

## Tallas de captura de *Prochilodus mariae* en la parte alta del río Meta, Orinoquia colombiana

### Capture lengths of *Prochilodus mariae* in the upper of the Meta River, Colombian Orinoquia

### Comprimentos de captura de *Prochilodus mariae* na parte alta do río Meta, Orinoquia colombiana

**Hernando Ramírez-Gil<sup>1\*</sup>; Rosa E. Ajiaco-Martínez<sup>2\*</sup>; Carlos Barreto-Reyes<sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup> BM, MSc, PhD

<sup>2</sup> BM, MSc

<sup>3</sup> BM

\* Grupo de Investigación Evaluación, Manejo y Conservación de Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros, Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia  
Email: hramirezgil@gmail.com

**Recibido:** julio 21 de 2015

**Aceptado:** diciembre 04 de 2015

#### Resumen

A partir del análisis del comportamiento histórico (1980 a 2011) de las tallas de captura y tallas de madurez de hembras y machos de *Prochilodus mariae*, se pretendió establecer si sobre la población de la parte alta del río Meta, se presentaba algún tipo de afectación evidenciable en las tallas medias de captura anual (TMCA) y tallas de madurez (TMG). La información fue colectada mediante muestreos a los desembarcos en Puerto López, Meta. Cada ejemplar fue medido, pesado y sexado y a partir de 13444 registros, se estimaron la TMCA y las tallas de captura mensuales (TMCM); estos estimativos se compararon entre años; se hicieron análisis de correlación con los niveles del río Meta y las anomalías ENSO. Se estimó la TMG al 25%, 50% y 75% por año. El rango de las tallas de captura comercial de *P. marie* fue de 14 a 45 cm longitud estándar (LE), con diferencia entre machos y hembras. La mayor TMCA de hembras (32,6 cm LE) y machos (32 cm LE) se presentó en el año 1980, en los años siguientes este parámetro osciló entre 30 y 26,4 cm LE en hembras y entre 26 y 29 cm LE en machos. En el ciclo anual las mayores TMCM de hembras se presentaron de abril a junio y de machos en mayo y junio. La TMGL50 de hembras, fue significativamente mayor en el año 1980 (33,5 cm LE), en los años siguientes osciló entre 27,1 y 31,8 cm LE en hembras; en machos durante todo el periodo de estudio varío entre 25,8 y 29,5 cm LE. La población de *P. marie* bajo presión de pesca en la zona de estudio, no se encuentra afectada por sobrepesca al crecimiento ni al reclutamiento.

**Palabras clave:** Pesquerías fluviales, tallas de madurez gonadal, especies migratorias, dinámica poblacional.

#### Abstract

Based on historical data of catch size and size at maturity of *Prochilodus mariae* obtained from 1980 to 2011, we aimed to establish if the average catch length per year and length at maturity of the population of the upper Meta River have ex-

perienced significant changes. Gathering data from fishing boats landing at Puerto Lopez, Meta, Colombia, we measured, weighed and sexed each caught specimen, obtaining 13444 records used to estimate average catches per year and per month, compared them annually, and performed correlation analyses between Metica River levels and ENSO anomalies. Length was estimated at 25%, 50% and 75% maturity for each year. Commercial catch length of *P. mariae* ranged from 14 to 45 cm SL, with differences in sex-specific length. The greatest average catch length for both females and males, 32,6 and 32 cm SL respectively, was observed in 1980, whereas in later years it varied in the range of 30 to 26,4 cm SL for females and 29 to 26 cm SL for males. The annual catch length cycle showed that the greatest average lengths occurred from April to June for females and May to June for males. Length at first maturity (L50) of females peaked at 33,5 cm SL in 1980, a significantly greater size than that observed in later years when it fluctuated between 27,1 and 31,8 cm SL. L50 of males remained within 25,8 and 29,5 cm SL throughout the period of study. Our findings show no overfishing impact on the growth and recruitment of *P. mariae* populations under fishing pressure within the area of study.

**Key words:** River fisheries, length of gonadal maturity, migratory species, populations dynamics.

## Resumo

A partir da análise do comportamento histórico (1980-2011) dos comprimentos de captura e tamanhos de maturidade das fêmeas e machos de *Prochilodus mariae*, pretendeu-se estabelecer se sobre a população do alto rio Meta, apresentava-se algum tipo de afetação evidenciável no comprimento médio das capturas anuais (TMCA) e tamanho de maturação (TMG). A informação foi coletada por meio de amostragem dos desembarques em Puerto Lopez, Meta. Cada exemplar foi medido, pesado e sexado, e a partir de 13444 registros, foi estimada a TMCA e tamanho da captura mensal (TMCM); estas estimativas foram comparadas entre os anos; análise de correlação com o nível do rio Metica e anomalias ENSO foram feitas. Foi estimada o comprimento de madures ao 25%, 50% e 75% por ano. O tamanho de captura comercial de *P. marie* variou entre 14 a 45 cm de comprimento padrão (LE), com diferenças entre machos e fêmeas. A maior TMCA das fêmeas (32,6 centímetros LE) e machos (32 cm LE) foi observada em 1980, nos anos seguintes este parâmetro variou entre 30 e 26,4 cm em fêmeas e entre 26 LE e 29 LE cm em machos. No ciclo anual as maiores TMCM das fêmeas foram observadas de abril a junho e em machos de maio e junho. O TMG de fêmeas foi significativamente maior em 1980 (33,5 centímetros LE), nos anos seguintes, variou entre 27,1 e 31,8 cm LE; em machos durante todo o período de estudo variou entre 25,8 e 29,5 centímetros LE. A população de *P. marie* baixa pressão de pesca na área de estudo, não é afetado por sobrepesca ao crescimento nem ao recrutamento.

**Palabras chave:** Pescaria fluvial, tamanhos de maturação gonadal, espécies migratórias, dinâmica populacional.

## Introducción

Los peces detritívoros del género *Prochilodus*, son considerados el soporte que sustenta la pesquería de los grandes ríos suramericanos, debido a que juegan un papel primordial en la transferencia de energía en la cadena trófica, contribuyen al ciclaje de nutrientes, regulan el transporte de carbono (Taylor *et al.*, 2006; McIntyre *et al.*, 2007) y representan más del 50% de la biomasa de estos ecosistemas (Bayley y Petrere, 1989; Sverlij *et al.*, 1993; Taylor *et al.*, 2006). Según Castro y Vari (2004), el género *Prochilodus* incluye 13 especies, dentro de las cuales está el coporo, *Prochilodus mariae*, que presenta amplia distribución en la cuenca del Orinoco. Esta especie de agua dulce es la más explotada por las pesquerías de Colombia y Venezuela, se considera que en el año 2008, alcanzó una captura total de 8750 t (Machado-Allison y Bottini, 2010; Ramírez-Gil *et al.*, 2011), sin embargo, aunque ha sido explotada por más de 50 años, no es una especie considerada amenazada en los libros rojos de Colombia y Venezuela.

Dada su importancia comercial y ecológica, se han conducido varios estudios que han permitido cono-

cer sus parámetros de edad y crecimiento (Lilyestrom, 1983; Barbarino *et al.*, 1998), aspectos reproductivos (Saldaña y Venables, 1981), hábitos alimenticios (Beltrán-Hostos *et al.*, 2001), migraciones (Usma *et al.*, 2013) y desembarcos en los puertos pesqueros de la Orinoquia colombiana (Ramírez-Gil *et al.*, 2011) y de la Orinoquia venezolana (Novoa, 2002; Machado-Allison y Bottini, 2010).

Sin embargo no se ha realizado un análisis del comportamiento de las tallas de captura y de madurez sexual de esta especie en los ríos donde se lleva a cabo su pesquería en Colombia, aspecto importante de evaluar ya que la pesquería remueve de la población los individuos adultos de mayor talla y favorece individuos que ponen su energía para reproducirse temprano a menor tamaño (Stearns, 1992 citado en Uusi-Heikkil *et al.*, 2015), lo cual puede afectar la población al reducir la fecundidad y el reclutamiento y aumentar la sensibilidad a cambios ambientales (Laugen *et al.*, 2014).

Adicional a la pesca factores ambientales como la ocurrencia de anomalías térmicas ENSO (El Niño Southern Oscillation), también pueden afectar las poblaciones de peces como ha sido señalado para *Prochilodus*

*magdalenae* que no alcanza la madurez, ni las tallas mínimas de captura cuando se presentan estas anomalías encadenadas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2002). En la Orinoquia su ocurrencia ocasiona déficit de precipitación con la consecuente disminución del caudal de los ríos, que podría alterar los ciclos biológicos de las especies de peces.

En este documento se analiza el comportamiento de las tallas medias de captura anual relacionado con factores ambientales y el de las tallas medias de madurez gonadal, para establecer si hay afectación de la población objeto de presión de pesca de esta especie en la parte alta del río Meta.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el área de influencia de Puerto López (Meta), puerto pesquero del río Metica, parte alta del río Meta (Figura 1).

### Fase de campo

Los registros de tallas de captura de *P. mariae* fueron recopilados mediante muestreos a los desembarcos; de 1980 a 1986 se realizó un muestreo mensual y de 1987 a 2002 se incrementó el esfuerzo a cuatro monitoreos mensuales, la fecha de los muestreos se seleccionó de manera aleatoria; entre los años 2006 a 2011 el muestreo fue diario. Sin información para los años 2003-2005.

En cada muestreo, los ejemplares fueron medidos, longitud estándar (LE), con una cinta métrica (0,001m de aproximación), sexados y clasificado su estado de madurez gonadal macroscópicamente, de acuerdo con la escala que se presenta en la tabla 1, modificada de Bazigos (1976).

Los datos utilizados en este trabajo corresponden a la base de datos del Sistema de Información Sectorial Pesquero y Acuícola, suministrada por la Subgerencia de Pesca y Acuicultura del Instituto Nacional de Desarrollo Rural - INCODER, Sugerencia de Pesca del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA y la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP.

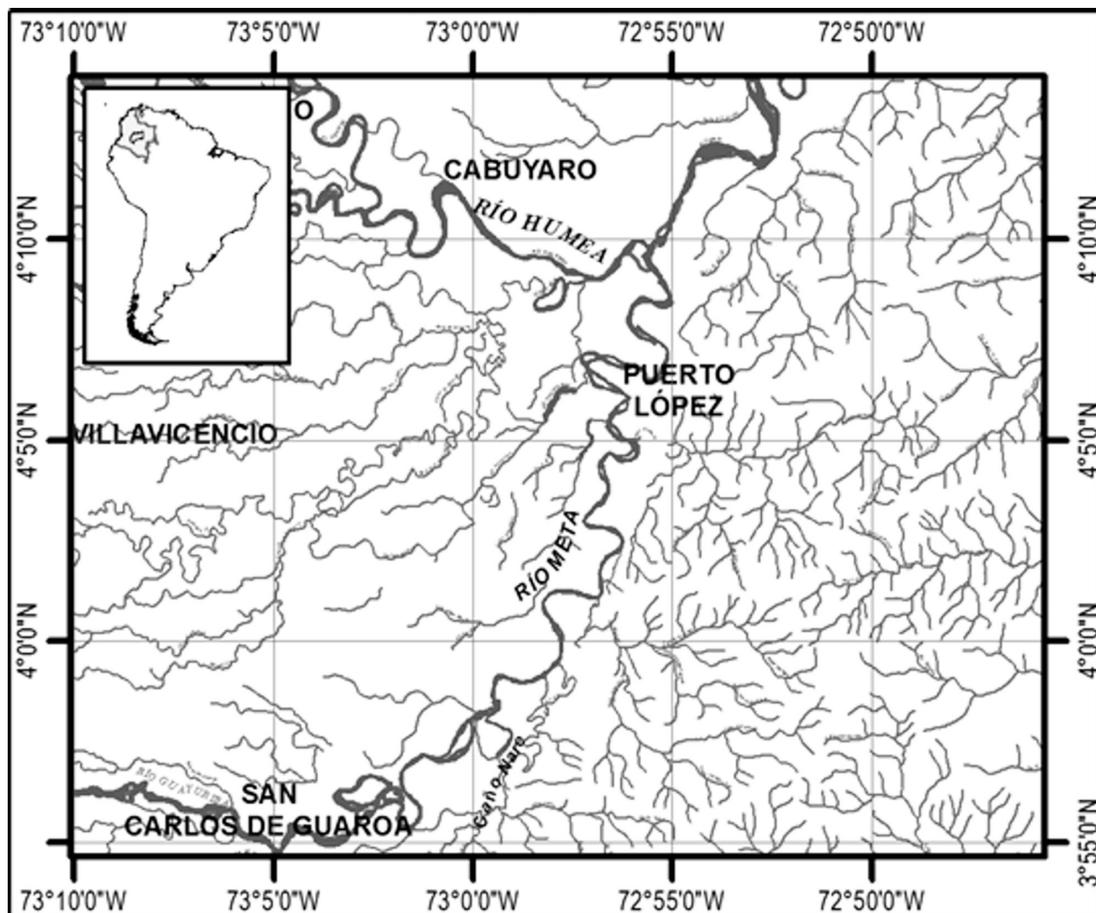


Figura 1. Localización del área de influencia de Puerto López (Meta). Cartografía base IGAC Escala 1:100000.

**Tabla 1.** Estados de madurez gonadal

Estado	Hembras	Machos
I	Ovarios transparentes	Testículos transparentes
II	Ovarios vascularizado de color rosado	Testículo opaco
III	Ovarios de color amarillento con óvulos visibles	Testículo de color rosado pálido
IV	Óvulos visibles, bien formados pero no se desprenden del ovario	Color blanco lechoso, pero no fluye el esperma al presionar
V	Ovarios de color anaranjado, óvulos grandes que al presionar un poco se desprenden huevos. En este nivel de la escala fueron incluidas las desovadas.	Color blanco lechoso, desprende fácilmente gotas de esperma. Se incluyen los machos con testículos sanguinolentos y flácidos, que ya han liberado el esperma.

### Tallas de captura

Los datos de tallas de captura (longitud estándar - LE, en cm), se analizaron mediante la prueba t de Student para establecer si había diferencia significativa entre las tallas de las hembras y los machos. Con estadística descriptiva (promedio y desviación estándar), se calcularon las tallas medias de captura anual (TMCA) y mensual (TMCM) de los ciclos anuales estudiados, a partir de 13.444 registros.

Se realizaron pruebas de hipótesis para comparar los estimativos de TMCA entre ciclos hidrológicos y los de TMCM dentro del ciclo anual. Al conjunto de los datos se les aplicó la prueba Levene, para determinar si existía homogeneidad de varianza en los registros de tallas entre años y entre meses y como en ningún caso se cumplió el supuesto de normalidad se utilizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney, con el paquete estadístico PAST V.2.06 (Hammer *et al.*, 2001) con significancia  $P < 0,05$ .

Se utilizaron los modelos de regresión lineal, logarítmico, inverso, cuadrático, cúbico, potencia, compuesto, s cruzada, crecimiento y exponencial para establecer las posibles relaciones entre las tallas de captura, nivel del río y anomalías térmicas ENSO (El Niño Southern Oscillation) con significancia  $P < 0,05$ ; para este análisis se utilizaron los estimativos de TMCM, promedio mensual de los niveles del río Metica (Estación Puente Lleras, suministrados por el IDEAM) y promedio mensual de las anomalías ENSO (Tomados de <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml#history>) de los años 1980 a 2011.

### Talla de madurez gonadal- TMG

Para efectos del análisis se agruparon los datos de madurez en dos grupos: maduros e inmaduros; en el primero se incluyeron los estados IV y V y en el

de inmaduros los estados I a III. Los datos de LE de machos y hembras maduros se compararon mediante la prueba estadística t de Student, para establecer si había diferencia significativa entre los registros de los dos sexos. De igual manera los registros de tallas de ejemplares maduros de hembras y de machos se compararon entre años, utilizando la prueba de Levene para establecer la homocedasticidad de varianza y como no se cumplieron los supuestos de normalidad se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney para establecer si había diferencia entre años con significancia  $P < 0,05$ ; se utilizó el programa Past V. 2.06 (Hammer *et al.*, 2001).

La talla media de madurez gonadal para la especie se calculó a partir de 8.291 registros de hembras de los años 1980 a 2011 y de 5.050 de machos de los años 1983 a 2011; sin registros en los años 2003 a 2005 y 2008 para ambos sexos. Se establecieron 22 marcas de clase (entre 19 y 40 cm LE) y para cada una de ellas se estimaron la frecuencia absoluta, la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada.

La frecuencia relativa acumulada se linealizó (Tfra) mediante la ecuación:

$$Tfra = \ln\left(\frac{1}{fra} - 1\right)$$

Donde Ln es logaritmo natural y fra es frecuencia acumulada.

A partir de la regresión lineal entre la marca de clase y Tfra se estimaron los parámetros a y b de la curva logística:

$$TMG = (1 + e^{(a - (b + LE))})^{-1}$$

Las tallas de madurez a 25%, 50% y 75% para cada año se estimaron mediante las siguientes ecuaciones:

$$TMG_{L_{25}} = -\left[\frac{a - Ln(3)}{b}\right]$$

$$TMG_{L_{50}} = \frac{a}{b}$$

$$TMG_{L_{75}} = -\left[\frac{a + Ln(3)}{b}\right]$$

Donde a y b son los parámetros de la curva logística y Ln(3) corresponde al logaritmo natural de 3.

## Resultados

En el período de estudio, los registros de tallas de captura de *P. mariae* en Puerto López variaron entre 14 y 45 cm LE, con diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) entre hembras y machos, por lo que para el presente estudio se analizaron los dos sexos por separado.

### Dinámica de las tallas medias de captura entre ciclos anuales

Las tallas de las hembras se registraron en un rango de 14 a 45 cm LE. Se encontró diferencia estadística ( $P < 0,05$ ) entre las TMCA de los años estudiados, con una ligera tendencia hacia la disminución. Así en el primer año de muestreo este parámetro fue significativamente mayor (32,6 cm LE) que en los años siguientes; posteriormente se ubicó por encima de los 30 cm LE en los años 1981, 1985, 1988 y 1989 y en los años

restantes, esta medida osciló entre 29,8 y 26,4 cm LE (Figura 2).

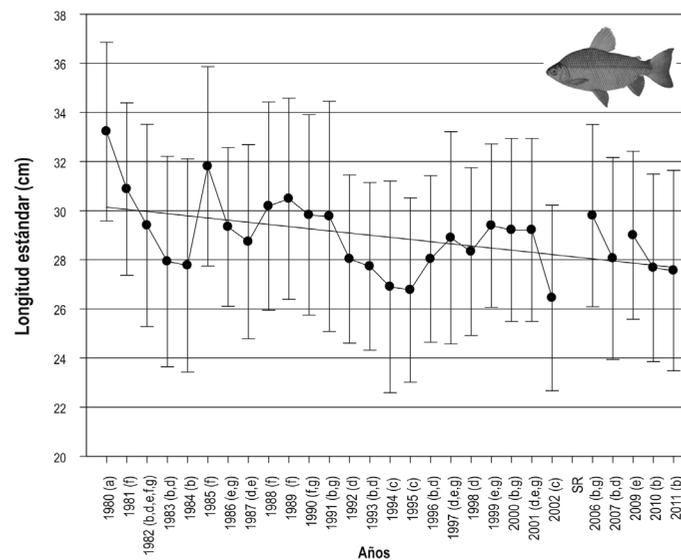
El rango de tallas de los machos varió entre 16 y 42 cm LE. De manera similar a lo registrado con las hembras, también se observó diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) en la TMCA entre años, con tendencia hacia la disminución. En el primer año de muestreo este parámetro se situó por encima de los 32 cm de LE, valor significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) al reportado para los años posteriores (entre 26 y 29 cm LE) (Figura 3).

No se encontró ninguna relación entre las TMCM de hembras y machos con el nivel del río Metica y las anomalías térmicas (ENSO).

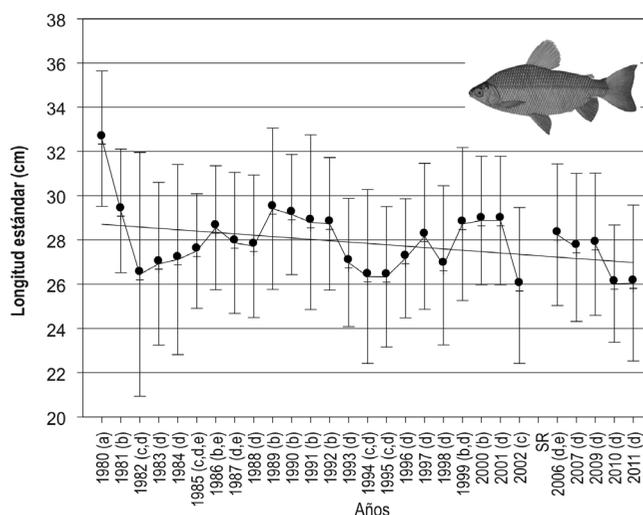
### Estructura de tallas en el ciclo anual

Dentro del ciclo hidrológico, las TMCM de las hembras variaron significativamente entre meses ( $P < 0,05$ ); la menor talla promedio (28 cm LE), se estimó en los meses de noviembre a febrero (período de aguas descendentes y bajas); a partir de marzo se incrementó hasta llegar a 31 cm LE en mayo, valor significativamente más alto comparado con los demás meses ( $P < 0,05$ ). A partir de este mes descienden hasta 29 cm nivel en el que permaneció de julio a octubre, para iniciar de nuevo el ciclo en noviembre (Figura 4).

En los machos el comportamiento de las TMCM fue similar al de las hembras; la menor talla (27 cm LE) se presentó en los meses de noviembre a marzo (aguas



**Figura 2.** Tallas medias de captura anual de hembras, en el puerto pesquero de Puerto López en los años 1980 a 2011 n=8.291. Letras iguales indican sin diferencia significativa ( $P < 0,05$ )



**Figura 3.** Tallas medias de captura anual de machos, en el puerto pesquero de Puerto López en los años 1980 a 2011. Letras iguales indican sin diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) en la TMCA.  $n = 5.153$

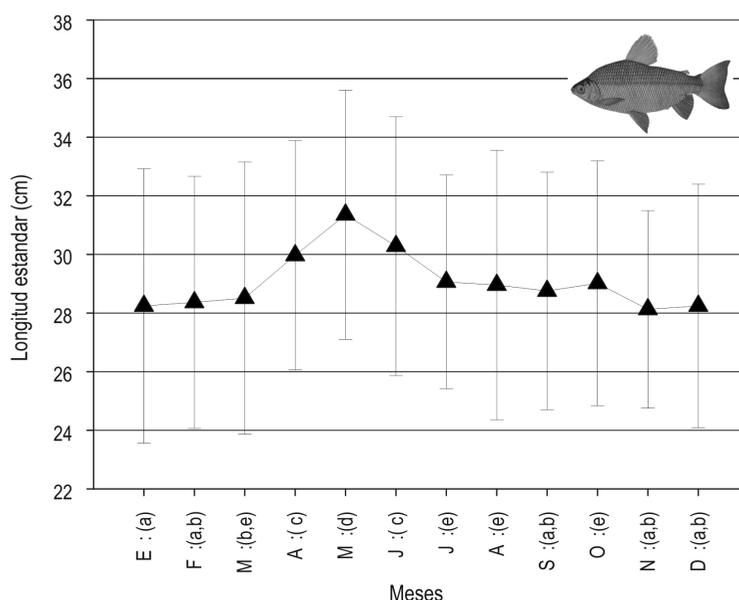
descendientes y bajas), siendo significativamente diferentes de los otros meses ( $P < 0,05$ ) y las mayores (28 a 29 cm LE) se observaron en el período de abril a junio (aguas ascendentes), superiores a las del resto del año ( $P < 0,05$ ) (Figura 5).

#### Comparación histórica de las tallas de madurez gonadal en la parte alta del río Meta

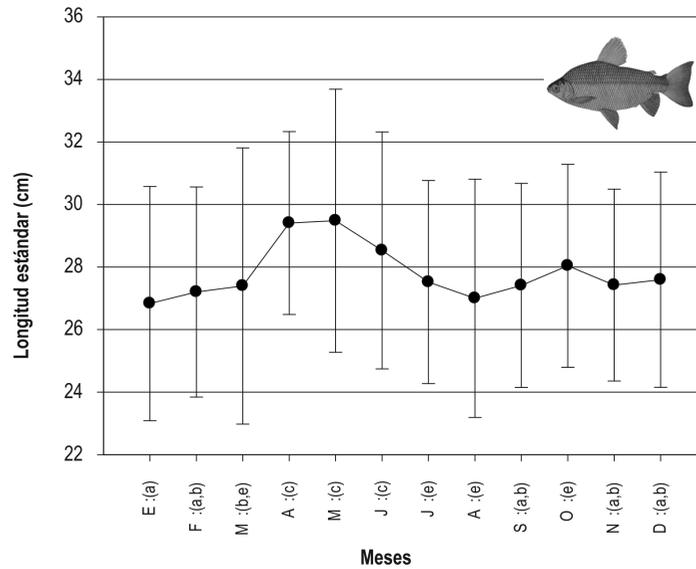
Se encontró diferencia significativa entre los registros de machos y hembras ( $P < 0,05$ ) utilizados para la esti-

mación de las tallas de madurez gonadal, por lo anterior se presentan los resultados separados por sexo.

El rango de tallas de hembras maduras osciló entre 18 y 45 cm LE. Los estimativos de TMG L25, L50, L75, se presentan en la figura 6 y los parámetros de la curva logística en la tabla 2. Al analizar los estimativos de TMGL50 de hembras se encontró que este parámetro en el año 1980 (33, 5 cm LE) fue significativamente más alto que el estimado para los años siguientes, en los que varió entre 27,1 y 31,8 cm LE, pero sin que se pudiera establecer alguna tendencia a través del tiempo.



**Figura 4.** Comportamiento de la talla media de captura mensual (TMCM) de las hembras de *P. mariae* en Puerto López a lo largo del ciclo hidrológico (promedios mensuales de 28 años). Letras iguales indican sin diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).



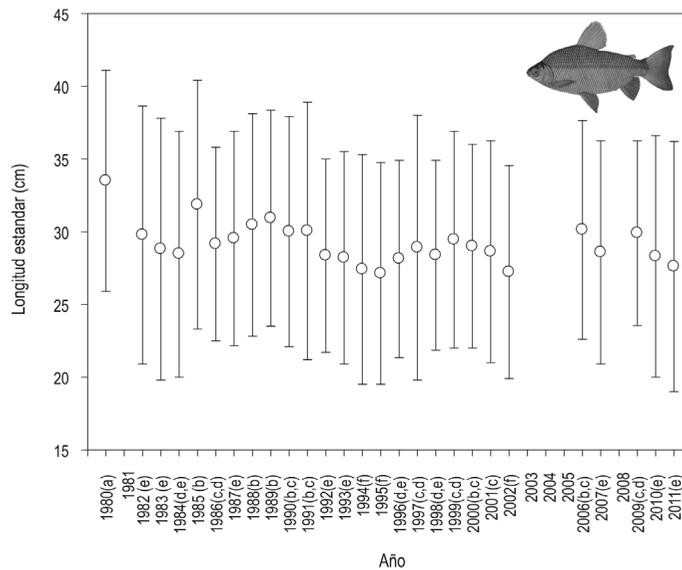
**Figura 5.** Comportamiento de la talla media de captura mensual (TMCM) de los machos de *P. mariae* en Puerto López a lo largo del ciclo hidrológico (promedios mensuales de 28 años). Letras iguales indican sin diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

Se reportaron machos maduros con tallas desde los 16 cm LE hasta los 42 cm LE. Los estimativos de la TMG L25, L50, L75, para los años analizados, se presentan en la figura 7 y los parámetros de la curva logística en las tablas 2 y 3. Se observó diferencia significativa en la TMG L50, entre los diferentes años ( $P < 0,05$ ), sin presentar una tendencia definida a lo largo del tiempo.

## Discusión

### *Dinámica de las tallas medias de captura entre ciclos anuales*

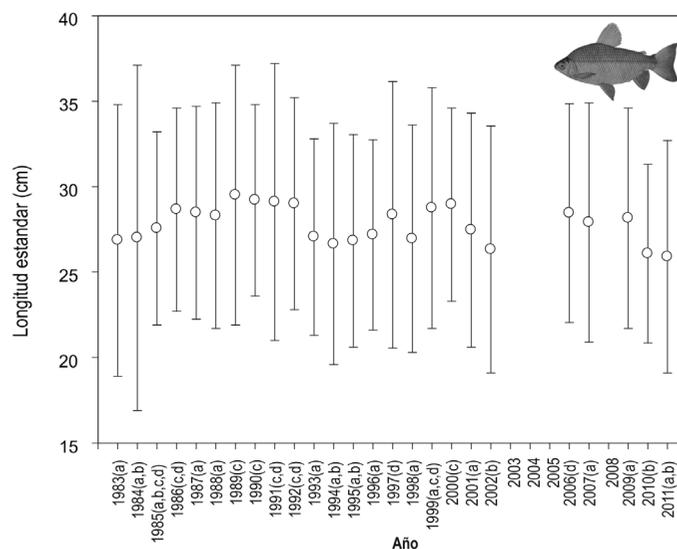
Las mayores TMCA, tanto de hembras como de machos, se registraron en el año 1980, siendo significativamente diferentes a las de los años restantes; situación que es normal al inicio de una pesquería,



**Figura 6.** Tallas madurez gonadal L25, L50, L75 de las hembras de *P. mariae* en la parte alta del río Meta. Letras iguales indican sin diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 2.** Parámetros a y b de la regresión entre la frecuencia acumulada y la longitud estándar en hembras sexualmente maduras de *P. mariae* con los límites de confianza a 95% y su correlación en los años 1980 a 2011.

Año	n	a	Límites de confianza		b	Límites de confianza		R <sup>2</sup>
			a			b		
1980	85	16,167	15,253	17,081	-0,482	-0,509	-0,456	0,987
1982	25	12,310	10,813	13,808	-0,414	-0,464	-0,363	0,957
1983	113	11,673	9,918	10,813	-0,405	-0,460	-0,350	0,931
1984	206	12,346	10,920	13,772	-0,433	-0,480	-0,387	0,952
1985	41	13,662	12,299	15,025	-0,429	-0,470	-0,387	0,973
1986	103	16,063	14,046	18,080	-0,551	-0,619	-0,484	0,964
1987	482	14,620	13,307	15,934	-0,495	-0,536	-0,454	0,970
1988	360	14,625	13,395	15,854	-0,480	-0,519	-0,440	0,970
1989	285	15,289	14,269	16,309	-0,494	-0,527	-0,461	0,980
1990	264	13,931	13,652	14,210	-0,464	-0,473	-0,455	0,998
1991	363	12,464	11,762	13,167	-0,415	-0,437	-0,393	0,986
1992	128	15,554	14,036	17,071	-0,549	-0,599	-0,499	0,974
1993	249	14,176	13,140	15,212	-0,503	-0,534	-0,469	0,981
1994	357	12,747	11,218	14,276	-0,465	-0,516	-0,414	0,954
1995	582	13,008	12,390	13,626	-0,480	-0,500	-0,459	0,992
1996	95	15,204	14,450	15,958	-0,541	-0,566	-0,515	0,993
1997	143	11,646	10,640	12,652	-0,403	-0,435	-0,371	0,977
1998	201	15,966	14,655	17,277	-0,563	-0,608	-0,518	0,980
1999	74	14,545	13,201	15,889	-0,494	-0,537	-0,451	0,980
2000	312	15,163	13,922	16,403	-0,523	-0,566	-0,481	0,976
2001	190	13,733	12,162	15,305	-0,480	-0,532	-0,427	0,959
2002	271	13,573	12,160	14,987	-0,499	-0,546	-0,452	0,962
2006	712	14,648	14,212	15,084	-0,486	-0,500	-0,473	0,996
2007	237	13,630	12,079	15,181	-0,477	-0,529	-0,425	0,955
2008	44	12,394	10,998	13,791	-0,366	-0,409	-0,322	0,933
2009	458	17,240	15,755	18,725	-0,576	-0,624	-0,529	0,970
2010	683	12,485	11,570	13,400	-0,441	-0,469	-0,413	0,979
2011	1158	11,747	11,340	12,155	-0,426	-0,438	-0,413	0,995



**Figura 7.** Tallas medias de madurez gonadal de los machos de *P. mariae* en la parte alta del río Meta. Letras iguales indican sin diferencia significativa  $P < 0,05$ .

cuando se capturan los ejemplares más longevos y de mayor talla, comportamiento atribuido a la mortalidad por pesca (Ricker, 1981; Daan *et al.*, 2005; Hutchings, 2005; Shin *et al.*, 2005; Wheeler *et al.*, 2009).

Sin embargo, las variaciones anuales posteriores, no se explican solo por este factor, ya que las tallas también pueden ser influenciadas por aspectos ambientales (Blanco *et al.*, 2007; Cheung *et al.*, 2013); sin embargo en los análisis realizados en este estudio no se encontró correlación entre las tallas y los parámetros ambientales como cambios en el nivel del río o en las anomalías ENSO de los años estudiados. Esto lleva a pensar que la variación en las TMCA se presentan como resultado de un mayor número de factores, a los contemplados en el presente estudio, tales como variaciones interanuales del reclutamiento (Suzuki *et al.*, 2009), introducción de nuevos artes de pesca y modificaciones en el diámetro del ojo de malla, que afectan la distribución de tallas de captura (Sparre y Venema 1997), o variaciones entre sitios, temporadas y artes de pesca que se ven reflejadas en los tamaños de captura de las especies (Narváez *et al.*, 2008).

### **Estructura de tallas en el ciclo anual**

De acuerdo con los resultados obtenidos claramente se observó variación estacional en el ciclo anual de las TMCM; este comportamiento se explica por la etología de la especie que se caracteriza por ser migratoria (Barbarino *et al.*, 1998; Usma *et al.*, 2009, Usma *et al.*, 2013), característica que comparte con otras especies

del mismo género como *P. affinis* (Sato *et al.*, 1996), *P. argenteus* (Godinho y Kynard, 2006), *P. brevis* (De Lima *et al.*, 2012), *P. costatus* (Melo *et al.*, 2013), *P. magdalenae* (Jaramillo-Villa y Jiménez-Segura, 2008), *P. linneatus* (Copeleti y Petrere, 2006; Pesoa y Shulz, 2010) y *P. nigricans* (Anderson *et al.*, 2009).

En el período de aguas descendentes y bajas (noviembre a febrero), cuando las áreas de rebalse se secan y las lagunas reducen su tamaño, los juveniles abandonan esas zonas y se concentran en el canal principal (Beltrán Hostos *et al.*, 2001; Ramírez-Gil *et al.*, 2011), donde proporcionalmente son más abundantes que los adultos, explicando las bajas tallas de captura en ese periodo.

En el período de aguas ascendentes, la población parental migra hacia las partes altas del río a reproducirse (Barbarino *et al.*, 1998; Beltrán-Hostos *et al.*, 2001, Ramírez-Gil *et al.*, 2011), y la presión de pesca se dirige hacia ese grupo, lo que se refleja en un aumento en la TMCM en abril, mayo y junio. En los meses restantes la pesca se concentra en los rebaleses y áreas inundadas, donde se capturan ejemplares de tamaño intermedio.

### **Dinámica histórica de la talla de madurez gonadal en la parte alta del río Meta**

Similar a lo observado con la TMCA, la TMG L50 de las hembras en 1980 fue significativamente mayor a la del resto de los años estudiados, confirmando que

**Tabla 3.** Parámetros a y b de la regresión entre la frecuencia acumulada y la longitud estándar en machos sexualmente maduros de *P. mariae* con los límites de confianza a 95% y correlación en los años 1983 a 2011.

Año	n	A	Límites de confianza a		b	Límites de confianza b		R <sup>2</sup>
1983	52	12,375	11,023	13,726	-0,460	-0,508	-0,413	0,971
1984	70	9,763	8,541	10,984	-0,361	-0,401	-0,322	0,954
1985	12	17,879	13,195	22,564	-0,649	-0,815	-0,482	0,928
1986	38	17,582	16,096	19,067	-0,614	-0,664	-0,564	0,984
1987	221	16,799	15,369	18,228	-0,59	-0,638	-0,543	0,974
1988	149	15,661	13,946	17,376	-0,554	-0,611	-0,496	0,964
1989	61	14,169	13,306	15,033	-0,48	-0,509	-0,451	0,989
1990	60	19,088	18,319	19,858	-0,653	-0,679	-0,628	0,996
1991	84	13,144	12,369	13,918	-0,452	-0,477	-0,427	0,987
1992	55	17,095	14,436	19,753	-0,59	-0,682	-0,497	0,954
1993	92	17,252	15,726	18,777	-0,637	-0,690	-0,584	0,983
1994	217	13,774	11,719	15,829	-0,517	-0,590	-0,445	0,940
1995	305	15,755	14,332	17,179	-0,587	-0,636	-0,538	0,976
1996	88	17,909	16,969	18,849	-0,659	-0,692	-0,625	0,994
1997	342	13,316	12,264	14,368	-0,470	-0,504	-0,435	0,977
1998	68	13,958	12,832	15,084	-0,516	-0,555	-0,477	0,980
1999	18	14,819	12,837	16,801	-0,515	-0,583	-0,447	0,963
2000	126	18,791	17,547	20,035	-0,649	-0,692	-0,605	0,989
2001	186	14,721	13,991	15,451	-0,536	-0,561	-0,511	0,992
2002	184	13,307	12,23	14,384	-0,506	-0,543	-0,468	0,981
2006	548	16,319	15,768	16,871	-0,574	-0,591	-0,556	0,996
2007	302	14,594	13,795	15,393	-0,523	-0,549	-0,496	0,989
2008	27	21,925	18,764	25,087	-0,632	-0,722	-0,542	0,967
2009	410	16,028	15,006	17,050	-0,569	-0,605	-0,534	0,987
2010	679	18,245	17,455	19,035	-0,700	-0,728	-0,672	0,995
2011	899	13,973	13,286	14,660	-0,540	-0,563	-0,516	0,993

al inicio de la pesquería se capturaban los ejemplares de mayor talla y más longevos como se anotó anteriormente.

Posteriormente el valor de la TMG L50, en las hembras y en los machos, osciló entre los años, sin ninguna tendencia; comportamiento que también se ha observado en especies marinas migratorias como *Trachurus murphyi* en el análisis realizado con datos de tallas de madurez de 1967 a 2012 (Perea *et al.*, 2013). Si bien la literatura reporta que la presión de pesca induce hacia la disminución de la talla de maduración de las po-

blaciones explotadas (Jørgensen *et al.*, 2007; Conover, 2009, Sharpe y Hendry, 2009, Audzijonyte *et al.*, 2013; Uusi-Heikkilä *et al.*, 2015), esto no se evidenció en *P. mariae* en el alto Meta, en el período de 1980 a 2011.

Al comparar año a año la TMCA con la TMG L50, la diferencia observada entre estos dos parámetros fue menor a 3 mm en promedio, lo que indicó que a lo largo del tiempo, sobre la población de *P. mariae* en el área de estudio, no se presentó sobrepesca al crecimiento.

El análisis de las tallas de *P. marie* no muestra evidencia de afectación en la población bajo presión de pesca; es posible que esto se deba a que la especie es capturada con redes de ahorque cuya selectividad tiene forma de campana, permitiendo el escape de peces por encima y por debajo del rango de captura, con lo que se logra mantener la variabilidad genética y la estructura de tallas de la población a más largo plazo (Jørgensen *et al.*, 2009).

Se considera pertinente y necesario mantener la veda en su período reproductivo a fin de evitar la sobrepesca al reclutamiento y extremar el cuidado de los humedales que le sirven de refugio a larvas y alevinos, ya que las fases de pre-reclutamiento están afectadas por factores como disponibilidad de alimento y depredación (Cadima 2003). Igualmente se recomienda el seguimiento a las tallas de desembarco y de madurez gonadal, para prever posibles alteraciones a la estructura poblacional a futuro.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a las entidades financiadoras del proyecto a partir del cual se originó el presente artículo: Universidad de los Llanos, Corporación Colombia Internacional-CCI, Instituto Nacional de Desarrollo Rural-INCODER, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP y Fundación Nakuani.

## Referencias

Anderson E, Montoya M, Soto A, Flores H. 2009. Challenges and Opportunities for Co-Management of a Migratory Fish (*Prochilodus nigricans*) in the Peruvian Amazon. *American Fisheries Society Symposium*, 69:741–756.

Audzijonyte A, Kuparinen A, Fulton EA. 2013. How fast is fisheries-induced evolution? Quantitative analysis of modelling and empirical studies. *Evolutionary Applications*. DOI:10.1111/eva.12044

Barbarino A, Taphorn D, Winemiller K. 1998. Ecology of the coporo, *Prochilodus mariae* (Characiformes, Prochilodontidae), and status of annual migrations in western Venezuela. *Environmental Biology of Fishes*, 53:33-46.

Bayley PB, Petrere M. 1989. Amazon fisheries assessment of methods, status and management options. En: Dodge DP. (Editores). Proceedings of the international large river symposium. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106, Ottawa. p 385-398.

Bazigos G. 1976. Estadísticas aplicadas a la pesca. FAO. Documento técnico de pesca N° 135. Roma, FAO. p 181.

Beltrán-Hostos D, Ajiaco-Martínez RE y Ramírez-Gil H. 2001. *Prochilodus mariae* Eigenmann, 1922. En: Ramírez-Gil H, Ajiaco-Martínez RE (Editores.). La pesca en la baja Orinoquia colombiana: una visión integral. INPA. Bogotá-Colombia. p 96-99.

Blanco JR, Narváez BJC, Herrera PFA. ENSO and the rise and fall of a tilapia fishery in northern Colombia. *Fisheries Research*; 88:100–108

Cadima EL. 2003. Manual de evaluación de recursos pesqueros. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 393. Roma, FAO. p 162.

Castro RMC. Vari rp. 2004. Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei:Ostariophysi:Characiformes): A phylogenetic and revisionary study. *Smithsonian Contributions to Zoology (SCZ)*, (622):1-189.

Cheung WWL, Sarmiento JL, Dunne J, Frolicher TL, Lam VWY, Deng ML, Watson R, Pauly D. 2013. Shrinking of fishes exacerbates impacts of global ocean changes on marine ecosystems. *Nature Climate Change*, 3:254–258.

Conover D, Munch SB, Arnott SA. 2009. Reversal of evolutionary downsizing caused by selective harvest of large fish. *Proceedings of the Royal Society B*. 276:2015-2020. DOI:10.1098/rspb.2009.003

Copeleti AR, Petrere M Jr. 2006. Migration of the curimatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Pisces, Prochilodontidae) at the waterfall “Cachoeira de Emas” of the Mogi-Guaçu River - São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2B): 651-659.

Daan N, Gislason H, Pope JG, Rice JC. 2005. Changes in the North Sea fish community: evidence of indirect effects of fishing? *ICES Journal of Marine Science*, 62:177-188

De Lima L, Verani JR, Chellappa S. 2012. Reproductive Ecology of *Prochilodus brevis* an Endemic Fish from the Semiarid Region of Brazil. *The Scientific World Journal*. DOI:10.1100/2012/810532

Godinho A, Kynard B. 2006. Migration and Spawning of Radio-Tagged Zulega *Prochilodus argenteus* in a Dammed Brazilian River. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135:811–824. DOI: 10.1577/T04-176.1

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1):9

Hutchings JA. 2005. Life history consequences of over-exploitation to population recovery in Northwest Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62:824-832.

Jaramillo-Villa U, Jiménez-Segura F. 2008. Algunos aspectos biológicos de la población de *Prochilodus magdalenae* en las ciénagas de Tumaradó (Río Atrato), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 30 (88): 55-66.

Jørgensen C, Enberg K, Dunlop ES, Arlinghaus R, Boukal DS, Brander K, Ernande B *et al.* 2007. Managing the world's evolving fish stocks. *Science* 318:1247-1248.

Jørgensen C, Ernande B, Fiksen Ø, 2009. Size-selective fishing gear and life history evolution in the Northeast Arctic cod. *Evolutionary Applications*. DOI:10.1111/j.1752-4571.2009.00075.x

Laugen AT, Engelhard GH, Whitlock R, Arlinghaus R, Dankel DJ, Dunlop ES *et al.* 2014. Evolutionary impact assessment: accounting for evolutionary consequences of fishing in an ecosystem approach to fisheries management. *Fish Fish*:15:65-96

- Liljestrom CG. 1983. Aspectos de la biología del coporo *Prochilodus mariae*. *Revista UNILILEZ de Ciencia y Tecnología*, 1:5-11.
- Machado-Allison A, Bottini B. 2010. Especies de la pesquería continental venezolana: un recurso natural en peligro. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela*, 70 (1):59-75.
- McIntyre PB, Jones LE, Flecker AS, Vanni MJ. 2007. Fish extinctions alter nutrient recycling in tropical freshwaters. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 104:4461-6.
- Melo B, Sato Y, Foresti F, Oliveira C. 2013. The roles of marginal lagoons in the maintenance of genetic diversity in the Brazilian migratory fishes *Prochilodus argenteus* and *P. costatus*. *Neotropical Ichthyology*, 11(3):625-636.
- Narváez BJC, Herrera PFA, Blanco J. 2008. Efecto de los artes de pesca sobre el tamaño de los peces en una pesquería artesanal del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 37 (2): 163-187.
- Novoa, D. 2002. Los recursos pesqueros del eje fluvial Orinoco – Apure: Presente y Futuro. INAPESCA. Caracas. p 148.
- Perea AJ, Mori J, Buitrago B, Sánchez J. 2013. Aspectos reproductivos del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J, Guevara-Carrasco R, Espino M. (Editores). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. *Revista Peruana de Biología Número Especial* 20(1):029-034.
- Peso NA, Schulz UH. 2010. Diel and seasonal movements of grumatã *Prochilodus lineatus* (Valenciennes 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) in the Sinos River, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70(4):1169-1177.
- Ramírez-Gil H, Ajiaco-Martínez RE, Barreto C, Valderrama M. 2011. *Prochilodus mariae* (Prochilodontidae). En: Lasso CA, Agudelo-Córdoba E, Jiménez-Segura LF, Ramírez-Gil H, Morales-Betancourt M, Ajiaco-Martínez RE, Gutiérrez FP, Usma JS, Muñoz-Torres SE, Sanabria-Ochoa AI (Editores). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. p 312-316.
- Ricker WE. 1981. Changes in the average size and average age of Pacific salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38:1636-1556
- Saldaña JR, Venables BJ. 1981. Desarrollo sexual del coporo *Prochilodus mariae* (Prochilodontidae) en el río Orinoco. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 1(2): 3-10.
- Sato Y, Cardoso EL, Godinho AL, Godinho HP. 1996. Hypophysation of the fish *Prochilodus affinis* from the Rio Sao Francisco basin, Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 48 (1):55-62
- Sharpe D, Hendry A. 2009. Life history change in commercially exploited fish stocks: an analysis of trends across studies. *Evolutionary Applications* 2:260-275.
- Shin YJ, Rochet MJ, Jennings S, Field J G, Gislason H. 2005. Using size-based indicators to evaluate the ecosystem effects of fishing. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 384 - 396.
- Sparre P, Venema SC. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. N°. 306.1 Rev. 2. p 420.
- Suzuki HI, Agostinho AA, Bailly D, Gimenes MF, Júlio-Junior HF, Gomes LC. 2009. Inter-annual variations in the abundance of young-of-the-year of migratory fishes in the Upper Paraná River floodplain: relations with hydrographic attributes. *Brazilian Journal of Biology*, 69 (2):649-660 (suplemento).
- Sverlij SB, Espinach A, Ort´ G. 1993. Sinopsis de los datos biológicos y pesqueros del sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes 1847). FAO-FIR S154:1-64.
- Taylor B, Flecker AS, Hall RO. 2006. Loss of a harvested fish species disrupts carbon flow in a diverse tropical river. *Science*, 313: 833-836.
- Usma JS, Valderrama M, Escobar MD, Ajiaco-Martínez RE, Villa-Navarro F, Castro F, Ramírez-Gil H, Sanabria AI, Ortega-Lara A, Maldonado-Ocampo J, Alonso JC, Cipamocha C. 2009. Peces dulceacuícolas migratorios en Colombia. En: Amaya JD, Naranjo L. (Editores). Plan Nacional de las Especies Migratorias: Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. MAVDT- WWF. Bogotá D. C. Colombia. p 103-131.
- Usma JS, Villa-Navarro F, Lasso CA, Castro F, Zuñiga-Upegui PT, Cipamocha C, Ortega-Lara A, Ajiaco-Martínez RE, Ramírez-Gil H, Jiménez LF, Maldonado-Ocampo J, Muñoz JA, Suárez JT. 2013. Peces dulceacuícolas migratorios de Colombia. En: Zapata IA, Usma JS. (Editores) Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Peces. Vol 2. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF-Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. p 215-442
- Uusi-Heikkilä S, Whiteley A, Kuparinen A, Matsumara S, Venturelli P, Wolter C, Slate J, Primmer C et al. 2015. The evolutionary legacy of size-selective harvesting extends from genes to populations. *Evolutionary Applications*. DOI:10.1111/eva.12268
- Wheeler JP, Purchase CF, Macdonald PDM, Fill R, Jacks L, Wang H, Ye C. 2009. Temporal changes in maturation, mean length-at-age, and condition of spring-spawning Atlantic herring (*Clupea harengus*) in Newfoundland waters. *ICES Journal of Marine Science*, 66c:1800-1807.