

# CICLO REPRODUCTIVO Y PRINCIPAL PERIODO DE REPRODUCCIÓN DEL "CARACHI GRIS" *Orestias agassizii* (Valenciennes, 1846) EN EL LAGO TITICACA (2008-2017)

## REPRODUCTIVE CYCLE AND MAIN SPAWNING PERIOD OF *Orestias agassizii* (Valenciennes, 1846) IN LAKE TITICACA (2008-2017)

René Chura C.<sup>1</sup>Hilda Ninaraqui L.<sup>1</sup>Sheila Godoy S.<sup>1</sup>

### RESUMEN

CHURA R, NINARAQUI H, GODOY S. 2021. Ciclo reproductivo y principal periodo de reproducción del "carachi gris" *Orestias agassizii* (Valenciennes, 1846) en el Lago Titicaca (2008-2017). *Inf Inst Mar Perú*. 48(3): 380-387.- El carachi gris *Orestias agassizii* es uno de los peces nativos de agua dulce de mayor importancia comercial en la parte peruana del Lago Titicaca (15°13'19"-16°35'37"S y 68°33'36"-70°02'13"O). El trabajo presenta la época principal de desove, para lo cual se analizaron 37.095 individuos a través de muestreos aleatorios estratificados mensuales procedentes de la pesca comercial entre 2008 y 2017. Se determinó la proporción sexual mensual y el principal periodo de reproducción mediante la progresión mensual del índice gonadosomático (IGS) y del índice de actividad reproductiva (IAR) registrándose que el recurso tiene dos periodos de desove: el principal de agosto a octubre y el secundario de enero a marzo. Se determinó la predominancia altamente significativa ( $\chi^2$ ) de hembras para todo el periodo de estudio. El análisis macroscópico de los ovarios, mostró ejemplares sexualmente maduros durante todo el muestreo.

**PALABRAS CLAVE:** *Orestias agassizii*, índice gonadosomático, actividad y ciclo reproductivo

### ABSTRACT

CHURA R, NINARAQUI H, GODOY S. 2021. Reproductive cycle and main spawning period of *Orestias agassizii* (Valenciennes, 1846) in Lake Titicaca (2008-2017). *Inf Inst Mar Peru*. 48(3): 380-387.- This paper covers the reproductive cycle of *Orestias agassizii*. This native freshwater species is of great commercial importance in the Peruvian side of Lake Titicaca (15°13'19"-16°35'37"S and 68°33'36"-70°02'13"W). Between 2008 and 2017, a total of 37,095 individuals, who were caught by commercial vessels, were analyzed through stratified random sampling. Then, after calculating the gonadosomatic index (GSI) and the reproductive activity index (RAI), we determined the sex ratio and the main reproductive period. In conclusion, this species has two spawning periods, main and secondary. The former occurs from August to October while the latter occurs from January to March. The significant predominance ( $\chi^2$ ) of females was determined for the entire study period. The macroscopic analysis of the ovaries showed sexually mature specimens throughout the sampling.

**KEYWORDS:** *Orestias agassizii*, gonadosomatic index, reproductive activity, reproductive cycle

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro la fauna ictiológica existente en el Lago Titicaca SARMIENTO *et al.* (1987) reconocían la presencia de más de 30 especies del género *Orestias*; mientras que PARENTI (1984) reconoció 43 especies en el altiplano andino, 23 de las cuales estaban presentes en el Lago Titicaca (SARMIENTO *et al.*, 1987). El "carachi gris" (*Orestias agassizii* Valenciennes, 1846) habita la zona litoral del lago entre las plantas sumergidas de 1 a 20 m (BUSTAMANTE & TREVIÑO, 1980; TREVIÑO *et al.*, 1984; NORTHCOTE, 2000).

El "carachi gris" es una especie polimórfica, de coloración variable, dorso de juveniles es verde-amarillo y de adultos negro-gris con vientre

plateado; pedúnculo caudal relativamente alto; altura y ancho del cuerpo mediano y escamación en la parte anterior de cuerpo, cabeza y opérculos (PARENTI, 1984; SARMIENTO *et al.*, 1987). Se le atribuye una longitud asintótica de 22,1 cm de longitud total (LT) y tasa de crecimiento moderada ( $K=0,57$  año<sup>-1</sup>) (IMARPE, 2013), lo que permite calcular que el reclutamiento al arte de pesca podría darse de 1,1 a 1,4 años de edad y tamaños de 10,5 a 12,3 cm LT, respectivamente. Su alimentación es a base de organismos bentónicos, representados por anfípodos, insectos acuáticos y cladóceros (SARMIENTO *et al.*, 1987; NORTHCOTE, 2000; MALDONADO *et al.*, 2009; IMARPE, 2009). La tasa de fecundidad parcial en hembras ha sido determinada entre 200 y 2000 ovas (MOTOHIRO *et al.*, 2000; IMARPE, 2010), observándose que las

1 Instituto del Mar del Perú. Laboratorio Continental de Puno. rchura@imarpe.gob.pe

ovas presentan coloración amarillo translúcida y diámetro de 1,1 – 1,9 mm (PACA *et al.*, 2002).

La pesca de “carachi gris” se realiza en forma conjunta con la del “carachi amarillo” (*Orestias luteus* Valenciennes, 1846). De 1981 a 2017 el desembarque de ambas especies tuvo su máximo en 1988 (3.367 t) al que siguió una disminución progresiva hasta 1996 (456 t), mostrando una leve recuperación el 2005 (1.035 t). Entre 2007 y 2017 los desembarques de “carachi gris” en el Lago Titicaca disminuyeron 79%, registrándose el 2017 apenas 23 t, lo que coloca su pesquería en situación crítica. Los más importantes desembarques de “carachi gris” en la parte peruana del lago, ocurren en las localidades de Barco y Los Uros de la bahía de Puno, Ramis en la zona norte del lago, Juli y Villa Ccama en la zona sur e isla Anapia en el Lago Pequeño; las mismas que fueron seleccionadas para el muestreo biológico de los desembarques.

El establecimiento de vedas reproductivas para una especie constituye una medida que se adopta para proteger su stock reproductor durante el principal periodo de desove. Para tal fin es pertinente que esta medida cumpla los requisitos de periodicidad y oportunidad. Además, debe aplicarse todos los años sin excepción, debiendo tener en cuenta las peculiaridades del ciclo de vida de cada especie y la variabilidad de la ocurrencia de sus fases según la distribución geográfica del recurso.

Desde el 2008 el Laboratorio Continental del IMARPE – Puno (LC Puno), ha recolectado información biológico-pesquera sobre el “carachi gris” en el lago Titicaca, lo que ha permitido realizar el presente estudio, para determinar su época de desove.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Ámbito de estudio

El Lago Titicaca ( $15^{\circ}13'19''$  –  $16^{\circ}35'37''$ S y  $68^{\circ}33'36''$  –  $70^{\circ}02'13''$ O) es considerado el segundo lago más grande en Sudamérica con una superficie de 8.400 km<sup>2</sup> y un volumen de 930 km<sup>3</sup> aproximadamente; ubicado a 3 809 msnm (WIRRMANN, 1991) y definido como el lago navegable más alto del mundo.

### Obtención de la información biológica

De enero 2008 a diciembre 2017 se obtuvo muestras mensuales del desembarque comercial, de las que se tomaron submuestras seleccionando 10 ejemplares en cada clase de longitud de 0,5 cm LT, considerando todos los rangos de tallas de la captura comercial; siguiendo el procedimiento de JOO & DIAZ (2017). Las zonas de muestreo fueron a) la Bahía de Puno, b) la Zona Norte del lago, c) la Zona Sur del lago y d) el Lago Pequeño (Fig. 1).

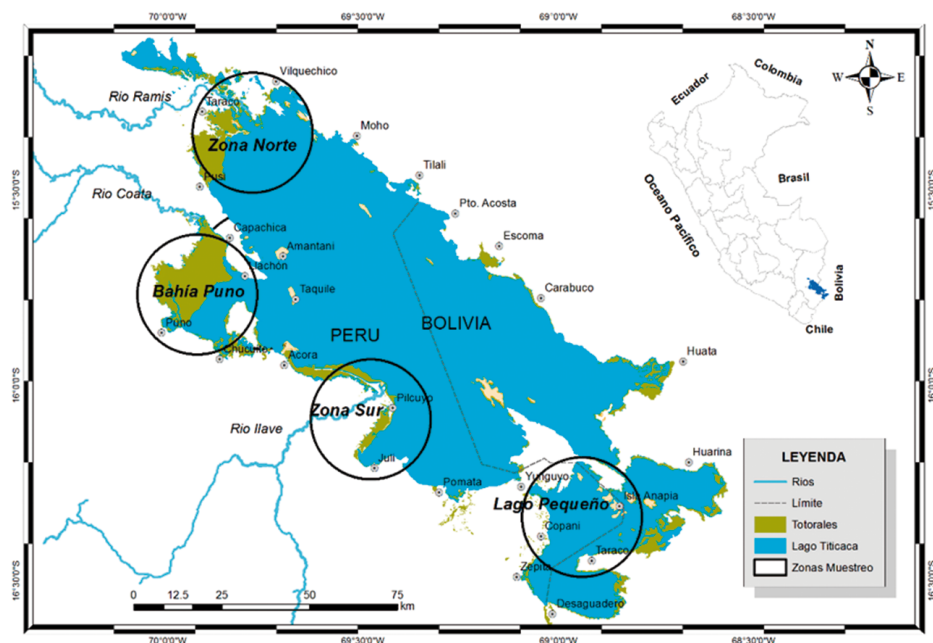


Figura 1.- Ubicación geográfica de las zonas de muestreo del desembarque comercial para “carachi gris” *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca (2008 – 2017)

Tabla 1.- Fases de Madurez gonadal de Johansen (1924) para machos y hembras, reunidos en 5 grupos

Denominación de Johansen	Grupos
I Pre virginal	Virginal
II Virginal	
III Madurante inicial o recuperación	Reposo
IV Madurante	Madurante
V Madurante avanzado o hidratados	
VI Desovante	Desovante* / Expulsante**
VII Parcialmente desovado	
VIII Gastado o reversión ovárica	Recuperación* / Post-expulsante**
Denominaciones con * corresponden a hembras, y denominaciones con ** corresponden a machos	

En los análisis biológicos de las muestras de peces, de cada ejemplar se registró longitud total (LT), peso total (PT), peso eviscerado (PE) y se extrajo la gónada para su pesaje (PG) y sexado. La longitud de cada ejemplar fue registrada mediante un ictiómetro graduado al cm y para el pesaje se utilizó una balanza digital de 0,01 g de precisión.

La catalogación de las fases de madurez gonadal (EMS), se realizó acorde con la escala macroscópica definida por Johansen (1924) en BOUCHON *et al.* (2001), que considera ocho fases de madurez gonadal, para ejemplares machos y hembras, los cuales, a efectos de facilitar el análisis, se reunieron en cinco grupos tal como se muestra en la Tabla 1. La determinación de la madurez gonadal de los peces se realizó de forma directa en laboratorio húmedo (Anexo).

**Análisis de la información**

**Proporción sexual.-** Se realizó el análisis de la proporción sexual del número de hembras *vs.* el número de machos (♀ : ♂), determinando las desviaciones significativas de la razón 1:1 mediante el empleo de la prueba estadística X<sup>2</sup> (Chi-cuadrado). La proporción sexual mensual del lapso 2008 al 2017, se calculó dividiendo el número total de hembras analizadas en todos los meses homónimos, entre el número total de machos analizadas en los mismos meses homónimos.

**Condición reproductiva.-** El periodo de desove fue determinado mediante los análisis de progresión mensual de: i) las frecuencias relativas de las fases de madurez gonadal, ii) el Índice Gonadosomático (IGS) promedio, iii) el Índice

de Actividad Reproductiva (IAR). Se reconoce actividad reproductiva importante cuando estos índices alcanzan sus más altos valores dentro de un ciclo anual.

El Índice Gonadosomático (IGS) mensual se calculó como el promedio de las muestras interanuales de determinado mes, estando cada muestra compuesta por las razones individuales porcentuales resultantes de dividir el peso de la gónada entre el peso eviscerado de cada espécimen, para lo cual se utilizó la ecuación Vazzoller, 1982 en BUITRÓN *et al.* (2011). Para el análisis se discriminaron los ejemplares del grupo “Virginal”.

$$IGS_{mes} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{PG_i}{PE_i} * 100}{n}$$

Donde: *PG<sub>i</sub>* es el peso de la gónada (g) y el *PE<sub>i</sub>* el peso eviscerado (g) de cada espécimen *i*, *n* es el número total de ejemplares analizados en todos los meses homónimos del lapso 2008 al 2017.

Para calcular el promedio del IGS se descartó los individuos virginales.

El cálculo mensual del índice de Actividad Reproductiva (IAR) para hembras, consideró la fracción porcentual del número de ejemplares correspondientes a los grupos “Madurante” (Fases IV y V) y “Desovante” (Fases VI y VII) entre el número total de hembras adultas (ejemplares en Fases del III al VIII), utilizándose la ecuación a partir de BUITRÓN *et al.* (2011):

$$IAR = \frac{HMad + HDes}{n} * 100$$

Donde:

*HM*ad: Número de hembras maduras,

*HD*es: Número de hembras desovantes,

*n*: Número total de hembras analizadas mensualmente.

Para calcular el IAR se descartó a los individuos virginales.

### 3. RESULTADOS

#### PROPORCIÓN SEXUAL

En base al análisis macroscópico de las gónadas se determinó predominancia altamente significativa de hembras para todo el periodo de estudio (26.702 hembras vs. 10.393 machos, Tabla 2). En el periodo 2008-2017 en cada mes promedio multianual, las hembras presentaron predominancia altamente significativa ( $P \leq 0,01$ ) (Tabla 2).

#### CONDICIÓN REPRODUCTIVA

##### Madurez gonadal

Las figuras 2 y 3 muestran la evolución de los promedios mensuales interanuales de la frecuencia relativa porcentual de las fases de desarrollo gonadal por sexos.

Las hembras mostraron altas frecuencias relativas en el grupo Madurante en enero, junio y octubre, el grupo Desovante en marzo, septiembre y diciembre y el grupo Recuperación estuvo en abril y noviembre (Fig. 2).

Los machos mostraron altas frecuencias relativas en el grupo Madurante en enero y julio; el Desovante en marzo y octubre y el grupo Post expulsante en mayo y diciembre (Fig. 3).

Tabla 2.- Variación mensual de la proporción sexual de "carachi gris" *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca

Mes/Año	Periodo (2008 - 2017)			Proporción Sexual (♀:♂)	X <sup>2</sup>
	Hembras ♀	Machos ♂	Total		
Enero	1.815	589	2.404	3,1:1,0	624,2**
Febrero	2.271	839	3.110	2,7:1,0	658,4**
Marzo	1.952	624	2.576	3,1:1,0	683,6**
Abril	1.917	711	2.628	2,7:1,0	552,5**
Mayo	2.359	908	3.267	2,6:1,0	643,6**
Junio	2.267	925	3.192	2,5:1,0	563,4**
Julio	2.299	1.047	3.346	2,2:1,0	467,7**
Agosto	2.471	1.131	3.602	2,2:1,0	497,8**
Septiembre	2.473	1.108	3.581	2,2:1,0	519,5**
Octubre	2.474	936	3.410	2,6:1,0	692,8**
Noviembre	2.469	827	3.296	3,0:1,0	817,0**
Diciembre	1.935	748	2.683	2,6:1,0	524,3**
Total	26.702	10.393	37.095	2,6:1,0	7 169,5**

(\*\*) Indica diferencia altamente significativa de la proporción sexual 1:1 ( $p \leq 0,01$ )

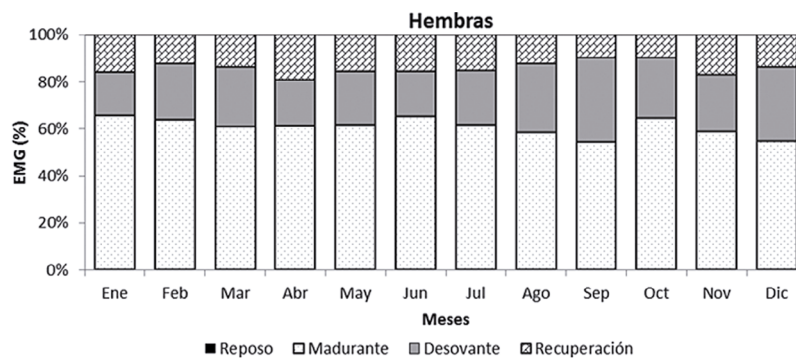


Figura 2.- Evolución mensual de los grupos de madurez gonadal de hembras de "carachi gris" *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca (2008 - 2017)

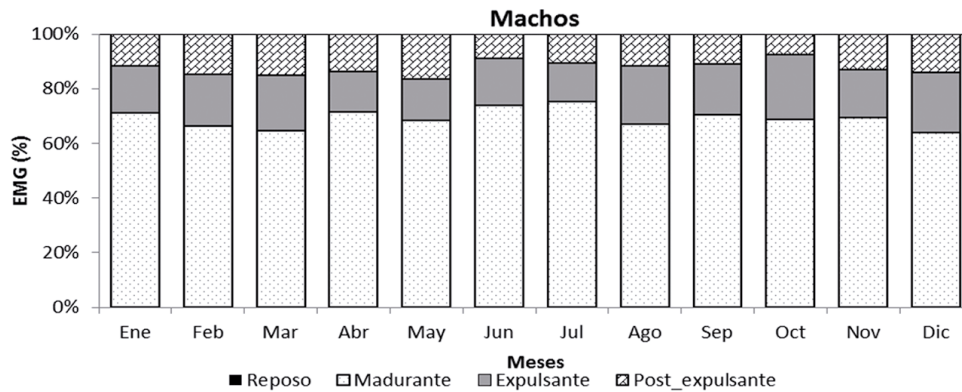


Figura 3.- Evolución mensual de los grupos de madurez gonadal de machos de "carachi gris" *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca (2008 - 2017)

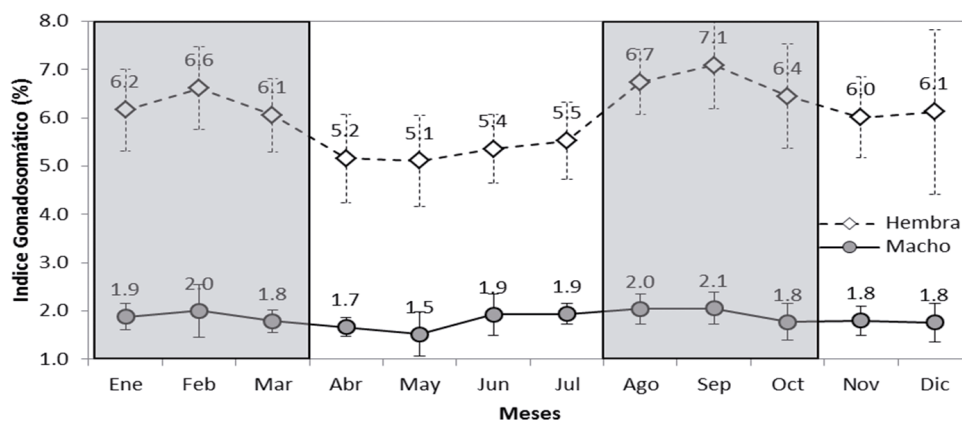


Figura 4.- Promedio interanual del IGS mensual por sexos de "carachi gris" *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca (2008-2017). Las líneas verticales sobre cada marcador de IGS corresponden a su desviación estándar. Los meses sombreados indican el periodo de máxima actividad reproductiva

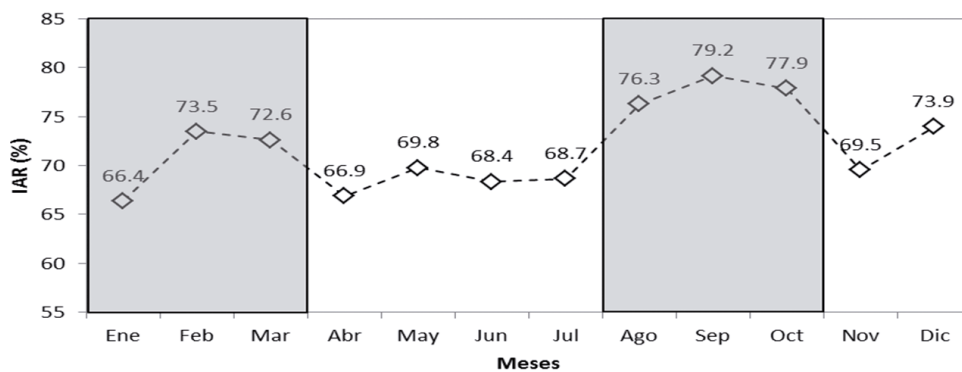


Figura 5.- Promedios mensuales interanuales del Índice de Actividad Reproductiva para hembras de "carachi gris" *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca (2008-2017). Los meses sombreados indican el periodo de máxima actividad reproductiva

### Índice gonadosomático (IGS)

Los promedios interanuales (periodo 2008 - 2017) del IGS mensual, indican que el "carachi gris" tiende a presentar máximos valores de IGS en dos épocas del año. Tanto en hembras como en machos se determinaron los más altos valores en febrero y en septiembre. Este índice se

incrementó progresivamente desde mayo hasta septiembre y disminuyó hasta noviembre, luego hubo un segundo incremento desde diciembre hasta febrero (Fig. 4).

En base a la evolución del IGS mensual para el "carachi gris" del Lago Titicaca, se puede inferir que, el principal periodo de reproducción ocurre

de agosto a octubre, observándose, además, un periodo secundario de enero a marzo.

#### Índice de actividad reproductiva (IAR)

Del análisis de los valores del IAR, se determinó que los meses de septiembre (79,2%) y febrero (73,2%) mostraron la mayor actividad reproductiva del recurso (Fig. 5).

Como se aprecia en las figuras 4 y 5, los promedios interanuales del IGS mensual y el IAR mensual de "carachi gris" presentaron tendencias similares indicando la ocurrencia de dos periodos de desove: uno principal que va de agosto a octubre, y otro secundario de enero a marzo.

#### 4. DISCUSIÓN

Los valores de IGS e IAR resultantes del muestreo efectuado en el Lago Titicaca en el decenio 2008 – 2017, indican que en el año existen dos periodos principales de reproducción poblacional de "carachi gris": el principal de agosto a octubre y el segundo de enero a marzo. Además, a lo largo de los meses se ha observado estrechos rangos de variación del IGS tanto en hembras (de 5,1% a 7,1%) como en machos (de 1,5% a 2,1%), así como presencia de altos porcentajes de individuos madurantes entre 54,3% (diciembre) y 65,3% (junio) en hembras y de 63,8% (diciembre) a 75,3% (julio) en machos; lo que demuestra que esta especie se reproduce a lo largo del año, con dos periodos como los más importantes.

LOUBONS & SARMIENTO (1985) además de LAUZANNE (1991) observaron altos porcentajes de individuos maduros y desovados de "carachi gris", así como elevados valores de IGS de hembras en el transcurso del año, por lo que señalaron que la actividad reproductiva ocurría durante todo el año sin variaciones importantes. Sin embargo, otros investigadores han establecido periodos importantes de desove dentro del año, por ejemplo, TITO (1988) estableció dos periodos de desove, el primero de junio a agosto y el segundo de diciembre a febrero para individuos de "carachi gris" de la zona de Llachón; mientras que NINARAQUI (2001) y PACA *et al.* (2003) establecieron que la más importante actividad reproductiva ocurría entre agosto y septiembre, coincidiendo parcialmente éste último con nuestros resultados.

Los reportes anuales de IMARPE (2010, 2011, 2013, 2014, 2015 y 2016) destacaban para el "carachi gris" la presencia de dos periodos reproductivos bien definidos, primero de enero a abril y segundo, entre agosto y octubre, considerándose este último como el periodo más importante. El presente análisis efectuado para el decenio 2008-2017 que incluye la data de dichos reportes, identifica como principal periodo de reproducción, el periodo planteado de agosto a octubre; y como periodo secundario de reproducción, de enero a marzo.

#### 5. REFERENCIAS

- BOUCHON M, ÑIQUEN M, MORI J, ECHEVARRIA A, CAHUIN S. 2001. Manual de muestreo de la Pesquería Pelágica. Informe Progresivo. 157: 14 pp.
- BUITRÓN B, PEREA A, MORI J, SÁNCHEZ J, ROQUE C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. *Inf Inst Mar Perú*. 38(4): 373-383.
- BUSTAMANTE E, TREVIÑO H. 1980. Descripción de las pesquerías en el Lago Titicaca 1975-1979. *Inst. Mar Perú, Puno*. 73 p.
- IMARPE. 2009. Anu cient tecnol Imarpe. Volumen 9: 182.
- IMARPE. 2010. Anu cient tecnol Imarpe. Volumen 10: 187-189.
- IMARPE. 2011. Anu cient tecnol Imarpe. Volumen 11: 220 pp.
- IMARPE. 2013. Anu cient tecnol Imarpe. Volumen 13: 169-175.
- IMARPE. 2014. Anu cient tecnol Imarpe. Volumen 14: 243 pp.
- IMARPE. 2015. Anu cient tecnol Imarpe. Volumen 15: 231-237.
- IMARPE. 2016. Anu cient tecnol Imarpe. Volumen 16: 262-268.
- JOO R, DÍAZ E. 2017. Tamaño óptimo de muestra para estimar la distribución de tallas y proporción de juveniles de anchoveta por lance a bordo de la flota de cerco peruana. *Revista peruana de biología*. 24(1): 59 - 66. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13112>
- LAUZANNE L. 1991. VI.5a Especies nativas: Las *Orestias*. In: C. Dejoux & A. Iltis (Eds). *El Lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual*. OSTOM-HISBOL, La Paz, Bolivia. 584 p. (Cap. VI): 409-421.
- LOUBENS G, SARMIENTO J. 1985. Observations sur les poissons de la partie bolivienne du lac Titicaca. II *Orestias agassii*, Valenciennes, 1846 (Pisces, Cyprinodontidae). *Rev. Hydrobiol. Trop.* 18 (2): 159-171.
- MALDONADO E, HUBERT N, SAGNES P, DE MÉRONA B. 2009. Morphology-diet relationships in four killifishes (Teleostei, Cyprinodontidae, *Orestias*) from Lake Titicaca. *J. Fish Biol.* 74: 502-520. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02140.x>

- MOTOHIRO O, DE LA QUINTANA H, CASTAÑÓN V. 2000. Técnicas de producción de semillas de *Orestias agassii*, *O. luteus*, *O. ispi*, *Trichomycterus* spp. y *Odontesthes bonariensis* del Lago Titicaca. Manual Técnico II. Centro de Desarrollo Piscícola y Enseñanza Técnica del Altiplano Tiquina – Pongo (CDPETA). 44 pp.
- NINARAQUI H. 2001. La pesca de *Orestias agassii* Valenciennes, 1846 “carachi gris” y sus medidas de ordenamiento en el Lago Titicaca. Tesis de Pre Grado, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. 64 pp.
- NORTHCOTE G. 2000. Ecological interactions among an Orestiide (Pisces: Cyprinodontidae) species flock in the littoral zone of Lake Titicaca. In: Advances in Ecological research: ancient lakes Biodiversity, Ecology and Evolution (Eds. A. Rossiter & H. Kawanabe). Academic Press, N. York. pp. 339-120.
- PACA F, PACA R, ATENCIO S, ALFARO R, PACA B, CHURA R. 2002. Desarrollo de programas de pesca artesanal en el ámbito peruano del sistema TDPS. Proyecto PER/98/G-32 Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca. Subcontrato 24.24. Informe Final. 450 pp. ([www.pnud.bo/biodiversidadtdps/proyecto](http://www.pnud.bo/biodiversidadtdps/proyecto)).
- PACA F, PACA R, ATENCIO S, ALFARO R, PACA B, CHURA R, VILCA J, ARTEAGA F, MARIN R, VEGA R, TARQUI F, ZURITA G. 2003. Programa de Crianza de peces en hábitats de totora – Subcontrato 21.05. Proyecto PER/98/G-32 Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca. IIP Qollasuyo (Perú) & Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (Bolivia). Informe Final. 67 pp. [http://www.alt-perubolivia.org/Web\\_Bio/PROYECTO/default.html](http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/default.html).
- PARENTI L. 1984. A taxonomic revision of the Andean Killfish Genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). Bulletin of the American Museum of Natural History. December 1983. 178(2).
- SARMIENTO J, AZABACHE L, MARIÑO L, HINOJOSA A. 1987. Sinopsis biológica de las Principales Especies Ícticas del Lago Titicaca. OLDEPESCA-Documento de Pesca. N° 007: 173.
- TAKAHASHI T, MORENO E. 2015. A RAD-Based Phylogenetics for *Orestias* fishes from Lake Titicaca. Molecular Phylogenetics and Evolution 93.
- TITO D. 1988. Estudio de estadio sexual de *Orestias agassii* (Valenciennes, 1846) “carachi negro” en Llachón – Capachica – Lago Titicaca. Tesis de Pre Grado, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. 89 pp.
- TREVIÑO H, TORRES J, LEVY D, NORTHCOTE T. 1984. Pesca experimental en aguas negras y limpias del litoral de la bahía de Puno, Lago Titicaca, Perú. Bol Inst Mar Perú. 8(6 Extra): 36-39.
- WIRRMANN D. 1991. Capítulo II: Morfología y Batimetría. In: El Lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual. Dejoux & A. Iltis (Eds). OSTOM-HISBOL, La Paz, Bolivia. 584: 31-38.

ANEXO



Aspecto macroscópico de las gónadas de ejemplares de "carachi gris" *Orestias agassizii* procedentes del desembarque en el lago Titicaca, y analizados en el Laboratorio Húmedo del LC Puno: a) Hembras; b) Machos