

Sistema automatizado de desove y fertilización para la obtención de alevines de Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) en Paraguay

*Automated spawning and fertilization system to obtain alevins of Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) in Paraguay*

Romero Rodrigo¹; Ríos Viviana¹; Rodríguez María Inés¹; Vargas Miguel¹; Insaurralde Mario¹; Barrios Carmen¹; Liu Heng-hsin²; Jiunn-Shyan Jou²; Pai Jyh-Nain³; Castillo Martin⁴

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Veterinarias, San Lorenzo - Paraguay

²Misión Técnica de la República de China (Taiwán), San Lorenzo - Paraguay

³Instituto de Investigación Pesquera (Fisheries Research Institute, C.O.A., E.Y.), República de China (Taiwan)

⁴Ministerio Agricultura y Ganadería, Vice Ministerio de Ganadería, San Lorenzo - Paraguay

RESUMEN. Las especies autóctonas que habitan las cuencas hídricas del Paraguay se reproducen en medios acuáticos controlados a través de la inducción hormonal, la cual se realiza en laboratorios con diferentes técnicas y protocolos. Hasta el presente se ha utilizado la técnica de extrusión para el desove y producción de alevines en los centros de cría de las especies de importancia económica. El presente trabajo consistió en la implementación del sistema automatizado de desove y fertilización utilizando al pacú (*Piaractus mesopotamicus*) en etapa de maduración en estanques. El objetivo fue evaluar el sistema con dicha especie a través del desove, fertilización y horas grado. El mismo consistió en 3 unidades conectadas mediante tuberías; de modo que los huevos fertilizados sean transportados automáticamente desde el estanque de desove a la red de incubación, y las larvas eclosionadas se transportan desde la red de incubación al estanque de cría (creado por Fu- Guang Liu en Taiwán), en el trabajo se utilizaron progenitores de pacú; 51 hembras (3,2 kg - 3,7 kg) y 122 machos (2,6 Kg -2,7 kg). El desove osciló entre el 96% y el 100%, siendo la fertilización de entre el 61% al 76.6%, y las horas grado fueron de 174 a 270. La presente investigación demostró que el sistema automatizado de desove y fertilización puede ser utilizado en la obtención de alevines de pacú criados en cautiverio, existiendo suficientes evidencias de que la utilización del sistema beneficia la sobrevivencia y la reutilización de las matrices generándose mejores resultados.

Palabras Claves: *Piaractus mesopotamicus* – Desove espontáneo inducido -Automatización en la colecta de huevos - Tasa de fertilidad

ABSTRACT. The native species that inhabit the watersheds of Paraguay reproduce in controlled aquatic environments through hormonal induction, which is carried out in laboratories with different techniques and protocols. Until now, the extrusion technique has been used for the spawning and production of fingerlings in the breeding centers of species of economic importance. The present work consisted in the implementation of the automated spawning and fertilization system using the pacú (*Piaractus mesopotamicus*) in the maturation stage in ponds. The objective was to evaluate the system with this species through spawning, fertilization and degree hours. It consisted of 3 units connected by pipes; so that the fertilized eggs are automatically transported from the spawning pond to the incubation net, and the hatched larvae are transported from the incubation net to the rearing pond (established by Fu- Guang Liu in Taiwan), in the work was used pacu parents; 51 females (3.2 kg - 3.7 kg) and 122 males (2.6 kg -2.7 kg). Spawning ranged between 96% and 100%, fertilization being between 61% and 76.6%, and degree hours were from 174 to 270. This research showed that the automated spawning and fertilization system can be used to obtain pacu fingerlings raised in captivity, there being sufficient evidence that the use of the system benefits the survival and reuse of the broodstock, generating better results.

Keywords: *Piaractus mesopotamicus* – Spontaneous induced spawning - Automation in egg collection - Fertility rate

doi: 10.18004/compend.cienc.vet.2022.12.01.26

Dirección para correspondencia: Prof. Dr. Rodrigo Romero. Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Veterinarias. San Lorenzo. Paraguay.

E-mail: rromero@vet.una.py

Recibido: 14 de abril 2022 / **Aceptado:** 23 de mayo 2022

INTRODUCCIÓN

La industria acuícola jugó un papel importante a nivel mundial en el suministro de proteína animal durante la década de 1960, en la cual se practicaban las técnicas tradicionales de reproducción artificial, ocupando excesiva mano de obra y tiempo, resultando por tal motivo ineficientes (1,2,3,4).

La situación mencionada, condujo a buscar una alternativa para lograr mayor eficiencia, dando paso al desarrollo de un dispositivo para la automatización de la recolección e incubación de huevos y la transferencia de larvas. El denominado sistema permitió reducir el tiempo de trabajo, utilizó menor cantidad de reproductores, disminuyó la mano de obra calificada, optimizó el uso sustentable del agua y la preservación de las matrices. Al respecto, entre los años 1993 y 1994 se realizaron cinco primeros experimentos exitosos de desove espontáneo inducido en Taiwán utilizando especies como carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) y carpa cabeza (*Hypophthalmichthys nobilis*); estableciendo de esta manera los cimientos para la producción masiva de alevines para peces de agua dulce (5).

En cuanto a trabajos de reproducción artificial de especies nativas se considera importante tener en cuenta el peso, la edad y las características externas de maduración gonadal, para la selección de reproductores. En el proceso, tras la selección se realiza la inducción hormonal para provocar la liberación de los productos gonadales, el tiempo transcurrido en ese proceso se mide en horas grado; el intervalo de tiempo entre la última aplicación decisiva y ovulación, que consiste en multiplicar el tiempo transcurrido entre la última inyección de hormona y el momento de desove, y multiplicar por la temperatura media del agua durante este periodo, recomendado por Woynarovych y Horvath (1989)(6). Continuando el proceso se determina la tasa de fertilización que se calcula nueve horas después de la fecundación mediante el análisis de 260 huevos por incubadora, de acuerdo con las recomendaciones de Zaniboni-Filho & Barboza (7), mediante la observación de los huevos con un microscopio estereoscópico a 10x. El número total de huevos producidos por peso de reproductores se calcula estandarizando los valores del número total. (8)

A nivel país, el pacú (*Piaractus mesopotamicus*) es

una de las especies de mayor aceptación en el mercado en materia gastronómica, sin embargo en las últimas décadas se vio afectada su captura y el consumo por las acciones antropogénicas como la presión de pesca, la contaminación ambiental, la construcción de hidroeléctricas, entre otros. Para subsanar este problema se han llevado a cabo ensayos de reproducción artificial por inducción hormonal en el Laboratorio de Reproducción Artificial de especies nativas del Departamento de Pesca y Acuicultura de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Asunción. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios en cuanto a la producción de alevines de Pacú como producto final. Sin embargo, los métodos de reproducción artificial y recolección de huevos no han podido satisfacer la demanda de alevines de pacú necesarios por parte de los productores.

En el año 2014, el Gobierno Nacional de Paraguay, a través del Vice Ministerio de Ganadería y la Embajada de Taiwán, a través de la Misión Técnica de la República de China (Taiwan) impulsaron el “Proyecto de Cría y Producción de alevines de Pacú en el Paraguay” cuyas acciones se centraron en el levantamiento de una línea de base y las proyecciones productivas, para así establecer una tecnología propia de producción de alevines de Pacú que permita tener un ciclo continuo de cría y mitigar los impactos negativos como la presión de pesca en los ríos para proteger los recursos naturales. Con el objeto de alcanzar y cumplir las metas trazadas al inicio del proyecto se implementó y ejecutó el sistema automatizado de desove y fertilización (9). diseñado y patentado por el Dr. Fu-Guang Liu, Vicedirector del Instituto de Investigación Pesquera de Taiwán (F.R.I.C.O.A.) y adjunto del Laboratorio de la Comisión de Acuicultura de Taiwán.

MATERIALES Y METODOS

Se implementó un sistema automatizado de desove y fertilización de alevines para la reproducción del pacú en el Centro de Cría de Alevines del Vice Ministerio de Ganadería, Eusebio Ayala, Cordillera, Paraguay. El sistema consistió en tres estanques: estanque de desove y fertilización, estanque de incubación y estanque de cría. Las 3 unidades se conectaron mediante tuberías, de modo que los huevos fertilizados se transportan automáticamente desde el estanque de desove a la red de incubación, y las larvas eclosionadas se transportan desde la red de incubación al estanque de cría, esto permitió disminuir la cantidad de mano

de obra, logró aumentar la tasa de eclosión y bajó la mortalidad de matrices. (5,9,10)

Material Biológico: Se utilizaron un total de 173 ejemplares que comprendieron 51 hembras de 3.2 Kg - 3.7 Kg y 122 machos de pacú de 2.6 Kg - 2.7 Kg para los ensayos de reproducción a lo largo de un periodo de tiempo comprendido entre enero de 2016 hasta marzo de 2018.

Etapas de Reproducción Artificial en el Sistema automatizado: Para la obtención de los alevines de pacú como producto final, los mismos atravesaron diferentes etapas de desarrollo a lo largo del sistema que se detallan a continuación:

*** Selección de reproductores o matrices:**

Los ejemplares machos y hembras utilizados en el experimento se mantuvieron separados por sexos en estanques de cemento de 25 m², con una densidad de 2.5 individuos m², bajo invernadero para obtener control del desarrollo fisiológico. Al inicio, se evaluó la morfología y el grado de maduración por medio de las características externas, tanto para las hembras como en los machos. En las hembras se observó la zona de la papila en época de maduración que se encuentra al descubierto con las características de presentarse enrojecida e hinchada, además al tacto se encontraron con el abdomen blando por la presencia o carga de huevos en los ovarios. En los machos las características se atribuyeron principalmente a la presencia de semen que a la presión es expulsado por las papilas.

***Pesaje e inducción hormonal:** Las matrices fueron pesadas con el objeto de calcular la dosis recomendada. Se procedió a la aplicación de GnRH + Dopamina (Ovaprim®). Las hembras fueron inoculadas con la primera inyección alrededor de las 10 a.m. utilizando el 10% del total de la dosis completa (0,05 ml/Kg de peso vivo) y la segunda inyección a las 6 p.m. completando el 90% restante, mientras que los machos fueron inducidos con su dosis única del 100% (0.45 ml/Kg de peso vivo), en el mismo horario que se realizó la segunda inducción de las hembras. (4,11)

*** Distribución automática de huevos luego del desove:** El sistema automático permitió el traslado por gravedad de los huevos fertilizados desde el estanque de desove en el cual se encontraban las matrices hasta el estanque de incubación. La principal particularidad en este

segmento es la eclosión y liberación de las larvas en las incubadoras, permitiendo obtener datos sobre la cantidad de huevos obtenidos, la tasa de fertilización y las horas grado para el desove en cada incubadora.

*** Transferencia automática de las larvas al estanque de alevinaje:** Al eclosionar las larvas en los estanques de incubación estas pasaron por gravedad en forma automática a los estanques de alevinaje en los cuales permanecieron para su desarrollo y crecimiento para su posterior comercialización.

Para el análisis estadístico y la visualización gráfica de los datos se utilizó el software R (12). Fueron estimadas medidas de tendencia central, dispersión y análisis de frecuencia.

RESULTADOS Y DISCUSION

A fin de conocer el comportamiento del pacú en el sistema automatizado de desove y fertilización se registraron datos durante tres periodos consecutivos de implementación; el Gráfico 1 expone la distribución de pesos de peces, hembras y machos evaluados en el curso de los mismos.

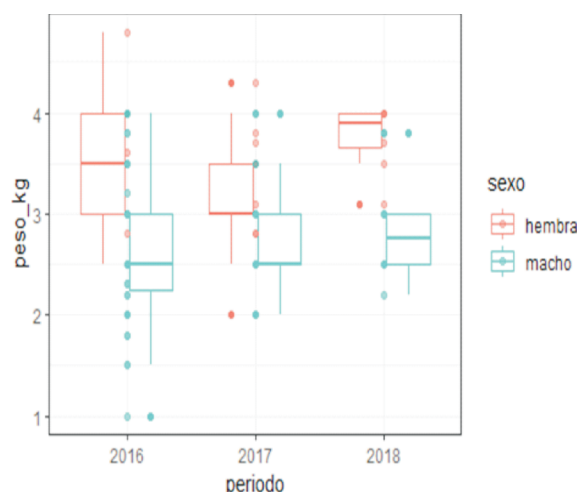


Gráfico 1. Distribución del peso registrado en machos y hembras durante tres periodos consecutivos, utilizando el sistema automatizado de desove y eclosión de pacú (*Piaractus mesopotamicus*).

Se realizaron 9 ensayos en el año 2016 utilizando 17 hembras (peso promedio 3.5 kg). Para el 2017 se realizaron 11 ensayos aumentando a 26 las hembras participantes (peso promedio 3.1 kg). El último año se utilizaron 8 hembras (peso

promedio 3.7kg) finalizando el 2018 con sólo 3 ensayos. La cantidad total de machos utilizados fue 122 individuos. Los progenitores utilizados machos promediaron 2.6 kg en el año 2016, mientras que en el 2017 fueron de 2.6 kg y el año 2018 fue igualmente 2.8 kg. Se ha utilizado en la investigación machos más pequeños para evitar traumatismos generados a las hembras.

En trabajos de reproducción artificial citados por (13), indican que las hembras de pacú utilizadas en el trabajo estarían en el rango de los 3 kg de peso, teniendo en cuenta de las edades de las matrices, coincidiendo con los tamaños de ejemplares de esta reproducción. Sin embargo en la evaluación de la reproducción inducida de *Piaractus brachipomus* se ha utilizado tamaños mayores obteniéndose buenos resultados (14). En el mismo sentido Escárcega-Rodríguez S. (1996), realizó trabajos exitosos en un sistema acoplado de desove e incubación con 31 hembras de carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*), con pesos promedios de 3,83 kg.(10).

En el gráfico 2 A y B se presentan la cantidad de huevos y horas grados registrados durante el tiempo de estudio. Con respecto a la cantidad de huevos en relación con las horas grado para el desove en los años estudiados, se obtuvo en el año 2016 se promedió 263 horas grados generando

mayor número de huevos. En el 2017 casi el mismo comportamiento necesitando 274 horas grado pero obteniendo menor cantidad de huevos; finalmente en el 2018 se redujo 100 horas grado obteniéndose 174 como promedio y manteniéndose alto el nivel de la cantidad de huevos. Al respecto, es importante mencionar que las hembras han pasado por dos años de adaptación al sistema de estanques que pudo influenciar en el desove en menor tiempo y horas grado.

El grafico 2.A exhibe el comportamiento de las observaciones en cada uno de los periodos evaluados considerando a la cantidad de huevos desovados, así es posible distinguir una mayor dispersión en el año 2016, así como dispersiones y medianas inferiores en el segundo y tercer periodo. Así mismo se puede observar los promedios en cantidad de huevos de 174118 para el año 2016, 128846 para el año 2017 y 150000 para el año 2018 (Tabla 1).

En cuanto a la tasa de desove, utilizando Ovaprim®. y sometidos al sistema automatizado se ha obtenido el 96% en 2016, 97% en 2017 y el 100% en el año 2018. Estos resultados fueron superiores a los obtenidos por Fu-Guang Liu et al. (2000) en carpa herbívora (*Aristichthys nobilis*), perca plateada (*Bidyanus Bidyanus*), lubina (*Morone saxatilis* x

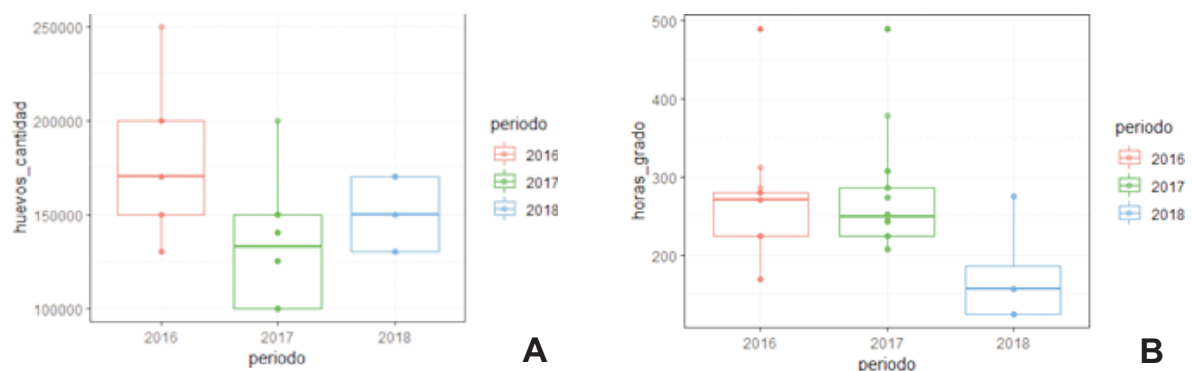


Grafico 2. Cantidad de huevos (A) y horas grado (B) obtenidos en tres periodos consecutivos, utilizando el sistema automatizado de desove y eclosión de pacú (*Piaractus mesopotamicus*).

Tabla 1. Estadística descriptiva referente a la cantidad de huevos y las horas grado en el curso de tres periodos consecutivos de implementación del sistema automatizado de desove y eclosión de pacú (*Piaractus mesopotamicus*).

Parámetros	Periodo	n	x	±DE	Med	Var	A	CV %
Cantidad de huevos	2016	17	174118	31831	170000	1013235294	120000	18
	2017	26	128846	25585	132500	654615385	100000	20
	2018	8	150000	18516	150000	342857143	40000	12
Horas Grado	2016	17	263	73.8	270	5445	321	28
	2017	26	274	74.7	248	5574	282	27
	2018	8	174	63.9	156	4082	150	38

Morone chrysops), y la carpa negra (*Milopharyngodon piceus*) en donde obtuvo un promedio de tasa de desove de dichas especies 84,5%.(5.) Del mismo modo, el trabajo realizado en el sistema acoplado por Escárcega –Rodríguez S. (1996) denotó una tasa de ovulación de 69.35% también menor a lo obtenido para el pacú en esta investigación (10).

Trabajo similar realizado por Escárcega-Rodríguez (1996)(10) en sistema acoplado de desove e incubación, utilizando la carpa herbívora, donde obtuvo resultados de 270 horas grado parecidos al del año 2016, que estuvieron dentro del rango de lo indicado para el sistema de estrujado de 240-270 horas grado para pacú según Campos (4).

La fertilidad registrada durante el segundo periodo (2017) fue variable; mientras que, en el último año (2018) tanto el desove como la fertilidad alcanzaron valores superiores en todas las observaciones. En cuanto a la fertilidad y las horas grado alcanzadas se destacaron relaciones contrapuestas en observaciones aisladas, con registros superiores de horas grado y bajas tasas de fertilidad durante el año 2016 y viceversa en el año 2017, en cambio en el 2018 se pudo observar una disminución importante en horas grado y un aumento en la tasa de fertilidad.

El buen desempeño de los individuos registrados, se asume como respuesta fisiológica al proceso de la adaptabilidad que presentaron las hembras reproductoras durante los tres periodos del estudio y que se evidenció en el año 2018. Al respecto, esto se relaciona principalmente a su tiempo de confinamiento, alimentación y manejo de las mismas; que repercutió directamente en el aspecto biológico reproductivo, potenciando de esta manera la reproducción artificial con valores superiores (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de frecuencia de la fertilidad registrada en tres periodos consecutivos utilizando el sistema automatizado de desove y eclosión de pacú (*Piaractus mesopotamicus*).

Periodo	n	Fertilidad %	FA	FR
2016	17	40 - 50	6	35
		51 - 80	11	65
		Más de 80	0	0
2017	26	40 - 50	6	23
		51 - 80	17	65
		Más de 80	3	12
2018	8	40 - 50	0	0
		51 - 80	8	100
		Más de 80	0	0

Referencia: n= número de observaciones, %= porcentaje, FA= frecuencia absoluta, FR=frecuencia relativa.

CONCLUSIÓN.

El comportamiento reproductivo de los progenitores hembras y machos sometidos al sistema dieron buenos resultados con pesos estando en los rangos de 3,2 kg a 3,7 kg las hembras y los machos entre 2,6 a 2,7 kg. Los desoves observados durante el trabajo de investigación de las hembras resultaron exitosos oscilando entre el 96 al 100 por ciento utilizando la hormona comercial denominada Ovaprim (GnrH + Dom) La utilización de las mismas hembras en años consecutivos favoreció la adaptabilidad de las mismas al sistema obteniéndose resultados en la disminución de horas grados para el desove, notándose la diferencia de 100 horas grados en el tercer año. Además influyó en la fertilización obtenida en los tres años de ensayos que oscilaron entre el 61% al 76,6%, rango muy favorable que está dentro de lo obtenido en otras especies.

Finalmente la investigación demuestra que existen suficientes evidencias de que la utilización del sistema automatizado de desove y fertilización beneficia la sobrevivencia y la reutilización de las matrices generándose mejores resultados

Conflicto de intereses: Los autores manifiestan no tener conflicto de intereses.

Contribución de autores:

Romero, Rodrigo: coordinación general.

Ríos, Viviana: discusión del artículo.

Rodríguez, María Inés: análisis estadístico.

Vargas, Miguel: evaluación general de datos.

Insaurralde, Mario: análisis de datos estadísticos.

Barrios, Carmen: referencias bibliográficas.

Liu Heng-hsin, Jiunn-Shyan Jou, Jyh-Nian Pai: discusión de artículo.

Castillo, Martin: documentos de línea de base.

BIBLIOGRAFÍA.

1. FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma: FAO; 2016. 224 p.
2. Ascón DGU. Producción de alevinos de "Gamitana" *Colossoma macropum* y "Paco" *Piaractus brachipomus*, Mediante el empleo de dos técnicas de reproducción inducida. Folia Amazónica. 1992; 4(1): 123- 131.
3. Bock CL, Padovani CR. Considerações sobre a reprodução artificial e alevinagem de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) em viveiros. Acta Scientiarum. Biological Sciences 2000; 22: 495-501.

4. Campos J. *Piaractus mesopotamicus* (Pacú). En Flores-Nava A, Brown A (Eds.). Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Roma: Italia; 2010. P. 95 - 104
5. Liu FG, Huang CF, Huang DU, Liao C. Report on the integrated spawning - hatching - larviculture system in Chinese carps. J. Taiwan Fish. Res. 2000; 8 (1&2) : 27-36
6. Woynarovich E, Horvath L. Propagación artificial de peces de aguas templadas: manual para extensionistas. Roma: FAO; 1981. 187 p. (Documentos Técnicos de Pesca, 201)
7. Zaniboni- Filho, E y Barboza ENDC (1996) Administración de hormonas cebadoras para inducir desove de algunos peces migratorios brasileños. Revista Brasileira de Biología, 56, 655-65
8. Reynalte-Tataje D, Lopes C, Ávila-Simas S, García J, Zaniboni-Filho E. Reproducción artificial de peces neotropicales: extrusión o desove natural. Natural Science. 2013; 5(7): 1-6.
9. Liu FG, Lin T S, Huang DU, Perng ML, Liao I C. An automated system for egg collection, hatching, and transfer of larvae in a freshwater finfish hatchery. Aquaculture. 2000; 182(1-2): 137-148.
10. Escárcega-Rodríguez S. Evaluación de un sistema acoplado de desove e incubación para la reproducción controlada de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*). Ciencia Pesquera. 1996. 13: 87-93.
11. Valdebenito I. Terapias hormonales utilizadas en el control artificial de la madurez sexual en peces de cultivo: una revisión. Arch Med Vet. 2008; 40(2): 115-123.
12. R Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing [Internet]. Vienna, Austria: [S.n.]. 2022. Disponible en: <https://www.R-project.org/>.
13. Rojas T. Protocolo de reproducción artificial para *Brycon orbignianus*, *Brycon hilarii*, *Leporinus obtusidens*, *Pseudoplatystoma coruscans*, *Prochilodus lineatus* y *Salminus brasiliensis*. En Flores-Nava, A., & Brown, A (Eds). Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Roma: Fao; 2010. P. 140-149.
14. Moreno LCC, Rodríguez LC, Morales JL, Delgado PA M, Ordoñez BM. Evaluación de la reproducción inducida de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con acetato de buserelina. Revista Veterinaria y Zootecnia. 2012. 6(1): 47-55.