

Reproductive biology of Liseta *Leporinus muyscorum* Steindachner, 1901 in the Sinu River, Colombia

Biología reproductiva de Liseta *Leporinus muyscorum* Steindachner, 1901 en el río Sinú, Colombia

Fredys Segura-Guevara^{1*} M.Sc, Henan López-Corrales² Prof. Acuicul, César Medrano De La Hoz² Prof. Acuicul, Charles W. Olaya-Nieto¹ M.Sc.

¹Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Ciencias Acuícolas, Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP. Cra 23 No. 2A-20, Piso 2. Lórica, Colombia. ²Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Ciencias Acuícolas. Montería, Colombia. *ffsegura@correo.unicordoba.edu.co

Received: November 2015; Accepted: October 2016.

ABSTRACT

Objective. The reproductive biology of Liseta *Leporinus muyscorum* (Steindachner, 1901) in the Sinu river, Colombia, was studied. **Materials and methods.** Individuals were collected between March 2006 and February 2007, with lengths and weights ranging 20.5-41.0 (30.0 ± 3.7) cm of total length and 97.6-728.0 (320.9±117.9) g, respectively. The gonads were placed in Gilson solution, the Vazzoler scale was applied and sexual proportion, sexual maturity index, spawning season, the length at first maturity, oocytes's diameter and fecundity were estimated. **Results.** 344 individuals were collected, of which 249 were females and 95 were males, with sexual proportion female: male of 2.6:1, different from expected. The length at first maturity was estimated in 28.9, 28.1 y 28.8 cm TL for females, males and combined sexes, respectively, oocytes's diameter was 977 µ and fecundity was estimated in 30793 oocytes. **Conclusions.** The Liseta is a fish with synchronous oocyte development in two groups, whose spawning season extends from February to September, with large oocytes and high fecundity, strongly associated with ovarian weight.

Keywords: Fecundity, oocytes, reproduction, sexual maturity (*Source: AIMS*).

RESUMEN

Objetivo. Se estudió la biología reproductiva de la Liseta *Leporinus muyscorum* (Steindachner, 1901) en el río Sinú, Colombia. **Materiales y métodos** Los individuos fueron colectados entre marzo 2006 y febrero 2007, con tallas y pesos entre 20.5-41.0 (30.0±3.7) cm de longitud total y 97.6-728.0 (320.9±117.9) g, respectivamente. Las gónadas se conservaron en solución Gilson, se utilizó la escala de Vazzoler y se estimaron proporción sexual, índices de madurez sexual, época de desove, talla media de madurez sexual, diámetro de ovocitos y fecundidad. **Resultados.** Se colectaron 344 individuos, de los cuales 249 fueron hembras y 95 machos, con proporción sexual hembra: macho de 2.6:1, diferente a lo esperado. La talla media de madurez fue estimada en 28.9, 28.1 y 28.8 cm LT para hembras, machos y sexos combinados, respectivamente, el diámetro de los ovocitos fue 977 µ y la fecundidad promedio fue estimada en 30793 ovocitos. **Conclusiones.** La Liseta es un pez con desarrollo ovocitario sincrónico en dos grupos, cuya época o período de reproducción se extiende de febrero a septiembre, con ovocitos grandes y alta fecundidad, fuertemente asociada al peso de los ovarios.

Palabras clave: Fecundidad, madurez sexual, ovocitos, reproducción, (*Fuente: AIMS*).

INTRODUCTION

Liseta *Leporinus muyscorum* (1) is a fusiform characiform fish that has three or four dark spots on its body when it reaches adulthood (2). The maximum length collected for the species downstream of Urrá's dam is 44.0 cm TL in 2002 year, while its maximum length theoretical in the Sinu river basin 45.7 cm TL, with medium longevity and growth rate (3).

Leporinus muyscorum is endemic from Colombia, from Atrato, Truando, Magdalena, San Jorge and Sinu river basins (4), inhabit basically in the main channel, moving through the caños in search of food or dispersal areas or gonadal maturation. In the Atrato river is an omnivorous species with herbivorous tendency, preferring a diet of leaves, fruits, grains and seeds (5).

It is one of the rheophilous fishes from the Sinu river basin that has two annual migrations that makes it susceptible to fishery exploitation, both when move upstream as well as when to return to feeding areas, so it is one of the species commercially important in the Sinu river basin fishery. His capture in the basin increased considerably due to the decrease in fishery production of traditional species such as Bocachico *Prochilodus magdalenae* and Blanquillo *Sorubim cuspicaudus* has allowed an increase in catches of lower commercial value (3).

The aim of this work was to study the reproductive biology of Liseta in the Sinu river as a contribution to the state of knowledge of the species, its conservation in the natural environment, the management of their fishery and the establishment of a database for his production in controlled cultures.

MATERIALS AND METHODS

Location and description of the study area. The study took place in the Lower Sinu river between March 2006 and February 2007. The Sinu River rises in the Nudo de Paramillo, Paramillo Natural National Park, in the Ituango's municipality (Antioquia department) at 3700 m.s.n.m, and runs to its mouth in the Delta Tinajones in the Caribbean Sea, Cordoba department. The total length of the channel is 437.97 km, passes through the territories of Ituango, Tierralta, Valencia, Montería, Cereté, San Pelayo, Cotorra, Lorica and San Bernardo del Viento, with annual average temperatura of 27 °C and multianual average rainfall of 1300 mm (6).

INTRODUCCIÓN

La Liseta *Leporinus muyscorum* (1) es un pez fusiforme Characiforme que se caracteriza por presentar tres o cuatro manchas oscuras en su cuerpo cuando son adultos (2). La talla máxima recolectada para la especie aguas abajo de la Represa de Urrá es de 44.0 cm LT en el año 2002, mientras que su longitud máxima teórica en la cuenca del río Sinú es de 45.7 cm LT, con longevidad y tasa de crecimiento medios (3).

Leporinus muyscorum es endémica de Colombia, de las cuencas de los ríos Atrato, Truandó, Magdalena, San Jorge y Sinú (4), habitando básicamente en el cauce principal, desplazándose muchas veces por los brazos o caños en busca de alimento o de áreas de dispersión o maduración gonadal. En el río Atrato es una especie omnívora con tendencia herbívora, prefiriendo en su dieta alimentaria hojas, frutos, granos y semillas (5).

Es uno de los peces reofílicos de la cuenca del río Sinú que presenta dos migraciones anuales, características que lo hacen susceptible a la explotación pesquera, tanto al desplazarse aguas arriba como al retornar a las áreas de alimentación, convirtiéndolo en una de las especies relevantes y con importancia comercial en la pesquería de la cuenca del río Sinú. Su captura en la cuenca aumentó considerablemente debido a que la disminución en la producción pesquera de las especies tradicionales, como Bocachico *Prochilodus magdalenae* y Blanquillo *Sorubim cuspicaudus*, ha permitido un incremento en las capturas de las consideradas de menor valor comercial (3).

El objetivo de este trabajo fue estudiar la biología reproductiva de Liseta en el río Sinú, como contribución al estado del conocimiento de la especie, a su conservación en el medio natural, al ordenamiento de su pesquería y al establecimiento de una base de datos para su producción en cultivos controlados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción del área de estudio. El estudio se desarrolló en el Bajo río Sinú, entre marzo y febrero. El río Sinú nace en el área de páramo del nudo de Paramillo, Parque Nacional Natural Paramillo en el municipio de Ituango (departamento de Antioquia) en la cota 3700 m.s.n.m, desde donde desciende hasta su desembocadura en el delta de Tinajones en el mar Caribe en el departamento de Córdoba. La longitud total del cauce es de 437.97 km, atravesando territorios de Ituango, Tierralta,

Obtaining the Samples. For taxonomic identification, Garavello (2) was followed. 334 individuals were collected and total length (TL) were recorded to the nearest millimeter with a graduate ichthyometer (IK2, Aquatic Biotechnology, Spain) and total weight (TW) to the nearest gram with a electrical scale of 5000 ± 1 g (CS 5000, Ohaus Corporation, USA). Sampling were carried out using cast nets and hook and line and the collected specimens were cooled and transported to the Fisheries Biology Research Laboratory-FBRL of Cordoba University at Lorica.

Biological material. The fishes were eviscerated and the gonads were separated from other organs and weighed on a 1500 ± 0.01 g electrical scale (Adventurer, Ohaus Corporation, USA) and preserved in Gilson solution. The Vazzoler' scale (7) was applied.

Analysis of reproductive biology. The sex ratio was calculated using the equation: % males = $100 * (Nm/Nt)$ (8) where Nm is the number of males and Nt the total number of individuals, and sexual proportion to size with the Holden & Raitt (9) technique using class intervals of 2.0 cm.

The gonadosomatic index (IGS1) and the corrected gonadosomatic index (IGS2) were estimated: $IGS1 = 100 * GW/TW$ (10), where GW is the weight of the gonads (ovary or testes) and TW is the total weight of the fish; $IGS2 = 100 * GW/EW$ (10) where WE is the eviscerated fish weight. The gonad index (IG) was also obtained: $IG = 10^4 * GW/TL$ (7), where TL is the total size of the fish and b is the growth rate of the length-weight regression.

The size at sexual maturity was estimated using the methodology proposed by Sparre & Venema (11). The diameter of 1236 oocytes from different samples from every month of the year, selected at random, was measured using an ocular micrometer to establish the frequency distribution of oocyte diameter and to select mature ones.

The spawning season was estimated taking into account the macroscopic analysis of the ovaries and testis, the collection of mature and spawned females at four and seven months of the study, respectively, the collection of mature and sperm producing males at five and seven months of the study, respectively, the sexual maturity index maturity, the diameter of mature oocytes and the statistically significant differences found between the four states of sexual maturity assigned for

Valencia, Montería, Cereté, San Pelayo, Cotorra, Lorica y San Bernardo del Viento, con temperatura promedio anual de 27 °C y pluviosidad promedio multianual de 1300 mm (6).

Obtención de las muestras. Para la identificación taxonómica de la especie se siguió a Garavello (2). Se recolectaron 334 individuos a los cuales se les tomó longitud total (LT) y longitud estándar (LS) al milímetro más cercano con un ictiómetro graduado en mm (IK2, Aquatic Biotechnology, España) y el peso total (WT) al gramo más cercano con balanza de capacidad de 5000 ± 1 g (CS 5000, Ohaus Corporation, USA). Los muestreos se efectuaron utilizando atarraya y línea de mano como artes de pesca y los ejemplares recolectados fueron refrigerados y trasladados al Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP de la Universidad de Córdoba-Sede Lorica.

Material biológico. Los peces se evisceraron y las gónadas se separaron del resto de órganos, pesándose en una balanza eléctrica de 1500 ± 0.01 g de capacidad (Adventurer, Ohaus Corporation, USA) y se conservaron en solución de Gilson. Se aplicó la escala de madurez sexual de Vazzoler (7).

Análisis de la biología reproductiva. La proporción sexual se calculó con la ecuación: % machos = $100 * (Nm/Nt)$ (8), donde Nm es el número de machos y Nt el número total de individuos, y la proporción sexual a la talla con la técnica de Holden & Raitt (9) utilizando intervalos de clase de 2.0 cm.

El índice gonadosomático (IGS1) y el índice gonadosomático corregido (IGS2) se estimaron con: $IGS1 = 100 * WG/WT$ (10), donde WG es el peso de las gónadas (ovario o testículo) y WT es el peso total del pez; $IGS2 = 100 * WG/WE$ (10), en donde WE es el peso eviscerado del pez. También se obtuvo el índice gonadal (IG): $IG = 10^4 * WG/LT^b$ (7), donde LT es la talla total del pez y b es el coeficiente de crecimiento de la regresión longitud-peso.

La talla de madurez sexual se estimó utilizando la metodología propuesta por Sparre & Venema (11). Se midió el diámetro a 1236 ovocitos procedentes de diferentes muestras de todos los meses del año, seleccionadas al azar, usando un ocular micrométrico, para establecer la distribución de frecuencia de diámetro de los ovocitos y seleccionar los maduros.

La época de desove se estimó teniendo en cuenta el análisis macroscópico de los ovarios y testículos, la colecta de hembras maduras y

each sex.

A subsample of each sexually mature type III ovary (0.15-0.25 g) was taken using gravimetric analysis (12) to estimate total fecundity (F) of the species under study: $F = nG/g$, where n is the number of mature oocytes in the sample, g is the weight of oocytes and G is the weight of the sample. Additionally, total length-fecundity, total weight-fecundity and ovary weight-fecundity equations were estimated.

The variables studied are presented as mean±standard deviation. The statistical chi-square test was used to confirm whether the estimated sex ratio was in line with expectations and the analysis of variance to assess changes in the estimated rates for females and males at each sexual maturity stage during the reproductive cycle analyzed. The Tukey-Kramer multiple comparison test was used when statistically significant differences were found.

RESULTS

344 individuals were analyzed with sizes and weight between 20.5 - 41.0 (30.0±3.7) cm LT and 97.6-728.0 (320.9±117.9) g, of which 249 were females and 95 males (Table 1). The minimum size was recorded in April and the maximum in May, and the size frequency distribution showed a normal curve with average catch length of 30.2 cm TL (Figure 1).

The female: male sexual proportion observed was 2.6:1 different from the expected 1:1 (X^2 : 68.942; p :0.05; 1 gl). Analyzed monthly, significant statistical differences were found almost every month of the year except May 1.5:1 (X^2 : 0.926; p :0.05; 1 gl), June 0.9:1 (X^2 :0.048; p :0.05; 1 gl) and October 1.5:1 (X^2 : 1.200; p :0.05; 1 gl). The female: male sexual proportion in size (Table 1) was different from expected in all intervals except the smallest (17.5-22.5) cm TL (X^2 :0.333; p :0.05; 1 gl).

Most of the sample consisted of immature individuals, both females (n =206, 82.7%) and males (n =70, 73.7%). Mature females (maturity stage III) were collected during four months of the study (April, May, August and February), with the greatest numbers in April and May with 4

desovadas en cuatro y siete meses del estudio, respectivamente, la colecta de machos maduros y espermiados en cinco y siete meses del estudio, respectivamente, los índices de madurez sexual, el diámetro de los ovocitos maduros y las diferencias estadísticas significativas encontradas entre los cuatro estados de madurez sexual asignados para cada sexo.

Se tomó una submuestra de cada ovario encontrado en estado de madurez sexual III (0.15-0.25 g) para estimar la fecundidad total (F) de la especie en estudio, aplicando el método gravimétrico (12): $F = nG/g$, en donde n es el número de ovocitos maduros en la muestra, G es el peso de los ovocitos y g es el peso de la muestra. También se estimaron las ecuaciones de fecundidad, longitud total-fecundidad, peso total-fecundidad y peso de ovarios-fecundidad.

Las variables estudiadas se presentan como promedio ± desviación estándar. Se aplicó el test estadístico Chi-cuadrado para confirmar si la proporción sexual estimada se ajustaba a lo esperado y el Análisis de varianza de una vía para evaluar los cambios de los índices estimados para hembras y machos en cada estado de madurez sexual durante el ciclo reproductivo analizado; utilizándose el test de comparaciones múltiples de Tukey-Kramer cuando se encontraron diferencias estadísticas significativas.

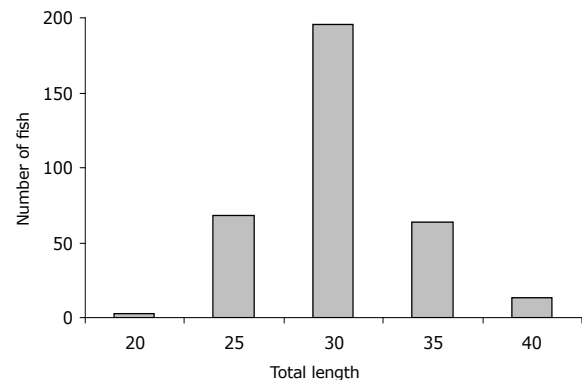


Figure 1. Distribution of fish size frequencies for Liseta in the Sinú River. March 2006-February 2007.

Table 1. Sexual proportion of Liseta (*Leporinus muyscorum*) according to size in the Sinú River.

Size (cm LT)	Females	Females (%)	Males	Males (%)	H : M	X^2 (Obs.)	X^2 (Tab.)
17.5 - 22.5	2	66.7	1	33.3	2.0:1	0.333	3.841
22.5 - 27.5	54	79.4	14	20.6	3.9:1	23.529	3.841
27.5 - 32.5	139	70.9	57	29.1	2.4:1	34.306	3.841
32.5 - 37.5	42	65.6	22	34.4	1.9:1	6.250	3.841
37.5 - 42.5	12	92.3	1	7.7	2.9:1	9.308	3.841

individuals in each month, and spawned females (maturity stage IV) in 7 months of the study (April, June, July, August, September, January and February). The highest values of the three indices were found in May (Figure 2). Mature males were collected during five months of the year (April, May, July, September and February), especially in May with 3 individuals, and sperm off individuals during seven months (March, May, June, July, August, October, February), mainly in April where highest values in the three indices was found (Figure 2) were found.

Table 2 presents the gonadosomatic index 1 (GSI1), gonadosomatic index 2 (GSI2), and the gonadal index (GI) for females and males, as well as the annual average, respectively. The length at first maturity average size at maturity was estimated at 28.9, 28.1 and 28.8 cm TL for females, males and combined sexes (Figure 3), respectively.

Two groups of oocytes were found in the ovaries, one that corresponded to the batch of mature oocytes and that would be spawned, and another batch that was the reserve stock, indicating a

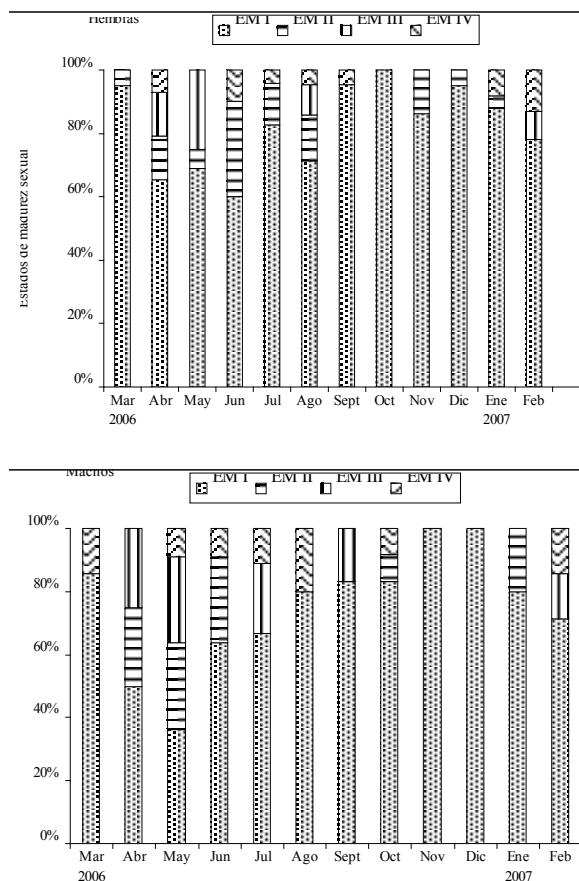


Figure 2. Sexual maturity states for Liseta in the Sinú River.

RESULTADOS

Se analizaron 344 individuos, con tallas y pesos entre 20.5 – 41.0 (30.0±3.7) cm LT y 97.6–728.0 (320.9±117.9) g, de los cuales 249 fueron hembras y 95 machos (Tabla1). La talla mínima registrada en abril y la máxima en mayo y su distribución de frecuencias de tallas mostró una curva normal con talla media de captura de 30.2 cm LT (Figura 1).

La proporción sexual hembra: macho observada fue 2.6:1, diferente a lo esperado 1:1 (X^2 : 68.942; p : 0.05; 1 gl). Al analizarla mensualmente se encontraron diferencias estadísticas significativas en casi todos los meses del año, excepto en mayo 1.5:1 (X^2 : 0.926; p : 0.05; 1 gl), junio 0.9:1 (X^2 : 0.048; p : 0.05; 1 gl) y octubre 1.5:1 (X^2 : 1.200; p : 0.05; 1 gl). La proporción sexual hembra: macho a la talla (Tabla 1) fue diferente a lo esperado en todos los intervalos excepto en el menor (17.5-22.5) cm LT (X^2 : 0.333; p : 0.05; 1 gl).

La mayor parte de la muestra estuvo conformada por individuos inmaduros, tanto para hembras ($n=206$, 82.7%) como para machos ($n=70$, 73.7%). La recolección de ejemplares hembras maduras (estado de madurez III) se dio en cuatro meses del estudio (abril, mayo, agosto y febrero), con mayor número en abril y mayo con 4 individuos en cada mes, y de ejemplares desovados (estado de madurez IV) en 7 meses del estudio (abril, junio, julio, agosto, septiembre, enero y febrero). Los valores más altos en los tres índices fueron encontrados en mayo (Figura 2). Para machos se recolectaron individuos maduros en cinco meses del año (abril, mayo, julio, septiembre y febrero), especialmente en mayo con 3 individuos, e individuos espermiados en siete meses (marzo, mayo, junio, julio, agosto, octubre y febrero), principalmente en abril en donde se encontraron los valores más altos en los tres índices (Figura 2).

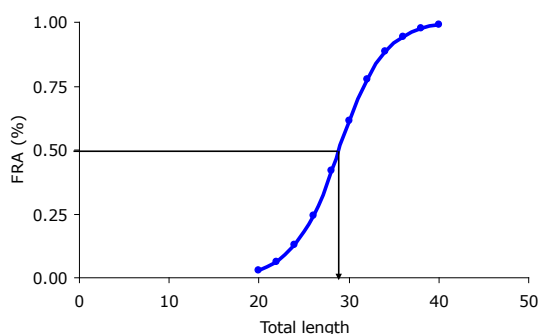
En la tabla 2 se presentan las estimaciones del Índice gonadosomático 1 (IGS1), Índice gonadosomático 2 (IGS2) e Índice gonadal (IG) para hembras y machos, así como su promedio anual, respectivamente. La talla media de madurez sexual (TMM) fue estimada en 28.9, 28.1 y 28.8 cm LT para hembras, machos y sexos combinados (Figura 3), respectivamente.

En los ovarios, se encontraron dos grupos de ovocitos, uno que correspondió al lote de los ovocitos maduros y que serían desovados y otro lote que era el stock de reserva, indicando un desarrollo ovocitario sincrónico en dos grupos con desove total, con época o período de desove que

Table 2. Average values of sexual maturity index of Liseta females and males in the Sinú River.

State of maturity	n	IGS1	IGS2	IG
I	204	0.426 ± 0.26 a	0.519 ± 0.31 a	0.00008 ± 0.00005 a
II	20	0.581 ± 0.22 a,c	0.691 ± 0.26 a,c	0.00011 ± 0.00004 a,c
III	12	2.444 ± 1.13 b	3.189 ± 1.73 b	0.00050 ± 0.00025 b
IV	11	0.893 ± 0.40 c	1.091 ± 0.49 c	0.00016 ± 0.00008 c
I	70	0.074 ± 0.06 a	0.089 ± 0.07 a	0.00001 ± 0.00001 a
II	8	0.225 ± 0.04 b	0.266 ± 0.04 b	0.00003 ± 0.00001 b
III	8	0.329 ± 0.08 c	0.402 ± 0.10 c	0.00005 ± 0.00001 c
IV	8	0.184 ± 0.16 b	0.233 ± 0.21 b	0.00003 ± 0.00003 b

n = number of individuals per maturity stage in the reproductive cycle. IGS1=Gonadosomatic index. IGS2= Corrected gonadosomatic index. IG=gonad index. Values with equal letters in the same column are statistically similar.

**Figure 3.** Length at first maturity for both sexes of Liseta in the Sinú River.

synchronous oocyte development in two groups with a spawning season among february and september. The mature oocytes are large with a diameter that ranges between 901 and 1239 μ , with an average of 977 (± 77) μ .

The weight of ovaries ranged between 4.67 and 35.16 (10.78 \pm 8.05) g, which corresponded to individuals with sizes and total weights among 28.5 and 41.0 (33.3 \pm 4.9) cm TL and 284.0 and 655.5 (427.7 \pm 118.8) g. It was found that while the size and total weight are homogeneous (CV<30%), the weight of the ovaries is heterogeneous (CV=87.6%), which partially explains the dispersion in fecundity estimate (CV=77.9%).

Average fecundity estimated was 30793 \pm 23976 oocytes, with a maximum of 96350 eggs for a individual with 39.2 cm TL, 655.5 g, and gonad weight of 35.16 g. The average relative fecundity was 935 \pm 651 oocytes/cm TL, 72 \pm 44 oocytes/g, and 2798 \pm 997 oocytes/g of gonad. The best equation was: $F = 1628.32 \text{ WG } 1.21$, $r = 0.83$, $n = 12$ (Figure 4), where the correlation coefficient is high and statistically significant at

se extiende de febrero a septiembre. Los ovocitos maduros son grandes y su diámetro osciló entre 901 y 1239 μ , con promedio de 977 (± 77) μ .

El peso de los ovarios osciló entre 4.67 y 35.16 (10.78 \pm 8.05) g, que correspondieron a individuos con tallas y pesos totales entre 28.5 y 41.0 (33.3 \pm 4.9) cm LT y 284.0 y 655.5 (427.7 \pm 118.8) g. Se encontró que mientras las tallas y el peso total son homogéneos (CV<30%), el peso de los ovarios es heterogéneo (CV=87.6%), lo que explica en parte la dispersión en la fecundidad estimada (CV=77.9%).

La fecundidad promedio estimada fue 30793 \pm 23976 ovocitos, con valor máximo de 96350 ovocitos para un individuo de 39.2 cm LT, 655.5 g, y peso de gónadas de 35.16 g. Las fecundidades relativas promedio fueron 935 \pm 651 ovocitos/cm LT, 72 \pm 44 ovocitos/g de peso total y 2798 \pm 997 ovocitos/g de gónada; y la ecuación con mejor ajuste fue: $F = 1628.32 \text{ WG } 1.21$, $r = 0.83$, $n = 12$ (Figura 4), cuyo coeficiente de correlación es alto y estadísticamente significativo al 95% de confianza.

DISCUSIÓN

La proporción sexual hembra: macho de este trabajo (2.6:1) fue diferente a la encontrada en el río Paraná para *Leporinus obtusidens*, donde se observó predominancia de hembras (61.0%) sobre machos (39.0%) con proporción sexual de 1.6:1 (13); y a la reportada en el río Mesay (Amazonia colombiana) para *L. brunneus*, con predominancia de hembras (29 individuos, 88.0%) sobre machos (12 individuos, 12.0%) y proporción sexual de 7.3:1; *L. fasciatus* con predominancia de hembras (8, 80.0%) sobre machos (2, 10.0%) y proporción sexual de 4:1; *L. klausewitzi* con predominancia de machos (11, 64.7%) sobre hembras (6, 35.3%) y proporción sexual de 1.8:1 (14).

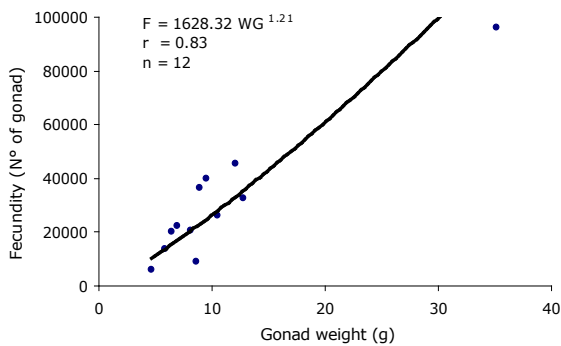


Figure 4. Gonad weight- fecundity relationship for Liseta in the Sinú River.

95% confidence.

DISCUSSION

The female: male ratio of this study (2.6:1) was different from what was found in the Paraná River for *Leporinus obtusidens*, where a predominance of females (61.0%) to males (39.0%) was observed with a sex ratio of 1.6:1 (13), and the study in the Mesay River (Colombian Amazon) of *L. brunneus*, with a predominance of females (29 fish, 88.0%) over males (12 fish, 12.0%) and a sex ratio of 7.3:1; *L. fasciatus*, predominantly female (8, 80.0%) over male (2, 10.0%) and a sex ratio of 4:1; and *L. klausewitzii* predominantly male (11, 64.7%) over female (6, 35.3%) and a sex ratio of 1.8:1 (14).

Segura et al (15) claim that the geographic areas where a particular fish species lives, the compared distance between different areas, population growth rhythm or rate, fishing gear used, number of fish collected, and other factors explain the differences in the size of fish collected, their average catch size, and the sex ratio.

As expected, rates of sexual maturity reached their highest values in state III (2.44%), as happens in most bony fish (7), finding statistically significant differences ($p < 0.05$) between this state and the other three, both in gonadosomatic index 1 and gonadosomatic index 2 and the gonadal index for females and males (Table 2). Statistically significant differences were also found for females of *L. copelandii* (IGS1=5.55%) in the Paraíba do Sul River (Brazil) (16) and for *L. taeniatus* females (IGS1=11.41) and males (IGS1=3.29%) in the Juramento reservoir (Brazil) (17).

Other studies done in Brazil show that the maximum gonadosomatic index 1 in mature females in some species of the Anostomidae family reached

Segura et al (15) afirman que la ubicación de las áreas geográficas en donde vive una especie de pez determinada, la distancia entre las diferentes áreas comparadas, el ritmo o tasa de crecimiento de la población, la selectividad del arte de pesca utilizado, el número de individuos recolectados, entre otras causas, explican las diferencias que se presentan entre las tallas de los peces colectados, su talla media de captura y la proporción sexual encontrada.

Tal y como se esperaba, los índices de madurez sexual alcanzaron sus valores más altos en el estado III (2.44%), tal y como sucede en la mayoría de los peces óseos (7), encontrándose diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre este estado con los otros tres, tanto en el Índice gonadosomático 1, como en el Índice gonadosomático 2 y el Índice gonadal, para hembras y machos (Tabla 2). Diferencias estadísticas significativas también fueron encontradas para hembras de *L. copelandii* (IGS1 =5.55%) en el río Paraíba do Sul (Brasil) (16) y para hembras (IGS1 =11.41) y machos (IGS1 =3.29%) de *L. taeniatus* en el embalse de Juramento (Brasil) (17).

Otras investigaciones realizadas en Brasil muestran que el máximo Índice gonadosomático 1 en hembras maduras de algunas especies de la familia Anostomidae alcanzó valores de 14.42% (*Leporellus vittatus*), 15.25% (*Leporinus amblyrhynchus*), 11.06% (*L. elongatus*), 22.83% (*L. friderici*), 21.77% (*L. lacustris*), 8.72% (*L. obtusidens*), 21.48% (*L. striatus*), 14.25% (*Schizodon borellii*) y 15.38% (*S. nasutus*) (7); observándose que todos están por encima del máximo valor alcanzado en este trabajo (5.36%), lo cual está asociado al estado de madurez sexual y a la fecundidad de cada especie en particular.

Las tallas medias de madurez sexual estimadas en este trabajo, 28.9, 28.1 y 28.8 cm LT para hembras, machos y sexos combinados, respectivamente, son menores a las reportadas para la especie en el río Sinú (24.5 cm LS, 30.5 cm LT), y -a la vez- son mayores que las tallas medias de captura (TMC =25.8 cm LT, $n = 4300$) reportadas para la cuenca del río Sinú (3), lo que indicaría que la especie está siendo pescada mucho antes de reproducirse. Sin embargo, tales tallas medias de madurez sexual son menores que la talla media de captura estimada en este trabajo (TMC =30.2 cm LT).

Los resultados obtenidos son un insumo importante para que la autoridad de pesca en Colombia (AUNAP) promueva una revisión de la actual talla mínima legal de captura de la especie en estudio, establecida por la Resolución

14.42% (*Leporellus vittatus*), 15.25% (*Leporinus amblyrhynchus*), 11.06% (*L. elongatus*), 22.83% (*L. friderici*), 21.77% (*L. lacustris*), 8.72% (*L. obtusidens*), 21.48% (*L. striatus*), 14.25% (*Schizodon borellii*) and 15.38% (*S. nasutus*) (7). It was observed that all are above the maximum value found in this study (5.36%), which is associated with the state of sexual maturity and fecundity of each particular species.

The average size at sexual maturity estimated in this study, 28.9, 28.1 and 28.8 cm LT for females and males and both sexes combined, respectively, are lower than those reported for the species in the Sinú River (24.5 cm LS, 30.5 cm LT), and are higher than average catch sizes (TMC=25.8 cm LT, n=4300) reported in the Sinú River basin (3), which indicates that the species is being fished long before it reproduces. However, these average sizes at sexual maturity are lower than the average catch size estimated in this study (TMC=30.2 cm LT).

The results are an important input that can be used by fisheries authority in Colombia (AUNAP) to review the current legal minimum catch size of the species under study as established by Resolution 0595 of 1978 (20.0 cm LS), because these results suggest that the minimum legal catch size does not correspond to Liseta biology, and therefore updating the existing regulation would improve fishery management and conservation in the wild.

As far as the average diameter of mature oocytes estimated in this study (977 μ), it was observed that it is the lowest of all those reported in South America. In Argentina, *Leporinus obtusidens* reaches 1100 μ in the Upper River Paraná (13). In Brazil, *Leporellus vittatus* presents 1212 μ , *Schizodon nasutus* 1232 μ , *Leporinus lacustris* 1259 μ and *L. friderici* 1060 μ , also in the Upper Paraná River (7). In captivity, *L. muyscorum* in Colombia has an observed mean diameter of 929 μ (18), while *L. macrocephalus* in Brazil is 1215 μ (19). These differences can be associated with each species' fecundity.

The reproductive period of rheophilic fish in the Sinú River is at the start of the rainy season, so the first spawning may occur between March and April if the necessary changes in water flow and physical and chemical states occur. This was confirmed in this study, where individuals with sexually mature ovaries and testes were collected during April and May (rising waters), females with mature ovaries in August, and males with mature testes in July (high water) and males with mature testes in September (low water). In addition, fish were also collected in a state of advanced sexual maturity in February (low water), which allows us to infer that the new hydrological dynamics present

0595 de 1978 (20.0 cm LS), porque dichos resultados sugieren que la talla mínima legal de captura no responde a la biología de Liseta, por lo que la actualización de la norma vigente apuntaría al ordenamiento de su pesquería y a su conservación en el medio natural.

En cuanto al diámetro promedio de los ovocitos maduros estimado en este trabajo (977 μ), se observó que es menor a todos los reportados en América del Sur. En Argentina, *Leporinus obtusidens* alcanza 1100 μ en el Alto río Paraná (13). En Brasil, *Leporellus vittatus* presenta 1212 μ , *Schizodon nasutus* 1232 μ , *Leporinus lacustris* 1259 μ y *L. friderici* 1060 μ , también en el Alto río Paraná (7). En cautiverio, para *L. muyscorum* en Colombia el diámetro promedio observado es de 929 μ (18), mientras que para *L. macrocephalus* en Brasil es de 1215 μ (19); diferencias pueden estar asociadas con la fecundidad de cada especie.

El período reproductivo de los peces reofílicos del río Sinú concuerda con el período lluvioso y su inicio, por lo que los primeros desoves pueden presentarse entre marzo y abril si se presentan las diferencias de caudal y los cambios físico-químicos necesarios para inducirlo. Lo anterior se confirmó en este estudio, en donde se colectaron individuos con sus ovarios y testículos en estado de madurez sexual avanzado en los meses de abril y mayo (aguas ascendentes), hembras con ovarios maduros en agosto y machos con testículos maduros en julio (aguas altas) y machos con testículos maduros en septiembre (aguas descendentes). Además, también se colectaron individuos en estado de madurez sexual avanzado en febrero (aguas bajas), lo que permite inferir que la nueva dinámica hidrológica que presenta el río Sinú desde el año 2000 podría estar influenciando el ciclo reproductivo de la especie, lo que ha sido observado para otros peces reofílicos como Blanquillo *Sorubim cuspicaudus* y Dorada *Brycon sinuensis*.

Sin embargo, se reportó que su pesquería ha estado soportada por individuos muy pequeños y muy jóvenes, ocasionando sobrepesca al reclutamiento y al crecimiento, por lo que la especie ha atravesado una situación crítica que debía ser tenida en cuenta por las entidades encargadas del manejo pesquero de la cuenca del Sinú, e introducir el ordenamiento de su pesquería en el mediano plazo (3); situación que se agrava en la época de desove de la especie en estudio porque la pesquería sobre los peces reofílicos, especialmente Characiformes, aumenta considerablemente cuando ellos realizan cortas migraciones aguas arriba o aguas abajo, como es el caso del Sinú.

in the Sinú River since 2000 could be influencing the species' reproductive cycle, which has been observed for other rheophilic fish like *Blanquillo Sorubim cuspicaudus* and *Dorada Brycon sinuensis*.

However, it was reported that capture of very small and very young individuals has caused overfishing in recruitment and growth, indicating that the species is going through a critical time. Entities that manage fishing in the Sinú basin should take this into account and make necessary medium-term changes (3). This situation is aggravated during spawning season because the capture of rheophilic fish, especially *Characiform*, increases considerably when they migrate short distances upstream or downstream, as in the case of the Sinú River.

In addition, disrupting fish migration to maturation and spawning areas upstream of the Urra hydroelectric plant, spawning loss upstream of the dam, altered water quality in maturation and spawning areas downstream from the tunnels, and overfishing of rheophilic fish that have the ability to reproduce result in the loss of reproductive potential, all as a result of the construction of the Urra hydroelectric plant. For these reasons, Liseta has been classified as vulnerable nationwide, highlighting the need for programs to protect habitat and fishery regulations to conserve the species (20).

Fecundity is a specific reaction to changing conditions, particularly mortality, which fluctuates in response to food supply, and is a basic mechanism to adjust reproduction rates to environmental changes. These changes are reflected in different fecundity rates between populations and species (21) and are affected by the size and weight of the fish, ovary weight, and the size of mature oocytes. Estimated fecundity in this study (30793 oocytes) is much lower than that reported for this species in Colombia through induced breeding (41484 oocytes) (18), and different from estimates by different authors for the *Anostomidae* family (7, 22), although similar to that estimated for *Leporellus vittatus* (34600) (7), as presented in table 3.

The results allow us to conclude that Liseta is a fish that has a F:M sex ratio of 2.6:1 with annual spawning and synchronous oocyte development in two seasons that extend from February to September, with large oocytes and high fecundity that are closely associated with the weight of the ovaries.

Acknowledgments

To the fishermen and fish sellers in the basin of the Sinú River and the researchers and thesis students that supported this study. To the Universidad de Córdoba for funding.

Además, la interrupción de la migración de los peces hacia áreas de maduración y desove aguas arriba de la Hidroeléctrica Urrá, la pérdida de los desoves aguas arriba de la represa, la alteración de la calidad del agua en las áreas de maduración y desove aguas abajo de los túneles y la pesca indiscriminada de peces reofílicos con capacidad de reproducirse se traducen en pérdida de su potencial reproductivo como consecuencia de la construcción de la hidroeléctrica Urrá. Por tales razones, Liseta ha sido clasificada en la categoría vulnerable a nivel nacional, proponiéndose la necesidad de programas de protección de su hábitat y de regulación pesquera como medidas de conservación de la especie (20).

La fecundidad es una adaptación específica a las condiciones variables, principalmente para la mortalidad, parámetro que se altera en respuesta a la oferta de alimento, siendo uno de los mecanismos básicos para ajustar la tasa de reproducción a los cambios ambientales. Estos cambios se reflejan en las diferentes fecundidades entre poblaciones y entre especies (21) y son afectadas por la talla y peso de los peces, así como del peso de los ovarios y el tamaño de los ovocitos maduros. La fecundidad estimada en este estudio (30793 ovocitos) es mucho menor que la reportada para la especie en Colombia mediante reproducción inducida (41484 ovocitos), (18) y diferente a las estimaciones de diferentes autores para la familia *Anostomidae* (7, 22), aunque similar a la estimada para *Leporellus vittatus* (34600) (7), tal y como se presenta en la tabla 3.

Table 3. Fecundity reported for the *Anostomidae* family in South America.

Species	Fecundity (Num. of oocytes)	Source
<i>Leporellus vittatus</i>	34600	Vazzoler (7), 1996
<i>Leporinus friderici</i>	194000	Vazzoler (7), 1996
<i>Leporinus muyscorum</i>	41484	Argüello et al (18), 2001
<i>Schizodon nasutus</i>	77000	Vazzoler (7), 1996
<i>Schizodon knerii</i>	88500	Sato et al (22), 2003
<i>Leporinus muyscorum</i>	30793	This study

Los resultados obtenidos permiten concluir que Liseta es un pez que presenta proporción sexual H:M de 2.6:1, con un desove anual y desarrollo ovocitario sincrónico en dos lotes, cuya época o período de reproducción se extiende de febrero a septiembre, con ovocitos grandes y alta fecundidad, fuertemente asociada al peso de los ovarios.

Agradecimientos

A los pescadores y comercializadores de pescado de la cuenca del río Sinú y a los tesisistas-investigadores que colaboraron en este trabajo. A la Universidad de Córdoba, por la financiación recibida.

REFERENCES

1. Steindachner F. Herpetologische und ichthyologische Ergebnisse einer Reise nach Südamerika, mit einer Einleitung von Therese Prinzessin von Bayern. Denkschriften Akademie der Wissenschaften in Wien 1902; 72:89-148.
2. Garavella JC. Two new species of *Leporinus* spix with a review of the blotched species of the río Orinoco system and redescription of *Leporinus muyscorum* Steindachner (Characiformes: Anostomidae). Proc Acad Nat Sci Phila 2000; 150:193-201.
3. Brú-Cordero SB, Segura-Guevara FF, Olaya-Nieto CW. Crecimiento y mortalidad de la Liseta, *Leporinus muyscorum* (Pisces: Anostomidae), en el río Sinú, Colombia. Dahlia 2004; 7:79-86.
4. Maldonado-Ocampo JA, Vari RP, Usma JS. Checklist of the freshwater fishes of Colombia. Biota Colombiana 2008; 9(2):143-237.
5. Casas JY, Lozano-Largacha Y, Rivas T. Contribución a la ecología trófica del dentón *Leporinus muyscorum* (Steindachner 1902) en la ciénaga La Grande cuenca media del río Atrato, Colombia. Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó DLC 2007; 26:4-8.
6. CVS-FONADE. Diagnóstico ambiental de la cuenca hidrográfica del río Sinú. Capítulo 1. Montería: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS)-Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE); 2004.
7. Vazzoler AEAM. Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM; 1996.
8. Wenner AM. Sex ratio as a function of size in marine crustacea. Amer Nat 1972; 106(949):321-350.
9. Holden MJ, Raitt DFS. Manual de ciencias pesqueras. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO Doc Téc Pesca 1975; 115:1-211.
10. Tresierra AE, Culquichicón ZG. Manual de biología pesquera. Trujillo: Concytec. 1995.
11. Sparre P, Venema SC. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Doc Téc de Pesca 1997; 306/1 (rev.2): 1-420.
12. Laevastu T. Manual de métodos de biología pesquera. Zaragoza: Editorial Acribia; 1980.
13. Oldani NO, Iwaszkiw JM, Padín OH, Otaegui A. Fluctuaciones de la abundancia de peces en el Alto Paraná (Corrientes, Argentina). Publicaciones de la Comisión Administradora del Río Uruguay Serie Técnico-Científica 1992; 1:43-55.
14. Blanco-Parra MP, Bejarano-Rodríguez I. Alimentación y reproducción de las principales especies ícticas del río Mesay durante el período de "aguas altas". Rev Biol Trop 2006; 54(3):853-859.
15. Segura-Guevara FF, Contreras ML, Olaya-Nieto CW. Relación longitud-peso de la Cachana (*Cynopotamus atratoensis*) en la ciénaga Grande de Lórica, Colombia. Acta biol Colomb 2011; (16):77-86.
16. Costa APR, Andrade DR, Vidal Junior MV, Souza G. Indicadores quantitativos da biologia reprodutiva de fêmeas de piau-vermelho no Rio Paraíba do Sul. Pesq Agropec Bras 2005; 40(8):789-795.
17. Thomé RG, Bazzoli N, Rizzo E, Santos GB, Ratton TF. Reproductive biology of *Leporinus taeniatus* Lütken (Pisces, Anostomidae) in Juramento Reservoir, São Francisco River basin, Minas Gerais, Brazil. Rev Bras Zool 2005; 22(3):565-570.
18. Argüello L, González H, Atencio V. Reproducción inducida de la Liseta *Leporinus muyscorum* (Steindachner, 1902) con extracto pituitario de carpa (EPC). Rev MVZ Córdoba 2001; 6(2):97-101.
19. Reynalte-Tataje DA, Esquivel BM, Esquivel JR, E. Zaniboni-Filho E. Reproducción inducida del piauçu *Leporinus macrocephalus* Garavella y Britski, 1988 (Characiformes, Anostomidae). Bol Inst Pesca 2002; 28(1):11-18.
20. Mojica JI, Usma JS. *Leporinus muyscorum*. En: Mojica JI, Usma JS, Álvarez-León R, Lasso CA (eds.). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Bogotá DC: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Universidad de Manizales: 2012.
21. Galvani AP, Coleman RM. Do parental convict cichlids of different sizes value the same brood number equally?. Anim Behav 1998; 56:541-546.
22. Sato Y, Fenerich-Verani N, Godinho HP. Reprodução induzida de peixes da bacia do São Francisco. In: Godinho HP, Godinho AL (eds.). Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas 2003; 275-289.