

# Cría de pacú en un sistema integrado a la producción de arroz

## Pacu breeding fish in an integrated rice production system

Jorge Cabañas<sup>1\*</sup>, Hugo Chaparro<sup>2</sup>, Cristian Ferreira<sup>2</sup> y Martin Guillen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Investigación Acuícola, IPTA

<sup>2</sup>Campo Experimental de Eusebio Ayala, IPTA

\*Autor para correspondencia (jorgecabanas79@ hotmail.com)

Recibido: 03/12/2018 Aceptado: 28/06/2019

### RESUMEN

En el Campo Experimental de Arroz del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria, se evaluó el comportamiento productivo del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) bajo cuatro densidades de siembra (0.5 pez/5m<sup>2</sup>, 1 pez/5m<sup>2</sup>, 1.5 peces/5m<sup>2</sup> y 2 peces/5m<sup>2</sup>) en un sistema de cultivo integrado al arrozal, aplicándose un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, siendo el área del estudio 12 módulos de 200 m<sup>2</sup>. Para conocer las diferencias estadísticas se analizaron muestras de peces por módulo. Se evaluaron 600 juveniles de pacú, con un peso inicial promedio de 126.12g, durante los últimos 84 días del ciclo productivo de arroz, el cual duró 135 días en total. El análisis mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para las variables peso, ganancia de peso y supervivencia, reportándose al final de la investigación ganancias de peso de 96.12 g; esto representa un incremento de 1.14 g/pez/día. Las comparaciones de medias, según Tukey, determinaron valores superiores en el tratamiento T2 (1 pez/5m<sup>2</sup>), estableciéndose los mejores comportamientos productivos en peso y ganancia de peso; la mayor supervivencia de peces se observó en el tratamiento T4 (2 peces/5m<sup>2</sup>) que fue de 98.33 % al término del experimento. El rendimiento de arroz por m<sup>2</sup> en el cultivo integrado fue de 0.865 kg promedio. Las observaciones del sistema de cultivo describen una integración biológicamente compatible entre las dos especies.

**Palabras clave:** *Piaractus mesopotamicus*, *Oryza sativa*, comportamiento productivo, pacú, densidad de siembra, sistema integrado.

### ABSTRACT

At the Experimental Rice Field of the Paraguayan Institute of Agrarian Technology, productivity breeding parameters for the pacú fish (*Piaractus mesopotamicus*) were evaluated under different breeding concentrations of the fish (0.5, 1, 1.5, and 2 fish / 5m<sup>2</sup>) in an ecosystem that integrated a rice crop, applying a completely random experimental design consisting of 4 breeding settings and 3 repetitions of each. In total there were 12 modules, each occupying an area of 200 m<sup>2</sup>. To know the statistical differences among the settings, fish samples were analyzed by module. In the research, 600 pacú juveniles were evaluated during the last 84 days of the productive cycle of rice, which lasted a total of 135 days. The fish had an average initial weight of 126.12 g. Upon completion of the analysis of results, significant differences were established ( $p < 0.05$ ) for the variables (weight, weight gain and survival rate). It was significant to obtain weight gains of 96.12 g at the end of the research period, gains which represented a daily increase of 1.14 g/fish/day. Comparisons of means according to Tukey Test gave the highest values for the sought-after parameters under the second breeding setting T2 (1 fish/5m<sup>2</sup>), thereby establishing the best productivity parameters in weight and weight gain, whereas the highest survival rate for the fish was observed in breeding setting T4 (2 fish/5m<sup>2</sup>), which was 98.33% at the end of the experiment. The yield of rice in the integrated ecosystem crop was that of 0.865 kg per square meter on the average. Observations of the combined cultivation system describe a biologically compatible integration between the two species.

**Key words:** *Piaractus mesopotamicus*, *Oryza sativa*, productivity parameters, pacú, breeding densities, integrated system.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo integrado de peces en arrozales no es una práctica común en el mundo. La mayor parte de la información proviene de países del Asia, donde los métodos tradicionales del cultivo de arroz han sido refinados durante varios siglos (Bocek 2002).

La inclusión de la acuicultura en los sistemas de producción agrícola puede aumentar la sostenibilidad económica y ecológica en las fincas con escasos recursos (FAO 2000). La acuicultura mundial está obligada a razonar frente a los problemas históricos del área y aprender de la experiencia de otros sectores agropecuarios, para enfocarse en la búsqueda de un cultivo sostenible, que valore y preserve el medio ambiente, sin descuidar los aspectos económicos y sociales de los contextos donde ella se desarrolle (Espinosa 2012).

Habiendo disponibilidad para el desarrollo sostenible de la acuicultura, como ser recursos hídricos, suelos aptos, factores climáticos, entre otros; la producción de peces y específicamente la del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) ha sufrido un leve incremento en los últimos años, esto puede ser por varios factores relacionadas con el ciclo biológico de la especie y/o la disponibilidad en el mercado de semillas de alevines, resultando que la práctica de ésta sea más prolongada.

El medio acuático del arrozal es rico en fitoplancton, zooplancton, macrofiton, bentónicos, detritos y bacterias (Flores 2010). Si se siembran los peces a una densidad apropiada y se aprovechan totalmente los diferentes tipos de alimentos naturales presentes en el ecosistema del campo del arroz, se puede demostrar una óptima producción; estudios realizados estimaron que puede sostener un máximo superior a 500 kg/ha de peces (Li 1992).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) a diferentes densidades de siembra; identificar la densidad óptima de siembra, determinar el peso, ganancia de peso y porcentaje de supervivencia de juveniles de pacú; estimar el rendimiento de la producción de arroz; determinar los parámetros físicos-químicos del agua.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental de Arroz, dependencia del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria, ubicado en la Compañía Punta, distrito de Eusebio Ayala. En el Campo se construyeron 12 módulos, de tipo experimental, probabilístico aleatorio simple; la población total de peces estudiada fue de 600 juveniles de la especie

pacú (*Piaractus mesopotamicus*).

Al inicio del estudio, fueron colectadas muestras de suelo y agua con los procedimientos correspondientes, evaluando las propiedades físicas y químicas de los mismos. La superficie total utilizada en el estudio fue de 3.000 m<sup>2</sup>, dividida en 12 módulos de 200 m<sup>2</sup>, (10 m x 20 m cada uno), con diques de 50 cm de altura, utilizando el 10% del área total para el refugio, con una profundidad de 80 cm (Fig. 1).

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones; el promedio de peso de los juveniles fue de 126,12 g, con densidades de siembra de 0.5 pez/5m<sup>2</sup> (T1), 1 pez/5m<sup>2</sup> (T2), 1.5 peces/5m<sup>2</sup> (T3) y 2 peces/5m<sup>2</sup> (T4).



**Figura 1.** Módulos del sistema de cultivo arroz-pacú.

Los trabajos de preparación de suelo y siembra de arroz fueron realizados en su periodo estacional, con las técnicas agronómicas recomendadas; la irrigación fue aplicada a partir de los 30 días de la germinación, y transcurridos los 51 días post siembra fueron cultivados los juveniles de pacú en cada módulo, siendo mantenidos hasta la cosecha final del arroz. Para la captura de los peces se utilizó red de arrastre y el pesaje se realizó cada 15 días, totalizando 7 mediciones. Los datos fueron tomados por cada individuo.

El arroz (*Oryza sativa*) fue cultivado de una forma semitecnificada donde se minimizó el uso de fertilizantes y no se aplicó ningún tipo de plaguicida (Gupta 1998). La variedad utilizada fue IRGA 426. El cultivo de pacú se realizó en un sistema extensivo, sin el uso de alimento suplementario; las variables estudiadas fueron: el comportamiento productivo (peso y ganancia de peso supervivencia; rendimiento del arroz y parámetros físico-químicos del agua (oxígeno disuelto, T°, pH, transparencia, nivel del agua).

Los datos obtenidos de peso y ganancia de peso en cada módulo fueron promediados y registrados. Referente a la supervivencia de los peces, éstos fueron observados diariamente dentro de los módulos, registrándose los peces encontrados muertos y los desaparecidos; convirtiendo los resultados en porcentaje de supervivencia. Para estimar la producción del arroz se realizaron tres muestreos al azar, las cuales fueron promediados por módulos al final del ciclo productivo, estableciendo los resultados en porcentaje de rendimiento de granos de arroz, analizando el peso promedio por módulo.

Además, diariamente se realizaron las mediciones de los parámetros físico-químicos del agua ( $T^{\circ}$  en refugio y transparencia); dos veces por semana, OD y pH; y semanalmente la medición de amonio, estos se realizaron en forma indirecta, sacando muestras de agua de los refugios, utilizando un cubo y agregando sustancias químicas al agua para analizarla (Bocanegra, 2005); el color del agua cambia y el tono que adquiere se compara con los que aparecen en un muestrario de colores, lo que indica el valor comparador de color (Flores 2010, Zanuy 1980), también la temperatura del agua en el arrozal y la profundidad del agua de cada unidad experimental. Los trabajos de campo fueron ejecutados en los años de 2016 y 2017.

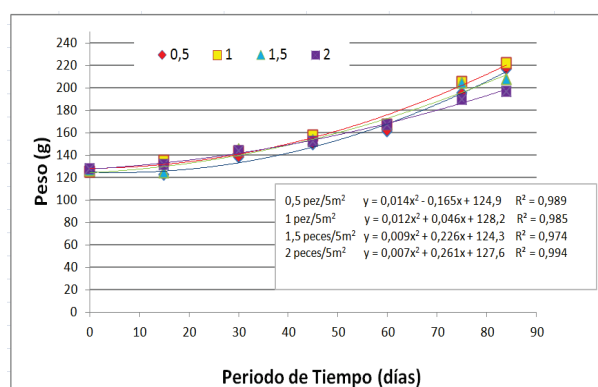
Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), para determinar si el comportamiento productivo del pacú (peso y ganancia de peso) en las cuatro densidades de siembra, fue o no estadísticamente significativo. Se aplicó el test de Tukey 95% de confianza, para la comparación de medias, que determinó si las densidades de siembra son significativamente diferentes unas de otras; mismo procedimiento se aplicó para estimar el rendimiento del arroz, OD,  $T^{\circ}$ , pH, transparencia, nivel del agua, utilizando el paquete estadístico INFOSTAT (INFOSTAT 2016); y para la supervivencia de los peces, X2. Antes del Diseño Completamente al Azar (DCA), se aplicó el método de análisis de covarianza a las variables de peso y ganancia de peso para ayudar a bloquear la interferencia de los diferentes factores ambientales que pudiesen influir en los tratamientos evaluados para así minimizar los errores en el análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los juveniles de pacú fueron pesados cada 15 días; el peso promedio inicial de los en todas las unidades experimentales fue de 126.12 g, sin presentar diferencias estadísticamente significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre los tratamientos estudiados. En la última fase, a los 84 días, los pesos medios evidenciaron diferencias significativas ( $p = 0.0141$ ), reportándose los mejores resultados para los animales cuya densidad de siembra fue del T2 (1

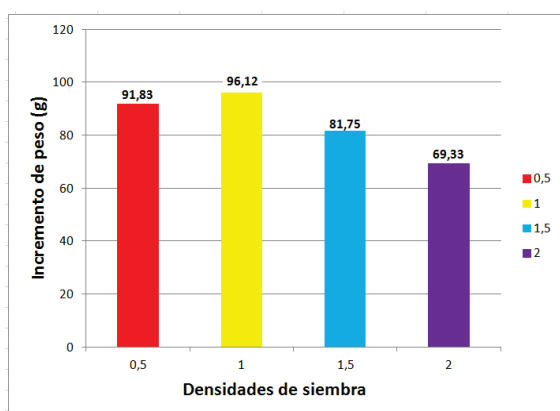
pez/5m<sup>2</sup>), con pesos medios de 221.92 g que fueron superiores a los T1 y T3, con valores medios de 216.79 g y 207.71 g, respectivamente; que entre ellos presentan igualdad estadística. Igualmente, se pudo observar que el T4 con valores medios de 197.09 g resultó inferior y presentó igualdad con el T3, siendo éste, diferente estadísticamente a los otros tratamientos, según Tukey 95% de probabilidad (Fig. 2).

Para la variable peso de los juveniles de pacú, en las cuatro densidades de siembra, se evidenció un comportamiento directamente proporcional entre el peso del animal y los diferentes periodos de tiempo, ya que a medida que los animales se desarrollaban en días, su peso se incrementaba proporcionalmente (INTA 2012).



**Figura 2.** Ganancia de peso en función al tiempo del pacú (*Piaractus mesopotámicus*) criado en arrozal en 4 densidades de siembra.

El comportamiento productivo de la variable ganancia de peso, entre la biomasa final y la biomasa inicial del experimento, según el análisis de varianza (ANOVA), presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.0092$ ) entre los tratamientos estudiados, demostrando que la ganancia de peso obtenida en las cuatro densidades de siembra fue diferente, reportando ganancia de peso promedio de 84.76 g; no obstante, se pudo apreciar ganancia de peso medio que fluctuó entre 96.12 y 69.33 g. El T2 con valor medio de 96.12 g fue superior a los T1, T3, T4 con valores medios de 91.83, 81.75, 69.33 g, respectivamente. Según el test de Tukey, los mejores tratamientos fueron T2, T1, T3 donde entre ellos no existe diferencia significativa, pero son diferentes al T4, resultando numéricamente inferior; entretanto se pudo apreciar similitud con T3, reportándose como mejor tratamiento el T2 con valor medio de 96.12 g, obteniéndose la mayor ganancia de peso, aspecto que infiere que la densidad de siembra ideal para el sistema de cultivo integrado al arrozal es de 1 pez/5m<sup>2</sup> de espejo de agua, mientras que a una densidad de siembra con mayor (2 peces/5m<sup>2</sup>), se vieron desmejorados, debido a la mayor competencia entre ellos (Fig. 3).



**Figura 3.** Incremento de peso del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) a los 84 días, en el cultivo integrado al arrozal

Al final del experimento se observó diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los juveniles de pacú en el estudio de supervivencia entre los tratamientos, según las densidades de siembra probadas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Supervivencia del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) criados en arrozales bajo cuatro densidades de siembra

| PARÁMETROS    | DENSIDADES DE SIEMBRA | VALOR (%) | SIG. |
|---------------|-----------------------|-----------|------|
| Supervivencia | T1 = 0.5 peces/5 m2   | 80.0      | *    |
|               | T2 = 1 pez/5 m2       | 95.8      |      |
|               | T3 = 1.5 peces/5 m2   | 95.5      |      |
|               | T4 = 2 peces/5 m2     | 98.3      |      |

Durante el periodo de evaluación, los datos promedios de calidad de agua se mantuvieron dentro de los registros aptos para la vida de los peces y no difirieron entre los módulos de cultivo (Tabla 2).

**Tabla 2.** Parámetros físicos-químicos de agua para el cultivo del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) criados en arrozal bajo densidades de siembra.

| PARÁMETROS  | DENSIDADES DE SIEMBRA |            |                |              | MEDIA | C.V   | SIG. | PROB   |
|-------------|-----------------------|------------|----------------|--------------|-------|-------|------|--------|
|             | 0,5 peces/5 m2        | 1 pez/5 m2 | 1,5 peces/5 m2 | 2 peces/5 m2 |       |       |      |        |
| OD (ppm)    | 6.60                  | 5.90       | 6.90           | 6.73         | 6.53  | 12.42 | ns   | 0.4906 |
| Temp (°C) R | 27.00                 | 26.97      | 27.10          | 27.07        | 27.04 | 0.76  | ns   | 0.8477 |
| pH          | 6.63                  | 6.43       | 6.43           | 6.70         | 6.55  | 9.29  | ns   | 0.9247 |
| Transp (cm) | 33.50                 | 31.60      | 31.73          | 32.97        | 32.45 | 21.56 | ns   | 0.9827 |
| Temp (°C) A | 27.90                 | 27.97      | 27.90          | 28.10        | 27.97 | 0.55  | ns   | 0.3889 |
| NA (cm) A   | 14.00                 | 10.33      | 16.67          | 15.00        | 14.00 | 27.12 | ns   | 0.2880 |

Probabilidad (PROB): Nivel de significancia

C. V.: Coeficiente de Variación (%)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey ( $p > 0.05$ )

Al final del experimento, los granos de arroz obtenidos en los módulos de cultivo integrado con el pacú, no mostró diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ), evidenciando que las cuatro densidades de

siembra no afectaron la productividad del arroz (Tabla 3).

**Tabla 3.** Producción de arroz en sistema de cultivo integrado a la cría del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) bajo cuatro densidades de siembra

| PARÁMETROS | DENSIDADES DE SIEMBRA |            |                |              | MEDIA | C.V  | SIG. | PROB   |
|------------|-----------------------|------------|----------------|--------------|-------|------|------|--------|
|            | 0.5 peces/5 m2        | 1 pez/5 m2 | 1.5 peces/5 m2 | 2 peces/5 m2 |       |      |      |        |
| R.A (%)    | 0.866                 | 0.874      | 0.796          | 0.926        | 0.865 | 6.45 | ns   | 0.1110 |

Probabilidad (PROB): Nivel de significancia

C. V.: Coeficiente de Variación (%)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey ( $p > 0.05$ )

En este contexto, la presente investigación constituye una primera contribución hacia un sistema de integración de actividades agrícolas y piscícolas para la zona rural del país.

## CONCLUSIÓN

La mayor ganancia de peso promedio por pez se obtuvo con el T2 (1 pez/5m2) con 96.12 g y los mejores resultados en incremento en peso se le atribuye a la misma densidad de siembra.

El mayor porcentaje de supervivencia de peces fue de 98.33 %, que se observó en el T4 (2 peces/5m2).

El rendimiento de granos de arroz por m2 en el sistema de cultivo integrado fue de 0.865 kg promedio.

El diseño de los módulos implementado para la ejecución del sistema de producción demostró ser funcional para las condiciones de cultivo y manejo del proyecto.

La densidad de siembra de peces ideal para el sistema de cultivo integrado es de 1 pez/5m2 de espejo de agua.

Los requerimientos ambientales de los peces en el sistema de cultivo resultaron ser óptimas, reflejando intervalos normales de calidad de agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOCANEGRA, F. 2005. Piscicultura, seguridad alimentaria y desarrollo sostenible en la carretera: Valorando y preservando nuestros peces amazónicos. 3ª ed. Iquitos, Perú: Anna María Lauro. 83 p.
- BOCEK, A. 2002. Introducción al cultivo de peces en arrozales: Introducción a la captación de agua. Alabama, USA: Universidad Auburn. 11 p.
- ESPINOSA P. A.; BERMÚDEZ A. M. 2012. La acuicultura y su impacto al medio ambiente.



- Rizipiscicultura. México: Coordinación de Desarrollo Regional Hermosillo. 232 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2000. Los pequeños estanques: Grandes integradores de la producción agropecuaria y la cría de peces. Roma, Italia. 30 p.
- FLORES NAVA, A.; BROWN A. 2010. 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. 200 p.
- GUPTA, M.V.; SOLLOWS, J.D.; ABDUL MAZID, M.; RAHMAN, A. 1998. Integrando la acuicultura con el cultivo de arroz en Bangladesh: Viabilidad económica, su adopción e impacto. Manila, Philippines: Marie sol colocado. 90 p.
- INFOSTAT. 2016. Software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. (en línea). Consultado 5 nov 2017. Disponible en [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar).
- INTA. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ar). CRC-F (Centro Regional Chaco-Formosa, Ar). Estación Experimental Agropecuaria. 2012. Provincia de Chaco, Argentina. 39 p.
- LI, K.; PAN, Y. 1992. Investigación y desarrollo de peces y de arroz en Asia: cultivo de arroz y peces en china. China: Bimbao. 457 p.
- ZANUY, S.; CARRILLO M. 1980. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en acuicultura: Reproducción en acuicultura. 1ª ed. Madrid, España: CAICYT. 131 p.