



ESTUDIO DE LA CONDICIÓN REPRODUCTIVA DEL "CARACHI GRIS" (*Orestias agassizii*) EN LA CUENCA DEL LAGO TITICACA

I. 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 un total de 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 Y TREVINO 1980; TREVINO *ET AL.* 1984; NORTHCOTE 2000).

El "carachi gris" es una especie polimórfica, de una coloración variable donde los jóvenes son de dorso verde-amarillo y los adultos de dorso negro-gris y vientre plateado; con un pedúnculo caudal relativamente alto, altura y ancho del cuerpo mediano y una escamación en la parte anterior de cuerpo, cabeza y opérculos (PARENTI 1984; SARMIENTO *ET AL.* 1987). Se le atribuyen una longitud asintótica de 22,1 cm de longitud total (LT) y una tasa de crecimiento moderada ($K=0,57 \text{ año}^{-1}$) (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 a 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 ovas presentan una coloración amarillo traslucida, con un 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), presentando el desembarque de ambas especies para el lapso 1981-2017 un máximo en 1988 (3367 t), al que siguió una disminución progresiva hasta 1996 (456 t), mostrando luego una leve recuperación el año 2005 (1035 t). Entre 2007 y 2017 los desembarques de "carachi gris" en el Lago Titicaca mostraron una disminución de 79%, registrándose en 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 año 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 la época de desove de dicho recurso.





II. MATERIAL Y METODOS

2.1 Ámbito

De enero del 2008 a diciembre del 2017 se obtuvo mensualmente muestras del desembarque comercial, de las que se tomaron sub-muestras 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 Y 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).

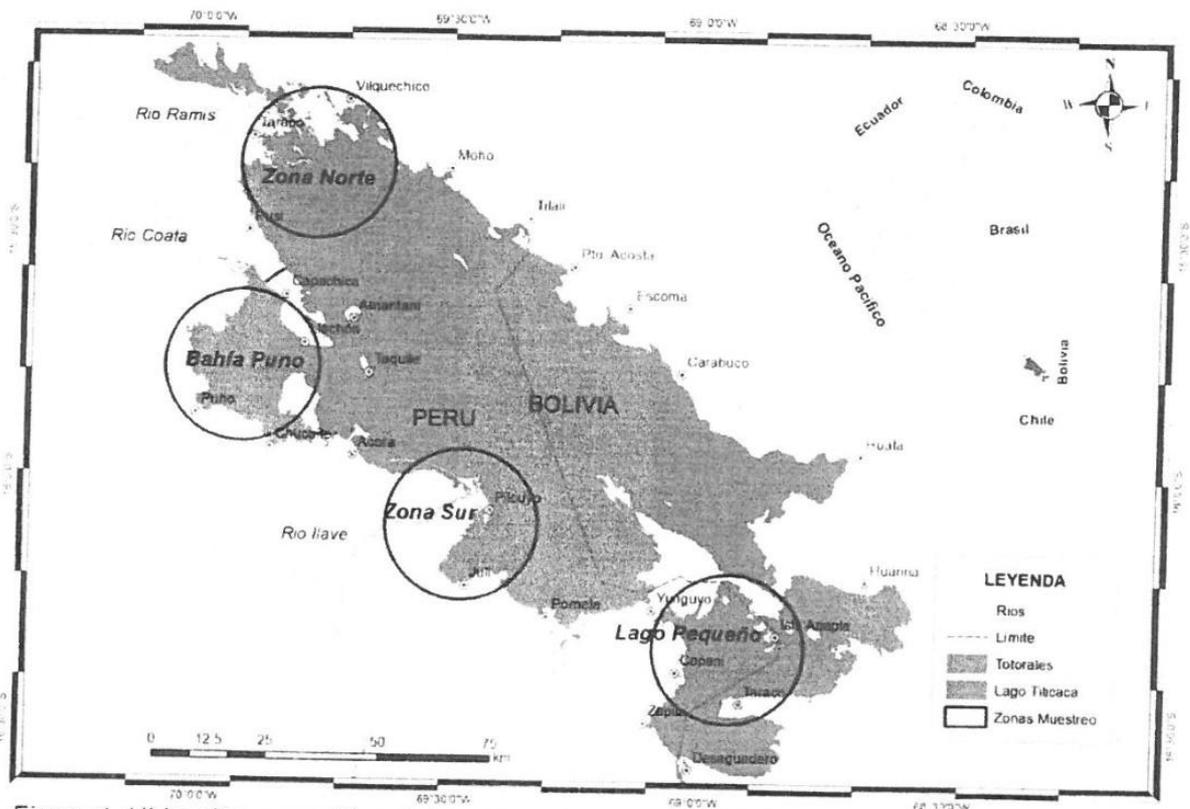


Figura 1. Ubicación geográfica de las zonas de muestreo del desembarque comercial para "carachi gris" *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca (2008 – 2017).

2.2 Información biológica

En los análisis biológicos de las muestras de peces desembarcados, de cada ejemplar se registró la 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 los Fases de Madurez gonadal (EMS), se realizó acorde con la escala macroscópica definida por Johansen (1924) en BOUCHON ET AL. (2001), que considera ocho (8) Fases de madurez gonadal, para ejemplares machos y hembras, los cuales a su vez, a efectos de facilitar el análisis, se reunieron en 5 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.





"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres" (2018-2027)
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

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

2.3 Análisis de la información

2.3.1 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^2 (Chi-cuadrado). La proporción sexual mensual, se calculó dividiendo el número total de hembras analizadas en todos los meses homónimos del lapso 2008 al 2017, entre el número total de machos analizados en los mismos meses homónimos y en el mismo lapso anual.

2.3.2 Fases de madurez gonadal

En base a la integración en 5 grupos de las fases descritas por Johansen; se elaboraron gráficos, mostrando para cada sexo, la evolución de los promedios interanuales de la frecuencia relativa porcentual mensual; previa discriminación de los individuos del grupo "Virginal".

2.3.3 Condición reproductiva

El periodo de desove fue determinado mediante los análisis de progresión mensual de: i) las frecuencias relativas de los Fases de madurez gonadal, ii) el Índice Gonadosomático (IGS) promedio y 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 de BUITRÓN ET AL. (2011). Para el análisis se discriminaron los ejemplares del grupo "Virginal".

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





"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres" (2018-2027)
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Donde: PG_i es el peso de la gónada (g) y el PE_i 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.

A su vez, 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).

$$IAR = \frac{(H_M + H_D)}{H_A} \times 100$$

Donde: H_M es el número de hembras en el grupo "Madurante", H_D es el número de hembras en el grupo "Desovante", y H_A es el número total de hembras adultas.

III. RESULTADOS

3.1. Proporción sexual

En base al análisis macroscópico de las gónadas de los ejemplares muestreados se determinó una 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 interanual las hembras presentaron una predominancia altamente significativa ($P \leq 0,01$) (Tabla 2).

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

Mes/Año	Periodo (2008 - 2017)			Proporción Sexual (♀:♂)	χ ²
	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 ($p \leq 0,01$).





"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres" (2018-2027)
 "Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

3.2 Condición reproductiva

3.2.1. Fases de madurez gonadal

Las Figuras 2 y 3 muestran la evolución de los promedios mensuales interanuales para el lapso 2008 - 2017 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, mientras en el grupo **Desovante** en marzo, septiembre y diciembre y finalmente en el grupo **Recuperación** lo hicieron en abril y noviembre (Fig. 2).

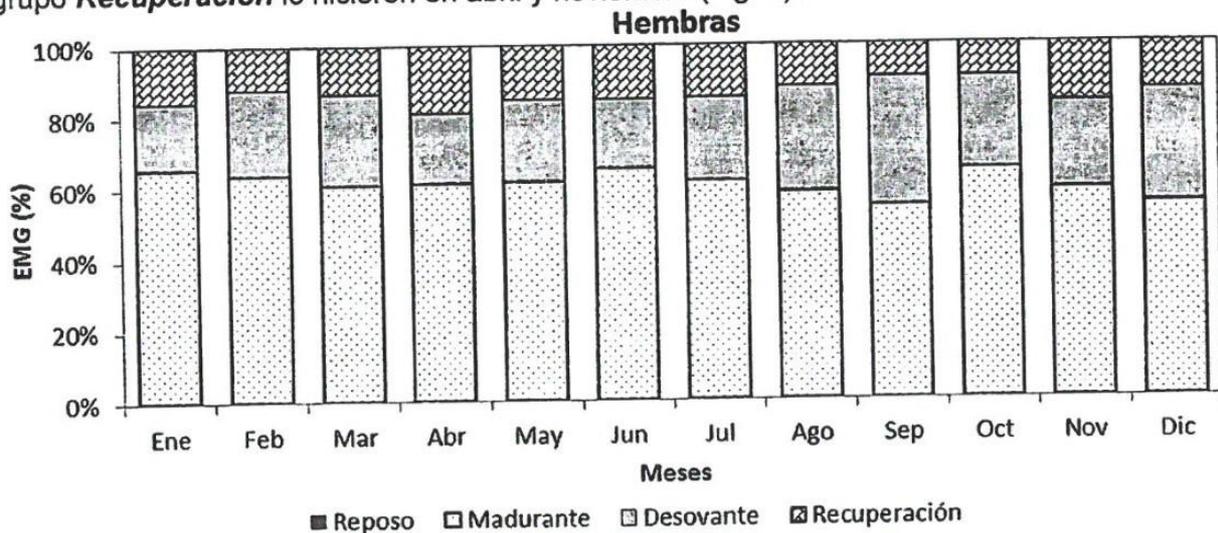


Figura 2. Evolución mensual de los grupos de madurez gonadal de hembras de "carachi gris" *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca (2008 - 2017).

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

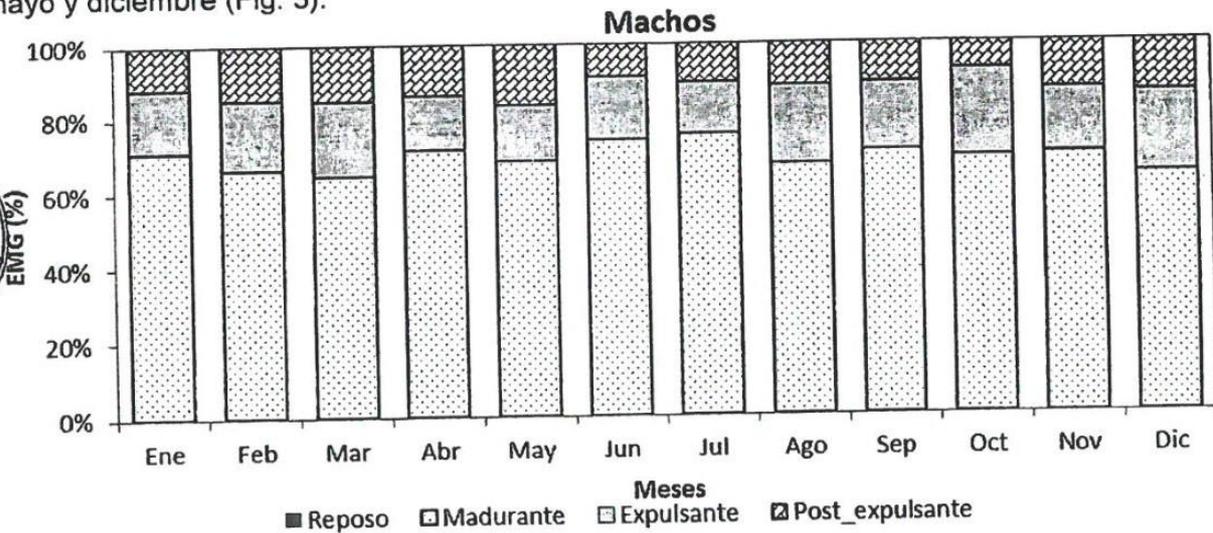


Figura 3. Evolución mensual de los grupos de madurez gonadal de machos de "carachi gris" *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca (2008 - 2017).





"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres" (2018-2027)
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

3.2.2. 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 de IGS en febrero y en septiembre. El IGS se incrementa progresivamente desde mayo hasta septiembre y disminuye hasta noviembre, luego muestra un segundo incremento desde diciembre hasta febrero, en ambos sexos (Fig. 4).

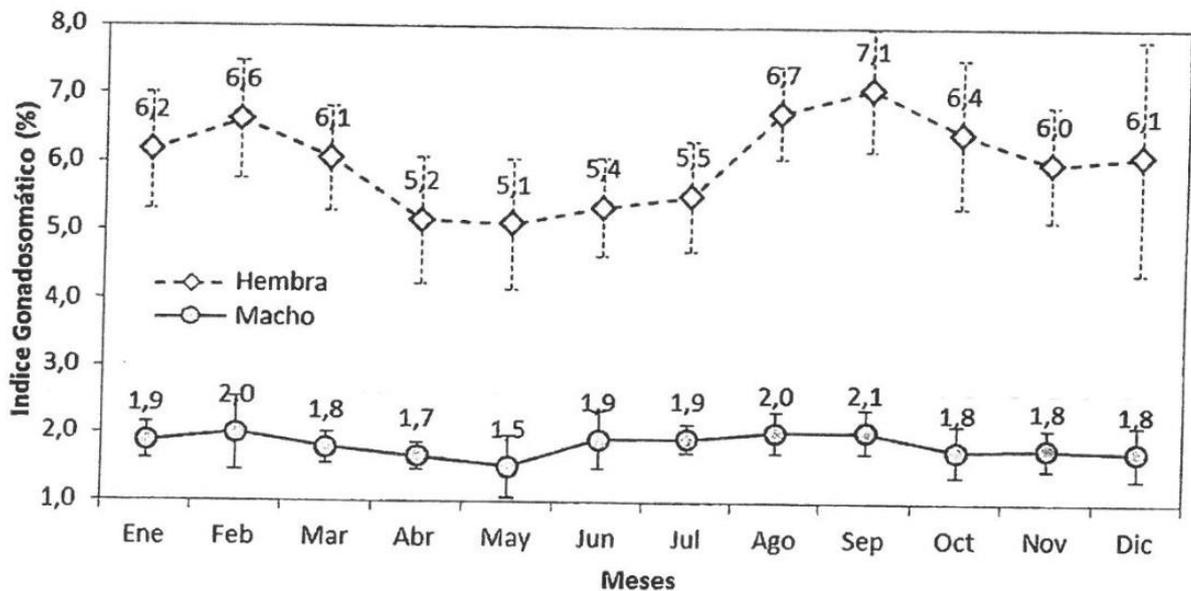


Figura 4. Promedio interanual del IGS mensual por sexos de "carachi gris" *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca (2008-2017). Las líneas verticales sobre cada marcador de IGS corresponden a su desviación estándar.

En base a la evolución del IGS mensual del lapso 2008 - 2017, para el "carachi gris" del Lago Titicaca, se puede inferir que, durante el año, el principal periodo de reproducción ocurre de **agosto a octubre**; observándose además, un periodo secundario de **enero a marzo**.

3.2.3. Índice de actividad reproductiva (IAR)

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





"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres" (2018-2027)
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

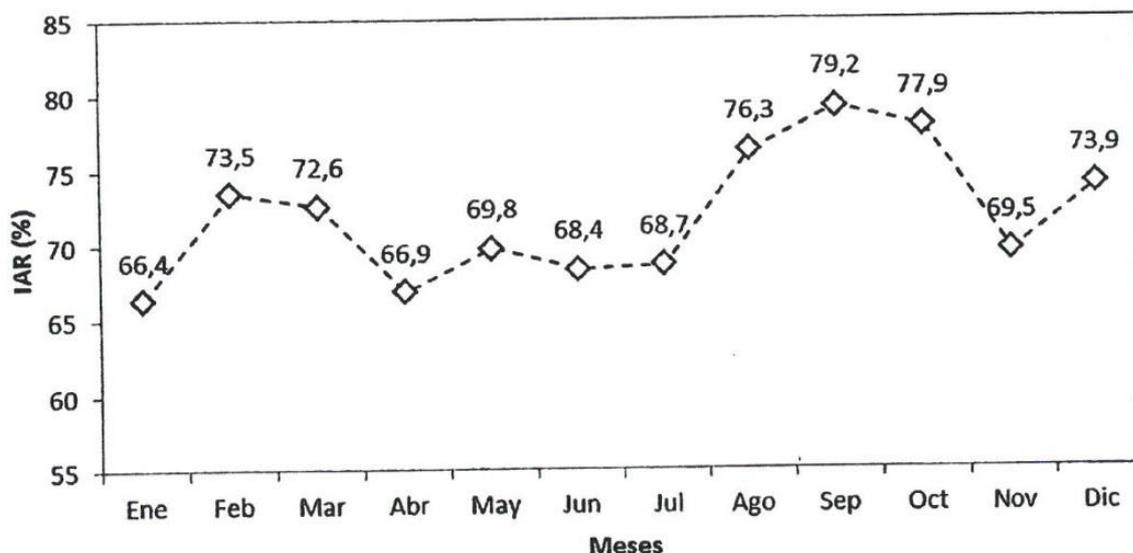


Figura 5. Promedios mensuales interanuales del Índice de Actividad Reproductiva para hembras de "carachi gris" *Orestias agassizii* en el Lago Titicaca (2008-2017).

Como se aprecia en las Figuras 4 y 5, los promedios interanuales del IGS mensual y el IAR mensual de "carachi gris" durante el periodo 2008 - 2017 en el Lago Titicaca presentaron tendencias similares indicando la ocurrencia de dos periodos de desove: uno principal que va de agosto a octubre, y uno secundario de enero a marzo.

IV. DISCUSION

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 la 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.

COUBONS Y 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, el periodo de enero a marzo.





V. RECOMENDACIONES

- A fin de proteger al recurso "carachi gris" (*Orestias agassizii*) en los cuerpos de agua de la Región Puno, se estima conveniente establecer de modo permanente, un periodo anual de veda, comprendido de **agosto a octubre**; en consideración de los resultados del análisis de la progresión de la condición reproductiva del recurso para el decenio 2008 – 2017.
- Se recomienda a la DIREPRO Puno, difundir oportunamente las normas legales que sustenten la instauración de una veda reproductiva para el recurso "carachi gris", así como impulsar un programa de sensibilización sobre la importancia de conservar los recursos ícticos nativos que se encuentren amenazados en el Lago Titicaca; en procura de un efectivo cumplimiento, en coordinación con las autoridades, líderes de las comunidades circunlacustres y entidades competentes.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bouchon M., Ñiquen M., Mori J., Echevarría A., Cahuin S. 2001. Manual de muestreo de la Pesquería Pelágica. Informe Progresivo N° 157 – Noviembre. 14 pp.
2. Buitrón B., Perea A., Mori J., Sánchez J. y Roque C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Informe Instituto Mar del Perú. 38(4): 373-383.
3. Bustamante E. y Treviño H. 1980. Descripción de las pesquerías en el Lago Titicaca 1975-1979. Inst. Mar Perú, Puno: 73 p.
4. Froese R. y Pauly D. 2016. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (01/2016).
5. IMARPE. 2009. Anuario Científico Tecnológico IMARPE. Enero – Diciembre. Volumen 9. ISSN 1813-2103. 182 pp.
6. IMARPE. 2010. Anuario Científico Tecnológico IMARPE, Enero – Diciembre 2010, Volumen 10: 187-189.
7. IMARPE. 2011. *Anuario científico y tecnológico*. Instituto del Mar del Perú, enero - diciembre, Volumen 11. ISSN 1813-2013. 220 pp.
8. IMARPE. 2013. Anuario Científico Tecnológico IMARPE, Enero – Diciembre 2013, Volumen 13: 169-175.
9. IMARPE. 2014. *Anuario científico y tecnológico*. Instituto del Mar del Perú, enero - diciembre, Volumen 14. ISSN 1813-2103. 243 pp.
10. IMARPE. 2015. *Anuario Científico Tecnológico IMARPE*, Enero – Diciembre 2015, Volumen 15: 231-237. ISSN 1813-2103
11. IMARPE. 2016. *Anuario Científico Tecnológico IMARPE*, Enero – Diciembre 2016, Volumen 16: 262-268. ISSN 1813-2103.
12. Joo R. y E. Díaz. 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): 059 - 066 (Abril 2017). doi:
<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13112>

13. 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.
14. 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>.
15. 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.
16. 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.
17. 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), pp. 339-120. Academic Press, N. York.
18. Loubens G. y 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.
19. 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).
20. 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.
21. Parenti L. 1984. A taxonomic revision of the Andean Killfish Genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 178(2) - December 1983.
22. Sarmiento J., Azabache L., Mariño L. y Hinojosa A. 1987. Sinopsis biológica de las Principales Especies Ícticas del Lago Titicaca. OLDEPESCA-Documento de Pesca N° 007. 173 P.
23. Takahashi T y Moreno E. 2015. A RAD-Based Phylogenetics for *Orestias* fishes from Lake Titicaca. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 93 - August 2015





PERÚ Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres" (2018-2027)
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

24. 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.
25. 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. Boletín vo. 8 N° 06, 34 pp.



RCHC/HNL/

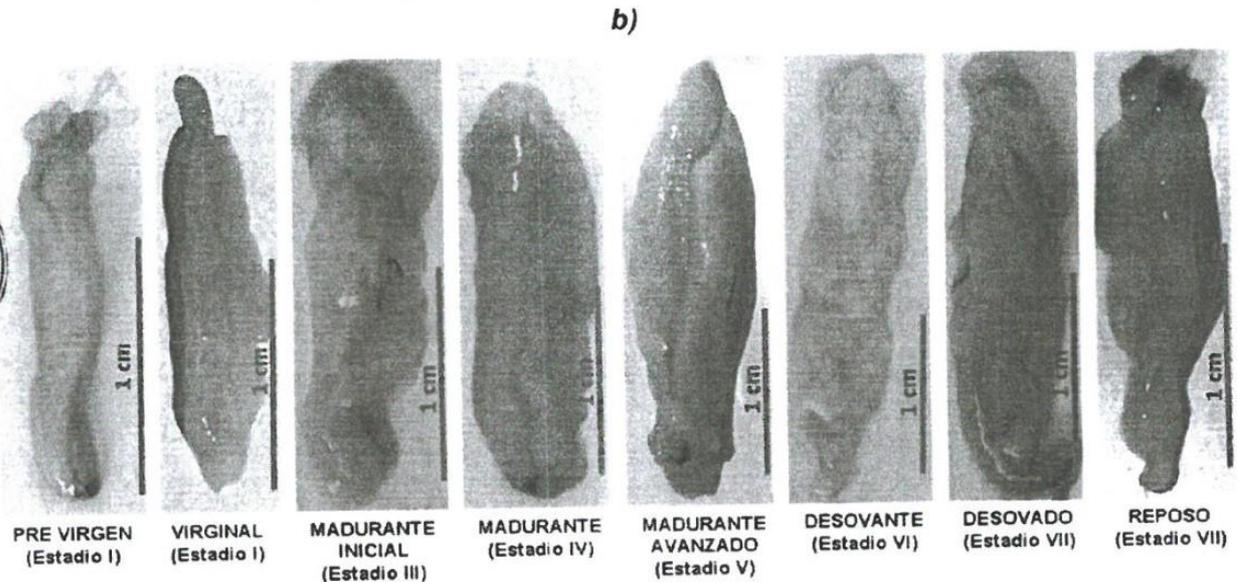
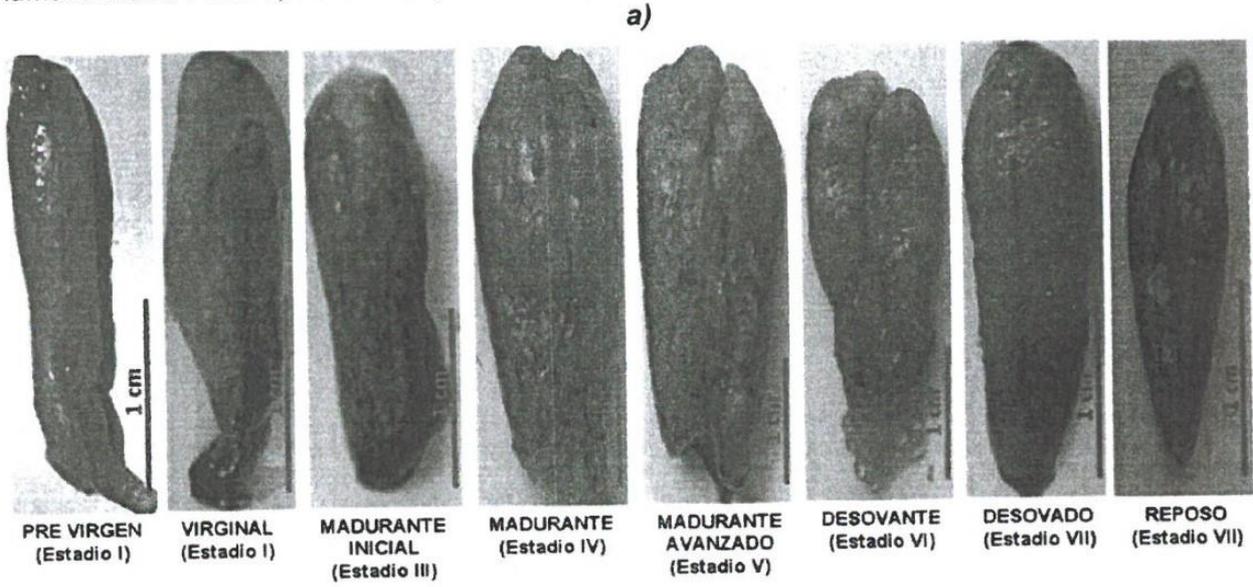
Puno, agosto del 2018.



"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres" (2018-2027)
 "Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

ANEXO

Foto 1. Aspecto macroscópico de las gónadas de ejemplares de "carachi gris" *Orestias agassizii* muestreados del desembarque de capturas provenientes del lago Titicaca, y analizados en el Laboratorio Húmedo del LC Puno: a) Hembras; b) Machos





Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres (2016-2027)
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Foto 2. Extracción de gónada de "carachi gris" hembra estadio III

