

Hermafroditismo en *Orestias Agassi* (carachi gris) del lago Titicaca en Puno, Perú: reporte de caso

Hermafroditism in *Orestias Agassi* (carachi gris) from Titicaca lake in Puno, Peru: Case Report

Glicerio R. Amaru Chambilla ^{1a}, Ernesto Yujra Flores ^{1a}, Cesar Gamarra Peralta ^{1b}

^{1a} Laboratorio Continental de Puno. Instituto del Mar del Perú, Puno-Perú. ^{a)} Área de Acuicultura. ^{b)} Coordinación del Laboratorio e-mail: gamaru@imarpe.gob.pe; cuyjra@imarpe.gob.pe; cgamarra@imarpe.gob.pe

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido 30-06-2016
Artículo aceptado 08-12-2016
On line: 20-12-2016

PALABRAS CLAVES:

hermafroditismo,
Orestias Agassi,
Lago Titicaca,
Puno-Perú

RESUMEN

El hermafroditismo en la naturaleza de los peces, resulta en algunas especies una estrategia de comportamiento reproductivo pero en general, su frecuencia de aparición resulta un evento biológico de carácter raro, pues no siempre tal conducta está asociada a las mismas condiciones ambientales. El objetivo de la presente investigación fue describir hermafroditismo en *Orestias Agassi* del Lago Titicaca en Puno-Perú como reporte de caso. Desde el año 2009, el Laboratorio Continental de Puno registra como actividades el seguimiento de pesquería, donde se evalúa dentro de sus principales indicadores la longitud total, longitud estándar, peso total y peso eviscerado (gónadas, estómago e hígado). En el mes de mayo de 2014, correspondiendo a la zona Villa Santiago-Distrito Pomata, Provincia de Chucuito se realizó en condiciones de laboratorio un muestreo probabilístico aleatorio (92 individuos), los cuales estuvieron en un rango de intervalos de talla entre 8,6 a 15,2cm de longitud total. Se identificó mediante la observación estructurada del análisis biométrico, un ejemplar con presencia de ambos gónadas reproductivas, el cual midió 12,3cm de longitud total y peso total de 29,94g. No se observaron diferencias estadísticamente significativas con relación al resto de individuos identificados en la misma clase de intervalo de talla (octava). Se concluyó que de 3,302 individuos de la especie *Orestias Agassi* analizados en ocho años, es el primer caso que se reporta con hermafroditismo.

ARTICLE INFO

Article received 30-06-2016
Article accepted 08-12-2016
On line: 20-12-2016

KEY WORDS:

hermaphroditism,
Orestias agassi,
Titicaca Lake,
Puno-Peru

ABSTRACT

The hermaphroditism in the nature of the fish, result in some species a strategy of reproductive behaviour but in general, its frequency of apparition result a event biological of character rare, for not always such conduct is associated to the same conditions environmental. The objective of the present research was to describe hermaphroditism in *Orestias agassi* of Titicaca lake in Puno-Peru as a case report. Since 2009, Laboratory Continental of Puno records as activities the monitoring of fishery, where is evaluated inside of its main indicators the total length, standard length, total weight and bowel weight (gonads, stomach and liver). In May of 2014, corresponding to the zone of Villa Santiago-District of Pomata, Province of Chucuito, in laboratory conditions was made a probabilistic random sampling (92 individuals), to which there was an interval rank of 8,6 to 15,2cm of total length. It is identified through the observation of structured biometric analysis, an exemple with presence of both reproductive gonads, which are of 12,3cm in total length and total weight of 29,94g. It has not been observed significant statistical differences with relation to the remainder of individuals identified in the same class of size interval (octave). It is concluded that of 3,302 individuals of the species *orestias agassi* analyzed in eight years, it is the first case that is reported with hermaphroditism.

INTRODUCCIÓN

El hermafroditismo es un estado biológico el cual está caracterizado por la tenencia de gónadas reproductivas correspondientes a ambos sexos (Saborido *et al.*, 2001; Lacadena, 2001). A pesar que se ha observado hermafroditismo en especies de peces (Brulé, 2009), resulta un evento raro en la naturaleza biológica para individuos vertebrados, ya que por lo general cuando aparece de manera espontánea está asociado a estrategias reproductivas (Espinoza, 2014) pero los disímiles casos reportados, han estado asociado a condiciones de perturbaciones antropogénicas (Campodónico *et al.*, 2004; Aranzazu *et al.*, 2012; Hobgood, 2014; Monroy *et al.*, 2014).

Los mayores casos sobre peces identificados con presencia de hermafroditismo, ha sido referido en hábitats o ecosistemas costero-marinos (Herrera *et al.*; 1991; Rothbard *et al.*; 1982), siendo los ecosistemas dulce-acuáticos lo que presentan menores casos identificados (Rudolph R. 1970) Los reportes de casos sobre especies nativas, no ha resultado común y una testificación sobre lo que se comunica es que en el Lago Titicaca, aun no se ha reportado a la fecha ningún caso de hermafroditismo para especies nativas o endémicas, así como para especies introducidas. El objetivo de la presente investigación fue describir hermafroditismo en *Orestias Agassi* del Lago Titicaca en Puno-Perú como reporte de caso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Objeto de investigación y periodo de estudio

El estudio fue realizado en el Lago Titicaca (lago mayor) correspondiendo a la zona Villa Santiago-Distrito Pomata, Provincia de Chucuito (Departamento de Puno), durante el mes de mayo del 2014.

Población y muestra

Desde el año 2009 se han muestreado hasta mayo del 2014 un total de 3,290 individuos de *Orestias Agassi* donde corresponden a la zona Villa Santiago-Distrito Pomata. Para el mes de mayo del propio año 2014, fueron muestreados y analizados un total de 92 individuos sexualmente identificados.

Los 92 individuos muestreados de forma probabilística aleatoria fueron agrupados en catorce clases o intervalos de tallas (longitud total) que correspondieron a: 8,5-8,9; 9,0-9,4; 9,5-9,9; 10,0-10,4; 10,5-10,9; 11,0-11,4; 11,5-11,9; 12,0-12,4; 12,5-12,9; 13,0-13,4; 13,5-13,9; 14,0-14,4; 14,5-14,9; 15,0-15,4.

Análisis de las variables

Se midió la longitud total de los individuos mediante ictiomómetro "Fish Measuring Board" (PENTAIR – AQUATIC ECO-SYSTEMS), fabricado en los Estados Unidos de América con graduación en centímetros, siendo acoplada una regla (mm) marca INCH.

El peso total se midió mediante balanza de precisión METTLER TOLEDO (0.01g). La identificación de las gónadas se realizó mediante observación macroscópica (visual), clasificando su estadio reproductivo (escala Johansen, 1924).

Análisis estadístico de los datos

Para el tratamiento de los resultados se aplicó métodos estadísticos los cuales correspondieron al análisis de la varianza factorial con réplicas para definir las fuentes de variación significativas y la prueba de intervalos múltiples de Duncan para determinar las magnitudes individuales de las diferencias que resultaron significativas según lo expresado por Montgomery (1991). Todos los cálculos se realizaron utilizando el software profesional Statgraphics (STATPOINT TECHNOLOGIES, 1994-2001), donde los resultados se consideraron significativos a un nivel de confianza del 95% ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

En la figura 1, se muestra la identificación de las gónadas (ambos sexos: hermafroditismo) en el caso observado de la especie *Orestias Agassi*.



Fuente: Laboratorio Continental Puno

Figura 1. Hermafroditismo en *Orestias Agassi*.

En la tabla 1, puede mostrarse el número de individuos por sexo según los meses y años de interés con relación al intervalo de clase 12,0-12,4cm.

Tabla 1. Número de individuos por meses y años de interés.

| sexo | agosto-septiembre | | | febrero-marzo | | |
|--------|-------------------|------|------|---------------|------|------|
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| macho | 17 | 55 | 81 | 101 | 27 | 24 |
| hembra | 143 | 142 | 83 | 115 | 104 | 103 |

En la tabla 2, puede mostrarse el análisis de la varianza con relación a los machos. La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. El coeficiente F, que en este caso es igual a 1681,2, es el cociente indicado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias (número de machos) con un nivel del 95,0% de confianza, por lo que existen grupos no homogéneos (tabla 3).

Tabla 2. Análisis de la varianza (ANOVA) / machos.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|
| Entre grupos | 17630,5 | 5 | 3526,1 |
| Intra grupos | 12,0 | 12 | 1,0 |
| Total (Corr.) | 17642,5 | 17 | |

Tabla 3. Pruebas de múltiple rangos / machos.

| | Media | Grupos Homogéneos |
|--------|-------|-------------------|
| M 2009 | 17,0 | X |
| M 2014 | 24,0 | X |
| M 2013 | 27,0 | X |
| M 2010 | 55,0 | X |
| M 2011 | 81,0 | X |
| M 2012 | 101,0 | X |

En la tabla 4, puede mostrarse el análisis de la varianza con relación a los machos. El coeficiente F, que en este caso es igual a 1681,20, es el cociente indicado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias (número de machos) con un nivel del 95,0% de confianza, por lo que existen grupos no homogéneos (tabla 5).

Tabla 4. Análisis de la varianza (ANOVA) / hembras.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | Coficiente F | Valor-P |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------|---------|
| Entre grupos | 8406,0 | 5 | 1681,2 | 1681,20 | 0,0000 |
| Intra grupos | 12,0 | 12 | 1,0 | | |
| Total (Corr.) | 8418,0 | 17 | | | |

Tabla 5. Pruebas de múltiple rangos / hembras.

| | Media | Grupos Homogéneos |
|--------|-------|-------------------|
| H 2011 | 83,0 | X |
| H 2014 | 103,0 | X |
| H 2013 | 104,0 | X |
| H 2012 | 115,0 | X |
| H 2010 | 142,0 | X |
| H 2009 | 143,0 | X |

En la figura 2, se muestra la medición de la longitud total en la especie *Orestias Agassi*.



Fuente: Laboratorio Continental de Puno.

Figura 2. Longitud total en la especie *Orestias Agassi*

En la figura 3, se muestra la medición del peso total en la especie *Orestias Agassi*.



Fuente: Laboratorio Continental de Puno.

Figura 3. Peso total en la especie *Orestias Agassi*

En la tabla 6, puede mostrarse la talla total y peso total por sexo según meses y años de interés.

Tabla 6. Talla total y peso total por sexo según meses y años.

| indicador | sexo | agosto-septiembre | | | febrero-marzo | | |
|-------------|--------|-------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| | | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| talla total | macho | 11,00 | 12,98 | 13,00 | 14,21 | 11,96 | 11,98 |
| | hembra | 12,67 | 12,84 | 13,13 | 13,34 | 12,45 | 12,11 |
| peso total | macho | 23,39 | 33,48 | 32,81 | 31,45 | 27,58 | 26,51 |
| | hembra | 35,36 | 35,04 | 34,94 | 37,46 | 30,38 | 29,94 |

En la tabla 7, puede mostrarse el análisis de la varianza con relación a los machos. El coeficiente F, que en este caso es igual a 37282.10, es el cociente indicado entre grupos y el estimado dentro de grupos.

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias (número de machos) con un nivel del 95.0% de confianza, por lo que existen grupos no homogéneos (tabla 8).

Tabla 7. Análisis de la varianza (ANOVA) / talla total en machos.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | Coefficiente F | Valor-P |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|----------------|---------|
| Entre grupos | 18.6411 | 5 | 3.72821 | 37282.10 | 0.0000 |
| Intra grupos | 0.0012 | 12 | 0.0001 | | |
| Total (Corr.) | 18.6423 | 17 | | | |

Tabla 8. Pruebas de múltiple rangos / talla total en machos.

| | Media | Grupos Homogéneos |
|--------|-------|-------------------|
| M 2009 | 11.0 | X |
| M 2013 | 11.96 | X |
| M 2014 | 11.98 | X |
| M 2010 | 12.98 | X |
| M 2011 | 13.0 | X |
| M 2012 | 14.21 | X |

En la tabla 9, puede mostrarse el análisis de la varianza con relación a los machos. El coeficiente F, que en este caso es igual a 480177.20 es el cociente indicado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias (número de machos) con un nivel del 95.0% de confianza, por lo que existen grupos no homogéneos (tabla 10).

Tabla 9. Análisis de la varianza (ANOVA) / peso total en machos.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | Coefficiente F | Valor-P |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|----------------|---------|
| Entre grupos | 240.089 | 5 | 48.0177 | 480177.20 | 0.0000 |
| Intra grupos | 0.0012 | 12 | 0.0001 | | |
| Total (Corr.) | 240.09 | 17 | | | |

Tabla 10. Pruebas de múltiple rangos / peso total en machos.

| | Media | Grupos Homogéneos |
|--------|-------|-------------------|
| P 2009 | 23.39 | X |
| P 2014 | 26.51 | X |
| P 2013 | 27.58 | X |
| P 2012 | 31.45 | X |
| P 2011 | 32.81 | X |
| P 2010 | 33.48 | X |

Con los valores de medición entre talla total y peso total de los machos se realizó un análisis de regresión, indicándose lo siguiente:

| Parámetro | Estimación | Error | | Valor-P |
|-----------|------------|----------|----------|---------|
| | | Estándar | T | |
| CONSTANTE | -8.46783 | 6.14483 | -1.37804 | 0.1872 |
| T | 3.00848 | 0.489123 | 6.15076 | 0.0000 |

| Fuente | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | Coefficiente F | Valor-P |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|----------------|---------|
| Modelo | 168.73 | 1 | 168.73 | 37.83 | 0.0000 |
| Residuo | 71.3599 | 16 | 4.45999 | | |
| Total (Corr.) | 240.09 | 17 | | | |

R-cuadrada = 70.2778 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 68.4202 por ciento

Error estándar del est. = 2.11187

Error absoluto medio = 1.71061

Estadístico Durbin-Watson = 0.741702 (P=0.0005)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0.610823

La salida tabular, muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre peso total (variable dependiente) y la talla total (variable independiente). La ecuación del modelo ajustado es: $P = -8.46783 + 3.00848 * T$

En la tabla 12, puede mostrarse el número de machos según comportamiento de la escala de madurez para los reproductores totales.

Tabla 11. Número de machos / escala de madurez sexual.

| año | individuos | mes | ESTADO | | | | | | | |
|------|------------|------------|--------|----|-----|----|----|----|-----|------|
| | | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
| 2009 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2010 | 36 | septiembre | 0 | 0 | 3 | 9 | 11 | 6 | 3 | 4 |
| 2011 | 36 | | 1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 7 | 11 | 4 |
| 2012 | 36 | | 0 | 1 | 4 | 13 | 12 | 5 | 0 | 1 |
| 2013 | 19 | febrero | 0 | 1 | 4 | 8 | 3 | 2 | 0 | 1 |
| 2014 | 5 | | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 |

DISCUSIÓN

Puede considerarse que serían casos excepcionales o patológicos la observación de peces que presenten estado sexual hermafrodita. Casos de hermafroditismo funcional ocasional o accidental como lo señala Hernández (2008), han sido observados en algunos organismos de especies típicamente gonocóricas (e.g. *Gadidae: Gadus morhua* y *Salmonidae: Oncorhynchus keta*).

Espinoza (2014), indica que la mayoría de las especies son gonocóricas (sexos separados) con fertilización interna, en la que las hembras proveen de nutrientes a los embriones o huevos, los cuales pueden llegar a ser millones y para asegurar la supervivencia de la progenie muchas especies muestran cuidados parentales de las crías, pero que los peces también pueden ser hermafroditas o manifestar protoginia o androginia secuencial para cambiar de sexo de hembras a machos o viceversa.

Considerando que la androginia es una manifestación esperada, entonces puede esperarse como un evento normal que en el género *Orestias* aparezcan individuos hermafroditas. Sin embargo, no se ha

observado ni reportado casos en esta condición reproductiva para este género, por lo que al parecer, podría representar un evento de rareza.

Beninger & Lepenne (1991) señaló que es posible encontrar una baja frecuencia de ejemplares hermafroditas incluso en especies estrictamente gonocóricas. algunas especies gonocóricas pueden presentar un hermafroditismo no funcional, quedando rudimentario en el adulto (eg. *Sparidae: Boops sp*) o siendo transitorio durante el periodo juvenil (e.g. *Anguillidae: Anguilla sp*). Cuando es funcional, el hermafroditismo puede ser de tipo sucesivo simultáneo, generalmente con fecundación cruzada obligatoria (e.g. *Serranidae: Serranus sp*) o excepcionalmente autofecundación (caso de *Rivulus marmoratus; Cyprinodontidae*); o bien sucesivo secuencial protógino ♀ (→♂; e.g. *Sparidae: Pagrus sp* y *Serranidae: Epinephelus sp*) o protandro (♂→♀; e.g. *Sparidae: Sparus sp* y *Centropomidae: Lates sp*). Durante el transcurso de su vida los organismos de las especies con hermafroditismo sucesivo, sufren un cambio de sexo o inversión sexual bajo el control de factores endógenos (genéticos) y exógenos (medio exterior). Según las especies, el determinismo social del cambio de sexo podría corresponder a un proceso de represión proterogínica (e.g. *Labridae: Labroides dimidiatus*) o proterándrica (eg. *Pomacentridae: Amphiprion sp*), o bien a un proceso de inducción por proporción de sexo o por proporción de tamaño.

En este estudio, pudo observarse que durante los años de medición, el número de machos comparativamente con las hembras fue menor (tabla 1), existiendo incluso diferencias estadísticamente significativas en cuanto a este número por años (tabla 3), por lo que sería un comportamiento a considerar en la aparición del hermafroditismo por inducción de proporción de sexo, donde en los años 2013 y 2014, la proporción entre machos y hembras fue aproximadamente de 1:4, lo cual es interpretativo que pudo influir. Asimismo, en cuanto a la talla total, por lo general fue menor para los machos y en el caso del peso total, siempre se encontró que los machos fueron menores, donde estas condiciones biométricas pudieron ser influyentes en el reporte de caso.

El coeficiente de condición biológica que relaciona la talla total y el peso total, es un indicador de desarrollo (Argota & Iannacone, 2014), donde al observarse según el estadígrafo de R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 68.4202 por ciento, considerándose como bajo, entonces puede indicarse que quizás esté influyendo en la reproducción y por ende, en apariciones de posibles casos de hermafroditismo.

IMARPE (2014), indicó que los meses pico de máxima reproducción en la especie *Orestias agassi* corresponden de diciembre a febrero y el de menor pico de agosto a septiembre, entonces puede interpretarse según la tabla 12, que debió observarse un porcentaje mayor de individuos en los estadios V y VI de madurez sexual (grávido y de reproducción), no comportándose de acuerdo a lo esperado. De igual forma, se interpreta para el periodo de menor intensidad reproductiva donde si bien es cierto que poblacionalmente los individuos no se comportan de la misma manera, pero si es de esperar que sea homogéneo, por lo que se observó un porcentaje significativo no esperado.

Finalmente, este primer caso observado de hermafroditismo, pudo estar dado por la desproporción de machos con relación a las hembras, la menor talla total y peso total, así como el mayor porcentaje de individuos en una escala de madurez atípica para el periodo reproductivo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. George Argota Pérez, Director General del Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI" por sus aportes metodológicos y técnicos sobre el reporte de caso presentado en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranzazu T.D.A., Rodríguez, B.D.J.J., & Duque Agudelo, B. A. (2012). Disrupción edocrina en peces. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian journal of animal science and veterinary medicine)*, 25(2), pp 312-324.
- IMARPE (2014). Anuario Científico Tecnológico IMARPE. Volumen 14 Instituto Del Mar del Perú ISSN 1813-2103. PP 224-226.
- Argota, P.G. & Iannacone, O.J. (2014). Similitud en la predicción de riesgo ecológico entre el software GECOTOX y biomarcadores en *Gambusia punctata (Poeciliidae)*. *The Biologist*; Vol. 12(1); pp 85-98. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4754945.pdf>
- Bauer, R.T. (2001). Hermafroditismo en camarones: el sistema sexual y su relación con atributos socioecológicos. *Interciencia*, 26(10), pp 434-439.
- Belloso, C. (2007). Contaminación en las Islas Frente a la Ciudad de Rosario por Futura Expansión de la Explotación Ganadera. Disponible en: www.taller.org
- Beninger, P.G. & LePenne, M. (1991). Functional anatomy of scallops. En: Shumaway, S.E. (Ed.) *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. *Dev. Aquacult. Fish. Sc.*, 21: pp 133-244.
- Builes, J.J., Arango, A., Manrique, A, Puerto, Y., Jimenez, L.F. & Aguirre, D., (2008).- Utilización de micro satélites inter específicos para el estudio genético-poblacional del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) en la cuenca del río Cauca, Colombia. En: *Memorias I Congreso Latinoamericano de Genética Humana/IX Congreso Colombiano de Genética*. Cartagena de Indias, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3): pp 127.
- Brulé, T., Noh-Quiñones, V.E., Sánchez-Crespo, M., Colás-Marrufo, T., & Pérez-Díaz, E. (2009). Composición de las capturas comerciales del complejo mero-pargo en el sureste del Golfo de México e implicaciones para el manejo de su pesquería. *Gulf and Caribbean Fisheries*

- Institute Proceedings, 61, pp 199-209.
- Ciechowski, J.D. & Christiansen, H. (1968). Un caso de hermafroditismo en la merluza *Merluccius merluccius hubbsi* (Pisces, Merlucciidae). *J. Physis*, 27(75), pp 423-428.
- Campodónico, S.; Manchini, G.; Lasta, M. (2004). Gonocorismo en la Viera Patagónica *Zygochlamys patagónica* (King y Broderip, 1983) en el Banco Reclutas, Argentina.
- Espinoza, P.H. (2014). Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; Supl 85; pp 450-459. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v85sene/v85senea53.pdf>
- Hernández, O.L. (2008). Ecología reproductiva de peces de arrecife rocoso en el suroeste del Golfo de California. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Herrera, G., Padilla, C., Claramunt, G., Pizarro, P. & Garland, D. (1991). Hermafroditismo sincrónico del tipo intersexo en la Sardina Española, *Sardinops sagax*. Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat. *Revista. Biol. Mar., Vaparaiso*. pp 81-89.
- Hobgood, N. (2014). Malformaciones sexuales en vertebrados producidas por *Quercus*, 339, 29.
- Johansen, A.C. & Hubbs, C.L. (1924). On The summer and autumn spawning herring of the Nort Sea. Kobenhavn, Dimarca, C.A. Reitzel.
- Lacadena, J.R. (1998). Protoginia y protandria: determinismo genético y diferenciación sexual. La evolución de la sexualidad y los estados intersexuales, pp 143-162.
- Montgomery, C. (1991). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Ed. Iberoamérica S.A de C.V. México DF.
- Monroy M, Maceda- Veiga A, de Sostoa A. 2014. Metal concentration in wáter, sediment and four fish species from Lake Titicaca reveals a large scales environmental concern. *Science of The Total Enviromenet*; 487: pp 233-44.
- Ministerio del Ambiente. República del Perú. 2014. Disponible en: www.minam.gob.pe
- Pérez X.A. (2014). Caracterización del sistema reproductor en desarrollo y la diferenciación sexual del híbrido de *Paralabrax nebulifer* x *P. maculatofasciatus* durante la ontogenia. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Prat, N. (2001). Afecciones bajo Ebro derivada del PHN, alternativa y necesidades de un nuevo modelo de gestión del Agua. *El Plan Hidrológico Nacional a Debate*. Bilbao; pp 413-426.
- Reinboth, R., (1970). Hermafroditismo y cambio de sexo en los peces. *Revista actualidades Biológicas Vol.03*. Pp55-56.
- Rodríguez, M. (1992). Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. Primera Edición. A.G.T. Editor. SA. México DF.44pp.
- Rothbard, S., Hulata, G. & Itzkovich, J.,(1982). Occurrence of spontaneous hermaphroditism in a sarotherodon hybrid. Elsevier Scientific publishing company. pp 391-393.
- Saborido-Rey, F., Murua, H., & Macchi, G. J. (2011). I Simposio Iberoamericano de Ecología Reproductiva, Reclutamiento y Pesquerías. *Ciencias marinas*; 37(4B) pp 1-12
- Statgraphics Plus for Windows: SGPW. 2001. Version 5.1. Copyright 1994-2001 for Statistical Graphics Corporation.

