ha tenido un cambio relevante con respecto al promedio obtenido en el primer semestre del 2006, no obstante hay que tener en cuenta que debido a la escasez de datos, este análisis se realizó sólo con 6 meses de información, siendo lo óptimo como mínimo un año de datos de muestreo.

Tabla 7. Parámetros de crecimiento de algunas especies de Mugilidos. Fuente: Sánchez *et al*, 1998; Ibañez, G. y C, Gallardo, 2004 y los estimados en este estudio a través del programa Fisat II y LFDA 5.0.

| Especie                              | $L_{\infty}$ (cm) | K(año-1) | $\phi'$ | País               | Autor                             |
|--------------------------------------|-------------------|----------|---------|--------------------|-----------------------------------|
| <i>M. curema</i>                     | 46.1              | 0.14     | ---     | México             | Ibañez, G. y C,<br>Gallardo, 2004 |
| <i>M. cephalus</i>                   | 64.2              | 0.099    | ---     | México             | Ibañez, G. y C,<br>Gallardo, 2004 |
| <i>M. curema</i>                     | 34.5              | 0.11     | 2.23    | México             | Warburton, 1979                   |
| <i>M. incilis</i>                    | 58.6              | 0.25     | 2.93    | Colombia<br>(CGSM) | Perdomo, 1973                     |
| <i>M. incilis</i>                    | 40.0              | 1.00     | 3.27    | Colombia<br>(CGSM) | Sánchez <i>et al</i> ,<br>1998    |
| <i>A. monticola</i><br>(río Toribio) | 33.5              | 0.20     | 4.35    | Colombia<br>(SNSM) | Este estudio                      |
| <i>A. monticola</i><br>(río Piedras) | 35.5              | 0.12     | 4.18    | Colombia<br>(SNSM) | Este estudio                      |

## 8. CONCLUSIONES

El análisis univariado entre ríos mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), entre todas las medidas morfométricas, como resultado de las diferencias de tamaño de los individuos entre los sitios de muestreo.

En el PCA los dos primeros componentes principales libres del efecto del tamaño representaron el 50.6% de la variación entre los sitios de muestreo, siendo la primera función el 33.4 % y la segunda el 17.2%. Indicando esto que a través de éste análisis los individuos de *A. monticola* pertenecientes a los Ríos Toribio y Piedras de la SNSM no presentan diferencias morfométricas estadísticamente significativas, demostrando que estos dos grupos son una misma población.

Al parecer, el proceso reproductivo de *A. monticola* se encuentra acoplado con los cambios estacionales en caudales, descargas de los ríos al mar, vientos predominantes y corrientes costeras, que se conjugan para dar como resultado un solo grupo poblacional distribuido en ambos ríos.

Existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la relación longitud-peso, factor de condición y el crecimiento entre los individuos de los Ríos Toribio y Piedras de la SNSM, se cree que estas diferencias son el resultado no de segregación



poblacional, sino de las características propias de cada río, más específicamente la disponibilidad de alimento, lo cual repercute en la condición y el peso de los individuos.



## 10. RECOMENDACIONES

Se sugiere verificar los resultados morfométricos obtenidos en este estudio a través de análisis genéticos o moleculares.

Se deben realizar muestreos aleatorios en diferentes puntos de los ríos, con el fin de tener varios sitios de muestreo y que éste no tenga una posible incidencia en los resultados obtenidos. Todo esto teniendo en cuenta las características topográficas del terreno.

Determinar el crecimiento de *A. monticola* a través de métodos directos, por medio de estructuras duras tales como otolitos, vértebras y/o espinas, ya que esta técnica se ha consolidado como una de las metodologías más exactas, superando inclusive a las estimaciones realizadas con base en las frecuencias de tallas, comúnmente utilizadas en la zona tropical.

El acoplamiento de las estrategias reproductivas de las especies con la variación climática regional es un tema que debe proseguirse, como una forma de lograr el manejo científico de los recursos renovables, como este.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

AIKEN, A. K. Reproduction, diet and population structure of the mountain mullet, *Agonostomus monticola*, in Jamaica, West Indies. Environmental Biology of Fishes. 1998; 53: 347-352.

ÁLVAREZ – LAJONCHERE, L. Adiciones a la bibliografía de la familia Mugilidae (Teleostei), publicada por FAO en 1972. Univ. de la Habana; Serie 8; Ciencias, Revista de Investigaciones Marinas (30): 111. Cuba.

\_\_\_\_\_. Algunos datos adicionales sobre la reproducción y las relaciones largo-peso del *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) en Cuba. 1980. Univ. de la Habana. Centro de Investigaciones Marinas. Facultad de Biología. Cuba.

AGUADO, A; BAYONA, E y GÓMEZ, M. Estudio socioeconómico de los asentamientos de la cuenca hidrográfica del Río Piedras. Universidad del Magdalena. HE-74, EJ -1. 2004. 192 P.

BEHRE, E. H. A list of the fresh water fishes of western Panama between long. 81° 45 and 83° 15 W. Annals of the Carnegie Museum. 1928. Vol. 18, No. 2. 305 – 331.

BLANCO, J. Algunos aspectos ecológicos y biológico pesqueros de la lisa *Mugil incilis* Hancock 1830, en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Magdalena



(Colombia). Santa Marta. 1980, 69 p. Tesis de grado (Biólogo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias.

\_\_\_\_\_. The condition factor of *Mugil incilis* Hancock (Pisces: mugilidae) and its seasonal changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). 1983.

BUSSING, W.A. Peces de las aguas continentales de Costa Rica. Editorial de la universidad de Costa Rica, San José. 1987. Costa Rica. 271 p.

CADRIN, S and K, FRIEDLAND. The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. Fisheries Research. 1999. N<sup>o</sup> 43, 129-139.

CADRIN, S. Advances in morphometric identification of fishery stocks. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2000. N<sup>o</sup> 10: 91-112.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL MAGDALENA (Corpamag). Proyecto de construcción de dos centros de atención a las comunidades indígenas en la SNSM. Documento o.p N<sup>o</sup> 5. 1991.

CRUZ, G. Reproductive biology and feeding of Cuyamel *Joturus pichardi* and Tepemechin *Agonostomus monticola* (Pisces: Mugilidae) from Río Plátano, Mosquita, Honduras. Bull. of Marine Science. 1987. 40 (1): 63 – 72.

DAHL, G. Los peces del norte de Colombia. Inderena. Bogotá, Colombia. 1971; 391 p.

DÍAZ, V, R. Biología reproductiva del besote *Joturus pichardi* y el rayado *Agonostomus monticola* (Pisces: Mugilidae) del río Toribio, Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), Colombia. Tesis. Santa Marta. Universidad del Magdalena. Programa de Ingeniería Pesquera. 2007.

dos REIS, S.F., L.M. PESSOA & R.E. STRAUS. Application of size-free canonical discriminant analysis to studies of geographic differentiation. *Brazil J.* 1990 *Genet* 13: 509-520.

EIGENMANN, C. H. The fishes of the rivers drainig the western slope of the cordillera occidental of Colombia, Rios Atrato, San Juan, Dagua, And Patia. Contribution from the Zoological Laboratory. Department of Zoology. Indiana University Studies. 1920. Vol. 8. No. 181: 1 - 19.

\_\_\_\_\_ The fishes of Northwestern South America. Part 1. The fresh water fishes of Northwestern South America, including Colombia, Panama and the Pacific slopes of Ecuador and Peru, together with an appendix upon the fishes of the rio Meta in Colombia. *Memoirs of the Carnegie Museum.* 1922; 9 (1): 1-346.

FERRARIS, Jr. Family Mugilidae, p. 432-446. In R.E. Reis, S.O. Kullander & C.J. Ferraris, Jr. (eds). Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. Editora da Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - EDIPUCRS. Porto Alegre, Brazil. 2003; 729 p.

FROESE R. & PAULY D. (eds.). Fishbase. ICLARM. Manila, The Philippines. 2006. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).



FUNDACION PRO-SNSM. Estrategia de conservación de la SNSM. Documento No 10 ECSN.1994.14 p.

\_\_\_\_\_. Evaluación ecológica rápida. FPSNSM. 1998. Santafé de Bogotá, Colombia.

GARCIA-BERTHOU E. y R. MORENO-AMICH. Multivariate Análisis of covariance in morphometrics studies of the reproductive cycle. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1993. 50: 1394-1399.

GARZÓN, J & WEDLER, E. Primer registro del besote *Joturus pichardi* Poey 1860 (Pisces: Mugilidae) para Colombia y América del Sur. Boletín Ecotrópica: Ecosistemas tropicales. 1997.

GAYANILO, F.C. y D. PAULY. FAO-ICLARM stock assessment tools. Referente Manual. ICLARM-FAO. Roma. 1997. 219 p.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN BIODIVERSIDAD Y ECOLOGÍA APLICADA (GIBEA). Base de datos. Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia. 2006.

HARRISON, I. J. Mugilidae (p. 1071-1085). In: Carpenter (Eds). Species identification guide for fishery purposes the living marine resources of the Western Central Atlantic. 2002. Vol. 2. FAO, Rome.

IBAÑEZ, G. y C, GALLARDO. Reproduction of *Mugil cephalus* y *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) from a coastal lagoon in the gulf of Mexico. Bulletin of Marine Science, 75 (1): 37-49. 2004.



JONES, J.C., M. BASSON and S. HOLDEN. LFDA (Length Frequency Analysis Data). A prototype software package for the estimation of growth parameters from length frequency distributions. User's manual (Version 2.0). Ren. Res. Ass. Group. Imperial College. London, U.K. 1990. 50 pp.

LAMPREA, L. Aspectos reproductivos y fecundidad del Lebranche *Mugil liza* (Valenciensis, 1836) y su comparación con otros mugilidos en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Santa Marta, 1987, 146 p. Tesis de grado (Biólogo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Biología.

MEEK, S. E. & HILDEBRAND, S. F. The Fishes of the Fresh-Waters of Panama. Field Mus. Nat. Hist. Zool ser. 1916. N.º 10: 217-274.

NELSON, J.S. Fishes of the world. John Wiley and Sons. New York, USA. 1994; 600 p.

OLIVEROS, O. Estudio de reglamentación Río Toribio, canal Nirvana y ojo de agua. Informe técnico. Corporación Autónoma Regional del Magdalena (Corpamag). Valledupar. 1996. 221p.

PAULY, D Y J.L MUNRO. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. 1984. Fishbyte 1:21.

PERDOMO, B. J. Ecología del besote *Joturus pichardi* Poey, 1860 (Pisces: Mugilidae) de los ríos de la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), Colombia. Tesis. Santa Marta. Universidad del Magdalena. Programa de Ingeniería Pesquera. 2007.

PHILLIP, A. D. Reproduction and feeding of the mountain mullet, *Agonostomus monticola*, in Trinidad, West Indies. Environmental Biology of Fishes. 1993; 37: 47-55.

ROHLF, F.J., Morphometrics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21. 1990. p: 299-316.

SANCHEZ, C.M., RUEDA, M. y A. SANTOS-MARTINEZ. Dinámica poblacional y pesquería de la lisa *Mugil incilis*, en la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Rev Acad Colomb cien* 22(85). 1998. 507-517.

SPARRE, P. & S.C. VENEMA. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual . FAO Fisheries Technical Paper. No. 306. 1. Roma, FAO. 1995. 337p.

STRAUSS, R. Evolutionary allometry and variation in body form in the South American catfish genus *Corydoras* (Callichthyidae). *Syst. Zool.* 34.1985 p: 381-396.

THORPE, R.S. Geographic variation: a synthesis of cause, data, pattern and congruence in relation to subspecies, multivariate analysis and phylogenesis. *Boll. Zool.* 54. 1987. p: 3-11.

VAZZOLER AEA DE M. Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. São Paulo, Brasil: EDUEM, 1996. 169p.

WOOTTON. J R. Ecology of Teleost Fishes. Segunda edicion. Kluwer Academic Publishers. Boston-Londres. 1998. 386p.

ZAR, J. H. Biostatistical analysis. Prentice Hall Inc. New Jersey, USA. 1996. 662p.