

Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878

DESARROLLO Y GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BOCACHICO

EN JAGÜEYES EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

GERMÁN LOZANO BELTRÁN • ROBERTO RIVERA MENDOZA • JULIÁN MARTÍNEZ JORDÁN
KARINA CASTELLANOS ROMERO • LUIS CARLOS GUTIÉRREZ • NORVIS ACOSTA ORELLANO
HILDA ESTRADA LÓPEZ • ALEX RUIZ LÁZARO • RONALD PRIETO PULIDO

GERMÁN LOZANO BELTRÁN

Biólogo Marino. Msc. Investigador
Universidad Simón Bolívar, grupo
GIDE.
glozano3@unisimonbolivar.edu.co

ROBERTO RIVERA MENDOZA

Ingeniero Pesquero. Msc.
Investigador Universidad Simón
Bolívar, grupo GIDE.
robrivera8@hotmail.com

JULIÁN MARTÍNEZ JORDAN

Biólogo. Investigador Universidad
Simón Bolívar, grupo GIDE.

KARINA CASTELLANOS ROMERO

Bióloga. Msc. Ciencias
Ambientales.

LUIS CARLOS GUTIÉRREZ

Biólogo. Msc. Biología.

NORVIS ACOSTA ORELLANO

Bióloga. Investigador Universidad
Simón Bolívar, grupo GIDE.

HILDA ESTRADA LÓPEZ

Universidad Simón Bolívar. Grupo
de Investigación Innovación y
Desarrollo Empresarial.
hestrada@unisimonbolivar.edu.co,
hileslo@hotmail.com

ALEX RUIZ LÁZARO

Universidad Simón Bolívar. Líder
Grupo de Investigación Innovación
y Desarrollo Empresarial.
aruiz25@unisimonbolivar.edu.co

RONALD PRIETO PULIDO

Universidad Simón Bolívar. Grupo
de Investigación Innovación y
Desarrollo Empresarial.
rprieto1@unisimonbolivar.edu.co

Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878

DESARROLLO Y GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BOCACHICO

EN JAGÜEYES EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

**GERMÁN LOZANO BELTRÁN • ROBERTO RIVERA MENDOZA • JULIÁN MARTÍNEZ JORDAN
KARINA CASTELLANOS ROMERO • LUIS CARLOS GUTIÉRREZ • NORVIS ACOSTA ORELLANO
HILDA ESTRADA LÓPEZ • ALEX RUIZ LÁZARO • RONALD PRIETO PULIDO**



BARRANQUILLA-CÚCUTA, COLOMBIA

PRESIDENTA SALA GENERAL
ANA BOLÍVAR DE CONSUEGRA

RECTOR FUNDADOR
JOSÉ CONSUEGRA HIGGINS (Q.E.P.D.)

RECTOR EJECUTIVO
JOSÉ CONSUEGRA BOLÍVAR

VICERRECTORA ACADÉMICA
SONIA FALLA BARRANTES

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
PAOLA AMAR SEPÚLVEDA

VICERRECTORA FINANCIERA
ANA CONSUEGRA DE BAYUELO

SECRETARIA GENERAL
ROSARIO GARCÍA GONZÁLEZ

DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES
CARLOS FEDERICO MIRANDA MEDINA
KEVIN DE JESÚS VILLAREAL JIMÉNEZ

MIEMBROS DE LA SALA GENERAL
ANA BOLÍVAR DE CONSUEGRA
OSWALDO ANTONIO OLAVE AMAYA
MARTHA VIVIANA VIANA MARINO
JOSÉ EUSEBIO CONSUEGRA BOLÍVAR
JORGE REYNOLDS POMBO
ÁNGEL CARRACEDO ÁLVAREZ
ANTONIO CACUA PRADA
JAIME NIÑO DÍEZ
ANA CONSUEGRA DE BAYUELO
JUAN MANUEL RUISECO
CARLOS CORREDOR PEREIRA
JORGE EMILIO SIERRA MONTOYA
EZEQUIEL ANDER-EGG
JOSÉ IGNACIO CONSUEGRA MANZANO
EUGENIO BOLÍVAR ROMERO
ÁLVARO CASTRO SOCARRÁS
IGNACIO CONSUEGRA BOLÍVAR

Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878

DESARROLLO Y GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BOCACHICO

EN JAGÜEYES EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

**GERMÁN LOZANO BELTRÁN • ROBERTO RIVERA MENDOZA • JULIÁN MARTÍNEZ JORDAN
KARINA CASTELLANOS ROMERO • LUIS CARLOS GUTIÉRREZ • NORVIS ACOSTA ORELLANO
HILDA ESTRADA LÓPEZ • ALEX RUIZ LÁZARO • RONALD PRIETO PULIDO**

Desarrollo y gestión de la producción de bocachico en jagüeyes en el departamento del Atlántico: *Prochilodus magdalenae*, Steindachner, 1878 / Germán Lozano Beltrán... [et al.] -- Barranquilla: Ediciones Universidad Simón Bolívar, 2017.

201 p.; 17 x 24 cm.
ISBN: 978-958-8930-98-5

1. Cultivo de bocachico - Atlántico - Colombia 2. Bocachico - alimentación y alimentos - Atlántico - Colombia 3. Bocachico - Reproducción - Técnicas - Atlántico - Colombia 4. Piscicultura - Atlántico - Colombia 5. Peces de agua dulce - Atlántico - Colombia I. Lozano Beltrán, Germán II. Martínez Jordan, Julián III. Castellanos Romero, Karina IV. Gutiérrez, Luis Carlos V. Acosta Orellano, Norvis VI. Estrada López, Hilda VII. Ruiz Lázaro, Alex VIII. Prieto Pulido, Ronald IX. Rivera Mendoza, Roberto, ed. X. Universidad Simón Bolívar. Programa de Administración de Empresas. Grupo de Investigación Innovación y Desarrollo Empresarial, GIDE XI. Universidad del Atlántico. Programa de Biología. Grupo de Investigación Biocaribe XII. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial (CEDAGRO), Atlántico XIII. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Centro Agroindustrial de Gaira (Santa Marta) XIV. Piscicultura La Meta XV. Tit.

639.31 D441 2017 SCDD 21 ed.

Universidad Simón Bolívar - Sistema de Bibliotecas

DESARROLLO Y GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BOCACHICO EN JAGÜEYES EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO *Prochilodus magdalenae*, Steindachner, 1878

Autores:

©Germán Lozano Beltrán, ©Roberto Rivera Mendoza
©Julián Martínez Jordan, ©Karina Castellanos Romero
©Luis Carlos Gutiérrez, ©Norvis Acosta Orellano
©Hilda Estrada López, ©Alex Ruiz Lázaro
©Ronald Prieto Pulido

Editor

©Roberto Rivera Mendoza

ISBN: 978-958-8930-98-5

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

INNOVACIÓN Y DESARROLLO EMPRESARIAL -GIDE-
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma por medios electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros, sin la previa autorización por escrito de Ediciones Universidad Simón Bolívar y de los autores. Los conceptos expresados de este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente corresponden con los de la Universidad Simón Bolívar y da cumplimiento al Depósito Legal según lo establecido en la Ley 44 de 1993, los Decretos 460 del 16 de marzo de 1995, el 2150 de 1995, el 358 de 2000 y la Ley 1379 de 2010.

©Ediciones Universidad Simón Bolívar

Carrera 54 No. 59-102
<http://publicaciones.unisimonbolivar.edu.co/edicionesUSB/>
dptopublicaciones@unisimonbolivar.edu.co
publicacionescucuta@unisimonbolivar.edu.co
Barranquilla - Cúcuta

Fotografías

Grupo de Investigación Innovación y Desarrollo Empresarial -GIDE-

Marzo de 2017
Barranquilla

Printed and made in Colombia



Entidad Ejecutora
Universidad Simón Bolívar
Grupo de Investigación Innovación y Desarrollo Empresarial –GIDE–
Programa de Administración de Empresas



Entidad de Apoyo
Universidad del Atlántico
Grupo de Investigación Biocaribe
Programa de Biología



Entidad Cofinanciadora.
Centro para el Desarrollo Agroecológico y
Agroindustrial (CEDAGRO) (Atlántico)
y Centro Agroindustrial de Gaira (Santa Marta).



Entidad Beneficiaria.
Piscicultura La Metra

Esta publicación se financió con recursos aportados por la Universidad Simón Bolívar, en tanto que las investigaciones fueron desarrolladas en el marco del proyecto Validación técnica del cultivo de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) a partir del manejo de la productividad de jagüeyes en zonas rurales del departamento del Atlántico con fines de incrementar la rentabilidad en las unidades productivas agropecuario-piscícolas.

Todos los derechos reservados, ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma por medios electrónico, mecánico, fotocopia, grabación y otros, sin la previa autorización por escrito de la Universidad Simón Bolívar.

Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente corresponden con los de la Universidad Simón Bolívar.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	9
CAPÍTULO 1	
El Bocachico (<i>Prochilodus magdalenae</i>) en Colombia	11
<i>Germán Lozano Beltrán</i>	
<i>Roberto Rivera Mendoza</i>	
CAPÍTULO 2	
Modelo del Cultivo de Bocachico	
Desarrollado en Jagüeyes	31
<i>Julián Martínez Jordan</i>	
<i>Germán Lozano Beltrán</i>	
<i>Roberto Rivera Mendoza</i>	
CAPÍTULO 3	
Comportamiento del Plancton a partir de la Fertilización con Abono Orgánico en los Jagüeyes de Producción	61
<i>Karina Castellanos Romero</i>	
<i>Luis Carlos Gutiérrez</i>	
<i>Norvis Acosta Orellano</i>	
<i>Roberto Rivera Mendoza</i>	

CAPÍTULO 4

Contenido Estomacal a partir del Proceso de
Fertilización en los Jagüeyes de Producción 107

Norvis Acosta Orellano

Karina Castellanos Romero

Luis Carlos Gutiérrez M.

Roberto Rivera Mendoza

CAPÍTULO 5

Evaluación Económica del Cultivo de
Bocachico en Jagüeyes 151

Hilda Estrada López

Alex Ruiz Lázaro

Ronald Prieto Pulido

PRESENTACIÓN

En los últimos años se acentúa cada vez más la afirmación que las capturas marinas han disminuido a nivel mundial como resultado de múltiples factores dentro de los que está principalmente la sobreexplotación del recurso. De esta forma y como respuesta a la gran necesidad de contar con proteína animal para cubrir los requerimientos nutricionales de la población humana, gana importancia día a día la acuicultura que a partir de innumerables investigaciones ha ido evolucionando para el beneficio de la humanidad. En este sentido, cabe destacar la importancia económica, cultural y alimenticia de una de las especies continentales considerada insignia de varias cuencas de Colombia, este es el caso del bocachico (*Prochilodus magdalenae*).

La obra que estamos poniendo a disposición de la comunidad de investigadores y productores busca no solo adjuntar información tendiente a reforzar la necesidad de establecer una producción más limpia en la que se utilicen subproductos de otras actividades agropecuarias con el fin de disminuir los impactos ambientales que algunas prácticas de la acuicultura han generado, si no también pretende mostrar que el trabajo interinstitucional es uno de los mecanismos más eficaces a la hora de generar información multidisciplinaria con un interés común.

El presente libro inicia con una recopilación juiciosa de las diferentes investigaciones desarrolladas por diversas institucio-

nes sobre el bocachico (*Prochilodus magdalenae*, Steindachner, 1878), desde su reproducción inducida, sus fases larvales y tipo de alimentación, entre otras. Mas adelante describe de manera sencilla la técnica de cultivo propuesta por investigadores de la Universidad Simón Bolívar en la que se destaca la utilización de manera controlada de abono orgánico (bovinaza) con fines de incrementar la productividad de las aguas de los jagüeyes, además de incorporar a la explotación diferentes subproductos de otras actividades agropecuarias.

Posteriormente, el libro se enfoca en establecer la influencia de la fertilización orgánica (bovinaza) y la instalación de sistemas de fijación de perifiton en el crecimiento del bocachico cultivado en jagüeyes, realizando el seguimiento continuo de las variables fisicoquímicas y el comportamiento limnológico de las aguas de los jagüeyes. En un cuarto capítulo, la investigación se centra en establecer las preferencias alimentarias del bocachico a partir de la fertilización de estos sistemas.

Como último capítulo, pero no menos importante que los anteriores, la investigación se centra en realizar un riguroso análisis económico y administrativo que permitirá establecer la viabilidad empresarial de este tipo de cultivo con el fin de brindar pautas a los medianos productores que les permita obtener rentabilidad de esta actividad.

Por reconocer en los autores de este libro a personas comprometidas con la investigación, me atrevo a proponer esta publicación como material de gran utilidad tanto para estudiantes como profesionales de las disciplinas relacionadas con las ciencias biológicas y económicas.

María de los Ángeles Pérez
Directora de Investigaciones

CAPÍTULO 1

BOCACHICO *(Prochilodus magdalenae)* **EN COLOMBIA**



GERMÁN LOZANO BELTRÁN

Biólogo Marino. Msc. Investigador Universidad Simón Bolívar, grupo GIDE.
glozano3@unisimonbolivar.edu.co

ROBERTO RIVERA MENDOZA

Ingeniero Pesquero. Msc. Investigador Universidad Simón Bolívar, grupo GIDE.
robrivera8@hotmail.com

ANTECEDENTES

Como especie insignia de la pesca continental en Colombia, el bocachico (*Prochilodus magdalenae*, Steindachner, 1878), ha sido objeto de innumerables trabajos de investigación en diferentes tópicos, tanto en el medio natural como en confinamiento y no es aventurado afirmar que alrededor de esta especie se han congregado a lo largo de varias décadas, los más connotados biólogos, zoólogos y antropólogos, así como un extenso número de inquietos investigadores empeñados en avanzar en el conocimiento de su biología, ecología, etología y cultivo. De estos, algunos han alcanzado éxitos en sus indagaciones, muchos han tenido fracasos momentáneos, pero siempre con la meta de generar avances científicos y plantear inquietudes que han dado bases a nuevas investigaciones.

Posiblemente, el libro más importante escrito sobre su historia natural es el que en el año 1963 publicaron los investigadores George Dahl, científico sueco que dio pasos importantes en la investigación sobre recursos ícticos en Colombia, Alonso Ramos Henao, médico veterinario y zootecnista colombiano, primer Máster en Acuicultura en Colombia y Federico Medem, zoólogo y herpetólogo alemán, quienes auspiciados por el Banco de la República y con la coordinación técnica de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Magdalena y del Sinú (CVM), adelantaron observaciones sobre su comportamiento, migraciones reproductivas, pesca y biología en los ríos Uré y San Jorge y en los sistemas de ciénagas de Ayapel y San Marcos. Tras cinco meses de trabajo de campo, 1.413 registros y una abundante recopilación y análisis de información provenientes de versiones de pescadores y nativos sobre el comportamiento del *bocachico* o *pescado*, se presentó la que desde ese momento se constituyó en punto de partida de la investigación científica sobre recursos

pesqueros en Colombia: *El bocachico, contribución al estudio de su biología y de su ambiente.*

Entre las muy importantes observaciones que se hacen en esta obra, cabe resaltar que ya en ese entonces se afirmaba que últimamente ha sufrido un descenso inquietante y la especie misma –como tantas otras que han poblado nuestras aguas– está en peligro de desaparecer.

Uno de los aportes más interesantes del libro mencionado, es el que efectuó en aspectos relacionados con la reproducción controlada el doctor Ramos Henao, quien realizó los primeros ensayos de desove y fecundación, cuando siguiendo el protocolo establecido para salmónidos, tomó ejemplares maduros de ambos sexos y los sometió a presión en la región abdominal obteniendo respuesta en machos y hembras, siendo más difícil el desove que la eyaculación, tras lo cual mezclaron los productos con una pluma de ave para buscar mejor porcentaje de fecundación.

La incubación se llevó a cabo en una caja de madera con un entrepaño de angeo plástico, la cual era trasladada de lugar para permitir la entrada de agua permanente, tratando de no causar alteración en el conjunto de huevos. Los huevos se observaron a diario en un estereoscopio para determinar si hubo fertilización y el grado de evolución, sin que se pudiera evidenciar este proceso.

La obtención, por primera vez en Colombia, de alevinos de bocachico mediante fecundación artificial, constituyó otro importante avance en la investigación piscícola, logro conseguido por el doctor Gilberto Toro García en la Estación Piscícola Tropical de

San Cristóbal, CVM (Bolívar) en 1967. En esa oportunidad, se utilizó extracto glicerinado de hipófisis, obtenidas de la misma especie, sexualmente maduros, mediante la aplicación de seis dosis y con aplicaciones crecientes de 4 a 68 hipófisis en suero fisiológico a intervalos de seis horas a partir de la segunda.

Como culminación de un largo y dedicado proceso de investigación y con base en resultados anteriores, el doctor José Miguel Solano, en 1973, obtuvo alevinos de bocachico con Extracto de Pituitaria de Carpa (EPC). Los protocolos más utilizados en esta especie emplean 4,0 a 6,0 mg EPC/K de peso en dos aplicaciones (10 % y 90 %), con un intervalo de 6 a 14 horas (Solano, 1973).

A partir de ese momento, entre las numerosas investigaciones adelantadas sobre cultivo de bocachico, se pueden mencionar las evaluaciones de Popma y Ramos (1978), quienes sembraron juveniles de bocachico de 112 g en un estanque con productividad natural sin fertilizar, durante 10,5 meses y lograron una producción neta de 239 Kg/Ha/10,5 meses, para una densidad de 0,2 pez/m² y una producción de 278 Kg/Ha/10, 5 meses para una densidad de 0,1 pez/m², investigaciones que condujeron a Hernández *et al.* (1988) a concluir que el cultivo de *bocachico* debe realizarse a bajas densidades sin alimento suplementario y suministrando como abono, grandes cantidades de boñiga sin control.

En la Estación Acuícola de Repelón se desarrolló en la década del 70, investigación que indudablemente significó avances importantes tanto en su cultivo como en la reproducción inducida. Valencia-Ramos (1978), trabajando con la hormona Gonadotropina Coriónica Humana (GCH), estableció la dosificación efecti-

va para la inducción a la reproducción controlada en laboratorio de tres carácidos nativos, entre ellos el bocachico. Esta dosis fue estandarizada y durante mucho tiempo se empleó para la obtención de larvas y alevinos en esta Estación Piscícola por parte de los diferentes investigadores que desarrollaron estudios de reproducción en ella.

Continuando con investigación, sobre engorde de bocachico Ramos y Corredor (1982) experimentaron diferentes tipos de fertilizantes para incrementar la productividad natural en estanques en el Centro Piscícola Experimental de la Universidad de Caldas y compararon el efecto de dos abonos orgánicos (gallinaza y porquinaza) en estanques con recambio, en proporciones de 1ton/Ha/semana en estado fresco, atendiendo a la observación de que ambos abonos llevan partículas de concentrado no consumido y en ocasiones no digerido que puede ser aprovechado por el bocachico, en forma directa haciéndolo parte de su ingesta.

En la estación piscícola de Lorica (de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge, CVS), Giraldo (1985) evaluó diferentes tipos de alimento y porcentajes de proteína en las formulaciones, al someter al bocachico a tres dietas artificiales elaboradas con productos agropecuarios y harina de pescado, con contenido proteico aproximado de 23, 25 y 27 %. La densidad fue constante (0,5 pez/m²), se abonó cada estanque con 200 kg/mes de boñiga, obteniendo conversiones alimenticias de 14,77:1 para 23 %; 17,73:1 para 25 % y 17,16:1 para 27 %. Posteriormente, Giraldo y De Fex (1987), realizaron un trabajo de investigación relacionado con el levante de larvas de bocachico en condiciones de laboratorio a base de fitoplancton, encontrando que solo lograron sobrevivir 11 días después de la eclosión. En la misma Estación Piscícola, De Fex y Giraldo

(1989) adelantaron evaluaciones sobre levante de larvas de bocachico en estanques en tierra fertilizados.

Otros estudios realizados por Torres y Lascarro (1993) de la Universidad del Magdalena en el municipio de Zambrano (Bolívar), compararon tres tratamientos para el engorde de juveniles de bocachico. Para esta evaluación, monitorearon los parámetros fisicoquímicos y biométricos en cada unidad experimental con los diferentes tratamientos que consistieron en abono orgánico (estiércol seco de vacuno), una mezcla de estiércol y “taruya” (*Eichornia sp*) seca, envejecida y picada en relación de peso 1:1 y un fertilizante inorgánico (30-10-5). Con el análisis estadístico de los resultados (peso, longitud, etc. del pez) se determinó una diferencia significativa entre tratamientos, siendo el último el de mejor comportamiento.

Con el objetivo de optimizar la dosis para la reproducción inducida para el bocachico, nuevamente se adelantó investigación, en este sentido, en la Estación Acuícola de Repelón, por parte de Dorado-Longas y Guerrero (1995), empleando la hormona Gonadotropina Coriónica Humana purificada aplicada sola y/o combinada con el EPC. En este trabajo se obtuvo mejor resultado al suministrar una primera dosis de 2,0 UI/g de peso vivo de GCH y en la segunda dosis, 8,0 mg de EPC, con un intervalo entre dosis de 15 horas.

En esta misma Estación Piscícola, se evaluó el crecimiento de larvas de bocachico en estanque en tierra abonados orgánica e inorgánicamente y en un reservorio como ambiente natural en las mismas instalaciones, entre el segundo semestre de 1994 y el primero de 1995. En esta investigación, se realizaron muestreos para determinar la relación existente entre la longitud de

la postlarva y el diámetro de la partícula ingerida, encontrando que hay correlaciones significativas inversas, lo que permitió concluir que a medida que crece la postlarva, disminuye el tamaño de la partícula ingerida, tendiendo a seleccionar las partículas finas, que determinarán su condición de consumidor de detrito (Donoso-Sarmiento *et al.*, 1997).

Con ejemplares procedentes de esa estación piscícola, Castro y Gallardo (1999), de la Universidad del Atlántico, determinaron las características macro y microscópicas del semen de bocachico para evaluar su calidad y motilidad postdescongelación. En esa investigación emplearon dos extendidos: DMSO-yema de huevo y Freezing Medium Test Yold Bupper, concluyendo que el primero de los empleados es más eficiente, encontrando una motilidad de 72,91 % y una vitalidad de 72,94 %, en tanto que el segundo de los evaluados arrojó como resultados 65,63 % de motilidad y 53,5 % de vitalidad.

Investigaciones relacionadas sobre caracterización cromosómica en células de riñón de esta especie, adelantaron Acuña y Bacca (2000), mediante el análisis de 250 metafases de 25 ejemplares y se armaron cariotipos con metafases seleccionadas por sus características de nitidez. Entre las conclusiones a que llegaron, se destaca que el bocachico presenta $2n= 26$ (moda), distribuidos en 6 metacéntricos + 5 submetacéntricos + 2 telocéntricos. Además, en las fases analizadas no se evidenciaron cromosomas sexuales heteromórficos y, finalmente, se puede considerar que, por el tipo de cromosomas observados, este se encuentra en avanzado estado de especiación.

Sobre el tema de la nutrición de larvas y alevinos de bocachico, Caicedo y Pérez (2001), del Laboratorio de Nutrición Acu-

cola de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá), adelantaron una evaluación del efecto sobre el desarrollo de dos presentaciones de alimento suplementario suministrado en la etapa de levante, observando un mayor consumo por parte de los juveniles, superando el consumo de fito y zooplancton. Los parámetros productivos evaluados no tuvieron una diferencia significativa entre ellos, observándose una baja supervivencia en los dos tratamientos.

En la Granja Piedra Pintada (Huila), Hernández y Rodríguez (2001) experimentaron con alevinos de bocachico en baterías de reversión de fondo arcilloso sin fertilización, a una densidad de 10 alevinos/m² durante 45 días, alimentados con concentrado comercial, concluyendo que los ejemplares aceptan adecuadamente las dietas artificiales y esta densidad no afecta el desarrollo productivo de los peces en esta etapa. Sin embargo, aclaran que por los hábitos alimenticios de la especie, el crecimiento está muy limitado al espacio y es recomendable sembrar a una baja densidad. Además, indican que a esta talla, el bocachico acepta muy bien las dietas artificiales y al no tener ningún tipo de alimento natural disponible, es capaz de suplir sus necesidades nutricionales con alimento balanceado y finalizan afirmando que es factible el desarrollo de sistemas de producción con alimento artificial en esta etapa de cultivo y de responder con un buen desempeño productivo.

En la última década, la Universidad de Córdoba ha sido abanderada en el tema bocachico, aportando importantes avances a la acuicultura, en especial en las investigaciones sobre reproducción inducida (selección de reproductores, inductores hormonales, dosis y manejo de su aplicación), cultivo larvario y alevinaje.

Entre los trabajos de grado que podemos mencionar, en el tema de cultivo larvario, encontramos el de Kerguelen (2001), quien en el Centro de Investigaciones Piscícolas de la Universidad de Córdoba (CINPIC) estudió la influencia de la primera alimentación en el desarrollo de las larvas de bocachico y determinó las preferencias alimentarias de las postlarvas, evaluando diferentes tipos de presas para la primera alimentación, entre ellas cistos decapsulados de *Artemia*, nauplios de *Artemia*, zooplankton silvestre tamizado entre 125 y 160 μm y entre 250 y 400 μm , encontró que cistos decapsulados y nauplios de *Artemia* constituyen la mejor presa para el levante de las postlarvas de bocachico como primera alimentación sobre este mismo tema.

Con el propósito de generar técnicas para el mejoramiento de la supervivencia de los alevinos de bocachico en la etapa de alevinaje, Espitia y Díaz (2002), en la Estación Piscícola Peces de Colombia (PEZCOL) en Montería, adelantaron una evaluación del manejo del abono orgánico (estiércol de vacuno) en 12 estanques en tierra de 10 m^2 cada uno, con una columna de agua de 0,80 m, abastecidos con agua del río Sinú. La preparación consistió en la adición del abono orgánico diluido, a diferentes dosificaciones: T1 (sin suministro de abono), T2 (160 g/m^2 el día cero y dos aplicaciones de 60 g/m^2 , los días 10 y 20 del cultivo), T3 (dos aplicaciones iguales de 140 g/m^2 , el día cero y 15 del cultivo) y T4 (una sola aplicación de 280 g/m^2), con tres réplicas por tratamiento. A cada estanque se le hizo seguimiento y se llevó registro limnológico y de parámetros de crecimiento y supervivencia.

Se encontró que estadísticamente no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, pero en relación con el crecimiento,

el tratamiento T4 presentó el mejor índice y en cuanto a la supervivencia, el de mejor resultado fue el T3.

Sobre este mismo tema, Wadnípar-Cano y Narváez-Llorente (2002) adelantaron investigación sobre la incidencia del manejo de la primera alimentación con nauplios de *Artemia* recién eclosionada, concluyendo que debe alimentarse por lo menos durante tres días con nauplios de *Artemia sp.* en condiciones controladas.

Lamadrid-Ibáñez y Arroyo-Franco (2002) evaluaron el régimen alimentario del bocachico durante la etapa de alevinaje, a partir de postlarvas de cinco días de eclosionadas, sembradas a dos densidades: T1 (150 PL/m²) y T2 (50 PL/m²) en estanques previamente encalados y fertilizados con abono orgánico (150 g/m² de vacaza) e inorgánico (5 g/m² de superfosfato) y se empleó dieta comercial suplementaria (34 % de proteína), pulverizada y distribuida en forma homogénea sobre la superficie de los estanques. Durante el estudio, se hizo seguimiento a las variables fisicoquímicas del agua y al consumo de plancton por parte de las larvas. Los resultados permitieron concluir que el mayor consumo estuvo en el zooplancton (protozoarios, rotíferos, cladóceros y ostrácodos), seguido por material orgánico e inorgánico no identificado y dieta seca y que su consumo, se fue incrementando con el correr de los días, disminuyendo el de zooplancton.

Sobre el desempeño reproductivo del bocachico, en ese mismo Centro, Mendoza y Hernández-Martínez (2002) evaluaron el efecto del análogo de la hormona liberadora de la Gonadotropina de Mamífero (mGnRH-a), encontrando que ninguna de las hembras tratadas con esa hormona a diferentes dosificaciones (5, 10 y 20 µg/Kg de peso), respondió positivamente al trata-

miento y sugieren que el empleo de esta debe estar acompañado de un antagonista del factor liberador de gonadotropina (GRIF).

Otros aspectos han sido objeto de investigación con esta especie en la Universidad de Córdoba, tales como concentraciones letales de sustancias empleadas comúnmente en acuicultura, tomando esta especie como bioindicador. Lozano-Soto y Pérez-Sejín (2002) determinaron la concentración letal media (CL_{50}) del organofosforado Triclorfón (cuyo nombre comercial es Masoten® o Neguvón®), usado para control de ectoparásitos en acuicultura. Esta investigación determinó que la CL_{50} del Triclorfón en los alevinos de bocachico es equivalente a 0,495 mg/l, al cabo de 96 horas de exposición, para el control de la *Lernaea*. González-Suárez y Betancourt-Asciones (2002) adelantaron investigaciones relacionadas con la determinación de CL_{50} del aluminio en alevinos de bocachico, tras emplear el sulfato de Aluminio como mecanismo para la reducción de la turbidez del agua de cultivo. Como resultado de esta investigación, se encontró que la CL_{50} del aluminio en alevinos de bocachico, es de 37,63 mg/l a 96 horas de exposición, niveles diez veces superiores a los reportados para otras especies.

Profundizando en el tema de la reproducción en laboratorio, Naar-Polo y Petro-Martínez (2003) en el CINPIC, determinaron la calidad de la puesta de bocachico inducido dos veces en un mismo año, empleando como inductor EPC, concluyendo que los indicadores del desempeño reproductivo de los bocachicos inducidos por segunda vez (Índice de ovulación, fecundidad absoluta, fecundidad relativa, tasas de fertilización y de eclosión), se disminuyen en relación con los obtenidos en la primera inducción, exceptuando el índice de ovulación, el cual para ambos casos fue de 91 %.

Igualmente, Cordero-Calderín y Pertuz-Buelvas (2003) adelantaron la investigación sobre alternativas para la inducción a la reproducción de la especie en laboratorio mediante la evaluación de la efectividad del OVAPRIM®, experimentando tres dosis: 0,3, 0,5 y 0,7 mL/Kg de peso en aplicación única intraperitoneal, contrastando estos tratamientos con un grupo de reproductores inducidos con EPC. Los resultados de este estudio evidencian que el OVAPRIM® es efectivo en la inducción a la maduración final y la ovulación del bocachico y sugieren la realización de más estudios para mejorar la técnica y nivelar la respuesta alcanzada cuando se emplea EPC.

Buscando alternativas nutricionales para las larvas de bocachico, González y Wills (2003) del Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional de Colombia desarrollaron un proyecto relacionado con la determinación de la relación proteína/energía digestible para alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) (Steindachner, 1878), mediante la evaluación de seis dietas, concluyendo que los bocachicos consumen alimento completo, pero es importante cuidar el tamaño de partícula; es notorio que se mejora la supervivencia con el consumo de alimento suplementario y que es posible la introducción de esta especie a sistemas de producción semiintensivos cuando se alimenta con dietas completas de aproximadamente 36 % de proteína y 3100 ED. Sobre este tema, Escobar-Hernández (2003) adelantó investigación en la Estación Acuícola de Repelón empleando cepas aisladas de tres organismos zooplanctónicos: rotíferos (*Brachionus pattulus*), cladóceros (*Moina sp.*) y *Artemia*, concluyendo que el levante de larvas con *Artemia* es más eficiente, con mejor respuesta y buenos resultados en crecimiento y sobrevivencia. En las mismas instalaciones, Gómez y Ramos (2005) evaluaron el crecimiento de esta especie con tres porcentajes de recambio (5 %, 10 % y 15 %) en estanques, obteniendo mayor crecimiento

en longitud y peso en el de 15 % para ocho meses de cultivo, lo cual no representa un efecto positivo en términos de producción, pues los ejemplares no alcanzaron tallas comerciales.

Estudios de investigación sobre el desarrollo histológico de las gónadas de ejemplares de bocachico en estanques piscícolas, adelantó Pulido-González (2007) de la Universidad del Atlántico, en la misma Estación Acuícola, mediante la colecta de 150 ejemplares/mes durante un período de un año (2005-2006), determinando que la Talla Media de Maduración se encontró en 27,9 cm (para hembras) y 26,8 cm (para machos). Concluye el estudio que el bocachico presenta un desarrollo gonadal de tipo asincrónico en más de dos grupos, con desove total.

Con el propósito de evaluar el efecto de la hormona mGnRH (D-Ala⁶, des Gly¹⁰) combinado y sin combinar con Metoclopramida (MCP), un antagonista de dopamina, aplicado por liberación rápida (inyección) y por liberación sostenida (implante), Muñoz-Hernández y Agamez-Seña (2008) de la Universidad de Córdoba, adelantaron una investigación en la cual compararon tratamientos de este inductor con EPC, obteniendo como resultado que el mGnRH en las dosis evaluadas indujo a la ovulación y desove del bocachico, pero no fue eficiente por ninguna de las dos vías, en comparación con el efecto de la EPC y recomiendan evaluar dosificaciones más altas a las empleadas en ese estudio.

Sobre métodos efectivos de conservación de ovocitos de bocachico, Argel-Estrella y Sánchez-Pernett (2008) en el CINPIC hicieron conservaciones de los gametos *in situ* y *ex situ* a diferentes temperaturas y períodos de almacenamiento, y llegaron a la conclusión de que estos dos factores afectan negativamente la calidad y viabilidad de los ovocitos, pero la calidad de las larvas no se ve afectada hasta 1,5 horas *in situ* (dentro de la cavidad

ovárica), con buenos índices de fertilización, eclosión, morfología y supervivencia larvaria. Además, concluyen que los ovocitos ovulados pueden mantenerse viables.

Una revisión de las investigaciones adelantadas en la larvicultura de bocachico por Atencio y Prieto (2008), Prieto tuvo como resultado preferencias por los rotíferos (0,39-0,91) durante su transformación de larva a alevino, cladóceros (0,29-0,21) en los primeros 10 días de alevinaje y ostrácodos (0,3-0,38) entre los 20 y 25 días.

Para finalizar, actualmente se adelantan evaluaciones sobre toxicidad de productos agrícolas, por parte de Arroyo y Pérez (2002) de la Universidad del Atlántico (en ejecución) en la Estación Acuícola de Repelón, tomando el bocachico como bioindicador con el agroquímico Glifosato (Roundap®), analizando los efectos que sobre diferentes órganos tienen varias concentraciones del producto.

Como se puede observar, el bocachico ha sido tema de numerosas investigaciones y con la presente, aportamos un avance más sobre su manejo en condiciones de cultivo de tipo semi-intensivo, cual es este protocolo como innovación en su manejo y, como ocurre al finalizar este tipo de proyectos, se plantea la necesidad de profundizar en algunos temas que, a su vez, dejarán más interrogantes para nuevas investigaciones.

REFERENCIAS

Acuña, J. & Bacca, M. (2000). *Caracterización de cromosomas en células de riñón de bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878)*, (Pisces: Prochilodontidae), mediante la técnica de bandeó. Tesis de pregrado. Universidad del Atlántico, Barranquilla.

- Argel, E. & Sánchez, L. (2008). *Conservación in situ y ex situ de ovocitos de bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878), a diferentes temperaturas y periodos de almacenamiento*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.
- Arroyo, A. & Pérez, I. (2002). *Evaluación de la toxicidad aguda del Roundap (Glifosato), en alevinos de bocachico (Prochilodus magdalenae)*. Tesis de pregrado. Universidad del Atlántico, Barranquilla.
- Atencio-García, V., Kerguelén, E., Wadnipar, L. & Narváez, A. (2003). Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista MVZ Córdoba*, 8(1), 254-260.
- Atencio, V. & Prieto, M. (2008). Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. *Rev. MVZ Córdoba*, 13(2), 1415-1425.
- Caicedo, J. & Pérez, A. (2001). *Efecto de dos presentaciones de alimento suplementario durante la fase de levante en el desarrollo del Bocachico Prochilodus magdalenae (Steindachner, 1878)*. Tesis de grado, Facultad de medicina Veterinaria y de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia.
- Castro, R. & Gallardo, N. (1999). *Criopreservación de semen de bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878), utilizando dos extendidos para evaluar la motilidad post-descongelación*. Tesis de pregrado. Universidad del Atlántico, Barranquilla.
- Cordero, A. & Pertuz, V. (2003). *Reproducción inducida del bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878), con OVAPRIM®*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.
- Dahl, G., Medem, F. & Ramos-Henao, A. (1963). *El bocachico, contribución al estudio de su biología y de su ambiente*. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Magdalena y del Sinú - CVM.

- De Fex, R. & Giraldo, M. (1989). Cultivo de larvas de bocachico (*Prochilodus reticulatus*), en estanques en tierra fertilizados. En *Memorias 3ª Red Nacional de Acuicultura* (pp.77-84). Colciencias. Cali, Valle, Colombia.
- Donoso, J., Guio, A. & Blanco, J. (1997). Tamaño de la partícula ingerida y relación de la longitud total de postlarvas de bocachico (*Prochilodus magdalenae*, Steindachner, 1878), (Pisces: Characiformes: Prochilodontidae), cultivadas en estanque de la Estación Piscícola de Repelón. INPA. *Boletín Científico*, (5), 53-73. Santa Fe de Bogotá.
- Dorado Longas, Ma. P. & Guerrero, L. (1995). Optimización de una dosis hormonal para la reducción inducida del bocachico (*Prochilodus magdalenae* Steindachner, 1878). *Boletín Científico*, (3), 19-28. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA.
- Escobar, M. A. (2003). *Implementación de tres alternativas nutricionales para larvas de bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878) y su influencia en el crecimiento y la supervivencia*. Tesis de pregrado. Universidad del Atlántico, Barranquilla.
- Espitia, E. & Díaz, D. (2002). *Evaluación del manejo del abono orgánico en la sobrevivencia y crecimiento del bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878), en la fase de alevinaje*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.
- Giraldo, M. (1985). *Ecología alimenticia de larvas de bocachico Prochilodus magdalenae, en condiciones de laboratorio*. CVS-IFS. Lorica (Córdoba). Informe técnico, 20 p.
- Giraldo, M. & De Fex, R. (1987). *Producción masiva de larvas de Bocachico (Prochilodus reticulatus magdalenae, Steindachner, 1878)*. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge.

- Gómez, C. & Ramos, G. (2005). *Comparación del efecto de tres tasa de recambio de agua sobre el crecimiento del Prochilodus magdalenae, en un período de engorde en estanques en tierra en la estación acuícola de Repelón, departamento del Atlántico*. Tesis de grado. Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas. Barranquilla.
- González, R. & Betancour, R. (2002). *Concentración letal media (CL_{50}) del aluminio, en alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*, Steindachner, 1878)*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.
- González, U. R. A. & Wills, F. G. A. (2003). Evaluación del desempeño de los alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1878) sometidos a dos tipos de dietas. *Rev. Facultad de Medicina Veterinario y de Zootecnia*, 50(2), 50-57. Sede Bogotá.
- Hernández, F. D. C. & Rodríguez, C. Z. (2001). *Evaluación en estanque de 4 dietas isoproteicas, con diferentes niveles de energía, en el desempeño productivo de alevinos de bocachico Prochilodus magdalenae*. Tesis de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- Kerguelen, E. (2001). *Influencia de la primera alimentación en el desempeño de la larvicultura del bocachico (*Prochilodus magdalenae*, Steindachner, 1878)*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.
- Lamadrid, J. & Arroyo, A. (2003). *Evaluación del régimen alimentario del bocachico (*Prochilodus magdalenae*, Steindachner, 1878) en el alevinaje*. Tesis de grado. Universidad de Córdoba.
- Lozano, G. & Pérez, S. (2002). *Determinación letal media (CL_{50}) del Triclorfón, en alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*, Steindachner, 1878)*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.

- Martínez, O. (2003). *Comunidad fúngica asociada a la incubación del bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878)*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.
- Mendoza, L. C. & Hernández, V. (2002). *Desempeño reproductivo del bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878), con el análogo de la hormona liberadora gonadotropina de mamífero*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.
- Muñoz, Y. & Agámez, C. M. (2008). *Desempeño reproductivo del bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878) inducido por análogo de mamífero combinado con y sin metoclopramida vía implante*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.
- Naar, E. & Petro, R. (2003). *Desempeño reproductivo del bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878), inducido dos veces en un mismo año*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.
- Pulido-González, D. (2007). *Caracterización histológica de los ovarios y testículos del bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878) durante un período anual en la Estación Piscícola del INCODER-Repelón*. Tesis de pregrado. Universidad del Atlántico, Barranquilla.
- Ramos-Henao, A. & Corredor, G. (1878). Desarrollo y producción del bocachico (*Prochilodus magdalenae*), asociado con tilapia herbívora (*Tilapia rendalli*). *Informe Técnico*, (2), 73-78. Centro Piscícola Experimental. Universidad de Caldas. Colombia.
- Ramos-Henao A. & Corredor, G. (1882). Dos nuevos ensayos sobre cultivo de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), en estanques fertilizados con estiércol de cerdo. *Informe Técnico*, (3), 27-30. Centro piscícola Experimental. Universidad de Caldas. Colombia.

- Ramos-Henao, A. & Popma, T. (1878). Crecimiento ponderal del bocachico (*Prochilodus magdalenae*), en estanques a dos densidades de población. *Informe Técnico*, (2), 21-23. Centro Piscícola Experimental. Universidad de Caldas. Colombia.
- Ramos-Henao, A., Popma, T. & Corredor, G. (1878). Influencia de la Tilapia rendalli sobre el crecimiento y la producción de algunos peces nativo en estanques. *Informe Técnico*, (2), 7-16. Centro Piscícola Experimental. Universidad de Caldas. Colombia.
- Solano, J. M. (1973). *Reproducción inducida del bocachico (Prochilodus reticulatus, Valenciennes, 1949)*. Tesis de pregrado. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Torres, L. & Lascarro, J. (1993). *Engorde de bocachico (Prochilodus reticulatus magdalenae, Steindachner 1878) comparando tres tratamientos de abonado (boñiga, boñiga-taruya, 30-10-15) y ensayando substratos para perifiton*. [Tesis de grado]. Santa Marta, Colombia: Universidad del Magdalena.
- Valencia, O. (1978). *Ensayo de reproducción inducida de tres especies ícticas nativas a partir de proteohormonas*. Tesis de pregrado. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Wadnívar, L. & Narváez, A. L. (2002). *Incidencia del periodo de manejo de la primera alimentación con nauplis de Artemia sp. en el desempeño de la larvicultura del bocachico (Prochilodus magdalenae, Steindachner, 1878)*. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba, Montería.

CAPÍTULO 2

MODELO DEL CULTIVO DE BOCACHICO DESARROLLADO EN JAGÜEYES DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO



JULIÁN MARTÍNEZ JORDAN

Biólogo. Investigador Universidad Simón Bolívar, grupo GIDE.

GERMÁN LOZANO BELTRÁN

Biólogo Marino. Msc. Investigador Universidad Simón Bolívar, grupo GIDE.
glozanobeltran@gmail.com

ROBERTO RIVERA MENDOZA

Ingeniero Pesquero. Msc. Investigador Universidad Simón Bolívar, grupo GIDE.
robrivera8@hotmail.com

RESUMEN

En la Finca San Felipe ubicada en el municipio de Juan de Acosta, departamento del Atlántico, Colombia, se evaluaron tres tratamientos y se compararon con un control (sin tratamiento) en el monocultivo de bocachico en jagüeyes, con el objetivo de estandarizar una técnica de engorde a partir del mejoramiento de la productividad primaria de estos cuerpos de agua y el aumento del área de fijación del perifiton.

El primer tratamiento (R9) consistió en la fertilización con el 2 % de bovinaza, el segundo tratamiento (R6) consistió en suministrar el 4 % de fertilizante (bovinaza) y el tercer tratamiento (R10) el 6 %, los resultados fueron contrastados con un tratamiento control (sin fertilizar). Los porcentajes de fertilización estaban relacionados a la biomasa de cada sistema y se fertilizaba diariamente en horas de la mañana.

Inicialmente se realizó una fase de pre-cría en común durante 45 días, donde se alimentó con alimento comercial de 34 % de proteína iniciando con una talla (longitud total) de 3 cm y un peso de 3 gr y finalizando con una talla promedio de 10 cm y un peso de 9 gr. Posteriormente se hizo el traslado a cada uno de los jagüeyes a una densidad de 1 pez/m², resultando una población total en R9, R6, R10 y R2 de 5775, 4580, 4142 y 5503 alevinos respectivamente.

No se observaron diferencias significativas en las tallas entre los diferentes tratamientos durante el tiempo de cultivo ($f= 0,42$ $p= 0,7382$) como tampoco en los pesos ($f= 1,46$ $p= 0,2441$). Los mejores resultados de talla y peso se obtuvieron en el tratamiento (R9) con valores de 27,6 cm y 252,6 gr respectivamente.

Palabras clave: *Prochilodus magdalenae*, fertilización, evaluación, tratamientos, piscicultura.

INTRODUCCIÓN

Uno de los recursos naturales más apreciados desde tiempos inmemoriales es el RECURSO AGUA, clave para el desarrollo de la humanidad. Este concepto lo han tenido perfectamente claro nuestros campesinos, quienes dimensionaron su incidencia en las diferentes actividades agropecuarias y domésticas y, a su manera, se propusieron *cultivar el agua* en sus predios. Posiblemente, sea este el origen de los numerosos jagüeyes, represas y madrevejas existentes a lo largo y ancho del territorio nacional.

Hoy, cuando en el mundo entero es una prioridad la *política del agua*, cuando se adelantan campañas intensas de conservación y manejo adecuado de este recurso, toma gran importancia este *cultivar el agua*, con el cual se garantiza producción en los campos y desarrollo en las urbes (MMA, 2002).

En nuestro país se utiliza el término jagüey para depósitos superficiales de agua en zonas con sequías estacionales prolongadas; posiblemente el término esté relacionado con la cultura Wayúu (guajiros). Al igual que la voz jagüel, usada en el Cono Sur para indicar un pozo o zanja que retiene el agua de lluvia y sirve para abrevar el ganado o el riego (boletinagrario.com).

El departamento del Atlántico es, comparativamente, la división territorial colombiana con mayor número de depósitos de agua, entre lagos artificiales, jagüeyes y represas, empleados preferiblemente en las actividades cotidianas de las fincas y con bajas producciones piscícolas, las cuales se han llevado a cabo por iniciativa de los finqueros, más por presunciones y obedeciendo al deseo de cosechar *sus propios bocachicos*, que a recomendaciones técnicas o a la planeación o planificación de un proyecto técnico productivo.

El modelo de cultivo propuesto en esta investigación se fundamenta en el aprovechamiento de algunos subproductos y desechos orgánicos de las fincas, incorporando productivamente los jagüeyes, al tiempo que se disminuye el impacto ambiental generado por estos desechos en las áreas rurales.

TÉCNICA DEL CULTIVO DE BOCACHICO (*Prochilodus magdalenae*) EN JAGÜEYES

Aspectos Metodológicos

Para adelantar el proyecto, se emplearon cuatro jagüeyes de la Finca San Felipe, ubicada entre los municipios de Juan de Acosta y Tubará en el departamento del Atlántico

La investigación se desarrolló en el marco del proyecto **“Validación técnica del cultivo de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) a partir del manejo de la productividad natural en jagüeyes en zonas rurales del departamento del Atlántico con fines de incrementar la rentabilidad en las unidades productivas agropecuarias piscícolas”**, el cual estuvo dirigido al beneficio del sector de las Mipymes y pequeños productores rurales, representados inicialmente en la Piscicultura La Metra y comunidades campesinas organizadas representadas por la Cooperativa Integral Acuícola y Agrícola (CINACAG). Ambas organizaciones actualmente se relacionan con la producción de bocachico en jagüeyes en el departamento.

Al inicio de la investigación los cuatro jagüeyes seleccionados fueron sometidos a una caracterización limnológica para establecer un punto de partida o línea base donde se pudiera constituir el plancton presente en cada jagüey, así como los principales factores físicoquímicos del agua (oxígeno, temperatura,

transparencia, pH), la fauna presente en cada uno de estos. Posteriormente con el propósito de tratar de sanear lo más posible los jagüeyes de especies predatoras de los alevinos de bocachico se realizaron actividades de pesca y limpieza de los mismos. También se elaboró el aforo de los jagüeyes, con el fin de establecer con mayor precisión el área de los cuerpos de agua que permitiera determinar el número de ejemplares a sembrar y la cantidad de abono a suministrar en cada tratamiento.

De manera paralela a estas actividades, se realizó en un estanque de 1000 m² la precría de la totalidad de la población de alevinos, dado que las tallas que se encuentran en el mercado no sobrepasan los 3 grs.

El diseño experimental se fundamentó en el manejo de la fertilización bajo tres tratamientos a partir de la adición de diferentes porcentajes de abono orgánico (bovinaza), para la estimulación de la productividad primaria en los jagüeyes de la finca San Felipe de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos y densidades empleadas en el cultivo de bocachico en la finca San Felipe, municipio de Juan de Acosta

No. de tratamiento	Tipo de abono	Densidad	% biomasa
T1 (R9)	Bovinaza	1 pez/m ²	2
T2 (R6)	Bovinaza	1 pez/m ²	4
T3 (R10)	Bovinaza	1 pez/m ²	6
T4 (R2) control	Sin abono	1 pez/m ²	0

Fuente: Los autores

El tratamiento consistió en aplicar a los diferentes jagüeyes, cantidades controladas de abono orgánico (estiércol de ganado procesado o bovinaza) partiendo de la biomasa sembrada. Esta aplicación se efectuó diariamente y se controló mediante

las medidas del disco secchi, ajustando las cantidades de abono de acuerdo con las biometrías mensuales. Las porciones determinadas para cada día se disolvieron en agua y posteriormente se aplicaron al voleo alrededor de todo el jagüey.

Para evaluar la influencia de cada variable analizada y su interacción se realizó un análisis de varianza de dos factores con un nivel de significancia de 0.05. El análisis estadístico se realizó con la ayuda del programa estadístico Statgraphic Plus, versión 5.1 (Statistical Graphic Corp, 1996).

Partiendo del conocimiento de que el alimento natural de bocachico es el perifiton, el cual está constituido por fitoplancton y zooplancton (vivo y muerto), bacterias y hongos, detritos, arcillas y demás material orgánico e inorgánico adherido a este, para facilitar el acceso del bocachico a su alimento natural, fueron instaladas estructuras de fijación de perifiton elaboradas con bandas plásticas que ocuparon el 10 % del área del jagüey. Estas bandas, además, sirvieron para identificar los organismos que constituyeron el perifiton y se emplearon como base de comparación al momento de las determinaciones de preferencias de ingesta.

Para el seguimiento del control del crecimiento de los bocachicos, se realizaron muestreos biológicos cada 30 días, en cada muestreo se tomó un número no establecido de ejemplares y la información que se tomó de cada ejemplar fue Lt (longitud total) y Pt (Peso total). Para esta actividad se emplearon elementos como atarraya, baldes, poncheras, ictiómetro (con intervalo de 1mm.) y una balanza digital (con aproximación 0,1 gr), se llevaron tablas de registro de la información y se fue construyendo la curva de crecimiento.

Las muestras de fitoplancton y zooplancton se tomaron cada 15 días filtrando 20 litros del agua con tamices de 20 μm para fitoplancton y se filtraron 80 litros del agua con tamices de 60 μm para zooplancton. El material recolectado se depositó en frascos de 60 ml y 250 ml para fito y zooplancton respectivamente, preservados con una solución de lugol (4 %) y formalina (4 %).

La colecta de las muestras se realizó en las horas de la mañana. Las muestras para fines cuantitativos y de identificación de especies, se fijaron aplicando el método de Remane y, la separación según los procedimientos Straskaba (1964).

Para la identificación de los organismos presentes en el perifiton, se tomó una muestra mensual de las bandas de perifiton instaladas en cada uno de los jagüeyes seleccionados. Con ayuda de unas tijeras se cortaba un área 10*10 cm de las bandas de perifiton; la muestra se fijaba con formol al 5 % y se conservaron en bolsas Ziploc, para su posterior análisis en el laboratorio.

En cada muestreo se procedió a tomar *in situ*, los datos correspondientes a los factores físicos y químicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, profundidad, sólidos suspendidos totales y transparencia, con el fin de monitorear las condiciones del agua para el cultivo del bocachico.

Adicionalmente a los muestreos mensuales, se adelantaron dos muestreos de 24 horas, el primero para constituir la línea base y el segundo, a mitad del tiempo de cultivo, cuando las condiciones meteorológicas habían variado sustancialmente.

Con el propósito de hacer una medición del efecto del abono orgánico sobre las poblaciones planctónicas del agua, semanal-

mente se determinaron los factores básicos de calidad del agua: oxígeno, profundidad, color y transparencia. Para estas lecturas se empleó un equipo multiparámetro digital y un disco de secchi, y la información se registró en tablas.

Mensualmente, se efectuó cuantificación de la concentración de plancton, mediante la identificación y la determinación de la densidad de los organismos presentes. La información colectada se sistematizó en una hoja de cálculo, para hacer los análisis estadísticos correspondientes.

Mediante la recolección de individuos en campo de cada uno de los jagüeyes de engorde, se buscó conocer las preferencias alimentarias del bocachico sobre los organismos planctónicos. Estas muestras fueron fijadas con formalina al 5 %, se rotularon en recipientes plásticos con fecha, hora, e identificación del jagüey, luego en laboratorio se hicieron las disecciones, separando y fijando el estómago en formol al 4 %.

La identificación de los organismos encontrados, se llevó a cabo con la ayuda de iconografías y claves taxonómicas especializadas, tanto para fitoplancton como para zooplancton y de igual manera se procedió para identificar los organismos presentes en las estructuras de fijación del perifiton.

Para la determinación de la relación cantidad de células mililitros vs ganancia en peso del animal, se realizaron análisis estadísticos como ANOVA paramétrica a un factor, para determinar diferencias estadísticas en los jagüeyes y entre los muestreos y cálculos de índice de correlación, a través del programa Statgraphics v5.1. Para el análisis de la información de organismos planctónicos, se determinó la frecuencia y distribución de las especies (ausencia y presencia); índice de diversidad, densi-

dad y el número de especies, para esto se utilizaron los índices de Shannon-Weaver (Magurran, 1998; Krebs, 1985), índice de Simpson 1949 (Magurran, 1988), índice de riqueza de Margalef 1957 (Magurran, 1988).

El análisis del crecimiento de los individuos se determinó por medio de los cálculos de tasa de crecimiento y el factor de condición, se hizo la correlación entre variables y se aplicó el análisis multivariado de correlación de Spearman entre densidad organismos planctónicos (cel/mil), crecimiento/ganancia en peso (individuos) y los factores físicos y químicos, estas determinaciones se complementaron con análisis de varianza en dos vías.

Desarrollo de la técnica

Los resultados de la técnica del cultivo de bocachico en jagüeyes se dieron siguiendo los procesos de pre-cría, engorde, y cosecha y postcosecha; en cada uno de estos se desplegaron actividades que fueron conformando la estandarización de la técnica para tener la posibilidad de ser replicada por los productores o personas interesadas en el cultivo del bocachico. En la Tabla 2 se resumen las fases y cada una de las actividades del cultivo.

Tabla 2. Procesos de la técnica del cultivo de bocachico en jagüeyes

Selección de los jagüeyes		
1. Pre-cría	2. Engorde	3. Cosecha y postcosecha
Preparación del estanque Siembra Alimentación	Limpieza Aforo Instalación estructuras para la finación de perifiton Fertilización Traslado de alevinos Biometrías Control de calidad de agua	Organización de la pesca Comercialización

Fuente: Los autores

La fase inicial del cultivo se inició con el proceso de la pre-cría, la cual se recomienda para acelerar el crecimiento de los alevinos y darle los requerimientos nutricionales necesarios para que estos tengan mayor oportunidad de supervivencia, reflejándose en mayor productividad en los jagüeyes de engorde. Esta etapa tuvo una duración de 45 días, durante los cuales se hicieron seguimientos al crecimiento por medio de biometrías.

Para esta etapa se utilizó alimento concentrado (34 % contenido de proteína).

Durante este proceso se llevaron a cabo varias actividades relacionadas con la preparación del estanque de pre-cría, la siembra, alimentación y finalmente el traslado de los alevinos a los jagüeyes de engorde. De esta manera, se inició con el vaciado del estanque de pre-cría con el fin de retirar toda el agua para su adecuación (Figura 1).



Figura 1. Vaciado del estanque

También se hizo necesario realizar la limpieza interna y externa del jagüey de pre-cría, con el fin de sustraer las malezas y la vegetación no deseable dentro y alrededor del área del estanque (Figura 2).



Figura 2. Limpieza de la maleza

Fue necesario el constante mantenimiento de las pendientes, la recuperación de niveles de la corona, talud de los diques y mantenimiento de las mallas terrestres como seguridad contra los depredadores terrestres propios de estos ambientes como: babillas, hicoteas, ranas, perros y otros (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Verificación de las pendientes terrestres



Figura 4. Mantenimiento de la malla

Con el fin de eliminar los huevos de depredadores y competidores, así como de mejorar el pH y lograr el mejoramiento de la productividad primaria en el jagüey, se aplicó cal viva en una ración de 100 gr/m^2 , dejando expuesto al sol por un lapso de tres días (Figura 5).



Figura 5. Exposición al sol

Una vez realizadas las actividades descritas, se procedió al llenado del estanque utilizando mangueras de 2 ½" y filtros de angeo para evitar la entrada de potenciales competidores y predadores al cultivo.



Figura 6. Instalación del abono

Con el propósito de aumentar la productividad primaria del es-

tanque de pre-cría se instaló cuatro días antes de la siembra un saco de polipropileno con bovinaza en una relación de 100 gr/m² cada 10 días durante el tiempo de la pre-cría (Figura 6).

Una vez desarrolladas estas actividades, se programó la compra, traslado y siembra de los alevinos, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones al momento de seleccionar al proveedor de los alevinos:

- Garantía de la procedencia de la población parental (baja o nula), consanguinidad, renovación constante de su plantel de productores.
- Reconocida experiencia en el mercado.
- Verificación del buen estado de los alevinos (aletas, escamas, morfología) (Figura 7).



Figura 7. Verificación de alevinos

Con el fin de minimizar la mortalidad de los alevinos por el shock térmico que pudiera causar depositarlos directamente en el estanque de pre-cría, se realizó su aclimatación antes de su liberación (Figuras 8, 9 y 10). Esta aclimatación se llevó a cabo durante aproximadamente 1 hora.

Una vez sembrados los alevinos en el estanque de pre-cría, se prosiguió con el suministro de alimento comercial (34 % proteína) durante 45 días, ajustando la ración de acuerdo a la bio-

masa hallada en las biometrías quincenales. La cantidad de alimento diario fue distribuida en seis raciones entre las 8 am y las 3 pm y suministrada al voleo con la precaución de no estar en contra del viento para no perder alimento o que se quedara acumulado sobre la orilla del estanque.



Figura 8. Aclimatación



Figura 9. Intercambio de aguas



Figura 10. Liberación de alevinos

La segunda fase del cultivo de bocachico que se contempló fue el engorde, la cual se inició con la preparación y adecuación de los jagüeyes donde se desarrolló la mayor parte del modelo hasta la fase de cosecha y postcosecha. Al igual que en la fase de pre-cría, fue necesario la realización de algunas actividades previas al establecimiento y de seguimiento con el fin de que los alevinos al salir de la pre-cría encontraran las condiciones óptimas tanto estructurales como limnológicas para su buen

desarrollo y lograr alcanzar las mejores tallas de comercialización. De esta manera fue necesaria la escogencia acertada de los jagüeyes de engorde teniendo en cuenta aspectos relacionados con la historia del jagüey, especialmente aspectos como la estabilidad de terreno donde se encuentra el cuerpo de agua y de las tapas o terraplén que lo forman, que no haya sido objeto de inundación y/o desborde durante la época de lluvias intensas, que no sea susceptible de inundarse por desbordamiento de arroyos, que no se haya secado o su nivel de agua haya llegado a considerarse crítico durante la época de sequía. Además en cuanto al control de contaminación del cuerpo de agua, debe evitarse la llegada de corrientes o flujos de agua provenientes de los corrales de ganado, gallineros y porquerizas o de aguas servidas de baños y lavaderos humanos. Evitar los desagües con sustancias químicas provenientes de la actividad de bañado del ganado, controlar los desagües excedentes de fumigaciones con herbicidas o insecticidas que puedan llegar al jagüey directo seleccionado.

Como en la pre-cría, también en el engorde se realizó la extracción de toda la vegetación acuática buchón de agua (*Eichhornia crassipes*), lirio de agua (*Nymphaea spp*), repollo de agua (*Pistia stratiotes*), lenteja de agua (*Lemma minor*), entre otros y de vegetación subacuática enraizada como enea (*Typha latifolia*), cortadera (*Cortaderia selloana*), bejuco de agua (*Vitis bourgaeana*), zarzas (*Rubus fruticosus*), entre otros. Así como se programó una pesca para detectar la presencia de fauna asociada a estos cuerpos de agua como babillas (*Caiman crocodilus fuscus*), hico-teas (*Trachemys scripta callirostris*), peces como la anguila de río (*Anguilla anguilla*), moncholo (*Pimelodus albicans*), así como de aves predadoras de peces como las garzas (*Ardea*), pato cuervo (*Phalacrocorax olivaceus*), martin pescador (*Ceryle torquata*) de

las cuales a los primeros se puede controlar por extracción directa. Mientras que a los otros, evitando la presencia de perchas en el jagüey (cercados, alambrados, árboles o troncos) donde las aves se puedan posar (Figura 11).



Figura 11. Identificación de fauna asociada

El aforo fue una actividad básica que arrojó datos importantes como la extensión del área seca y espejo de agua de los jagüeyes seleccionados y la profundidad promedio, así como una batimetría para conocer las áreas profundas y llanas. Con estos resultados se pudo establecer con mayor precisión la cantidad de peces a sembrar, de acuerdo a la densidad (1 pez/m²), también el área y la ubicación de las estructuras para la fijación del perifiton, en zonas donde la profundidad promedio fue de 200 cm (Figura 12).



Figura 12. Medición del espejo de agua

La importancia de las estructuras para la fijación del perifiton radica en que ayudan a la fijación o establecimiento del perifiton (microorganismos acuáticos que se adhieren a cualquier superficie), que son la fuente primordial de alimento para el bocachico en la etapa de engorde y además por ser estructuras que están en la zona trófica les ofrece una mayor área de alimento y oportunidad para acceder a este. Para este caso se utilizaron unas estructuras que consistían en una estaca (palo de madera de 120 cm), al cual se le amarró en uno de sus extremos, unas cintas plásticas (80 cm) con una cuerda, dando como resultado una forma de palmera (Figura 13), estas fueron fijadas en un 10 % del área del jagüey y se tomó como guía los resultados del aforo (Figura 14).

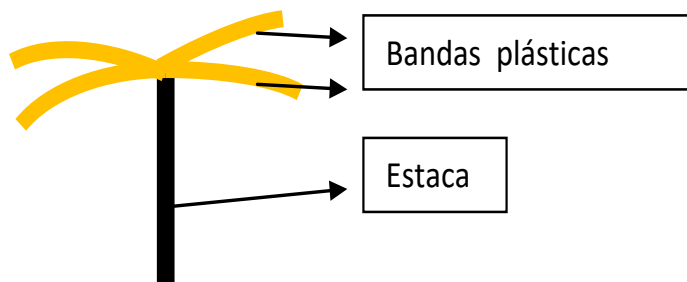


Figura 13. Estructura para la fijación del perifiton



Figura 14. Marcación e instalación de las estructuras para la fijación del perifiton

De igual manera la fertilización o abonamiento en esta etapa del cultivo tenía como finalidad provocar la multiplicación de organismos de fitoplancton y zooplancton, en una proporción que permitiera su fijación como perifiton en las estructuras diseñadas para este propósito. La proporción recomendada para obtener óptimo crecimiento del bocachico cultivado en jagüeyes es del 2 % de la biomasa, calculada a partir de la biometría mensual efectuada. Esta fertilización tuvo como resultado un manejo de las excretas del ganado (bovinaza), ya que se da una solución a este desperdicio que anteriormente era “problema” para el productor. De esta manera el abono (bovinaza) en lo posible fresco se recoge de los establos, para luego ser apilado y puesto al sol para su secado por cuatro días. Posteriormente con la ayuda de una pala el abono es recogido y almacenado en sacos plásticos (Figura 15). Al momento de requerirse el abono, se procede a tamizar pasando el contenido del costal por un saco cebollero, el cual se agitará tantas veces hasta conseguir finas partículas de abono, que se apilarán para luego ser pesadas. Estas finas partículas son pesadas en una balanza hasta obtener la cantidad necesaria para fertilizar el jagüey.



Figura 15. Alistamiento del abono

Una vez en el jagüey, se tiene en cuenta la dirección del viento, para que este ayude a conducir al abono por toda la extensión

del cuerpo de agua. Antes de incorporar se mezcla el abono con agua en un balde, para evitar pérdidas por dispersión del viento y se aplica al voleo con una taza, se hace un recorrido por la orilla del jagüey para cubrir la mayor área posible (Figura 16).

La cantidad de abono a aplicar (2 % de la biomasa) se calcula a partir del peso promedio obtenido en la biometría y la población (número de peces) del jagüey así:

$$\text{Biomasa} = \text{peso promedio} * N \text{ población (número de peces)}$$
$$\text{Cantidad de fertilizante} = (2 \%) \text{ de la biomasa}$$



Figura 16. Aplicación del fertilizante

Una vez concluida la fase de preparación de los jagüeyes de engorde y la fase de pre-cría de alevinos, se procede a trasladar los ejemplares a los jagüeyes definitivos, a una densidad recomendada de 1 pez/m². Para esta actividad se recomienda tener personal disponible ya que los alevinos van a pasar del estanque de pre-cría a los jagüeyes de engorde, además estos deben estar cerca del estanque para evitar mortalidades por traslados largos (Figuras 17 y 18).

Como en la fase de pre-cría, también en el engorde es necesario llevar un seguimiento al crecimiento, siendo que estos mues-

treos mensuales consistían en medir (talla) y pesar (peso) una muestra (± 40 individuos), con el objetivo de evaluar su crecimiento y hacer el ajuste de la cantidad de fertilizante a utilizar de acuerdo con el porcentaje de biomasa establecido (2 %). Como resultado de estas biometrías se obtuvieron curvas de crecimiento, que reflejan la ganancia en peso y talla mes a mes del cultivo, además se aprovecha para tomar los ejemplares que serían llevados al laboratorio para estudiar el contenido estomacal. Con el resultado del promedio de peso y la población existente se tiene la nueva biomasa y se hacen los cálculos para determinar la nueva cantidad de fertilizante a utilizar.



Figura 17. Instalación de encierros o “JAPAS”



Figura 18. Liberación de alevinos en jagüeyes de engorde

De forma continua también se realizaron mediciones semanales de factores del agua como transparencia y colorimetría. Los resultados de esta actividad son unas gráficas que muestran las fluctuaciones tanto en profundidad como en transparencia que indican la respuesta que tiene el jagüey ante la adición del fertilizante y con respecto al color se obtuvo una tabla de colores que indica al productor con solo tomar una muestra de agua, probablemente qué producción de organismos planctónicos contiene (Figuras 19 y 20 y Tablas 3 y 4).



Figura 19. Registro de la transparencia



Figura 20. Colorimetría

Tabla 3. Colorimetría a partir de la técnica del cultivo de bocachico en jagüeyes

Mes	Color	Factor ambiental
Marzo	Verde	Época seca
Abril	Marrón - Marrón oscuro	Época seca
Mayo	Marrón oscuro	Época seca
Junio	Marrón oscuro - Café transparente	Época lluvia
Julio	Verde pardo - Marrón	Época lluvia
Agosto	Verde pardo	Época lluvia

Fuente: Los autores

En la Tabla 4 se muestra la interpretación de los resultados de la colorimetría y se podría argumentar que estos jagüeyes por las dimensiones y profundidades pueden manejarse como cuerpos de agua seminaturales, y en relación a los efectos en los cambios de la coloración se puede decir que estuvieron afectados más por los cambios ambientales (época seca y de lluvia), que por las raciones de abonamiento aplicados, comportándose de una manera natural dándose los florecimientos de organismos planctónicos.

Tabla 4. Interpretación de los resultados de la colorimetría durante el cultivo de bocachico

Observación	Interpretación	Recomendación
Agua cristalina con alta visibilidad	Agua poco fértil, seston insignificante, probablemente ningún contaminante orgánico, buen nivel de oxígeno.	Óptimo para piscicultura (p.e. trucha), para el resto de los animales de cultivo hay déficit de nutrientes.
Aguas blancas con muy poca visibilidad	Mucho sedimento y minerales (p.e. cal) en suspensión, poca productividad por limitación de la zona eufótica, relativamente poco oxígeno.	Inútiles para la acuicultura.
Aguas negras con muy poca visibilidad	Muy cargadas con materia orgánica o fango fino en suspensión, zona eufótica muy limitada, probablemente muy contaminadas con los desechos de asentamientos de personas y poco oxígeno.	Muy mala calidad para la piscicultura o imposible para un cultivo de un buen rendimiento.

Observación	Interpretación	Recomendación
Aguas de color café con mucha visibilidad	Agua pobre de poca fertilidad, seston insignificante, compuestos orgánicos y minerales en solución (p.e. ácidos húmicos).	En unos casos, buenos para peces ornamentales (análisis necesario). También para acuicultura hay que analizar primero y luego fertilizarlo con abono y cal.
Aguas marrones de muy poca visibilidad	Muy cargadas con sedimento fino (p.e. arcilla), poca productividad por déficit en iluminación, oxígeno reducido.	Tratamiento necesario, animales de cultivo deben tener una amplia potencia ecológica.
Aguas marrones con una visibilidad mediana	Mucho seston dominado por sedimentos en suspensión, fertilidad reducida, oxígeno relativamente bajo.	Apropiado para el cultivo de especies resistentes, fertilización necesaria.
Aguas verdes hasta verde-azul	Muy cargadas de fitoplancton, extremadamente fértiles (muy eutrofizadas), peligro de deficiencia de oxígeno en la noche y muerte total del ecosistema.	Tratamiento necesario reduciendo la concentración de las algas con aumento del flujo del agua fresca, bajar el nivel y aporte de nutrientes.
Aguas verdes o verde-marrón con visibilidad mediana (aprox. 30-60 cm) lectura del disco secchi	Concentración óptima del fitoplancton, buena productividad, oxígeno y fertilidad óptima.	Ideal para la acuicultura.

Fuente: Los autores

Crecimiento

En la Figura 21 se muestran los resultados en talla y peso durante la etapa de pre-cría, donde se obtuvo una ganancia promedio diaria en talla de cerca de 0,15 cm y de 0,13 gr en peso, la mortalidad fue de 133 individuos menos del 1 %. La baja ganancia en peso y talla posiblemente haya sido por el comportamiento alimenticio del bocachico, que de acuerdo a lo expuesto por Otero (1986), el bocachico (*Prochilodus reticulatus*), alrededor de los 25 días, toma el alimento succionándolo del fondo del estanque o ciénaga, filtrando plancton, succionando el perifiton adherido a las raíces, tallos, hojas y piedras; considerándose un pez de hábitos limnófagos o iliófagos.

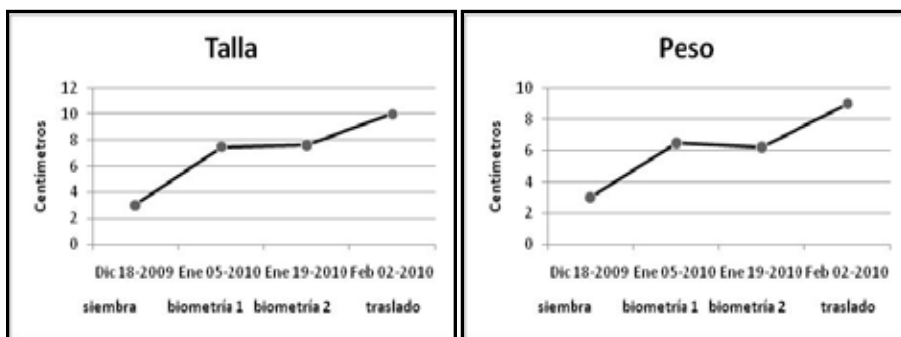


Figura 21. Resultados de talla y peso durante la fase de pre-cría

Los análisis de varianza a partir de los resultados finales no arrojaron diferencias significativas para las variables talla ($F_{3,33} = 0,42$) ($p = 0,7382$) en los tratamientos analizados (Figuras 22 y 23); sin embargo, en la comparación de medias (Figura 24) se observa en el tratamiento R9 un ligero incremento de la talla con los otros tratamientos y el control.

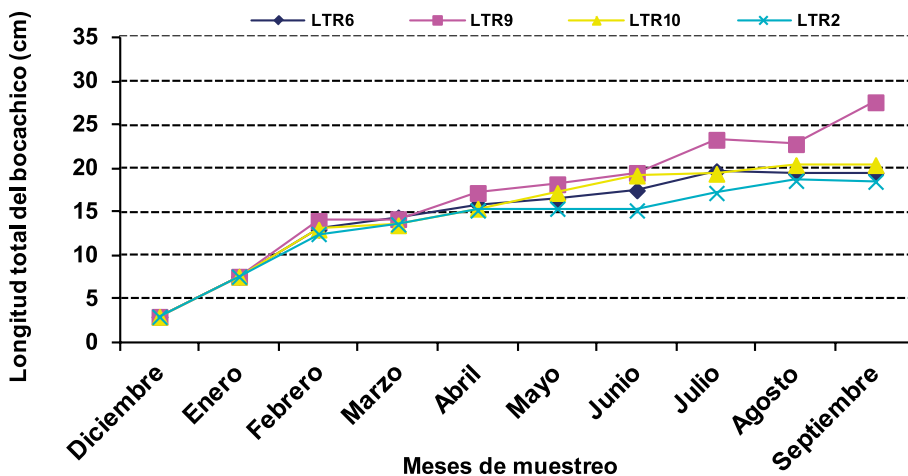


Figura 22. Variación de Tallas promedios mensuales en los tratamientos (Jagüeyes)

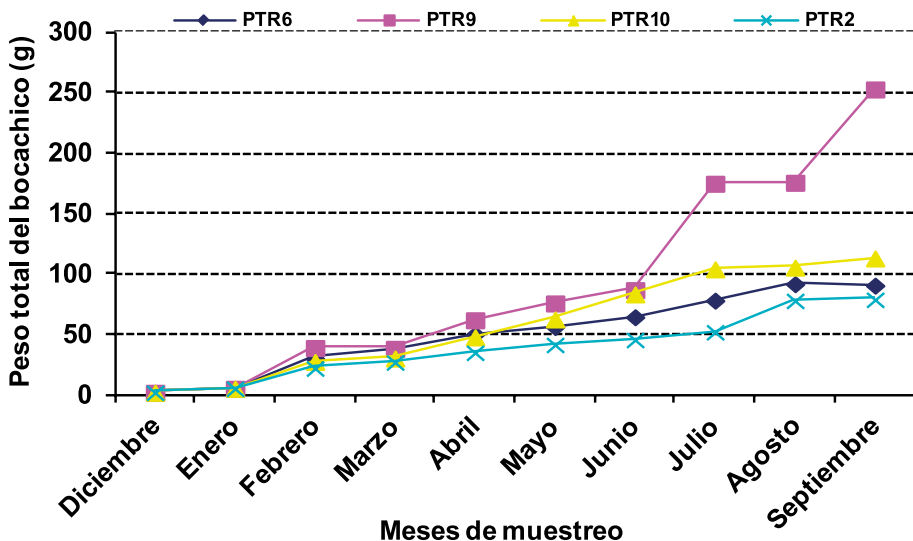


Figura 23. Variación de los pesos promedio mensuales en los tratamientos (jagüeyes)

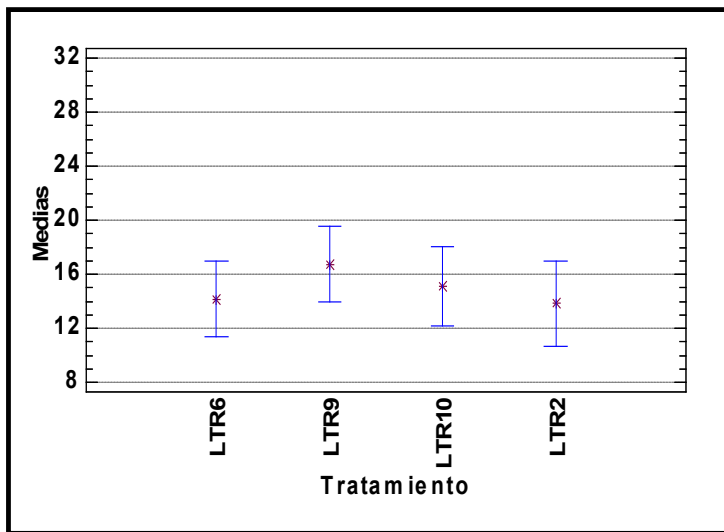


Figura 24. Comparación de medias de tallas entre los tratamientos del cultivo de bocachico

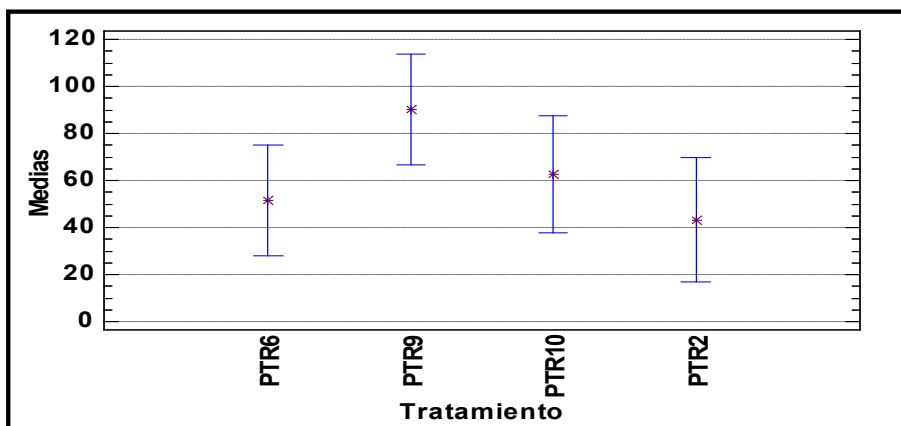


Figura 26. Comparación de medias de pesos entre los tratamientos del cultivo de bocachico

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a los pesos ($F_{3,33} = 1,46$) ($p = 0,2441$); sin embargo, en la comparación de medias se evidenció en el tratamiento R9 un incremento del peso con respecto a los demás tratamientos y se hace más evidente en los tratamientos R9-R6 y R9-control R2.

Los resultados obtenidos en cuanto a los seguimientos semanales de los factores básicos como transparencia, profundidad y colorimetría, mostraron un comportamiento similar al de un cuerpo de agua seminatural, tipo laguna, con cambios en su comportamiento debido a la variable ambiental y no muy afectada por las cargas de fertilizante que se le estaban agregando.

En cuanto a la colorimetría como se observa en la Tabla 3, los meses iniciales de marzo hasta mayo fueron de época seca, predominando las aguas de color verde inicialmente y luego marrón oscuro, interpretándose este comportamiento como aguas con concentraciones óptimas de transición de comunidades

fitoplanctónicas, con buena productividad de oxígeno y buen manejo de la fertilización. Para los meses siguientes de junio hasta agosto la coloración fue relativamente invertida, pasó de marrón oscuro a verde pardo, interpretándose como aguas pobres de poca fertilidad, seston insignificante, compuestos orgánicos y minerales en solución, posiblemente por los efectos de las lluvias que aumentaron los niveles del agua, produciendo un cambio en las concentraciones de organismos presentes en el cuerpo de agua y la presencia de los minerales y los compuestos orgánicos muy probablemente por la acción de las escorrentías que llegaron de las lomas que circundan a estos cuerpos de agua.

CONCLUSIONES

- La etapa de pre-cría fue fundamental para la supervivencia de los bocachicos en jagüeyes, minimizando la mortalidad y dándole mayores condiciones para su desarrollo, en este caso se llegó a obtener una sobrevivencia mayor al 99 %.
- Los peces que llegaron a los jagüeyes de engorde, tras el período de levante o pre-cría, lo hicieron de tallas y pesos totalmente homogéneos, lo cual indica que hubo un aprovechamiento bastante eficiente del alimento concentrado empleado. La supervivencia, así como el estado general de los ejemplares fue óptimo, lo cual ratifica la necesidad y las bondades de adelantar esta etapa.
- La buena adecuación y alistamiento de los jagüeyes ayudó a tener un mejor rendimiento, dándole al bocachico las condiciones necesarias para su crecimiento, esto se vio reflejado en las condiciones del agua y en las óptimas condiciones físicas del producto.
- Uno de los pilares para garantizar el cultivo es tener inicialmente una asesoría para la selección de los jagüeyes y la caracterización inicial para conocer los factores fisicoquímicos

del agua y hacer las respectivas mejoras y recomendaciones.

- Posiblemente, el buen crecimiento obtenido en el jagüey R9 en los ocho meses de cultivo, se debió a que la fertilización a nivel del 2 % de la biomasa, le proveyeron el alimento necesario para su desarrollo y, de igual forma, las condiciones de las estructuras de fijación de perifiton, así como la gran cantidad de troncos y ramas sumergidas que aumentaron considerablemente el área de oferta de alimento para el bocachico, permitieron que hiciera un mejor aprovechamiento de este.

REFERENCIAS

- Hahn Von-H., CH.M. & Grajales, Q. A. (2007). Comportamiento de dos especies nativas, dorada (*Brycon moorei*) y bocachico (*Prochilodus reticulatus*) sembradas en condiciones artificiales de cultivo, en policultivo con tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), (Santagueda, Caldas, Colombia). *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, II(2).
- Otero, R., González, A., Solano, J. & Zappa, F. (1986). *Migración de peces del río Sinú*. Montería, Colombia: Universidad de Córdoba/Corelca.

CAPÍTULO 3

COMPORTAMIENTO DEL PLANCTON A PARTIR DE LA FERTILIZACIÓN CON ABONO ORGÁNICO EN LOS JAGÜEYES DE PRODUCCIÓN



KARINA CASTELLANOS ROMERO

Bióloga. Msc. Ciencias Ambientales.

LUIS CARLOS GUTIÉRREZ

Biólogo. Msc. Biología.

NORVIS ACOSTA ORELLANO

Bióloga. Investigador Universidad Simón Bolívar, grupo GIDE.

ROBERTO RIVERA MENDOZA

Ingeniero Pesquero Msc. Investigador Universidad Simón Bolívar, grupo GIDE.

robrivera8@hotmail.com

RESUMEN

Entre los meses de diciembre de 2009 y septiembre de 2010 se realizó un seguimiento de las características fisicoquímicas del agua y de los componentes biológicos fitoplancton y zooplancton de cuatro jagüeyes, ubicados en la Finca San Felipe, Piscicultura La Metra, jurisdicción del municipio de Tubará, noroccidente del departamento del Atlántico, con el fin de determinar la calidad del agua y en particular si el abonamiento realizado a los estanques de producción estaba influenciando la productividad de los cuerpos de agua antes mencionados, como una de las variables determinantes en la viabilidad de la producción de bocachico en estos sistemas.

Para este estudio se consideraron tres jagüeyes de producción (R10, R6, R9) y un blanco (R2), los primeros diferenciados por recibir tratamiento con abono basado en estiércol de ganado o bovinaza en una proporción del 6 %, 4 % y 2 % respectivamente. Desde el punto de vista espacial, se consideraron para la caracterización de los jagüeyes, dos puntos de muestreo que se consideran réplicas, ubicados en las variantes morfológicas de los sistemas.

Los resultados arrojados muestran que factores como la temperatura, pH, profundidad, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, sólidos disueltos y nitratos no influyen en los tratamientos; mientras que los factores como la transparencia, la conductividad y los sulfatos influyen en la productividad y el crecimiento de los peces.

En las variables biológicas se presentaron densidades en los rangos de 15.000 y 20.000 células/mililitro, concentraciones consideradas óptimas en productividad natural de los cuerpos

de agua, siendo los grupos taxonómicos más representativos en el fitoplancton: cianofitas, clorofitas, bacillariofitas y euglenofitas y, en el zooplancton, los grupos más representativos son: rotíferos y microcustáceos.

Palabras clave: Fitoplancton, zooplancton, factores fisicoquímicos, densidad, productividad.

INTRODUCCIÓN

La actual necesidad de proveer mayor cantidad de alimento y asegurar un manejo responsable del recurso, exige buscar estrategias para diseñar alternativas de uso sustentable en los sistemas naturales. Sin embargo, por el agotamiento de ecosistemas naturales provocados por los altos niveles de contaminación, surge la necesidad de aprovechar el potencial productivo de sistemas seminaturales, que por sus características facilitan la adaptabilidad de una especie íctica con la cual se propone implementar actividades productivas, como el cultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae*. Uno de los elementos fundamentales de esta alternativa productiva es conocer la dinámica de uno de los sistemas más comunes en la región, como es el caso de los jagüeyes, pues esta información permite precisar en qué medida se puede influir sobre la biocenosis de esos sistemas, en los que ciertos organismos son propios y los caracterizan, debido a las condiciones a las que se hallan sometidos, convirtiéndose en indicadores de la productividad.

El monitoreo sistemático de las características fisicoquímicas del agua y el comportamiento del plancton como respuesta a la fertilización con abono orgánico en estos sistemas permite establecer un sistema de manejo de la productividad del cultivo de bocachico.

METODOLOGÍA

El diseño metodológico corresponde a un modelo de monitoreo coordinado estratificado, cuyos registros y toma de muestras se hicieron en estaciones ubicadas de acuerdo con las características morfológicas de los jagüeyes. Los registros puntuales se ajustaron con técnicas de aleatoriedad para evitar los sesgos; en el estudio del componente biológico (plancton), para definir el tamaño muestral se aplicó técnica de curva de acumulación de especies y para los componentes físicos y químicos se recurrió a las técnicas de réplicas estandarizadas.

Características del muestreo

La frecuencia de muestreo se estableció ajustando los registros a los procesos y actividades programadas durante la ejecución del proyecto “Validación técnica del cultivo de bocachico en jagüeyes...”. Para todos los registros, mediciones *in situ* o *ex situ* y las observaciones de campo, se diseñaron planillas para tal fin.

Para los registros de campo correspondientes, se utilizó el Formato de Campo Factores Fisicoquímicos del Agua, en el que se observan además de estos datos, las observaciones recolectadas *in situ* para cada una de las muestras.

Para el diseño de la investigación, se consideraron dos componentes articulados que permitieran evidenciar los cambios espaciales y temporales de los jagüeyes, previos, durante y posteriores al cultivo de bocachico. Estos componentes fueron:

1. Agua

2. Plancton (estratificado como fitoplancton y zooplancton)

El muestreo se ejecutó en un periodo comprendido entre diciembre 16 de 2009 y septiembre 5 de 2010, que corresponde al tiempo de levante y engorde del bocachico.

Factores evaluados y metodología aplicada

Las muestras recolectadas se conservaron acorde con lo establecido en *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21th Edition 2005*.

Para mantener las características físicas, químicas y biológicas de las muestras y según el factor a determinar se efectuaron los siguientes pasos:

- Adición de compuestos químicos a muestras de agua.
- Control de temperatura manteniéndola refrigerada a 4°C.
- Identificación fotográfica y conteo *in situ* de muestras biológicas.

Muestras fisicoquímicas

En la Tabla 1 se describen los ensayos realizados, la técnica, el método analítico y los datos concernientes al muestreo de campo, en lo relacionado con el recipiente de recolección, tipo de preservación y forma de transporte que recibió la muestra según el ensayo a realizar:

Componente biológico

La recolección del fitoplancton para los análisis cualitativo y cuantitativo se realizó mediante un barrido en el sitio de muestra con una malla de 20 μm . Estas muestras fueron fijadas con Lugol al 4 %. Para tal efecto, se filtraron 20 L de agua que fueron reducidos a 250 mL, luego fueron depositadas en neveras térmicas con hielo para su conservación hasta llegar al laboratorio para su respectivo análisis.

Tabla 1. Características de recolección y realización de los ensayos

Ensayos/ Datos	Técnica Analítica	Método	Recipiente de Recolección	Tipo de Preservación
Ph	Método electrométrico	STM 4500 B 21 ed	No aplica	Determinación in situ
Temperatura (muestra y ambiente)	Método electrométrico	STM 2520 B 21 ed		
Conductividad	Método electrométrico	STM 2520 B 21 ed		
Oxígeno Disuelto	Método electrométrico	STM 2520 B 21 ed		
Profundidad (cm)	Método batimétrico			
Transparencia (cm)	Disco Secchi			
Sólidos suspensionados totales	Método espectrofotométrico	STM 2540 D 21 ed	Recipiente vidrio de cierre roscado	Determinación ex situ
Sólidos Disueltos totales	Método electrométrico	STM 2540 B 21 ed		
Nitritos	Método Espectrofotométrico	STM 3256 B		
Nitratos		STM 2256 B		
Sulfatos		STM 433 B		

Fuente: Los autores

La toma de muestras del zooplancton se realizó mediante la filtración de 80 litros de agua a través de un filtro de 60 μm . Posteriormente, se llevaron a botellas de 250 mL y se fijaron con formaldehído al 4 %, previa aplicación de bórax para bajar la tensión en las muestras. De igual manera, estas se conservaron en cavas isotérmicas hasta llegar al laboratorio para su respectivo análisis.

La identificación de los organismos se efectuó en el laboratorio, mediante la utilización de claves taxonómicas e iconografías especializadas para cada clase. Los datos obtenidos de número de individuos por taxa y familia se ordenaron en una matriz básica de datos por estaciones.

Tratamiento de la información

El análisis de los registros de los factores se inició con los descriptores estadísticos de medidas de tendencia central y dispersión de los datos. Se aplicaron los tests de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y el de comprobación de homocedasticidad de Barlett; los resultados obtenidos permitieron la aplicación de métodos estadísticos paramétricos.

Para interpretar el comportamiento hidrológico de los jagüeyes, se aplicó el Análisis Organizado de Varianzas ANOVA, que permite identificar las fluctuaciones entre la misma estación y establecer si se presentan diferencias entre estas, además de permitir la comparación del comportamiento de cada característica entre los jagüeyes, integrando la prueba de Fisher que garantiza el nivel de significancia utilizado (5 % para todas las pruebas).

En cuanto al análisis biótico, se separaron los grupos taxonómicos. Se realizó una descripción de la composición de cada comunidad estimando la densidad por taxa dentro de cada grupo representativo en la población asociada a los litorales o al espejo de agua.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los jagüeyes monitoreados durante todo el período de muestreo, desde la caracterización de línea base, pasando por cada una de las etapas de producción.

Comportamiento de las características físicas y químicas en los jagüeyes

Temperatura

Durante todo el período de muestreo se registró un promedio de 30°C en la temperatura superficial del agua. El máximo va-

lor (34°C) se presentó en el jagüey R9 en el mes de septiembre y el valor mínimo (27°C) en el jagüey R10 en el mes de febrero (Figura 1).

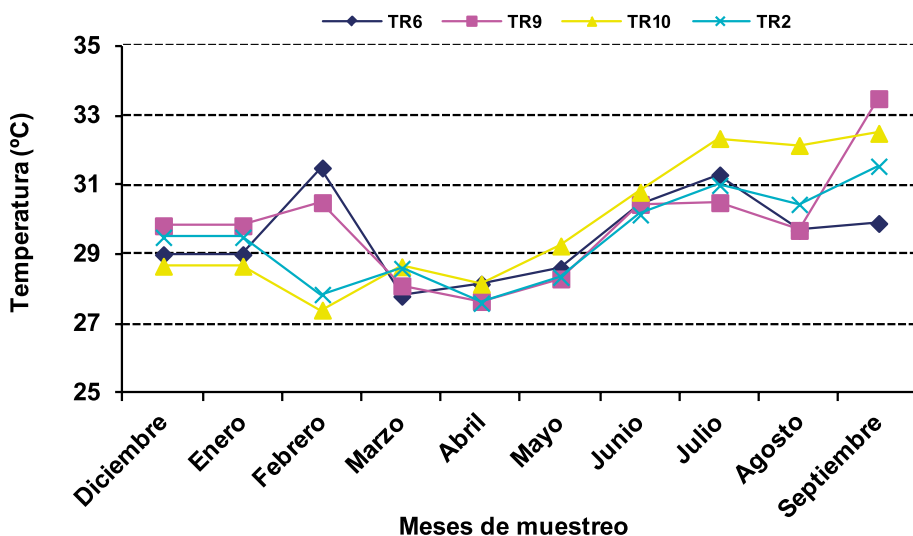


Figura 1. Valores promedio de temperatura en los jagüeyes durante el periodo de muestreo

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a las temperaturas ($F_{3,36} = 0,16$) ($p = 0,9226$) (Figura 2).

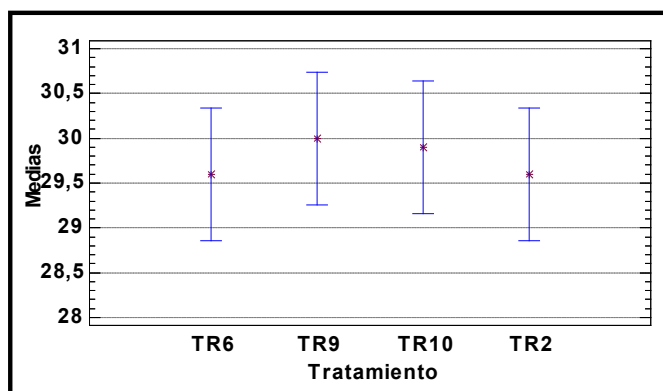


Figura 2. Comparación de medias de temperatura en los jagüeyes

Profundidad

La máxima profundidad en la zona sublitoral se presentó en el jagüey R10 con 355 cm en los meses de julio y agosto, seguida del jagüey R2 (control), con 296 cm en el mes de agosto, el jagüey R6 presentó una máxima de 300 cm en los meses de julio y agosto, en tanto que en el jagüey R9 la máxima profundidad se alcanzó en el mes de julio con 270 cm (Figura 3).

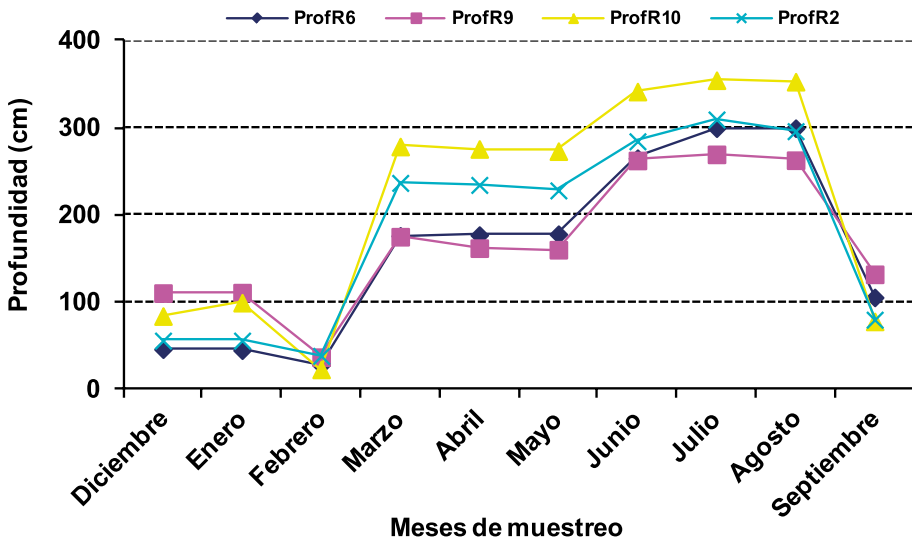


Figura 3. Valores promedio de profundidad en los jagüeyes durante el periodo de muestreo

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a la profundidad ($F_{3,36} = 0,51$) ($p = 0,6782$) (Figura 4).

Transparencia

Teniendo en cuenta que los valores normales para el comportamiento de la transparencia en un cultivo de peces debe ser entre 30-35 cm, se puede considerar que los valores obtenidos en las mediciones realizadas en el cultivo en los tres tratamientos y el

control se ajusta a este comportamiento, siendo que para el jagüey R6 el promedio fue de 33 cm, el jagüey R9 manejó valores de 34 cm; el jagüey R10 se mantuvo en 30 cm; mientras que el jagüey R2 (control) siempre estuvo con valores altos (59 cm), siendo aguas muy transparentes (Figura 5).

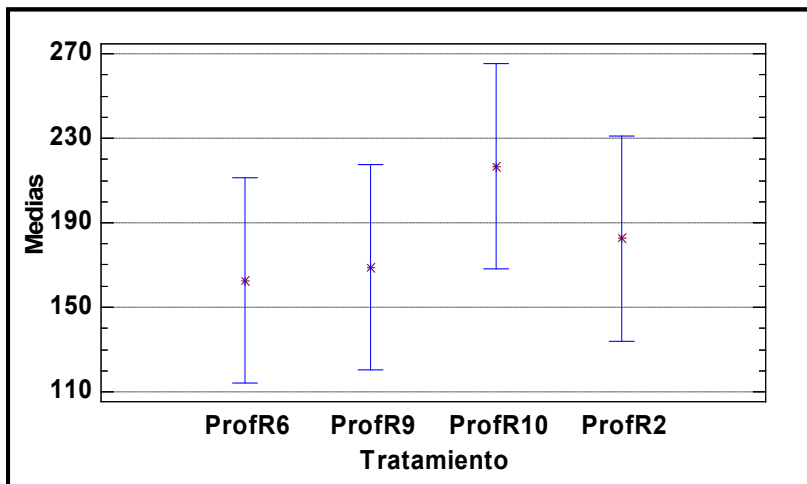


Figura 4. Comparación de medias de profundidad en los jagüeyes

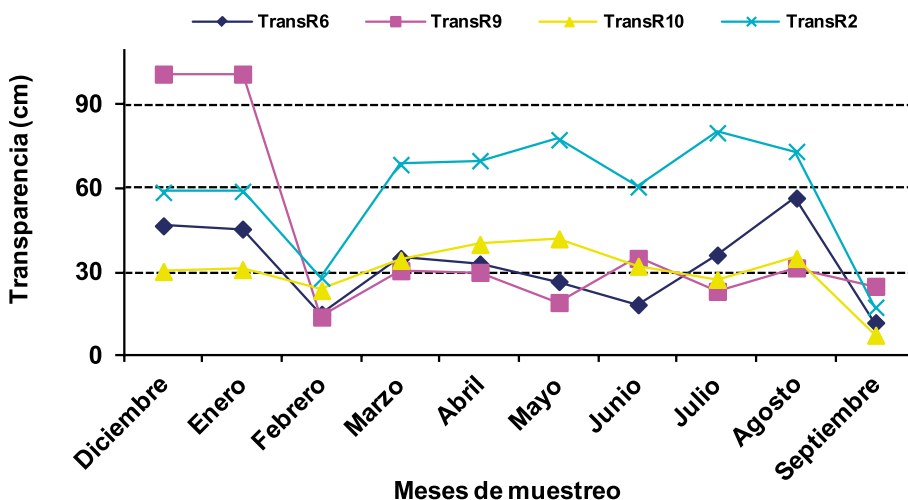


Figura 5. Valores promedio de la transparencia (cm) en los jagüeyes durante el período de muestreo

Los análisis de varianza arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a la transparencia ($F_{3,36} = 3,93$) ($p = 0,0160$) entre R6-R2 y R10-R2 siendo el jagüey R2 el que registró mayores valores de transparencia en la comparación de medias (Figura 6).

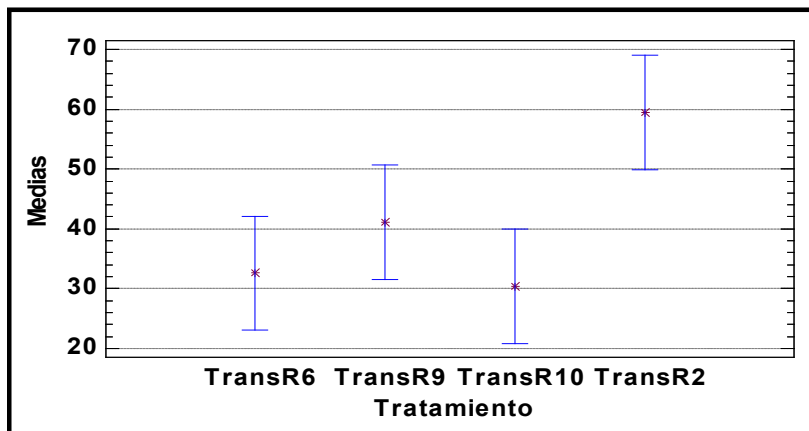


Figura 6. Comparación de medias de transparencia (cm) en los jagüeyes

pH

De manera general, este factor presentó un comportamiento similar entre los tratamientos. El rango promedio del pH se mantuvo entre 8,8 y 9, encontrándose dentro del rango normal reportado por el grupo de alimentos Solla en su libro de aguas cálidas (Figura 7). Los jagüeyes en el período productivo se caracterizaron por tener una condición básica.

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos, ni con el blanco con relación al pH ($F_{3,36} = 0,15$) ($p = 0,9272$) (Figura 8), lo cual indica que el pH no fue un factor limitante para el cultivo del bocachico.

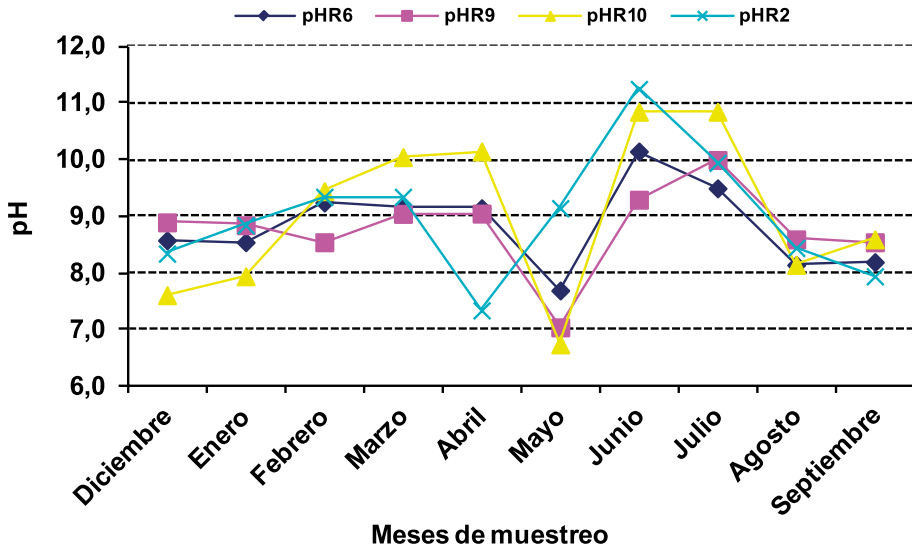


Figura 7. Valores promedio de pH en los jagüeyes durante el período de muestreo

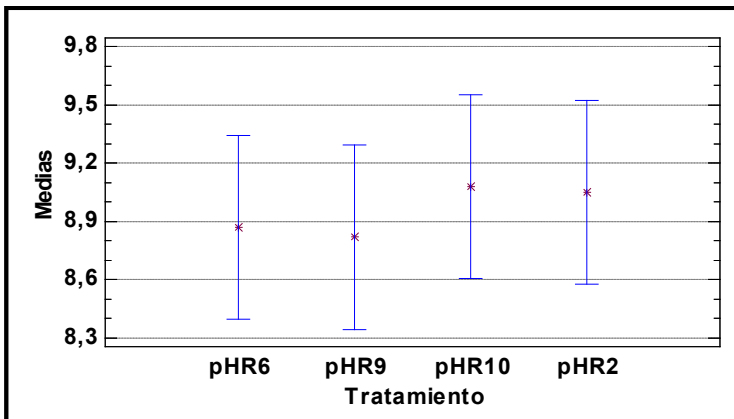


Figura 8. Comparación de medias de pH en los jagüeyes

Conductividad

Esta característica muestra a cada uno de los jagüeyes significativamente diferenciados entre sí (Figura 9). Así, el jagüey R2 se presenta con los valores por encima de los sistemas tratados, seguido por el jagüey R6, que entre estos es el que tiene las

aguas más conductivas. Sin embargo, la tendencia es que esta variable va disminuyendo en el tiempo, en cada sistema de tratamiento. Esta tendencia es consecuente con la sedimentación de algunas sales que por el incremento del pH se precipitan dando paso a la materia orgánica que se incorporaba como efecto del abonamiento.

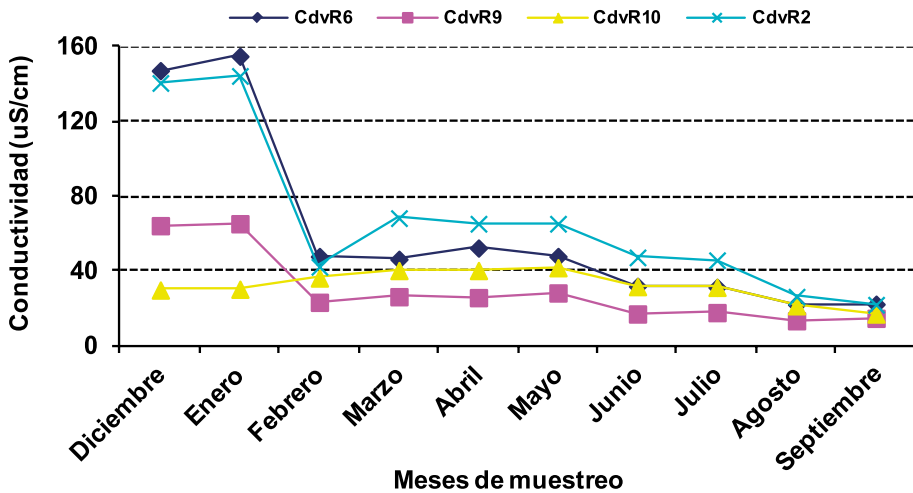


Figura 9. Valores promedio de conductividad (µS) en los jagüeyes durante el período de muestreo

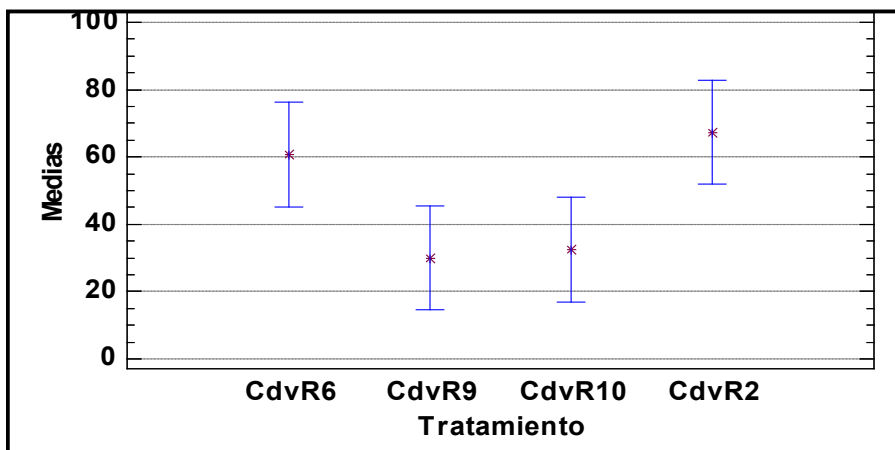


Figura 10. Comparación de medias de conductividad (µs) en los jagüeyes

Los análisis de varianza arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a la conductividad ($F_{3,36} = 3,14$) ($p = 0,0371$) entre R9-R2 y R10-R2 (Figura 10). Se muestra a cada uno de los jagüeyes, significativamente diferenciados con el blanco, pero también entre sí. El tratamiento del jagüey R9 se presenta como el de los menores valores promedio con 21 uS/cm, mientras que el no abonado jagüey R2, presenta las aguas más conductivas con 48 uS/cm. Sin embargo, la tendencia en esta variable es que en cada sistema los valores reportados disminuyeron con respecto al inicial.

Sólidos suspendidos

Estos se presentaron diferentes entre los jagüeyes tratados con respecto al jagüey control, que tiende a presentar los mayores valores (Figura 11), lo cual indica que esta variable sí se ve influenciada por las lluvias y por la proliferación de material vegetal proveniente de la zona sublitoral y de macrófitas emergentes que al descomponerse, están aportando a esta característica. Aunque sean menores los valores en los jagüeyes tratados, se mantiene una densidad planctónica favorable para la actividad productiva.

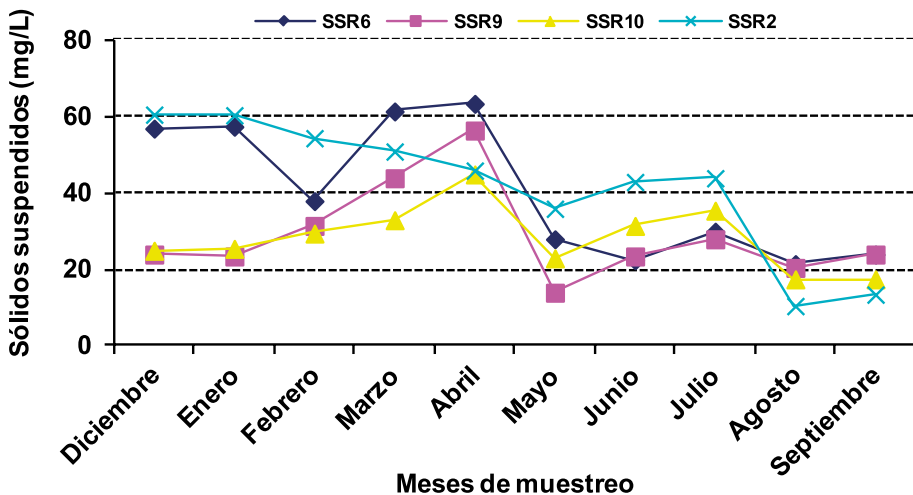


Figura 11. Valores promedio de los sólidos suspendidos en los jagüeyes durante el periodo de muestreo

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a los sólidos suspendidos ($F_{3,36} = 2,49$) ($p = 0,0758$), se observa en la comparación de medias bajos valores entre los tratamientos de los jagüeyes R10 y R9 con respecto al jagüey R2 (control) (Figura 12).

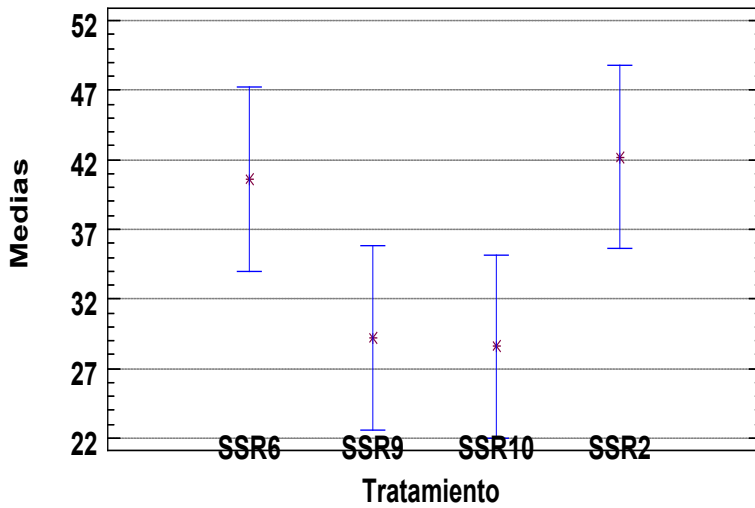


Figura 12. Comparación de medias de sólidos suspendidos en los jagüeyes

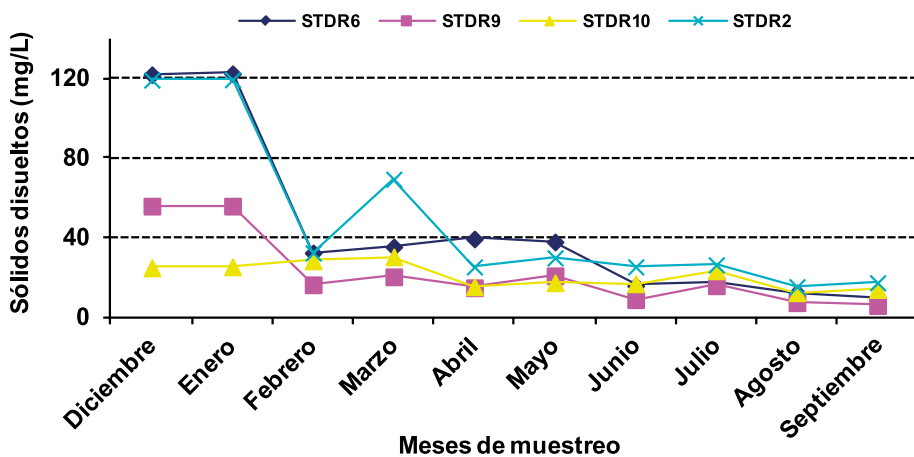


Figura 13. Valores promedio de los sólidos disueltos totales en los jagüeyes durante el período de muestreo

Sólidos disueltos totales

El comportamiento de esta característica muestra los jagüeyes R9 y R10 con valores de sólidos disueltos bajos (22 y 21 mg/l) (Figura 13), comparados con el tratamiento R6 (45 mg/l) y el jagüey R2 (control) que reporta el valor promedio más alto (48 mg/l). Los sólidos disueltos incrementados podrían relacionarse con sales y el aumento de los nutrientes en algunos meses.

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a los sólidos disueltos ($F_{3,36} = 2,19$) ($p = 0,1064$) (Figura 14).

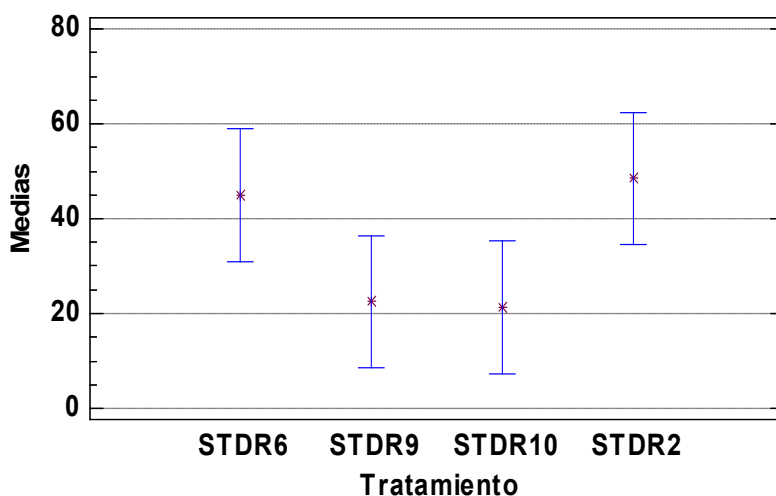


Figura 14. Comparación de medias de sólidos disueltos totales en los jagüeyes

Oxígeno disuelto

Esta característica presentó un comportamiento similar en los sistemas tratados con un rango entre 5,1 para el jagüey R2 (control) y 6 mg/L para el jagüey R9 (Figura 15). Aunque los valores se encuentran dentro de los permisibles para el establecimiento de la vida acuática, a lo largo de todo el proyecto se

presentaron valores muy por debajo de los mínimos reportados en todos los jagüeyes tratados, e incluso del control, especialmente en los meses de marzo y mayo, evidenciando la lenta recuperación de los niveles de oxígeno que se consumen en horas nocturnas en los procesos respiratorios. Estos valores revelan un consumo importante de origen tanto biológico como físico, lo cual estaría muy relacionado con su ubicación, pues recibe constantemente las escorrentías y con esto una carga tanto orgánica como inorgánica que estarían afectando la estabilidad de dicha concentración.

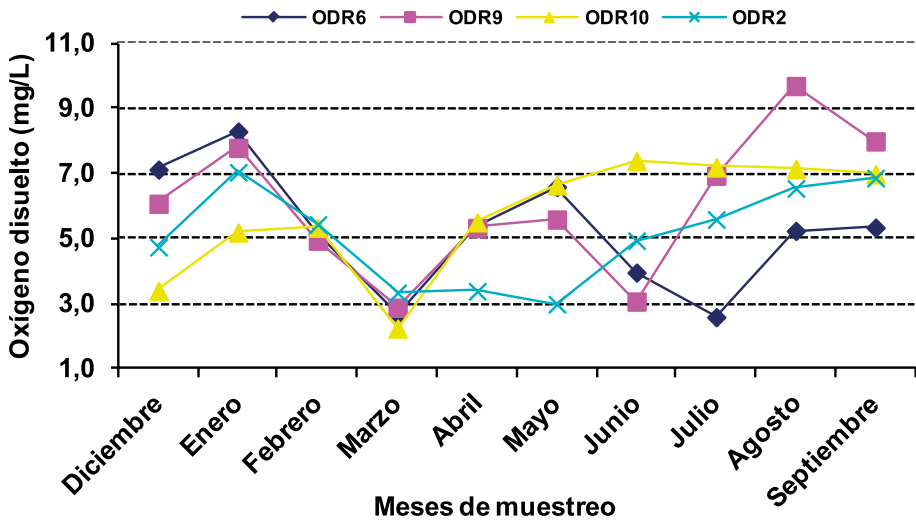


Figura 15. Valores promedio del oxígeno disuelto (O_2) en los jagüeyes durante el período de muestreo

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación al oxígeno disuelto ($F_{3,36} = 0,54$) ($p = 0,6588$) (Figura 16), mostrándose muy similares entre los tratamientos e incluso con el control.

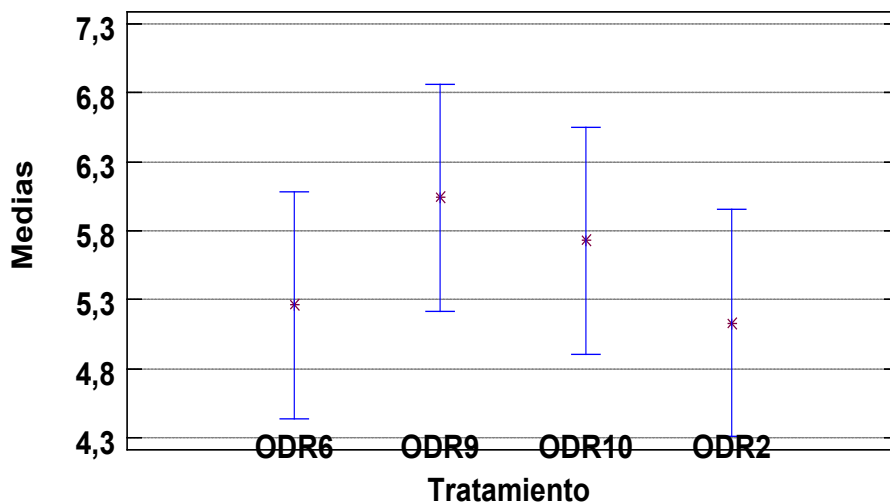


Figura 16. Comparación de medias de oxígeno (O₂) disuelto en los jagüeyes

Nitratos

Estas formas de nitrógeno mostraron valores dentro de los rangos normales y convenientes para los sistemas productivos (Figura 17), pues estas formas oxidadas demuestran que los procesos de oxidación están facilitando las formas aprovechables del nutriente e impiden que éste se reduzca a nitritos, lo que se convierte en un inconveniente para los sistemas por su efecto tóxico. Se observa además que sólo el estanque control es el que muestra valores bajos.

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a los nitratos (NO₃) ($F_{3,36} = 2,57$) ($p = 0,0694$), se observa en la comparación de medias una diferencia entre el jagüey control frente a los demás tratamientos (Figura 18).

Comportamiento del Plancton a partir de la Fertilización con Abono Orgánico en los Jagüeyes de Producción

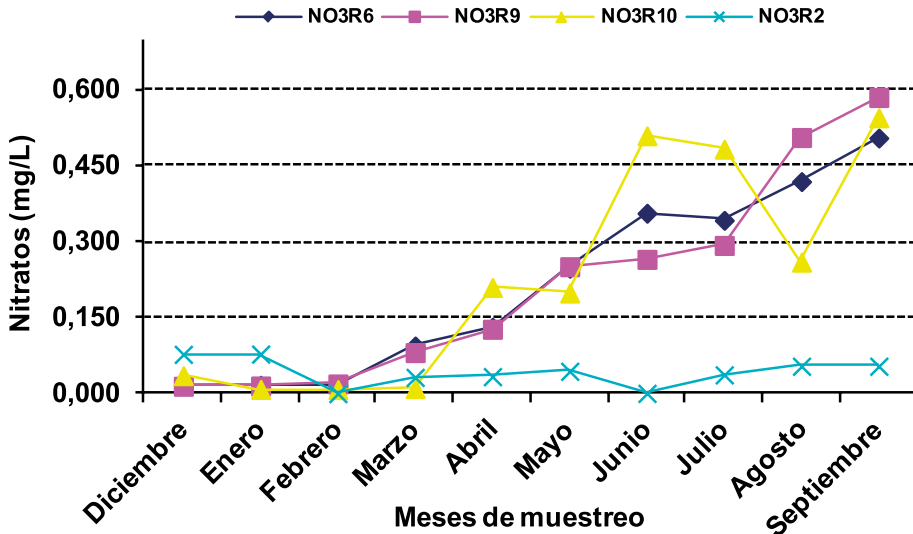


Figura 17. Valores promedio de nitratos (NO₃) disueltos en los jagüeyes durante el periodo de muestreo

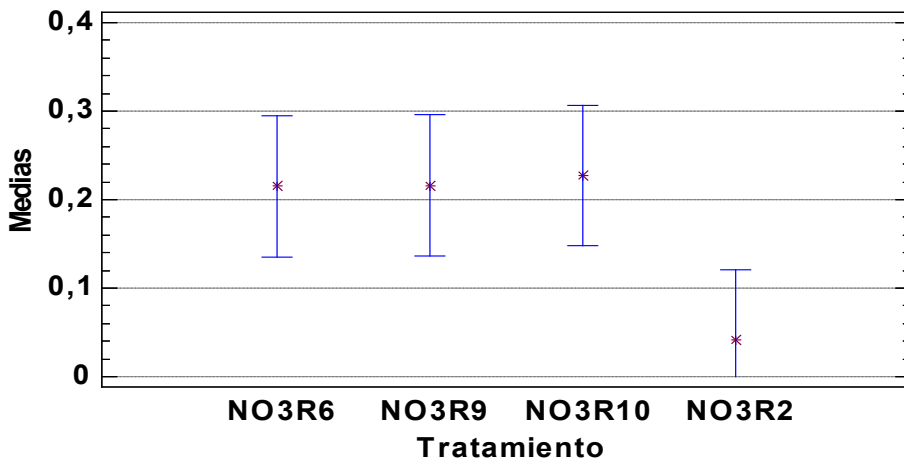


Figura 18. Comparación de medias de nitratos (NO₃) en los jagüeyes

Sulfatos

Estos mostraron diferencias entre los meses de muestreos, resaltando el jagüey R10 con respecto al control y al resto de los tratamientos. El jagüey R9 mantuvo una lectura similar inter-

media en estos valores y el jagüey R2 en cambio, registró valores por debajo de los demás jagüeyes tratados (Figura 19).

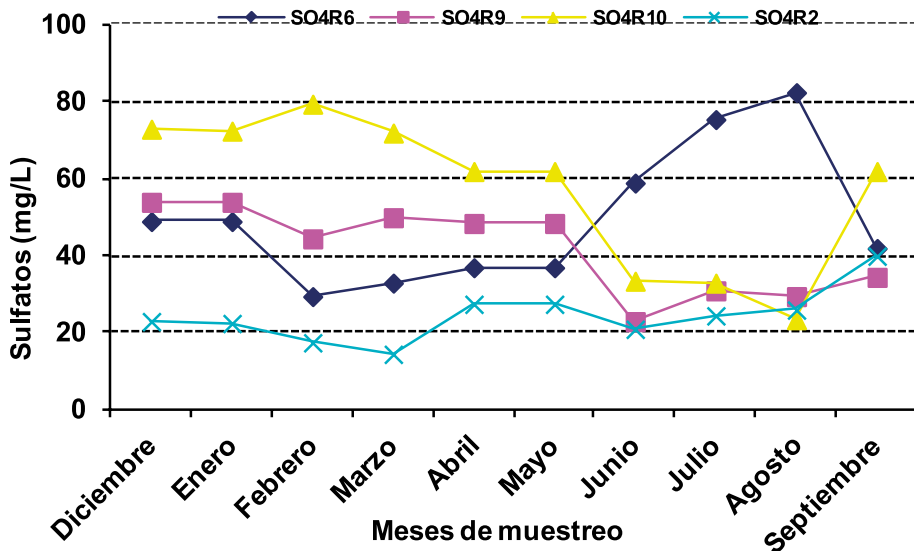


Figura 19. Valores promedio de sulfatos disueltos en los jagüeyes durante el período de muestreo

Los análisis de varianza arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a los sulfatos ($F_{3,36} = 8,79$) ($p = 0,0002$), entre el jagüey R2 (control) frente a los demás tratamientos R6, R9 y R10 (Figura 20).

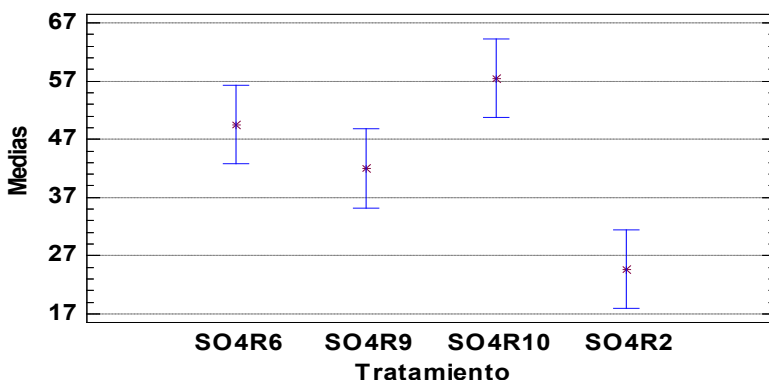


Figura 20. Comparación de medias de sulfatos en los jagüeyes

Resultados del comportamiento del plancton en los jagüeyes

Fitoplancton

Al inicio del proyecto, al momento de realizar la caracterización de los jagüeyes seleccionados, se encontró en los análisis cuantitativos que la densidad de fitoplancton era muy baja en todos, evidenciándose una evolución importante como efecto del abonamiento, tal y como lo mostraron los análisis efectuados a lo largo de los meses de muestreo, con un claro aumento de la productividad primaria en los sistemas (Figura 21).

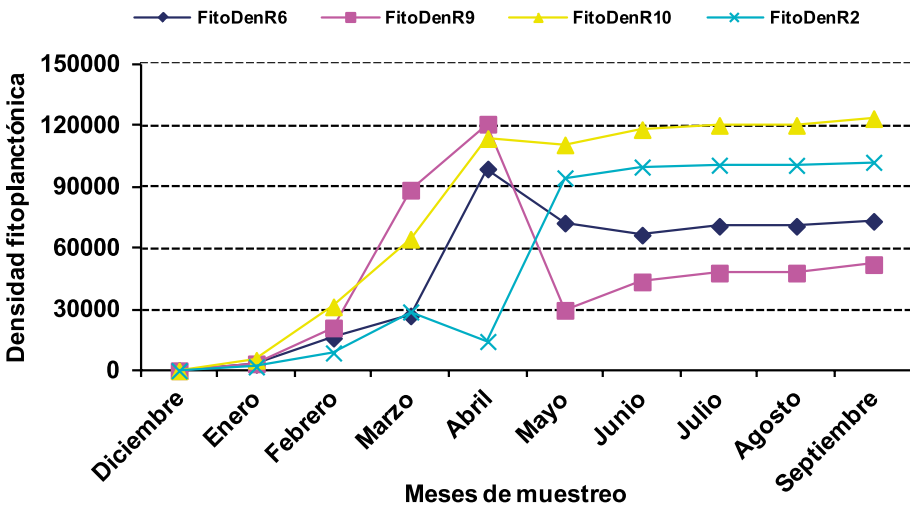


Figura 21. Valores promedio de la densidad fitoplanctónica en los jagüeyes durante el periodo de muestreo

De esta manera, la lectura que presentó el jagüey R6 en el muestreo del mes de diciembre de 2009, fue de una densidad de 3.187 cel/ml, presentándose el mayor valor en el mes de abril de 2010, con 98.818 cel/ml. Para el tratamiento del jagüey R9, la densidad inicial (en el mes de diciembre de 2009) fue de

3.426, pasando a 120.762 cel/ml en abril; el tratamiento del jagüey R10 mostró desde el inicio la mayor densidad con 5.167 cel/ml, permaneciendo con este comportamiento hasta el final con 123.488 cel/ml; el jagüey R2 (control) mostró el menor valor con 1.957 cel/ml, pero al final registró un aumento, alcanzando 102.100 cel/ml.

Entre los jagüeyes de producción, el jagüey R10 presentó los mayores valores de abundancia y riqueza de morfoespecies, manteniendo la tendencia de predominio de cloroficeas por encima de los otros grupos, como ocurre en los otros jagüeyes.

Sin embargo, el jagüey R2 presentó unos valores de abundancia más altos que el jagüey R6, pero la diferencia radica en que el aporte significativo es del grupo de baciliarofitas sobre las cloroficeas (Figura 22). En este sentido, es importante anotar que esta composición, presenta una relación favorable para el sistema productivo, debido a que las cloroficeas aportan el 50 %, como indicativo de una buena calidad biológica en el agua.

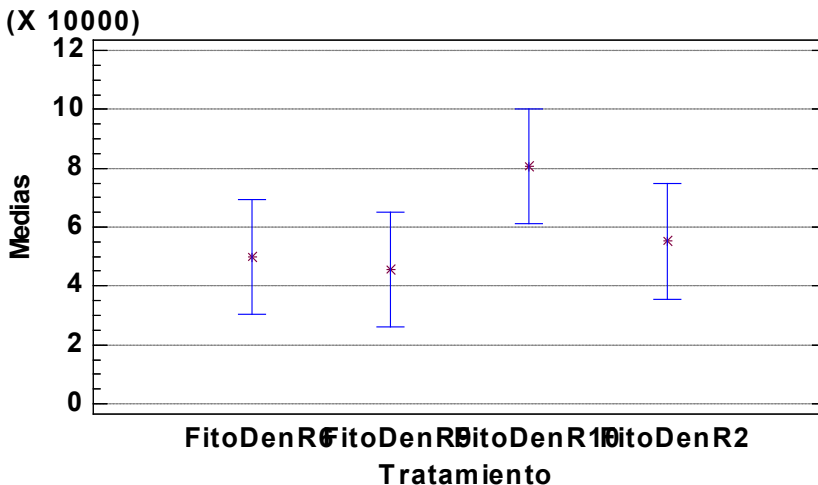


Figura 22. Comparación de medias de densidades fitoplanctónicas en los jagüeyes

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a la densidad del fitoplancton en el agua ($F_{3,36} = 1,35$) ($p = 0,2749$). En la comparación de medias se observa un incremento en los valores del tratamiento R10 (Figura 22). Desde el punto de vista espacial, se presentó un incremento en general para todos los jagüeyes, en abundancia de individuos, manteniendo constante la riqueza de morfoespecies, pero se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los jagüeyes.

La mayor riqueza la presentó el jagüey R10 con 58 géneros, seguido por los jagüeyes R9 y R2 con 55 y 54 géneros y el jagüey R6 que mostró 49 géneros. Estos procesos no reflejan dilución en la densidad celular por el efecto de las lluvias y, por el contrario, se mantiene una densidad celular favorable, al igual que la riqueza de géneros. Además, es notoria la mejor distribución de la abundancia en un mayor número de géneros en el jagüey R9 que en el jagüey R6 (Figura 23).

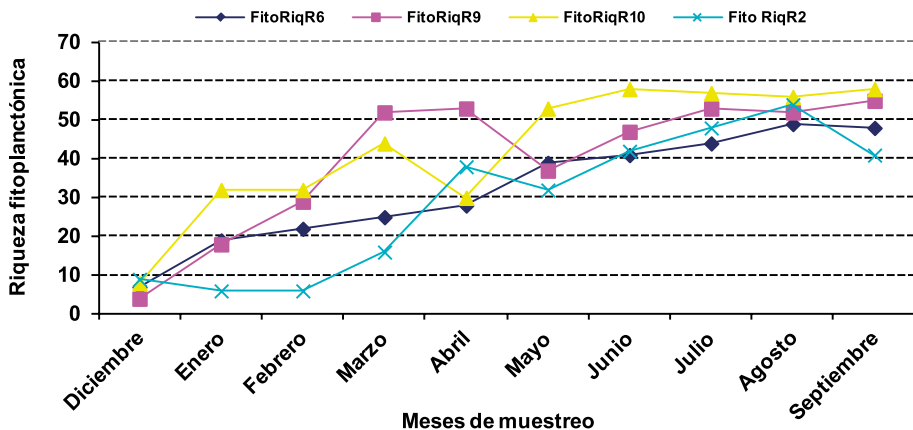


Figura 23. Valores promedio de la riqueza fitoplanctónica en los jagüeyes durante el periodo de muestreo

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas

entre tratamientos con relación a la riqueza del fitoplancton en agua ($F_{3,36} = 1,45$) ($p = 0,2438$). En la comparación de medias se observa un incremento en el número de géneros en los jagüeyes R9 y R10, mientras que en el jagüey R2 la riqueza fue más baja (Figura 24).

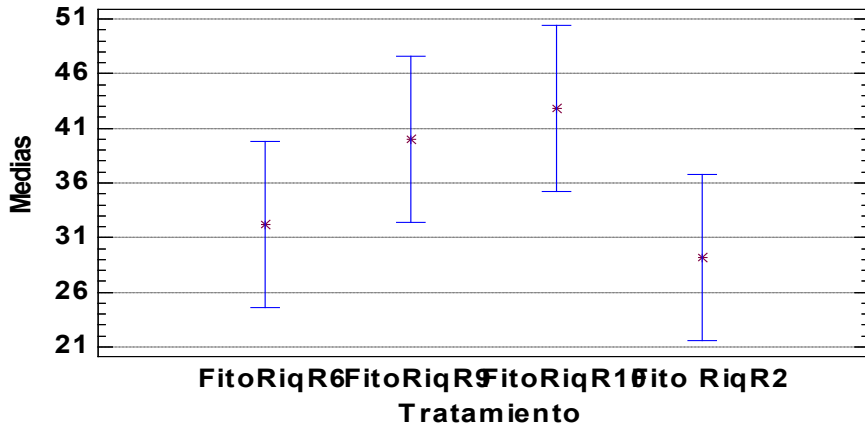


Figura 24. Comparación de medias de riqueza fitoplanctónica en los jagüeyes

Zooplankton

Al igual que el fitoplancton, las densidades del zooplankton en la caracterización inicial de los jagüeyes fueron muy bajas, siendo el jagüey R6 el que presentaba el mayor valor con 98 cel/ml, seguido por el jagüey R10 con 67 cel/ml y los jagüeyes R9 y R2 (control) con 45 cel/ml. Una vez iniciado el proceso de abonamiento a los jagüeyes, estas densidades fueron aumentando, encontrando la mayor densidad en el tratamiento del jagüey R9 con 11.122 individuos en los meses de marzo y abril, 8.160 individuos en el mes de julio en el tratamiento del jagüey R6, seguido por el jagüey R10 con 6.870 individuos para el mes de julio y el jagüey R2 (control) permaneció con las densidades más bajas con 1.446 individuos en el mes de septiembre (Figura 25).

Comportamiento del Plancton a partir de la Fertilización con Abono Orgánico en los Jagüeyes de Producción

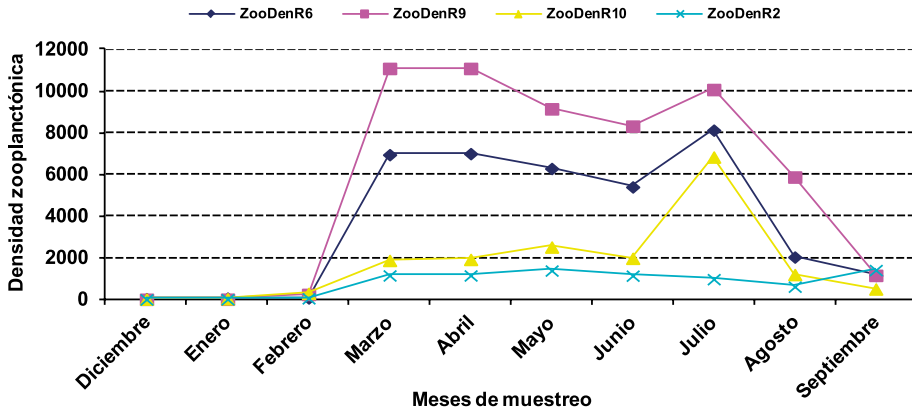


Figura 25. Valores promedio de la densidad zooplanctónica en los jagüeyes durante el período de muestreo

Los análisis de varianza arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a la densidad del zooplancton en agua ($F_{3,36} = 4,91$) ($p = 0,0058$) entre los tratamientos de los jagüeyes R6-R2, R9-R10, R9-R2, en donde el jagüey R9 presentó la mayor densidad y el jagüey R2 la menor densidad (Figura 26).

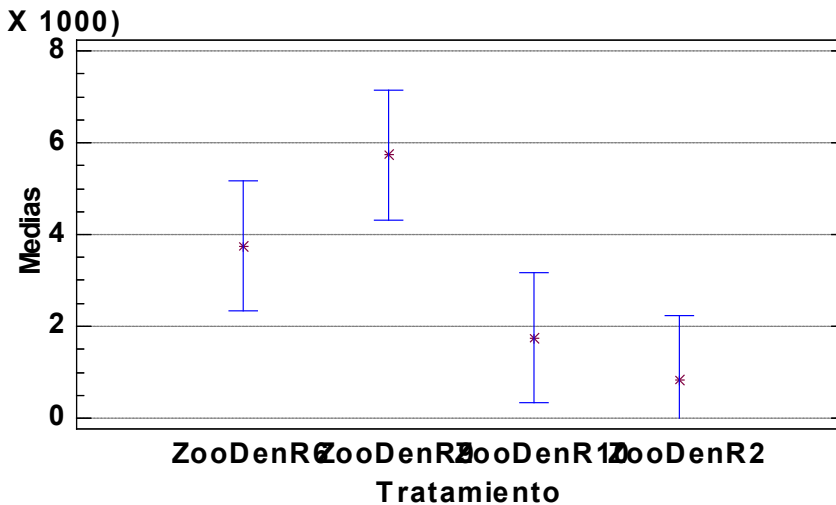


Figura 26. Comparación de medias de densidad zooplanctónica en los jagüeyes

El comportamiento espacial del zooplancton, en términos de riqueza, muestra relación directa con el del fitoplancton, ya que el jagüey R10 se presenta como el más abundante en riqueza seguido por los jagüeyes R9 y R2 (Figura 27).

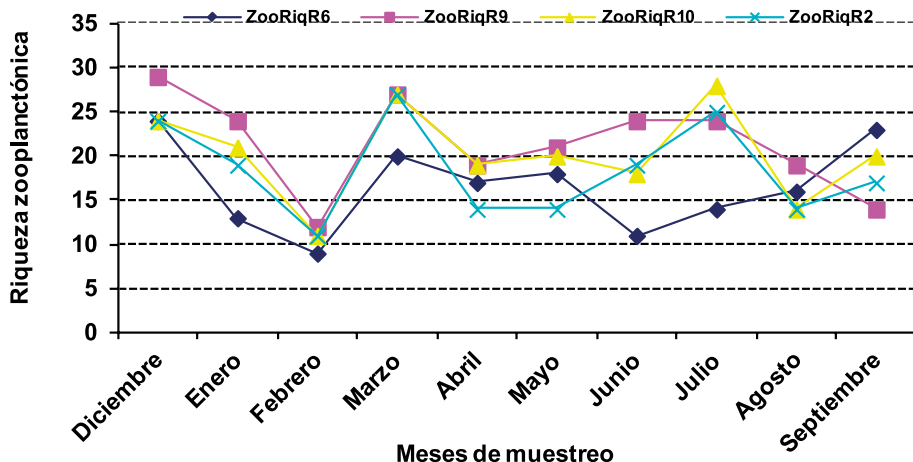


Figura 27. Valores promedio de la riqueza zooplanctónica en los jagüeyes durante el período de muestreo

Los análisis de varianza no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a la riqueza del zooplancton en agua ($F_{3,36} = 0,68$) ($p = 0,5701$) (Figura 28).

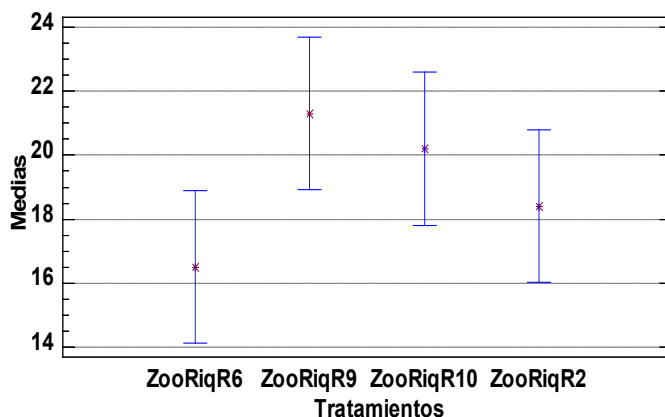


Figura 28. Comparación de medias de riqueza zooplanctónica en los jagüeyes

Composición y abundancia de los organismos planctónicos presentes en los jagüeyes

Fitoplancton

Los análisis cualitativos y cuantitativos del agua en los jagüeyes durante el período de muestreo, evidenciaron un total de seis grupos, así: Chlorophytas, Cyanophytas, Bacillariophytas, Euglenophytas, Xanthophytas y Pyrrophytas. La Figura 29 muestra que el grupo de las Chlorophytas predominó en términos de abundancia en todos los tratamientos incluyendo el jagüey R2 (control), mostrando al jagüey R10 con la mayor densidad de este grupo.

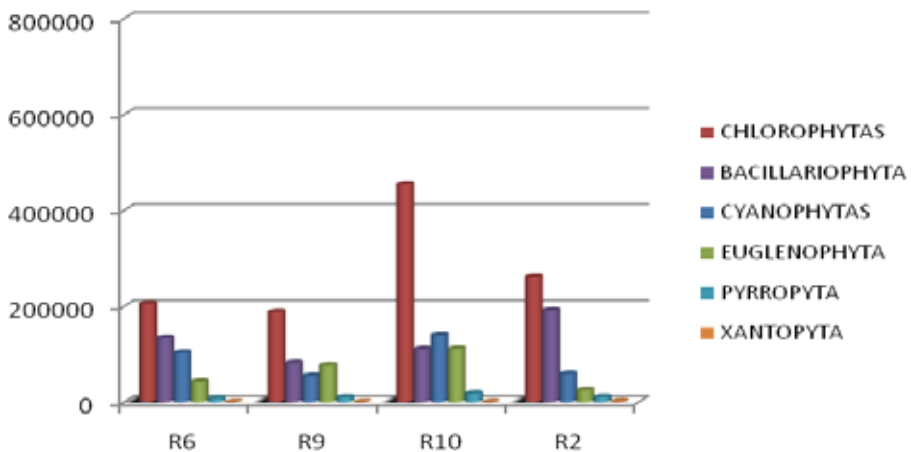


Figura 29. Abundancia fitoplanctónica en los jagüeyes durante el cultivo de bocachico

En el tratamiento del jagüey R6, las mejores abundancias estuvieron representadas por las Chlorophytas, presentando los mayores valores en los meses de abril y mayo (47.856 y 37.787 cel/ml, respectivamente) (Figura 30); el grupo de las bacillariophytas, siguió en abundancia, con 37.601 cel/ml en el mes de abril, en tanto que en los meses de febrero y marzo se presentaron unas abundancias muy bajas.

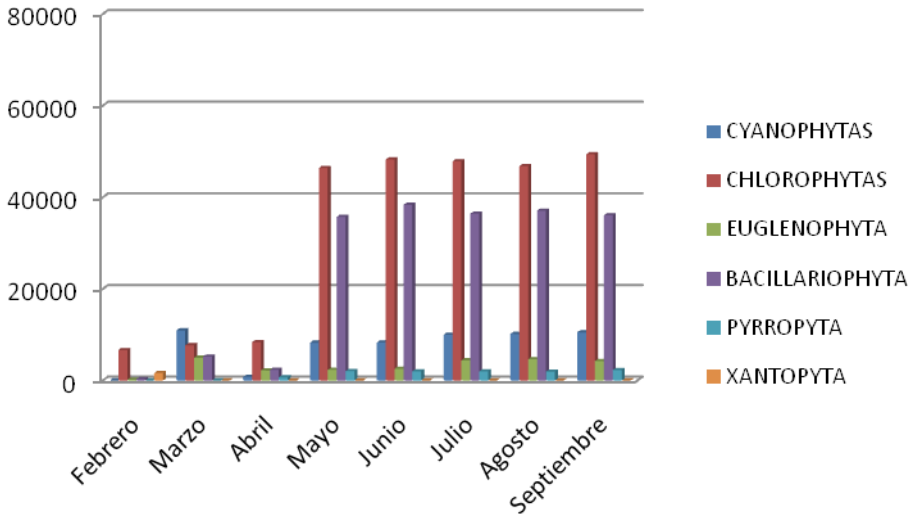


Figura 30. Variación mensual fitoplanctónica en el tratamiento R6

Al igual que en el tratamiento anterior, el jagüey R9 se caracterizó por el predominio de Chlorophytas en todos los meses de muestreo (Figura 31), notándose fuerte influencia de la llegada de la época de lluvias en el mes de abril, cuando hubo un gran incremento en el número de géneros de este grupo (63.679 cel/ml). De igual manera, para este mismo mes, las Euglenophytas fueron más abundantes con 25.243 cel/ml.

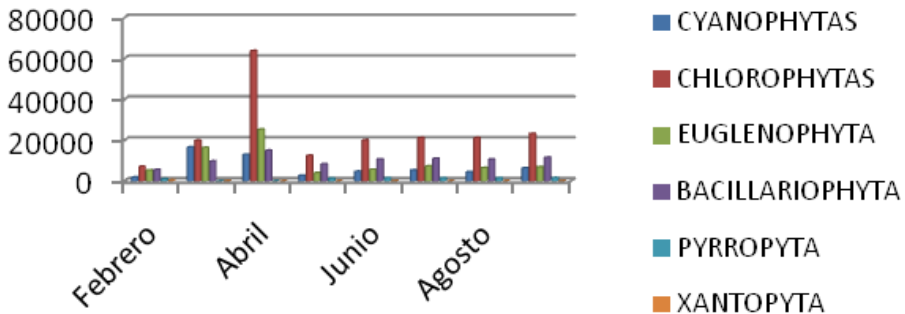


Figura 31. Variación mensual fitoplanctónica en el tratamiento R9

En el tratamiento del jagüey R10, las Chlorophytas fueron predominantes en cuanto a abundancia en los meses de abril a septiembre, siendo agosto en el que se presentó la mayor abundancia (77.920 cel/ml) (Figura 32), en tanto que las Cyanophytas fueron las más abundantes en el mes de marzo (35.053 cel/ml).

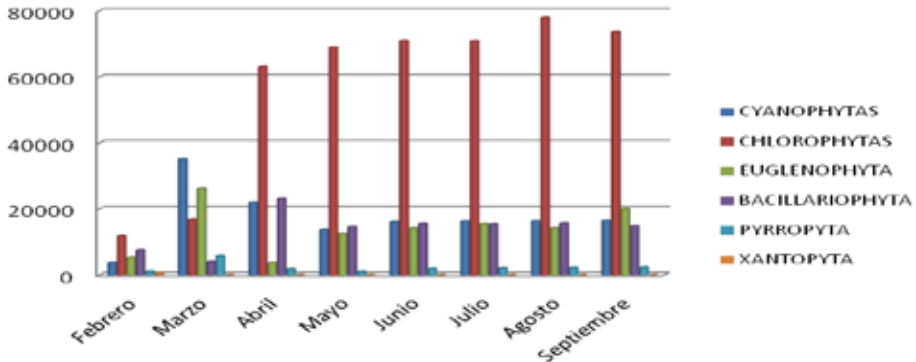


Figura 32. Variación mensual fitoplanctónica en el tratamiento R10

Los grupos Chlorophytas y Bacillariophytas fueron los más abundantes en el jagüey R2 (control) (Figura 33), en los primeros meses (febrero, marzo y abril) se presentaron densidades muy bajas, aumentando considerablemente en los meses siguientes (mayo a septiembre), manteniendo abundancias constantes. El grupo Chlorophytas presentó los de mayores valores en todos los meses, alcanzando su máximo en el mes de septiembre con 49.378 cel/ml.

En general se observa que la mayor oferta de fitoplancton ofrecida en los sistemas, corresponde al grupo Chlorophytas en todos los tratamientos, seguido por el grupo Bacillariophytas.

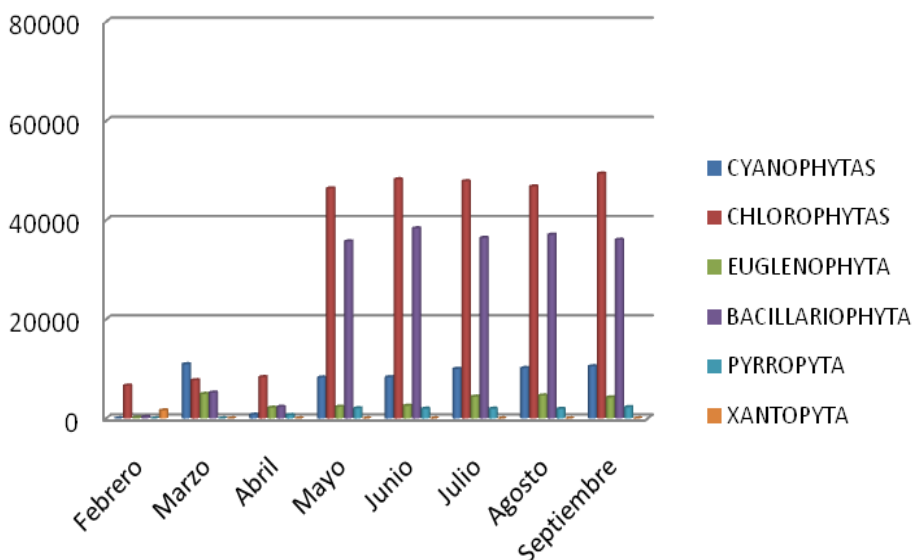


Figura 33. Variación mensual fitoplanctónica en el tratamiento del jagüey R2

Zooplankton

Los grupos que predominaron en los análisis de agua en todo el período de estudio fueron los *rotíferos*, *microcrustáceos* (*cladóceros*, *ostrácodos* y *copépodos*) y *protozoos*, y otras formas como *huevos de peces*. Los *rotíferos* fue el grupo que tuvo mayor presencia en los diferentes tratamientos a lo largo de los meses de muestreo. El tratamiento del jagüey R9 se refleja como el de mayor presencia de *rotíferos*, seguido del jagüey R6 (Figura 34).

Los rotíferos predominaron en el tratamiento del jagüey R6 en los meses de marzo, abril y mayo (5.040, 5.090 y 5.528 individuos) (Figura 35). En el mes de junio solo hubo presencia de rotíferos, en tanto que en julio, agosto y septiembre las densidades fueron muy bajas.

Comportamiento del Plancton a partir de la Fertilización con Abono Orgánico en los Jagüeyes de Producción

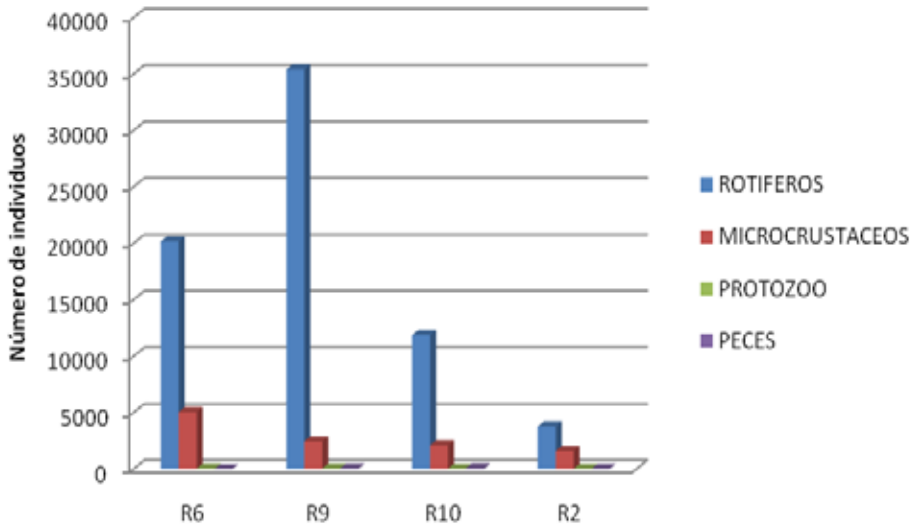


Figura 34. Abundancia zooplanctónica en los jagüeyes durante el cultivo de bocachico

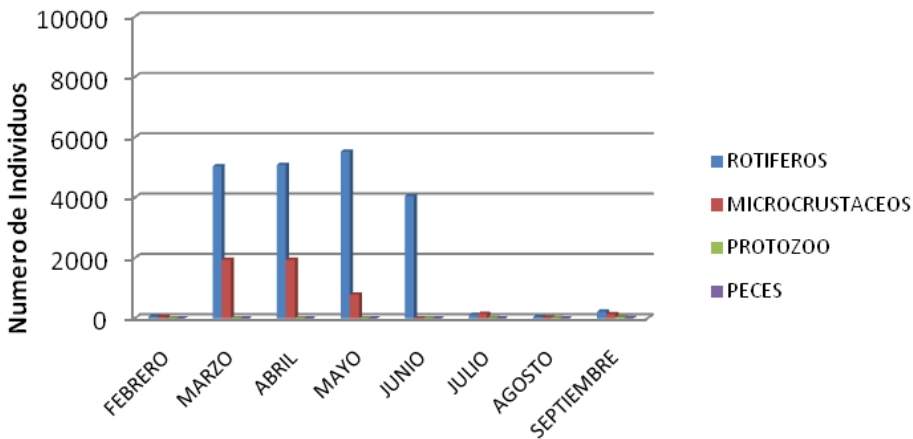


Figura 35. Variación mensual zooplanctónica en el tratamiento R6

Las mayores densidades de rotíferos en el tratamiento del jagüey R9 se presentaron en los meses de marzo y abril (10.474 individuos) (Figura 36), en mayo y junio también predominaron los rotíferos con 8.203 y 5.460 individuos. En los demás meses,

fueron densidades muy bajas de rotíferos y ausencia de microcrustáceos.

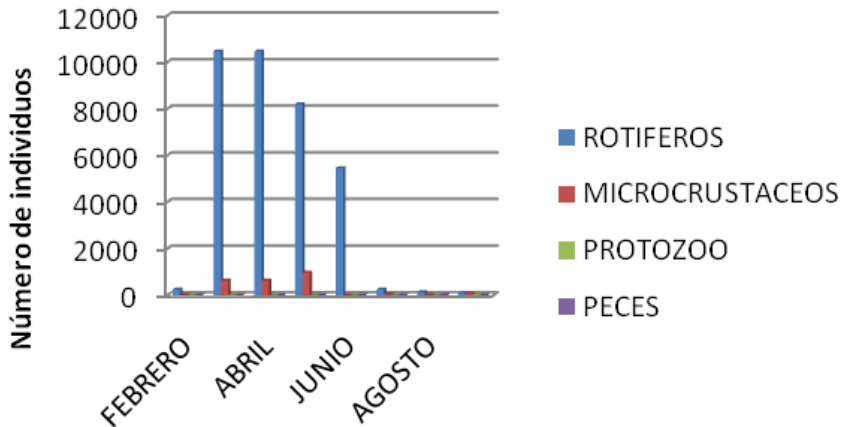


Figura 36. Variación mensual zooplanctónica en el tratamiento R9

En el tratamiento del jagüey R10, los rotíferos tuvieron mayor presencia, siendo el mes de junio la mayor abundancia con 6.148 individuos (Figura 37). Los microcrustáceos también se presentaron, pero en menor densidad y solo en los meses de marzo, abril y mayo.

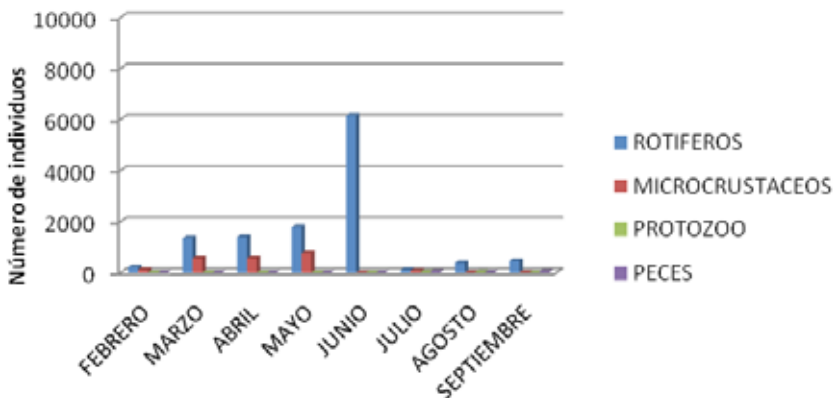


Figura 37. Variación mensual zooplanctónica en el tratamiento R10

En el jagüey R2 (control) las densidades fueron muy bajas, encontrando que la mayor presencia la tuvieron los rotíferos y en el mes de mayo se observó un ligero aumento con 1.094 individuos (Figura 38).

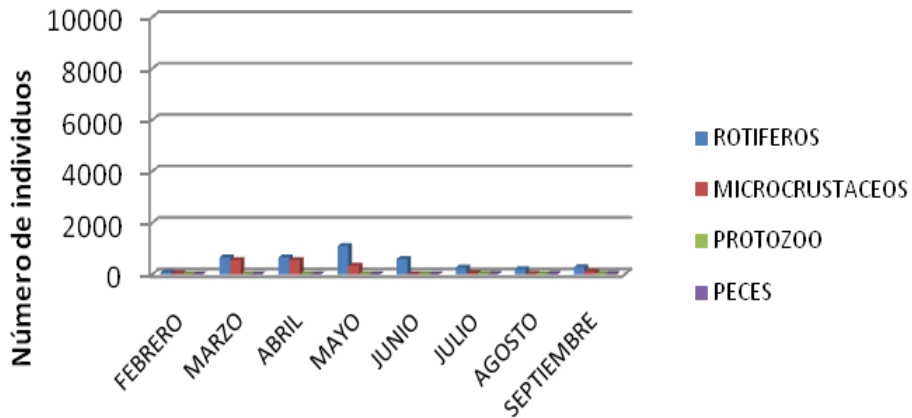


Figura 38. Variación mensual zooplanctónica en el tratamiento del jagüey R2

Análisis de relación células por mililitro de los organismos planctónicos vs crecimiento de los peces

Para comparar las tres técnicas o tratamientos de manejo para la producción de bocachico utilizadas en los jagüeyes del estudio, a partir de la evaluación del crecimiento del pez y las concentraciones del plancton en el agua, se analizaron las densidades de los organismos planctónicos de cada tratamiento durante los meses de muestreo, incluyendo la etapa de pre-cría y se relacionaron con las longitudes y pesos promedio de los bocachicos. En las siguientes figuras se muestran esas variaciones.

Fitoplancton

En la Figura 39 se relaciona la talla de los peces con la densidad fitoplanctónica en el tratamiento del jagüey R6 a lo largo de todos los meses de muestreo, mostrando que al inicio del

cultivo, en el proceso de pre-cría o levante, los alevinos con una talla de 3 cm no aprovechan el fitoplancton, notándose su mejor consumo en los meses siguientes, evidenciándose un crecimiento constante en los peces entre los meses de febrero y julio, presentando un fuerte incremento de fitoplancton en el mes de abril, alcanzando un pico de producción en el mes de mayo, a partir del cual se estabiliza hasta septiembre, evidenciando gran relación con el crecimiento de los peces.

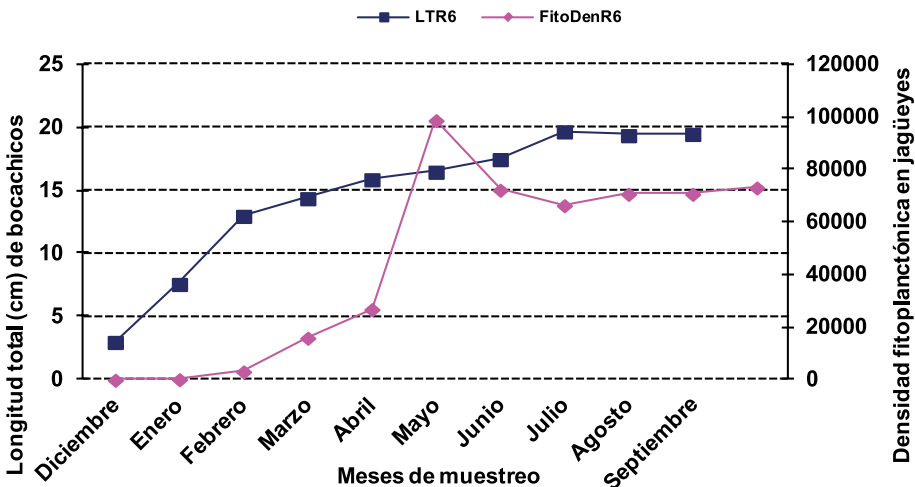


Figura 39. Relación talla vs densidad fitoplanctónica (agua) en el tratamiento R6

Se observa en la relación del peso con la densidad fitoplanctónica en el tratamiento del jagüey R6 (Figura 40), que el incremento en peso a lo largo de todo el periodo de muestreo fue constante, independientemente de las variaciones de densidad de fitoplancton en el agua, notándose que el consumo de fitoplancton o, posiblemente, la fijación de este al perifiton, es inversamente proporcional al incremento del peso de los ejemplares.

Comportamiento del Plancton a partir de la Fertilización con Abono Orgánico en los Jagüeyes de Producción

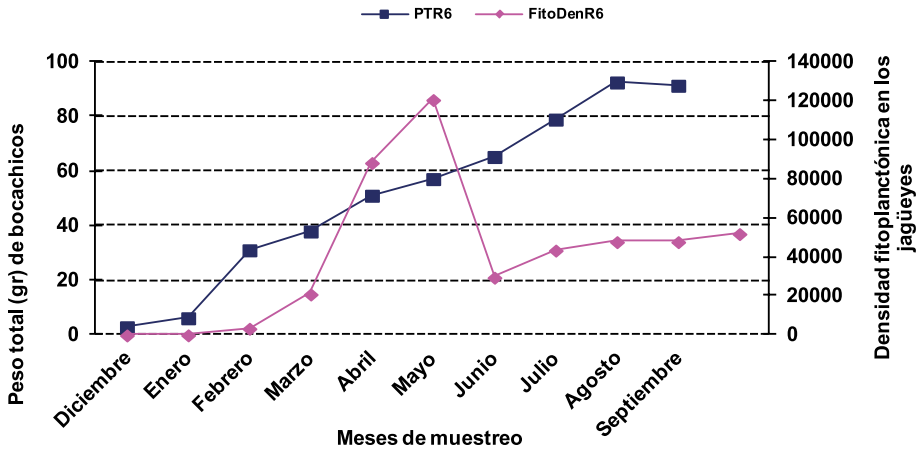


Figura 40. Relación peso total vs densidad fitoplanctónica (agua) en el tratamiento del jagüey R6

El crecimiento de los peces en el tratamiento del jagüey R9, se encuentra inversamente relacionado con la densidad fitoplanctónica durante los primeros meses (enero, febrero, marzo, abril y mayo), presentando un pico de producción de fitoplancton durante este último mes, sin que se evidencie incidencia en el crecimiento de los peces. Por el comportamiento del estanque es factible que la baja densidad fitoplanctónica tenga relación con alto consumo de los peces, impidiendo un crecimiento sostenido (Figura 41).

El incremento en peso en los peces del jagüey R9 señala que se presenta una ganancia constante durante los primeros seis meses (hasta el mes de junio) y a partir de este mes, se evidencia un fuerte incremento, el cual es regular hasta el mes de septiembre. El fitoplancton se presenta en valores relativamente bajos los tres primeros meses (enero, febrero y marzo), alcanzando un importante pico en los meses de abril y mayo, lo que indica su escaso consumo durante estos dos meses, manteniendo este bajo nivel de densidad fitoplanctónica hasta el final del cultivo (Figura 41).

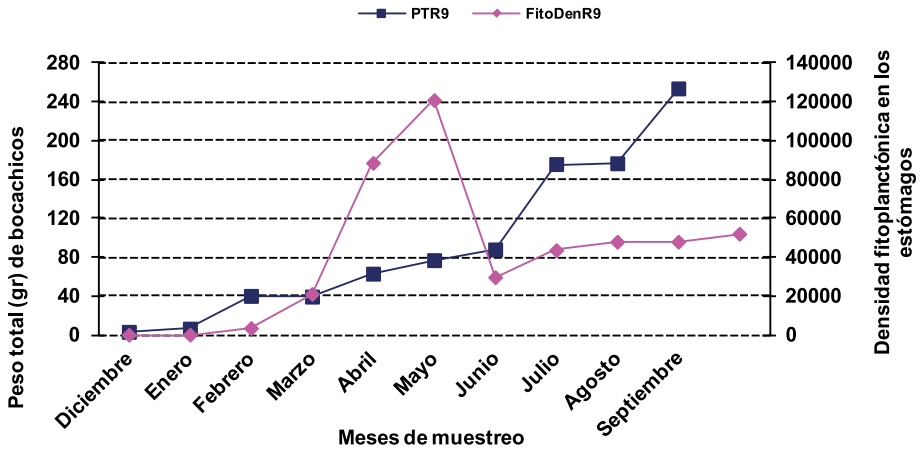


Figura 41. Relación peso total vs densidad fitoplanctónica (agua) en el tratamiento del jagüey R9

En el jagüey R10 el comportamiento de la talla con respecto a la densidad del fitoplancton se mostró muy paralela (Figura 42), lo que evidencia que el consumo de fitoplancton por parte de los peces y del zooplancton fue bajo. Así mismo, el comportamiento de la variable peso de los individuos estuvo influenciada por la densidad fitoplanctónica del jagüey (Figura 43).

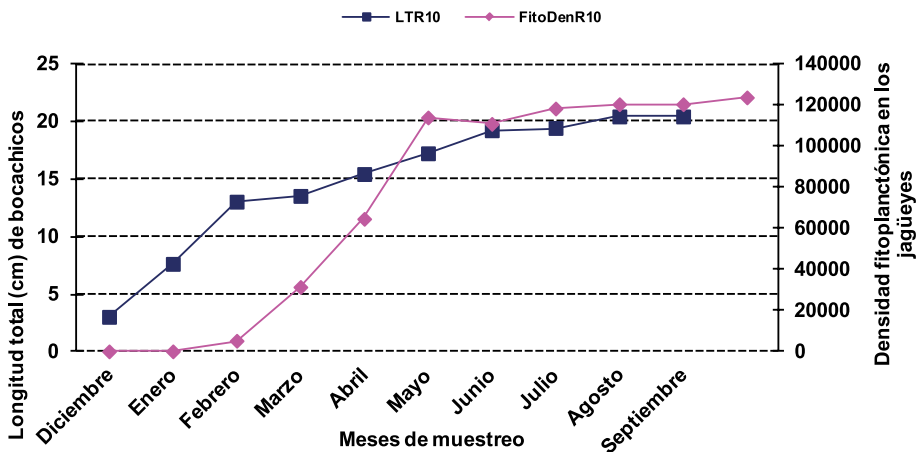


Figura 42. Relación talla vs densidad fitoplanctónica (agua) en el tratamiento R10

El jagüey control R2 a pesar de tener poca producción durante los primeros meses del cultivo, esta estuvo relacionada con la densidad de los organismos fitoplanctónicos en la columna de agua (Figura 43), en los meses de junio y julio se da un aumento y coincide con el crecimiento y permanece así hasta septiembre. La variable peso tuvo más relación con la densidad fitoplanctónica en los primeros meses del cultivo y el peso permanecía bajo, pero constante en la ganancia de peso, para el mes de agosto se da un aumento considerable en el peso y la densidad aumenta para el mes de junio permaneciendo así hasta septiembre, siendo este un reflejo en la aceptación de la oferta del medio.

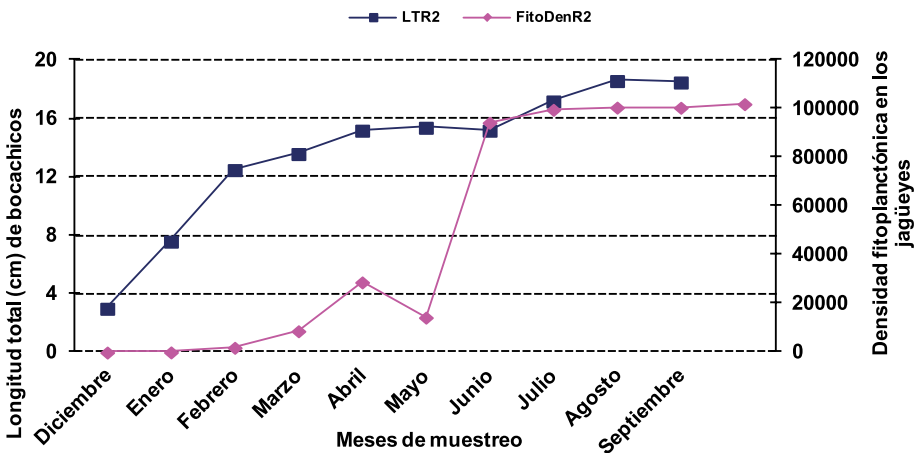


Figura 43. Relación talla vs densidad fitoplanctónica (agua) en el tratamiento R2

Para todos los tratamientos las densidades más altas presentadas durante el tiempo de cultivo se vio en la época de verano entre los meses de abril-junio, posiblemente estas concentraciones pudieron aumentar por la mayor incidencia de la luz sobre los jagüeyes, dándole mayor oferta de productividad primaria (fitoplancton).

La relación que se establece entre el crecimiento y la densidad del fitoplancton en los jagüeyes, permite observar que la oferta del medio como reacción al abonamiento, es constante a lo largo de todo el tiempo de trabajo, así como el aprovechamiento que hace de este el bocachico estabulado, como lo evidencia la presencia de fitoplancton tanto en el medio (oferta), como en los estómagos.

Para el caso de R9, las curvas de talla y peso vs densidades de fitoplancton (Figuras 41 y 42), muestran que hubo un mejor aprovechamiento de esta oferta, pues se nota una relación inversa entre el crecimiento y la presencia de fitoplancton en el medio, lo que indica su buen consumo por parte de los bocachicos, en especial durante los meses de junio a septiembre.

DISCUSIÓN

Algunas características como la conductividad y los sólidos disueltos presentan disminución en los valores promedio, pero mantienen el comportamiento en cada jagüey, lo cual se debe a un efecto de dilución de sales por las lluvias pero también por su precipitación a razón de un incremento significativo en los valores de pH. Los nutrientes en cambio se vieron favorecidos pues lograron incrementar en los jagüeyes abonados, dejando muy por debajo el sistema blanco.

La transparencia evidencia a través de una disminución significativa que a pesar del aumento en la columna de agua, los procesos de dilución no afectaron a los nutrientes que se mantuvieron ideales.

En cuanto a fitoplancton y zooplancton se muestra que a través del tiempo el primero se incrementó considerablemente, tanto

en términos de abundancia como de riqueza, presentando valores significativamente altos y diferenciados entre jagüeyes, lo cual es atribuible al abonamiento. Mientras que el zooplancton no muestra variaciones drásticas en términos de riqueza pero sí de abundancia, lo que refleja una relación con el incremento de las poblaciones fitoplanctónicas, que pudieron estar favoreciendo en incremento en número de sus consumidores. Estas relaciones reflejaron un buen nivel de producción, ya que se mantienen las proporciones típicas de los sistemas naturales de las tierras bajas de la región.

Los análisis muestran que en la mayoría de factores considerados no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados, estos no generan cambios en las medias de los factores limnológicos. Sin embargo, se detectan variaciones que pueden asociarse a las diferencias de ganancias de biomasa piscícolas.

En todos los casos las ganancias en tallas y pesos de los peces se asocia a las dinámicas de productividad de los jagüeyes, en el caso de los nutrientes como el nitrato se encontró que las concentraciones responden a las acción de fertilización, un aspecto importante es que en ninguno de los casos la fertilización comprometió las concentraciones de oxígeno disuelto y por lo tanto, no se detectan en los jagüeyes, ni en un periodo donde se sometieran a los peces a un déficit de oxígeno durante el levante o engorde.

La fertilización de los jagüeyes en los porcentajes definidos en el modelo experimental fue efectiva para lograr el desarrollo de una comunidad fitoplanctónica que en composición y abundancia garantizar una dieta óptima para engorde de los peces, pero

además estimula el desarrollo de una comunidad zooplanctónica que enriqueciera la dieta ofertada en el sistema.

En el caso particular de la riqueza fitoplanctónica se puede observar que la comunidad está constituida por varios grupos donde los tamaños y la composición nutricional de las células son fundamentales en nutrición de los peces, las Bacillariophytas (diatomeas) son un grupo de fitoplanctares grandes con estructuras de síliceas que no son fácilmente digeribles, las cianobacterias o cianofitas pueden generar sustancias tóxicas bajo ciertas condiciones limnológicas específicas, los otros grupos presentan especies de algas con tamaños variables, pero que en general son comestibles y digeribles en su totalidad. Por lo tanto, la presencia de cepas no tóxicas de cianofitas y las altas densidades de fitoplanctares con una alta digestibilidad en los jagüeyes fertilizados, en especial el tratamiento R9, son un buen determinante para explicar los rendimientos obtenidos.

En relación a la comunidad zooplanctónica se observa que existe un grupo con mayor riqueza y abundancia que corresponde a los rotíferos, este grupo en varios estudios bromatológicos ha demostrado una composición en nutrientes y aceites esenciales que garantiza una alta supervivencia en los estados larvarios y juveniles de los peces, pero además es un material excelente en su dieta de engorde. Otros grupos de relevancia en la comunidad zooplanctónica corresponden a los micro-crustáceos donde los nauplios o larvas de copépodos y cladóceros se presentan en números considerables, este eslabón de zooplancton además de ser un material de alta digestibilidad, tamaño pequeño que garantiza su captura, presenta composición abundante de vitelo que es un material rico en elementos esenciales para la supervivencia y engorde de los peces.

Si bien los peces objeto de estudio son animales esencialmente litotróficos, la fertilización del agua y el mantenimiento de un nivel adecuado de oxígeno y una transparencia que garantice la incidencia de luz en las estructuras del fondo son un estimulador de desarrollo del perifiton. Este material además de garantizar una oferta nutricional adecuada para el engorde, el zooplancton que se fija se alimenta del perifiton o el que queda atrapado en las fibras de las algas filamentosas es un fenómeno que ayuda a entender los resultados obtenidos e identificar la fertilización como un determinante que explica las ganancias de biomasa piscícola en el modelo experimental diseñado.

CONCLUSIONES

Los análisis de los resultados obtenidos en la investigación sobre la dinámica limnológica y los efectos de la fertilización sobre la productividad del sistema nos permiten concluir que:

No existe un determinante limnológico individual como el oxígeno disuelto, pH o riqueza planctónica que se defina con nivel de confianza estadística como el aspecto fundamental que sea responsable de la variación en los valores peso total o longitud total obtenida de los peces.

El análisis muestra que existe una combinación de los determinantes que se pueden definir como dos fenómenos fundamentales para explicar los resultados de la ganancia diferencial de peso y talla en los peces, uno corresponde a la fertilización del sistema y el otro, a la productividad planctónica y perifítica del jagüey.

Es importante considerar que la producción planctónica y perifítica del sistema de cultivo adoptado es una respuesta del

medio a la acción experimental definida en el modelo diseñado para fertilizar, de tal suerte que se puede concluir que el modelo experimental aplicado en el tratamiento R9, se ajusta mejor a las exigencias de una respuesta de los peces en cuanto talla y peso para una actividad comercial.

Los resultados muestran que las dosis, las frecuencias y los métodos de fertilización son adecuados con el resultado experimental que se busca, que corresponde a la ganancia en peso y talla de los peces y garantiza la constitución limnológica del sistema que no pone en riesgo su supervivencia en los jagüeyes.

El modelo de tratamiento adaptado para la fertilización no superó para ninguno de los tres casos (R6, R9 y R10) la capacidad del sistema para incorporar material alóctono en la cadena de producción (fitoplancton, zooplancton y peces), lo cual se hubiese evidenciado en los factores físicos y químicos monitoreados, generando condiciones de riesgo para los peces como pH ácidos con capacidad de producir irritación o quemaduras de piel o branquias, déficit de oxígeno disuelto que generaría muerte por anoxia, concentración de amoníaco o nitritos que son sustancias tóxicas para la fauna piscícola.

Desde el punto de vista experimental se puede inferir que pueden probarse dosis mayores, sin embargo estas no deben hacerse sobre la base de las condiciones limnológicas puntuales del sistema solamente, sino de los rendimientos en biomasa de peces obtenidos y los rendimientos del modelo en forma integral, es decir, que garanticen la producción actual, pero que no ponga en riesgo la utilización del agua en otras actividades pecuarias y para un uso futuro. Por lo tanto, cualquier aumento de las dosis presentadas debe hacerse sobre la base de un modelo sustentable del jagüey en el tiempo.

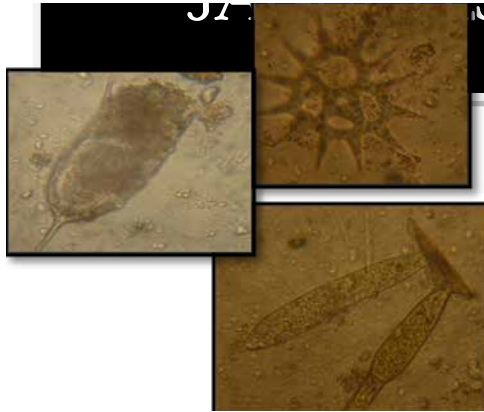
REFERENCIAS

- Aranguren Riaño, N. (2002). Métodos para el estudio del zooplancton de sistemas epicontinentales. En G. Rueda (Ed.), *Manual de Métodos en Limnología*. (pp.29-36). Bogotá: Asociación Colombiana de Limnología (ACL-Limnos).
- Blanco Racedo, J. (1994). *La actividad pesquera del Embalse del Guájaro departamento del Atlántico* (marzo-noviembre).
- Bohórquez, A. (1992). Contribución al estudio limnológico de la región de Cundinamarca. En *II Seminario Nacional de Limnología*.
- Bohórquez, A. (1996). *Ecología de aguas continentales*. Bogotá: UNINCCA.
- Colombia. CRA (1994). Plan de Manejo Ambiental del Departamento del Atlántico. Ecoforest. En *Informe ejecutivo de la CRA*.
- Mapfre S.A. (1994). *Manual de contaminación ambiental*. Madrid, España.
- Marín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de agua*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Mikkola, H. & Arias, P. (1976). *Evaluación preliminar de la limnología y de las poblaciones de peces en el sistema del Canal del Dique*. Bogotá: INDERENA, FAO.
- Ramírez González, A. (2006). *Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ramírez, A. & Viña, G. (1998). *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Primera edición. Publicada y editada por BP Exploration Company (Colombia) LTD. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

- Roldán, G., Posada, J. A. & Gutiérrez, J. C. (2001). *Estudio limnológico de los recursos hídricos del Parque de Piedras Blancas*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. ISBN: 958-9205-19-4.
- Roldán, G. & Ruiz, E. (2001). Development of Limnology in Colombia. R. G. Wetzel (Ed.), *International Association for Limnology (SIL)*. Vol. 3.
- Sánchez, P. & López, H. F. (2002). *Curso de manejo y análisis de datos en conservación y manejo de vida silvestre*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales y Estación de Biología Tropical "Roberto Franco".
- Sournia, A. (1978). *Phytoplankton manual*. Paris: UNESCO.

CAPÍTULO 4

CONTENIDO ESTOMACAL A PARTIR DEL PROCESO DE FERTILIZACIÓN EN LOS JAGÜEYES DE PRODUCCIÓN



NORVIS ACOSTA ORELLANO

Bióloga. Investigador Universidad Simón Bolívar, grupo GIDE.

KARINA CASTELLANOS ROMERO

Bióloga. Msc. Ciencias Ambientales.

LUIS CARLOS GUTIÉRREZ

Biólogo. Msc. Biología.

ROBERTO RIVERA MENDOZA

Ingeniero Pesquero Msc. Investigador Universidad Simón Bolívar, grupo GIDE.

robrivera8@hotmail.com

RESUMEN

Durante un período de ocho meses se analizó un total de 250 estómagos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) para establecer las preferencias alimentarias sobre los organismos planctónicos presentes en los jagüeyes R6, R9, R10 y R2 de la Finca San Felipe, Piscicultura La Metra. Se observaron los organismos planctónicos presentes en los contenidos estomacales y las bandas de perifiton y se compararon con los organismos presentes en el agua.

Las preferencias alimentarias del bocachico durante los ocho meses de muestreo estuvieron constituidas básicamente por dos categorías: Componente vegetal: Fitoplancton, Componente animal: Zooplancton; adicionalmente se encontraron restos vegetales principalmente fibras vegetales; restos de animales no planctónicos como los restos de insectos, material orgánico e inorgánico que no puede ser identificado (MOINI): en esta categoría se incluyen: cristales de cuarzo, caparazones de microcrustáceos, restos de materia orgánica (detritus) y de materia inorgánica, hubo presencia considerable de huevos de pez, y algunos hongos en el estómago y en las bandas de perifiton.

De acuerdo con las comparaciones de presencia y ausencia entre las tres variables analizadas hubo mayor coincidencia entre los organismos planctónicos encontrados en el contenido estomacal con los organismos fijados en las bandas de perifiton que los encontrados en los análisis de agua.

Palabras clave: Perifiton, organismos planctónicos, materia orgánica e inorgánica.

INTRODUCCIÓN

Una de las áreas importantes en la ecología de peces se refie-

re a sus hábitos alimenticios o ecología trófica (Olaya-Nieto & Atencio-García, 2005). La importancia de conocer los hábitos alimenticios radica en que ecologistas y administradores de recursos pesqueros precisan cada vez más de información sobre el funcionamiento de los ecosistemas para poder manejarlos adecuadamente, en donde la ecología trófica es una herramienta importante (Zavala-Camin, 1996). El conocimiento de la forma como se alimentan los peces ofrece información sobre el hábitat, disponibilidad de alimento en el ambiente y aspectos de comportamiento (Hahn *et al.*, 1997).

Lo anterior es muy importante en la acuicultura, porque para lograr mayores resultados en el incremento en peso de organismos cultivados en el menor tiempo posible es necesario conocer sus requerimientos nutricionales, para la formulación y fabricación de dietas artificiales (Vásquez, 2004), debido a que el alimento representa el mayor costo en la producción, por lo que optimizarlo y manejarlo correctamente es necesario para el éxito comercial (Zavala-Camin, 1996).

Los peces, en contraste con la mayoría de los otros vertebrados, consumen una gran variedad de alimentos y muestran diferentes hábitos alimenticios (Prejs & Colomine, 1981), por tanto, los estudios sobre sus dietas y actividades alimenticias han generado un mayor entendimiento de los organismos de la ictiofauna y los demás componentes de la comunidad acuática (Hahn *et al.*, 1997); y si sus hábitos cambian con factores como espacio, tiempo, edad, talla, sexo, madurez, migraciones, temperatura, entre otros (Tresierra & Culquichicón, 1993).

El bocachico (*Prochilodus magdalenae*) es la principal especie de la pesquería continental colombiana. Esta especie ha sido considerada como alternativa para la piscicultura extensiva y semi-intensiva por las ventajas que representa su régimen alimentario detritívoro.

Por lo tanto, estudiar y conocer sus hábitos alimenticios incrementará el estado del conocimiento de la especie como una herramienta que permita su preservación en el medio natural y el ordenamiento de su pesquería de cara a su aprovechamiento pesquero, así como desarrollar estudios nutricionales y alimenticios, preparar raciones, manejar su alimentación y planificar cultivos tanto en estanques naturales artificiales como en jagüeyes.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el análisis del contenido estomacal del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) a partir de la fertilización con abono orgánico para establecer las preferencias en la ingesta de organismos planctónicos, sembrados en los cuatro jagüeyes (R6, R9, R10 y R2) en la Finca San Felipe, Piscicultura La Metra, municipio de Juan de Acosta, Atlántico.

METODOLOGÍA

Fase de campo

Toma de muestras biológicas

Se tomó una muestra quincenal de seis individuos por jagüey, coincidiendo estos muestreos con las biometrías mensuales y el seguimiento semanal del cultivo.

Los ejemplares fueron capturados con red de pesca tipo trasmallo y depositados en tanques con agua procedente de cada jagüey; se seleccionaron los individuos que cumplieran con un intervalo de clase de talla establecido. En cada jagüey se efectuó un promedio de 15 lances tanto sobre un bote de fibra de vidrio, como desde la orilla del jagüey, donde se ubicaron diferentes puntos de pesca, de tal forma que abarcaran todo el cuerpo de agua y así evitar realizar un sesgo de las muestras.

A cada uno de los ejemplares colectados se les tomó la información biométrica básica: Longitud total (LT), Peso total (PT) (Figura 1), y aspectos tróficos, datos que fueron consignados en formularios diseñados para este propósito.



Figura 1. Registro biométrico de ejemplares de bocachico para análisis de contenido estomacal

Las muestras se fijaron en el mismo sitio con formalina al 5 % neutralizadas con tetraborato de sodio para detener los procesos digestivos (Prejs & Colomine, 1981). Se rotularon en recipientes plásticos con la identificación del jagüey: fecha, hora y lugar de captura; luego fueron depositadas en neveras térmicas con hielo para su conservación hasta llegar al Laboratorio de Investigación de la Universidad Simón Bolívar para su respectivo análisis.

Toma de muestras bandas de perifiton

Se tomó una muestra mensual de las bandas de perifiton instaladas en cada uno de los jagüeyes seleccionados. Con ayuda de una tijera se cortaba un área 10*10cm de las bandas de perifiton (Figura 2); la muestra se fijaba con formol al 5% y se conservaron en bolsas Ziploc, para su posterior análisis en el laboratorio.



Figura 2. Recolección de bandas de perifiton para su posterior análisis

Fase de laboratorio

Disección de los peces

Una vez en el laboratorio (Figura 3a), se efectuó la disección de los ejemplares, haciendo un corte longitudinal (Figura 3b) desde el orificio anal hasta la sección gular, procediendo a separar las vísceras del peritoneo.



Figura 3. (a) Ejemplares de bocachico, (b) Disección de los ejemplares

Extracción de los estómagos

Una vez efectuada la disección de los peces, aplicando las técnicas de Laevastu (1980), se identificaron y separaron las diferentes partes del tubo digestivo: el esófago, el estómago, los intestinos y los ciegos pilóricos (Figura 4a), se procedió a retirar el estómago de cada ejemplar (Figura 4b), para su conservación en frascos plásticos de 60 ml con etanol al 70 % y rotulados con lugar de captura, fecha, hora de captura, número de la muestra, identificación de jagüey; en un formato se anotó la información citada, además de la talla y el peso.



Figura 4. (a) Identificación de órganos de la cavidad abdominal del bocachico, (b) Separación de los órganos (estómago, esófago)



Figura 5. Peso de estómagos con contenido y sin contenido estomacal en una balanza analítica

Cada estómago retirado de la cavidad abdominal se secó por 5 minutos con papel absorbente (Prejs & Colomine, 1981) y se pesó en húmedo o con contenido estomacal en una balanza analítica marca *Vibra Max/d220/0,0001gr* (Figura 5).

Extracción del contenido estomacal

Para este procedimiento se hizo un corte longitudinal al estómago, para dejar expuesto su contenido (Figura 6), el cual se extrajo, se depositó en una caja de petri y se lavó con la menor

cantidad de agua destilada obteniendo un volumen aprox. de 20 ml; se examinó al estereoscopio en un equipo marca *Leica*, con zoom 2000, identificándose el alimento o presas presentes; luego fue pasado a frascos de 60 ml y se fijaron con formalina al 5 %. El estómago vacío se peso nuevamente para obtener por diferencia de peso el del contenido estomacal.



Figura 6. Estómago abierto mostrando la masa orgánica

Análisis contenido estomacal

La identificación cualitativa y cuantitativa de los organismos planctónicos presentes en los contenidos estomacales de los ejemplares de bocachico se realizó a nivel de géneros con la ayuda de un microscopio, marca *Nikon Optihot TX-35A* con objetivos de 40x y 100x (Figura 7).

La determinación se efectuó realizando previamente una homogeneización de la muestra con movimientos sinuosos durante un minuto, tomando un mililitro y colocándola en un portaobjeto y/o en una cámara de Nuebauer de 10 mm (Ramírez, 1982;

Parra, Rivera & Orellana, 1983; Roldán, 1979). Para la identificación y determinación taxonómica se utilizaron las claves de Parra *et al.* (1982), Bourelly (1970), Prescott (1978), Roldán (1979), González (1988), Roldán y Machado (1979). Para la identificación de aquellos géneros de difícil taxonomía se les tomaron fotografías con la ayuda de una cámara fotográfica y un microscopio triocular *Olympus Optical BX40F-3* para su posterior análisis a especialistas.



Figura 7. Observación al microscopio para análisis cualitativo y cuantitativo de los organismos planctónicos en el contenido estomacal del bocachico (*Prochilodus magdalenae*)

Análisis cuantitativo bandas de perifiton

A las muestras colectadas de las bandas de perifiton se les realizó un raspado con la menor cantidad de agua destilada posible para obtener un volumen aprox. de 15 ml, se depositaron en frascos de 60 ml y se fijaron con formol al 4 % (Figura 8). La identificación cualitativa se realizó a nivel de géneros con ayuda de un microscopio compuesto y claves taxonómicas de Parra *et al.* (1982), Bourelly (1970), Prescott (1978), Roldán (1979), González (1988), Roldán y Machado (1979).



Figura 8. Raspado de bandas de fijación del perifiton

Tratamiento y análisis de la información

Los datos arrojados en los muestreos quincenales de los análisis de contenido estomacal para la identificación de la ingesta de organismos planctónicos se consolidaron en un solo dato. Toda la información arrojada se sistematizó en Excel y se agrupó en una matriz única, se trabajó con gráficas de barras tridimensionales para mostrar la composición de las comunidades planctónicas y se compararon con los resultados obtenidos en los análisis de organismos planctónicos del agua y en las bandas de perifiton.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Composición del contenido estomacal del bocachico en los jagüeyes R6, R9, R10 y R2

Se analizó un total de 250 estómagos de bocachico, capturados quincenalmente en el periodo comprendido entre febrero-septiembre de 2010. La talla mínima registrada fue de 12 cm LT (marzo R10), y la máxima fue de 28,4 cm LT (septiembre R9).

Así mismo, el menor peso registrado fue de 22 g (marzo R10), y el mayor de 302 g (sept R9). Se identificaron tres categorías de alimento: **organismos planctónicos vegetales y animales:** algas microscópicas o fitoplancton y zooplancton; **restos vegetales:** fibras vegetales; **materia no determinada.**

Composición y abundancia de los organismos vegetales: Algas microscópicas o fitoplancton presentes en el contenido estomacal del bocachico

En el contenido estomacal del bocachico en los cuatro jagüeyes (R6, R9, R10 y R2) ubicados en la Finca San Felipe, se encontró un total de 66 géneros de fitoplancton entre febrero y septiembre de 2010 (Tabla 1), de los cuales 16 géneros pertenecen a las Cyanophytas (33 %), 27 a las Chlorophytas (13 %), 5 a las Euglenophytas (22 %), 14 a las Bacillariophytas (27 %), 1 género para Xanthophytas (5 %), 2 géneros para Pyrrophyta (0 %) y un morfogénero (Figura 9).

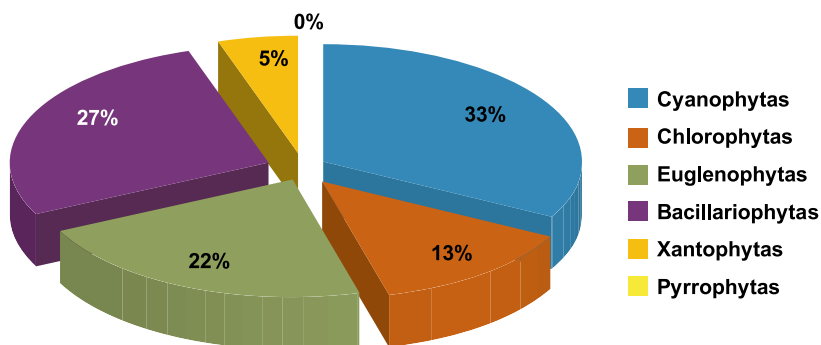


Figura 9. Abundancia (%) de los grupos taxonómicos del fitoplancton hallado en el contenido estomacal del bocachico en los jagüeyes R6, R9, R10 y R2

Los géneros con mayores densidades fueron *Navícula sp* (897 cel/ml), *Trachelomona sp* (691 cel/ml), *Oscillatoria sp* (636 cel/ml), *Anabaena sp* (473 cel/ml), *Phacus sp* (313 cel/ml), *Chroococcus sp* (310 cel/ml) (Tabla 1).

Tabla 1. Composición cualitativa del fitoplancton presente en los estómagos del bocachico y bandas de perifiton en los cuatro ja-güeyes seleccionados

División	Clase	Géneros
CYANOPHYTA	Cyanophyceae	Microcistis sp
		Chroococcus sp
		Merismopedia
		Aphanocapsa sp
		Spirulina sp
		Oscillatoria sp
		Lynbya sp
		Anabaena sp
		Anabaenopsis sp
		Rivularia sp
		Anacystis sp
		Coelosphaerium sp
		Gomphosphaeria sp
		Phormidium sp
Calothrix sp		
Cylindroespermopsis sp		
CHLOROPHYTA	Chlorophyceae	Chlorella sp
		Oocystis sp
		Chodatella sp
		Treubaria sp
		Ankistrodesmus sp
		Kircneriella sp
		Monorapidium sp
		Dictyosphaerium sp
		Tetraedron sp
		Pediastrum sp
		Scenedesmus sp
		Staurastrum sp
		Staurodesmus sp
		Crucigenia sp
Chlamidomona sp		
Coelastrum sp		

Contenido Estomacal a partir del Proceso de Fertilización en los Jagüeyes de Producción

		Closterium sp
		Pandorina sp
		Volvox sp
		Cosmarium sp
		Sphaerocystis sp
		Eudorina sp
		Planctonema sp
		Spirogira sp
		Elakantotrix sp
		Oedogonium sp
		Botricoccus sp
EUGLENOPHYTA	Euglenaceae	Euglena sp
		Trachelomona sp
		Strombomona sp
		Lepocinclis sp
		Phacus sp
BACYLARIOPHYTA	Bacylariophyceae	Gyrosigma sp
		Navicula sp
		Surirella sp
		Fragilaria sp
		Nitzchia sp
		Pinnularia sp
		Cymbella sp
		Ciclotella sp
		Aulacoseira sp
		Synedra sp
		Eunotia
		Diploneis sp
		Leptocilindrus sp
		Rhopalodia sp
XANTHOPYTA	Ophiocytaceae	Ophiocytium sp
PYRROPHYTA	Dinophyceae	Peridinium sp1
		Peridinium sp2
		Morfogenero sp1

Fuente: Los autores

Densidades de los grupos del fitoplancton presentes en los jagüeyes R6, R9, R10 y R2 de la Finca San Felipe-Juan de Acosta

Para el jagüey R6 predominaron las Cyanophytas y las Bacillariophytas con un 36 % de la densidad total, siguiéndoles las Chlorophytas con 14 %, las Euglenophytas con 13 % y en menor proporción las Xanthophytas y Pyrrophytas con 1 % (Figura 10).

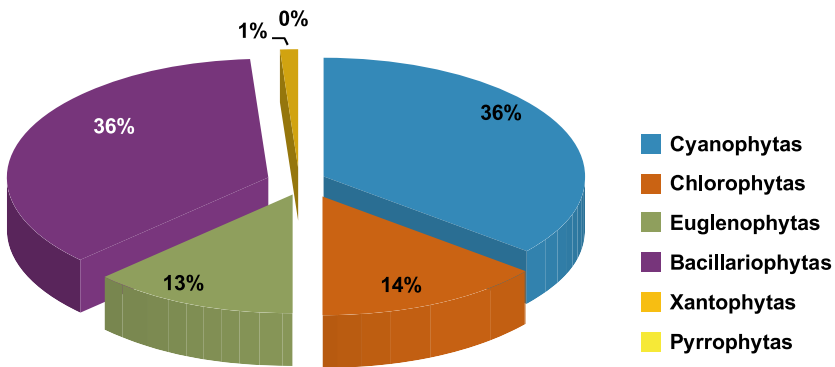


Figura 10. Composición (%) de los grupos fitoplanctónicos hallados en el contenido estomacal de los bocachicos en el jagüey R6

Para el jagüey R9 se presentaron las Euglenophytas con el 35 % del total del fitoplancton, seguidas de las Cyanophytas con 34 % y las Bacillariophytas con el 18 %; en menor proporción las Chlorophytas con el 10 % y las Xanthophytas con el 3 %, siendo ausente el grupo Pyrrophytas (Figura 11).

En el jagüey R10 las Bacillariophytas fue el grupo predominante con el 30 % del total del fitoplancton, siguiendo en su orden las Cyanophytas con el 24 %, las Euglenophytas con el 18 %; mientras que las Chlorophytas estuvieron presentes con el 17 % y Xanthophytas con el 11 %; el grupo Pyrrophytas estuvo ausente en este jagüey (Figura 12).

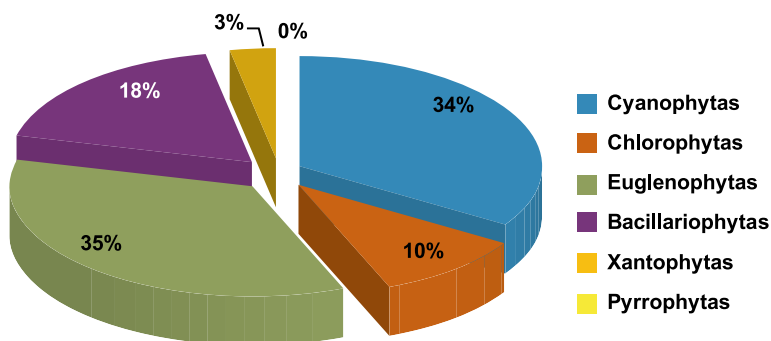


Figura 11. Composición (%) de los grupos fitoplanctónicos hallados en el contenido estomacal de los bocachicos en el jagüey R9

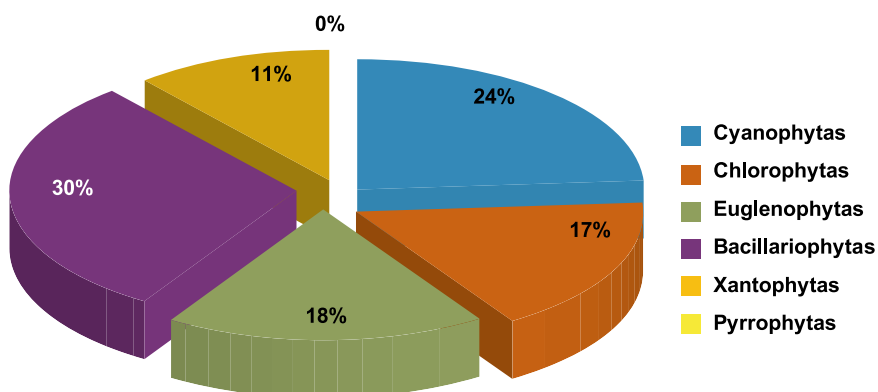


Figura 12. Composición (%) de los grupos fitoplanctónicos hallados en el contenido estomacal de los bocachicos en el jagüey R10

El grupo Cyanophytas fue el que mayor densidad presentó para el jagüey control R2; siguiéndoles las Bacillariophytas con 25 %, las Euglenophytas con el 18 % y las Chlorophytas con el 15 %; en menor proporción se encontró el grupo Xanthophytas con el 8 % y nuevamente las Pyrrophytas fueron ausentes (Figura 13).

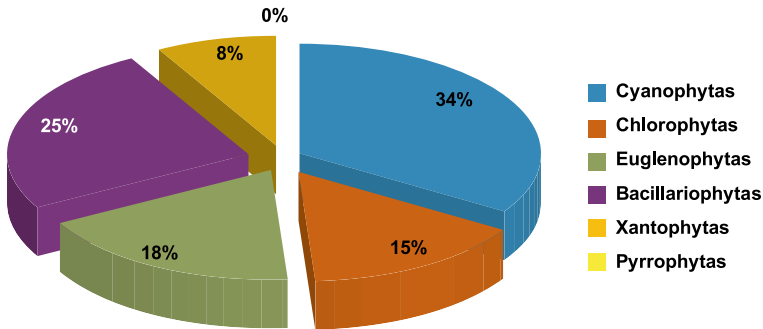


Figura 13. Composición (%) de los grupos fitoplanctónicos hallados en el contenido estomacal de los bocachicos en el jagüey R2

Densidad de géneros encontrados en los estómagos de bocachico de cada jagüey

En el jagüey R6 la mayor densidad la presentaron los géneros *Navicula sp* con 318 cel/ml, *Oscillatoria sp* con 309 cel/ml, *Trachelomona sp* con 130 cel/ml; en menor densidad se presentaron *Chroococcus* 55 cel/ml, *Monorapidium* con 42 cel/ml (Figura 14). En el jagüey R9 los géneros *Trachelomona sp* con 356 cel/ml, *Anabaena sp* con 330 cel/ml y *Navicula* con 202 cel/ml fueron los que reflejaron una mayor densidad; mientras que *Pinnularia* 56 cel/ml y *Microcistis* con 47 cel/ml presentaron las menores densidades (Figura 14).

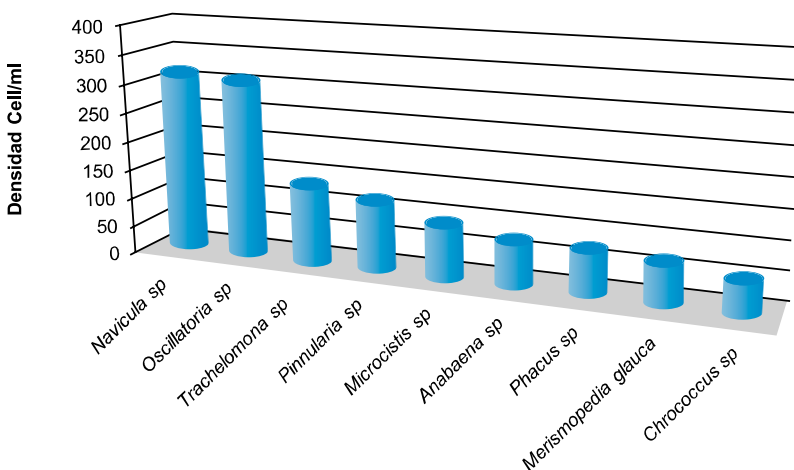


Figura 14. Densidad de géneros en los contenidos estomacales del bocachico en el jagüey R6

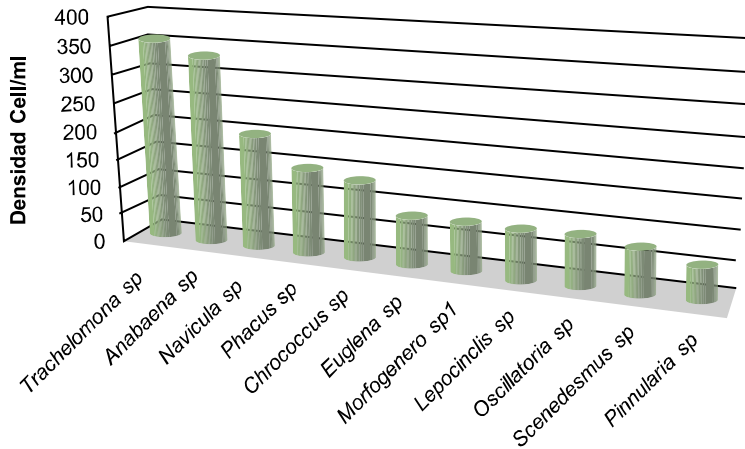


Figura 15. Densidad de géneros en los contenidos estomacales del bocachico en el jagüey R9

En el jagüey R10 en mayor abundancia se presentaron los géneros *Navicula sp* con 214 cel/ml, *Trachelomona sp* con 108 cel/ml y *Chrococcus sp* con 91 cel/ml; en menor abundancia se registran los géneros *Peridinium sp* 1 con 35 cel/ml y *Spirogira sp* con 2 cel/ml (Figura 16). El jagüey control R2 presentó a los géneros *Oscillatoria sp* con 174 cel/ml, *Navicula sp* con 163 cel/ml y *Trachelomona sp* con 91 cel/ml como los de mayor abundancia; así mismo los géneros *Peridinium sp* con 37 cel/ml y *Leptocilindrus sp* con 1 cel/ml como los de menor abundancia (Figura 17).

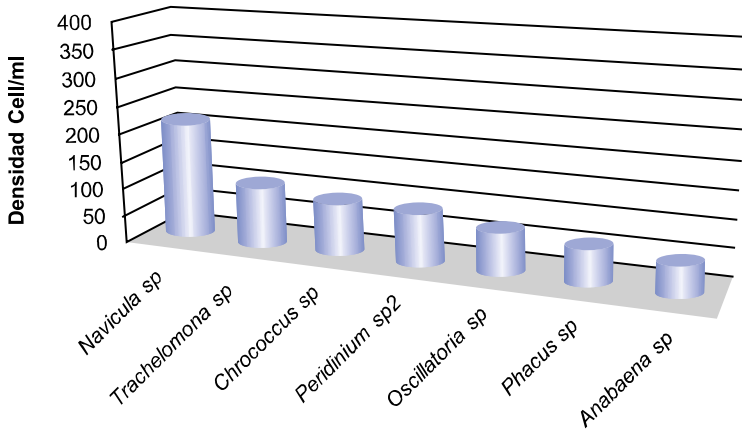


Figura 16. Densidad de géneros en los contenidos estomacales del bocachico en el jagüey R10

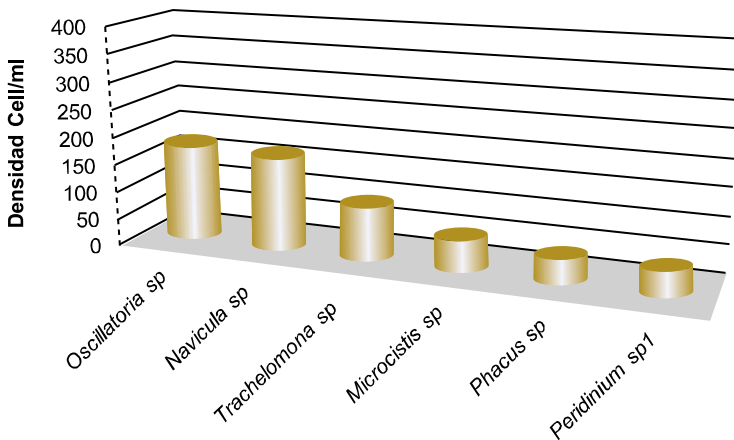


Figura 17. Densidad de géneros en los contenidos estomacales del bocachico en el jagüey R2

Géneros encontrados en el contenido estomacal del bocachico en los meses de muestreo

En el jagüey R6 los géneros como la *Navicula sp* predominaron en abundancia en los meses de agosto, febrero y julio y la mínima abundancia se presentó en mayo y junio. La *Oscillatoria sp* fue más abundante en los meses de abril, mayo y agosto; mientras que la mínima fue para los meses de junio y julio. El género

Trachelomona sp predominó en los meses de julio, agosto y septiembre y fue menos abundante en marzo, abril, mayo (Figura 18).

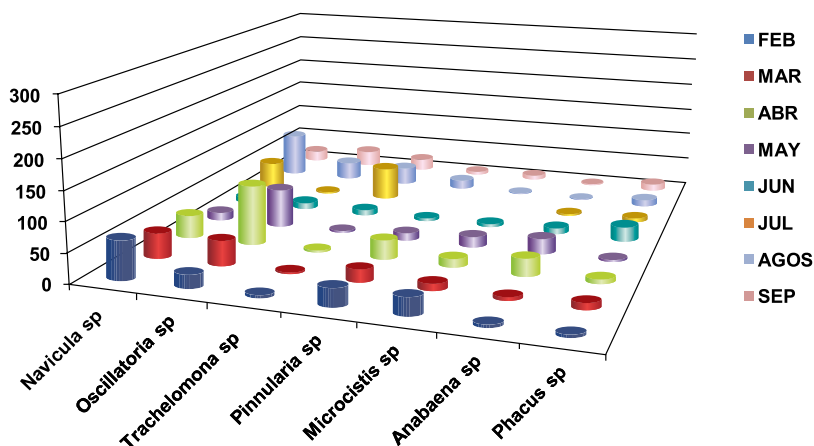


Figura 18. Presencia de géneros en el contenido estomacal de los bocachicos del jagüey R6 a lo largo de los meses de muestreo

La Figura 19 muestra que para el jagüey R9 en los meses de julio, marzo y agosto predominó la *Trachelomona sp* como el género que obtuvo la mayor abundancia, así mismo *Anabaena sp* tuvo su mayor abundancia en julio; *Navicula sp* fue muy constante a lo largo de todo el muestreo y tuvo su mayor abundancia en los meses de agosto y julio; el género *Phacus sp* fue un género que estuvo presente durante todos los meses en este jagüey, siendo su mayor abundancia en julio y agosto. *Chroococcus sp* fue un género que no fue muy constante, pero presenta un pico alto en el mes de abril.

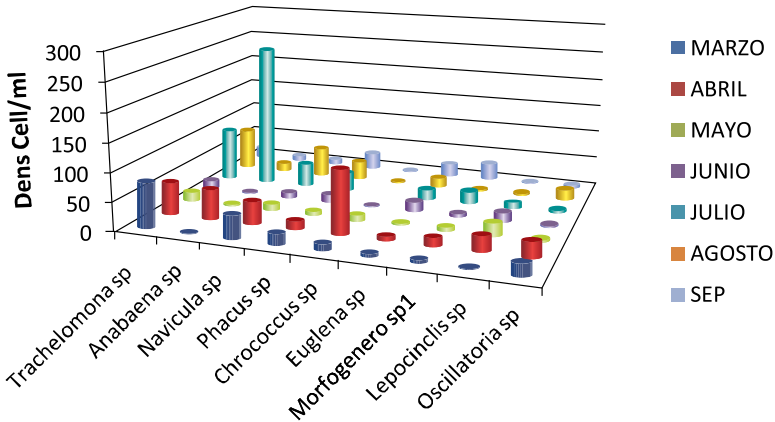


Figura 19. Presencia de géneros en el contenido estomacal de los bocachicos del jagüey R9 a lo largo de los meses de muestreo

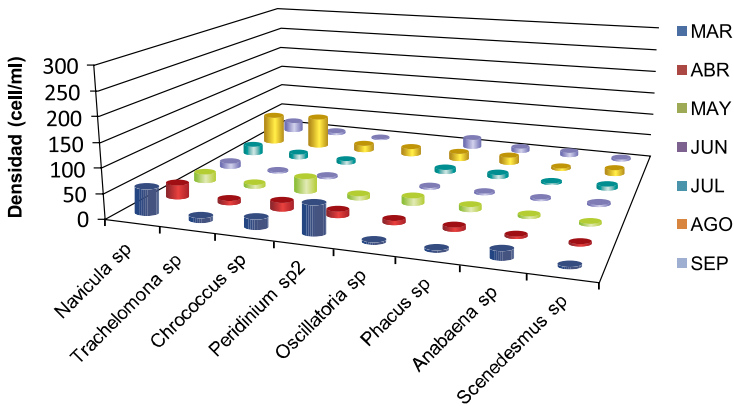


Figura 20. Presencia de géneros en el contenido estomacal de los bocachicos del jagüey R10 a lo largo de los meses de muestreo

Para los meses de agosto y marzo el género *Navicula sp* se presentó con la mayor abundancia en el jagüey R10, *Trachelomona sp* predominó en los meses de agosto y julio; mientras que *Chroococcus sp* lo hizo en mayo y marzo, el género *Peridinium sp2* fue abundante en los meses de marzo y agosto. Un género importante en todos los meses para este jagüey fue *Oscillatoria sp*, que no presenta densidades grandes, pero registra picos altos en los meses de septiembre y mayo (Figura 20).

En el jagüey control R2 se registraron en los meses de junio, mayo y agosto valores altos para el género *Oscillatoria sp*; al igual que el género *Navicula sp* registra mayor abundancia para los meses de mayo y abril; mientras que *Trachelomona sp* se encontró en mayor cantidad en los meses de julio y agosto. El género *Microcistis sp* hizo presencia en casi todos los meses de muestreo, siendo en mayo y abril los valores más altos (Figura 21).

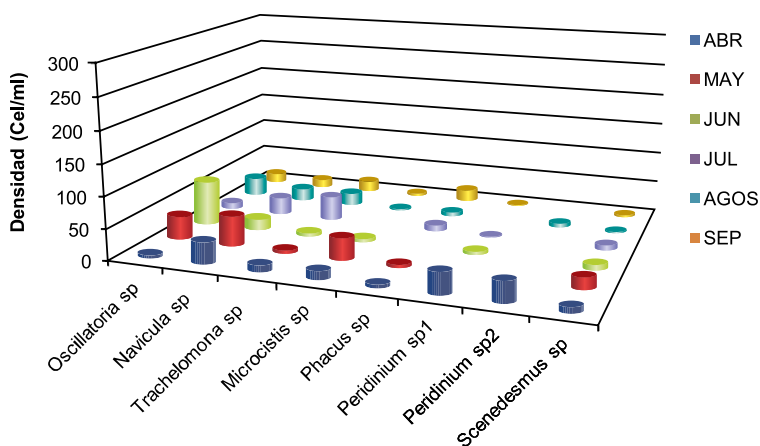


Figura 21. Presencia de géneros en el contenido estomacal de los bocachicos del jagüey R2 a lo largo de los meses de muestreo

Composición y abundancia de los organismos animales o zooplancton presentes en el contenido estomacal del bocachico

Con relación al zooplancton en los cuatro jagüeyes (R6, R9, R10 y R2) se encontró un total de 42 géneros (Tabla 2), de los cuales 26 pertenecen a los Rotíferos (62 %); 12 a los Microcrustáceos (28 %); dos géneros al grupo Protozoo (5 %) (Figura 22). Se reporta también el grupo Insecta con géneros como los Coleópteros y predominaron muchas partes de insectos no determinados; así mismo se reportan huevos de peces hallados en los contenidos estomacales del bocachico.

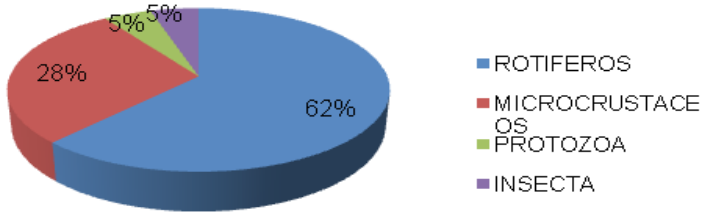


Figura 22. Composición de la riqueza de los grupos taxonómicos del zooplancton hallados en el contenido estomacal de los bocachicos en los jagüeyes R6, R9, R10 y R2

Tabla 2. Composición cualitativa del zooplancton presente en los estómagos del bocachico y bandas de perifiton en los jagüeyes-R6,R9,R10 y R2

Grupo	Géneros
ROTIFEROS	Keratella cochlearis
	Keratella americana
	Keratella tropica
	Keratella sp
	Brachionus quadridentales
	Brachionus budapatensis
	Bachionus falcates falcates
	Brachionus patulus
	Brachionus angularis
	Brachionus habanensis
	Brachionus sp
	Lecane elsa
	Lecane bulla
	Lecane papuana
	Lecane sp
	Aneuropsis sp
	Conochilus sp
	Testudinella patina
	Proales sp
	Asplanopus sp
Trichocerca pusilla	

		Asplanchna sp
		Filodina sp
		Beauchampiella sp
		Rotifero sp1
MICROCUSTACEOS	Copepodo	Nauplio sp
		Cyclopodio sp
		Harpacticoides sp
		Resto copepodo sp
	Cladocero	Nauplio de cladocero
		Ceriodaphnia sp
		Restos cladocero sp
	Ostracodo	Cypris sp
		Ciclocypris sp
		Candona sp
		Restos ostracodo sp
		Indeterminado
PROTOZOO	Sarcodino	Euglypha sp
		Diffugia sp
INSECTA	Hemipteros	Partes de insectos
		Partes coleóptero sp
PECES		HUEVOS DE PEZ
OTROS		MONI

Fuente : los autores

Contribución de los jagüeyes a la abundancia zooplanctónica

En el análisis de la abundancia de cada uno de los jagüeyes, se observa en la Figura 23 que los jagüeyes R6 y R9 presentan la mayor densidad con el 36 %, le sigue el jagüey R10 con el 21 %; mientras que el jagüey control R2 presenta la densidad más baja con el 7 %.

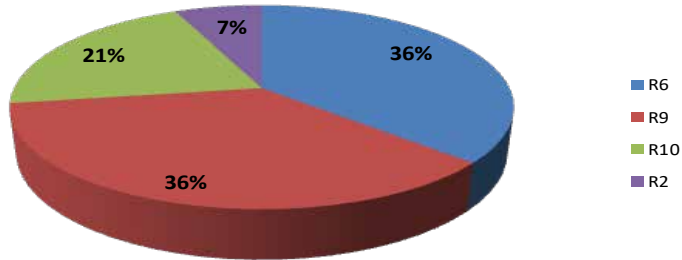


Figura 23. Contribución de los jagüeyes a la abundancia zoopláctónica encontrada en los contenidos estomacales del bocachico

Densidad de géneros del zooplancton encontrados en los estómagos de bocachico de cada jagüey

En el jagüey R6 la mayor densidad la presentaron los géneros *Anauropsis sp* con 46 ind, *Copepodo sp* con 16 ind, *Rotífero sp* con 15 ind; en menor densidad se presentaron *Crustáceos sp* con 4 ind y *Ciclocypris sp* con 2 ind (Figura 24). En el jagüey R9 los géneros *Anauropsis sp* con 15 ind, *Diffflugia sp* con 6 ind fueron los que reflejaron una mayor densidad; mientras que *Cladocero sp* con 3 ind y *Asplanopus sp* con 2 ind presentaron las menores densidades; los restos de insectos también fueron muy significativos en las densidades de este jagüey (Figura 25).

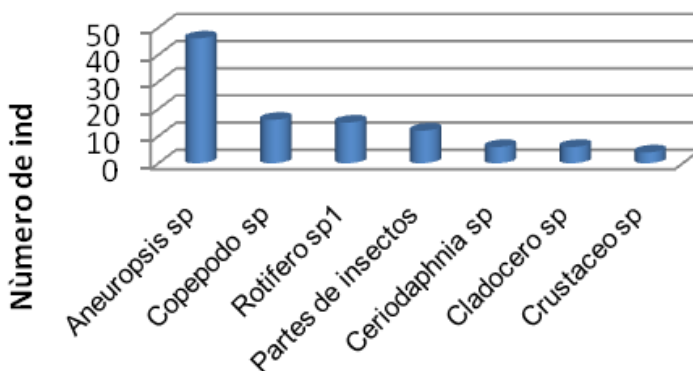


Figura 24. Densidad de géneros de zooplancton en los contenidos estomacales de los bocachicos del jagüey R6

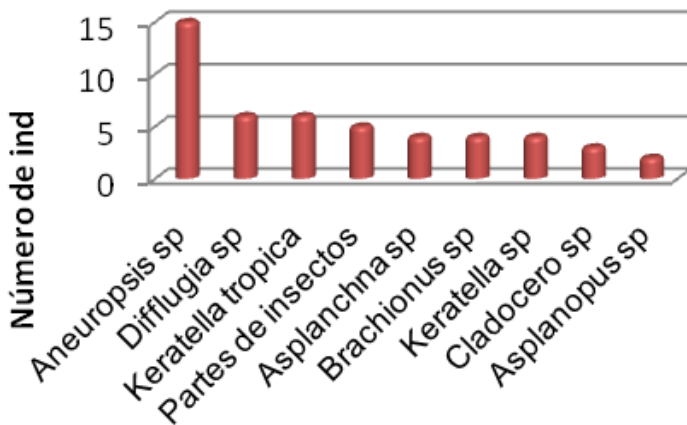


Figura 25. Densidad de géneros de zooplancton en los contenidos estomacales de los bocachicos del jagüey R9

En cuanto a las densidades de los géneros de zooplancton encontradas en el jagüey R10 se observa que los *Ostracodos sp* con 10 individuos obtuvieron el mayor valor seguidos de *Rotifero sp* con 9 ind; mientras que *Cladocero sp* con 2 ind y *Brachionus patulus* con 1 ind ocuparon las menores densidades (Figura 26). En el jagüey control R2, predominaron las partes de insectos y el género *Anauropsis sp* con 6 ind; así mismo los *Cladoceros sp* y el género *Brachionus patulus* con 1 ind fueron los de menores valores (Figura 27).

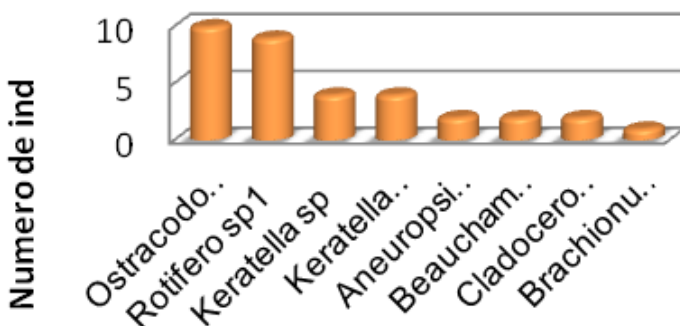


Figura 26. Densidad de géneros de zooplancton en los contenidos estomacales de los bocachicos del jagüey R10

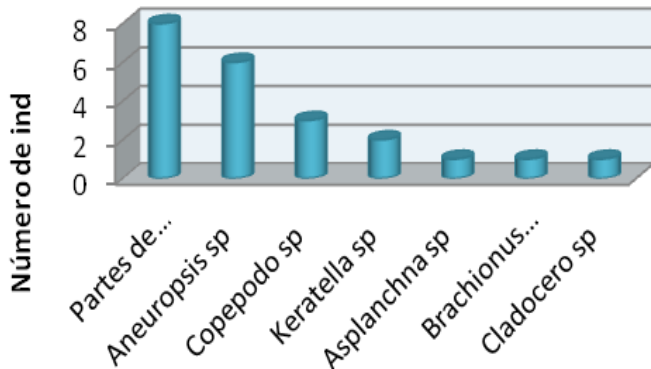


Figura 27. Densidad de géneros de zooplancton en los contenidos estomacales de los bocachicos del jagüey R2

Composición y abundancia de los organismos del fitoplancton presentes en las bandas de perifiton

En las observaciones realizadas en las bandas de perifiton se encontró que el grupo Cyanophytas tuvo mayor presencia en todos los jagüeyes, seguidas de las Chlorophytas, Euglenophytas y Bacillariophytas. El tratamiento R9 presentó la mayor densidad (Figura 28).

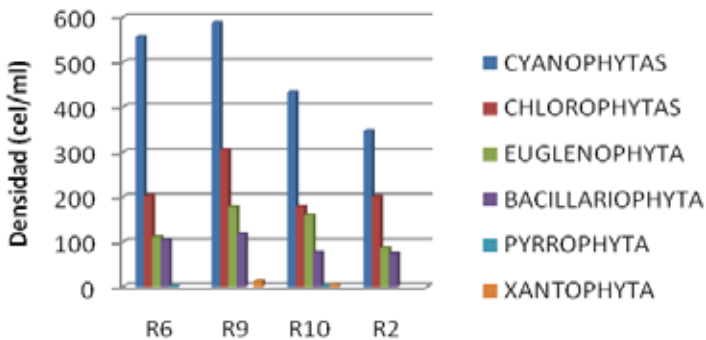


Figura 28. Abundancia fitoplanctónica en perifiton durante el cultivo de bocachico

El tratamiento R6 presentó las mayores densidades del grupo Cyanophytas en el mes de septiembre (183 cel/ml) (Figura 29), al igual que las Chlorophytas y las Euglenophytas.

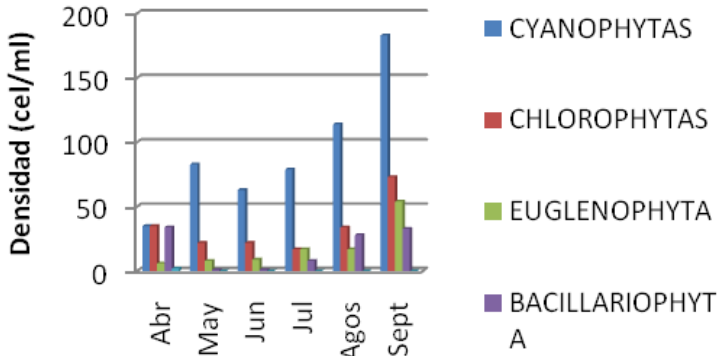


Figura 29. Variación mensual fitoplanctónica en perifiton en el tratamiento R6

El tratamiento R9 arrojó densidades de los grupos taxonómicos muy constantes a lo largo de los meses, observándose que en septiembre las Cyanophytas fueron más abundantes 157 cel/ml (Figura 30), seguidas del mes de mayo con 104 cel/ml. Las Chlorophytas están presentes en todos los meses, pero en menor densidad, mostrando en el mes de septiembre su mayor valor 80 cel/ml.

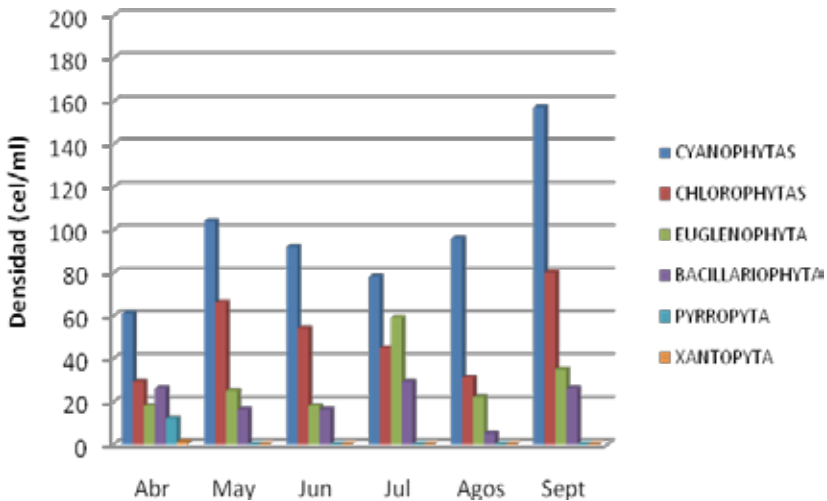


Figura 30. Variación mensual fitoplanctónica en perifiton en el tratamiento R9

El grupo Cyanophytas estuvo presente en el tratamiento R10 en todos los meses de muestreo, estando en los meses de agosto y septiembre en mayor abundancia con 96 y 98 cel/ml (Figura 31). Los otros grupos que hicieron presencia en menor densidad fueron las Chlorophytas y Euglenophytas.

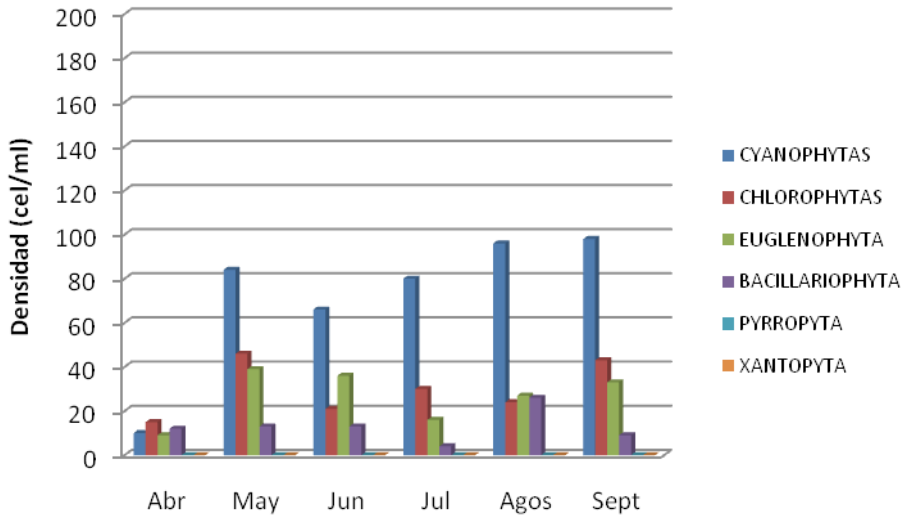


Figura 31. Variación mensual fitoplanctónica en perifiton en el tratamiento R10

El jagüey control R2 obtuvo muy poca presencia de grupos en los meses de muestreo, presentándose solo las Cyanophytas, Chlorophytas, Euglenophytas y Bacillariophytas en los meses de agosto (165 cel/ml) y septiembre (150 cel/ml) (Figura 32).

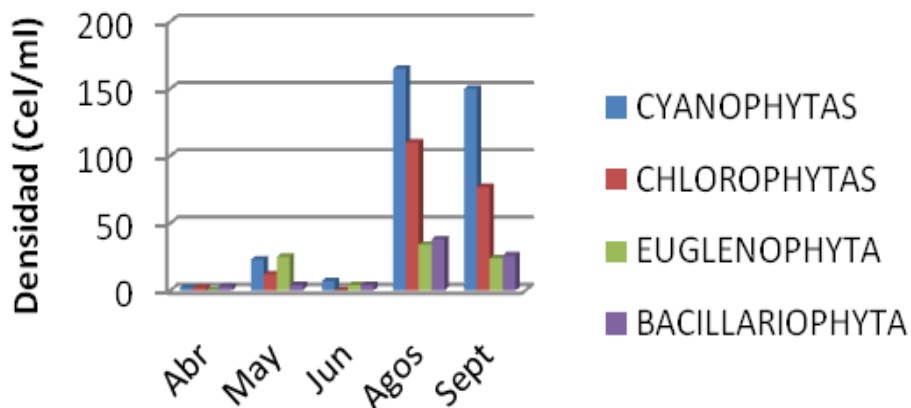


Figura 32. Variación mensual fitoplanctónica perifiton en el tratamiento R2

Comparación de los organismos planctónicos presentes en las bandas de perifiton, contenidos estomacales y análisis de agua de los jagüeyes

En la recolección de las bandas de perifiton se observó a lo largo de los meses que en los jagüeyes R6 y R9 siempre había mayor fijación de los organismos, mientras que las bandas que salían del jagüey R2 estaban muy limpias de organismos.

Al realizar una comparación con los organismos planctónicos observados en las tres variables analizadas (perifiton, estómagos y agua) se ve la presencia o ausencia de determinados géneros en los jagüeyes (Tablas 3 y 4), siendo más coincidentes los organismos encontrados en el perifiton con el estómago. En algunos casos se observó la presencia de organismos en el agua que no se presentaron en los contenidos estomacales o lo contrario.

Tabla 3. Presencia y ausencia de los géneros de fitoplancton presentes en las tres variables analizadas

Cyanophytas	Perifiton				Estomagos				Agua			
Géneros	R6	R9	R10	R2	R6	R9	R10	R2	R6	R9	R10	R2
Microcistis sp												
Chroococcus sp												
Merismopedia glauca												
Aphanocapsa sp												
Spirulina sp												
Oscillatoria sp												
Lynbya sp												
Anabaena sp												
Anabaenopsis sp												
Rivularia sp												
Anacystis sp												
Coelosphaerium sp												
Raphydiopsis med	*											
Gomphosphaeria sp												
Phormidium sp												
Calothrix sp												
Cylindroespermopsis sp												
Pleurocapsa sp												
Clorophytas	Perifiton				Estomagos				Agua			
Géneros	R6	R9	R10	R2	R6	R9	R10	R2	R6	R9	R10	R2
Chlorella sp												
Oocystis sp												
Chodatella sp												
Treubaria sp												
Ankistrodesmus sp												
Kircneriella sp												
Monorapidium sp												
Dictyosphaerium sp												
Tetraedron sp												
Pediastrum sp												
Scenedesmus sp												

Contenido Estomacal a partir del Proceso de Fertilización en los Jagüeyes de Producción

Staurastrum sp													
Staurodesmus sp													
Crucigenia sp													
Chlamidomona sp													
Coelastrum sp													
Closterium sp													
Pandorina sp													
Volvox sp													
Cosmarium sp													
Sphaerocystis sp													
Eudorina sp													
Planctonema sp													
Spirogira sp													
Elakantotrix sp													
Oedogonium sp													
Botricoccus sp													

Fuente : Los autores

Tabla 4. Presencia y ausencia de los géneros de zooplancton presentes en las tres variables analizadas

Zooplancton	Agua				Cont Estomacal				Perifiton				
	R6	R9	R10	R2	R6	R9	R10	R2	R6	R9	R10	R2	
Brachionus budapetensis													
Keratella sp													
Keratella tropica tropica													
Aneuropsis spp													
Beauchampiella sp													
Trichocerca pusila													
Testudinella patina													
Conochilus sp													
Rotifero sp1													
Ciclociprido sp													
Copepodo sp													

las zonas reveló que no existieron diferencias significativas ($F_{3,36} = 0,68$); ($p = 0,5701$) entre los cuatro jagüeyes R6, R9, R10 y R2, confirmando esto con la prueba de rango múltiple y observándose en la comparación de medias (Figura 34).

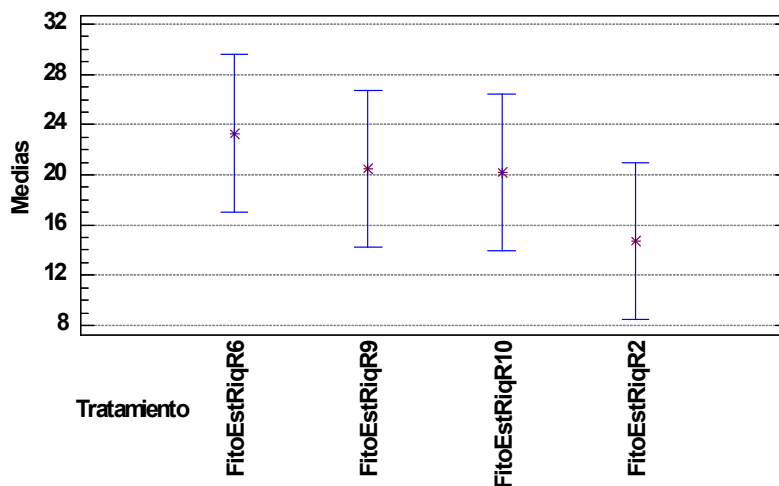


Figura 34. Comparación de medias de la riqueza de los géneros del fitoplancton presentes en el contenido estomacal de los bocachicos entre los cuatro jagüeyes

La varianza para la distribución temporal mostró que no existieron diferencias significativas ($F_{7,24} = 2,13$); ($p = 0,0796$) entre los meses de muestreo y las densidades, sin embargo se observa en la comparación de medias (Figura 35), un ligero incremento de la densidad en los meses de febrero-abril, febrero-julio y febrero-agosto.

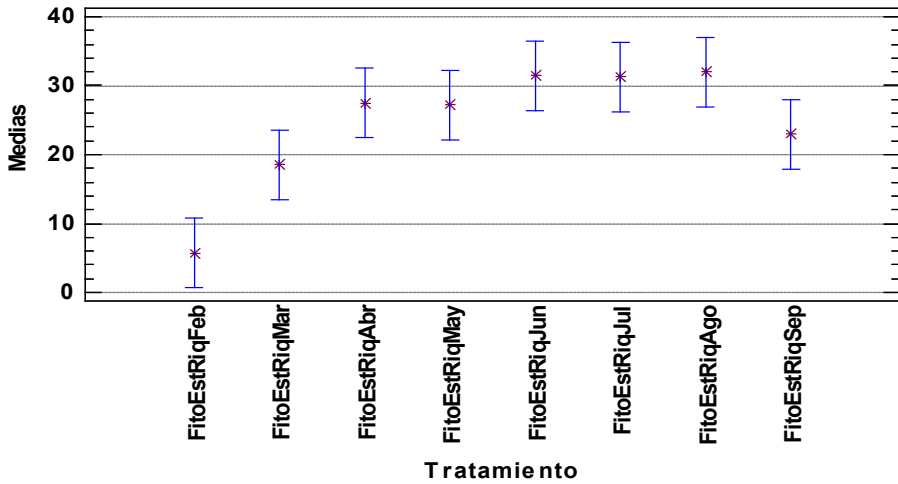


Figura 35. Comparación de medias de las densidades (cel/ml) del fitoplancton encontrado a lo largo de los cuatro jagüeyes

La varianza para la distribución temporal entre el número de géneros del fitoplancton con los meses muestreados mostró que sí existieron diferencias estadísticamente significativas ($F_{7,24} = 6,67$); ($p = 0,00002$), notándose en la comparación de medias (Figura 36) un aumento del número de géneros en el mes de febrero contra todos los meses de muestreo y el mes de marzo contra junio, julio y agosto.

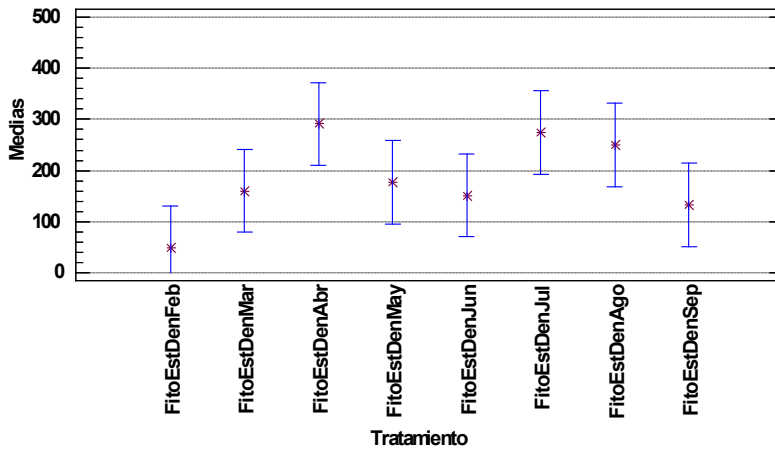


Figura 36. Comparación de medias de la riqueza del fitoplancton encontrada a lo largo de los meses de muestreo entre los cuatro jagüeyes

La densidad zooplanctónica refleja a través del análisis de varianza diferencias significativas ($F_{3,36} = 2,97$) ($p = 0,0447$) entre los jagüeyes R6-R10 y R6-R2, lo cual se confirma con la prueba de rangos múltiples y en la gráfica de comparación de medias, donde también se puede observar una diferencia a aumentar entre el jagüey R9 con respecto al R2 (Figura 37).

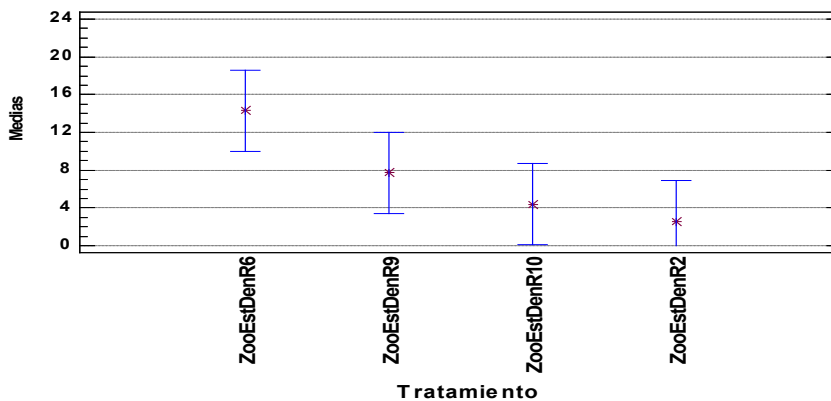


Figura 37. Comparación de medias de la densidad zooplanctónica encontrada en los contenidos estomacales en los cuatro jagüeyes

El número de géneros de zooplancton hallados en los contenidos estomacales del bocachico muestra de acuerdo con los análisis de varianza con un 95 % de confianza, que sí existen diferencias estadísticamente significativas ($F_{3,36} = 2,88$); ($p = 0,00490$) entre los jagüeyes R6 y R2 y a la vez se observa en la comparación de medias (Figura 38) una clara diferencia entre el jagüey R9 y R2.

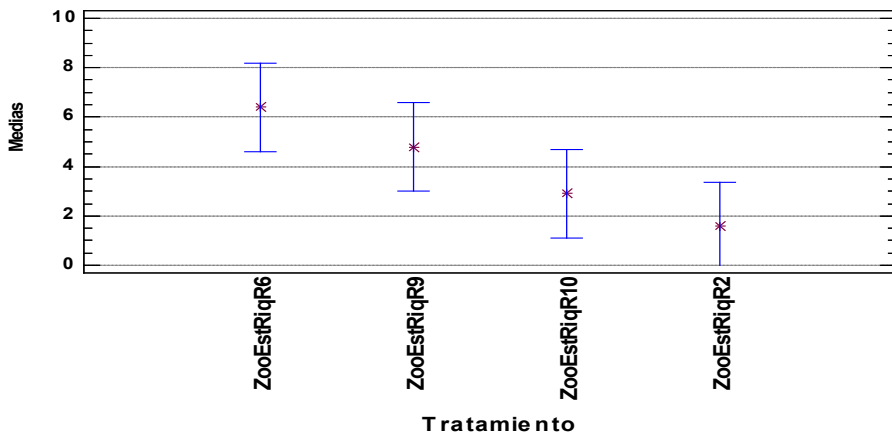


Figura 38. Comparación de medias de la riqueza zooplanctónica encontrada en los contenidos estomacales en los cuatro jagüeyes

DISCUSIÓN

Las preferencias alimentarias del bocachico durante los ocho meses de muestreo estuvieron constituidas básicamente por dos categorías: Componente vegetal: fitoplancton, Componente animal: zooplancton; adicionalmente se encontraron restos vegetales principalmente fibras vegetales provenientes de plantas acuáticas comunes es su hábitat y que están alrededor de los jagüeyes taruya (*Eichornia sp*), majate (*Utricularia foliosa*), tripa de pollo (*Jussiaea sp*), jacinto de agua (*Eichornia crassipes*), lo que supone un ingreso de tipo accidental, pero que por la capacidad digestiva de los peces puede contribuir a mejorar sus

rendimientos en el sistema; igualmente sucede con material de restos de animales no planctónicos que se encontraron en los estómagos, como los restos de insectos, aunque no existe la certeza que este material haya ingresado cuando aún los insectos estaban vivos, porque estos pueden ser restos de animales muertos que se precipitan sobre el perifiton y de allí accidentalmente son ingeridos por los peces.

Una categoría que se definió en esta investigación para facilitar la contabilidad del material corresponde al material orgánico e inorgánico que no puede ser identificado (MOINI): en esta categoría se incluyen componentes minerales como los cristales de cuarzo, restos de insectos no identificados, caparazones de microcrustáceos, frústulas de diatomeas. También se encontraron en cantidades considerables restos de materia orgánica (detritus) y de materia inorgánica que se puede encontrar en el agua; hubo presencia de huevos de pez y algunos hongos en el estómago y en las bandas de perifiton. Este material donde se presentan varios componentes inorgánicos no alimenticios, material que puede ingresar accidentalmente pero que enriquece la dieta de los peces en el jagüey, lo que mejor indica es su capacidad digestiva y que está aprovechando la oferta del sistema, en la medida en que la mayor parte de material orgánico representa restos de comida digerida por pez.

Al evaluar los contenidos estomacales y por ende, la dieta del pez, que está principalmente constituida por fitoplancton, zooplancton, raíces de plantas acuáticas y detritus, y considerando además la constitución anatómica del tracto digestivo, se puede decir que se confirma que el bocachico es un pez de tipo filtrador y herbívoro.

El bocachico (*Prochilodus magdalenae*) obtiene su alimento ras-

pando las superficies de los diferentes sustratos. La forma de la cavidad bucal facilita un contacto directo con el fondo y permite la succión de finas partículas y detritus.

Se considera que el bocachico es una especie detritívora que aprovecha una fuente casi ilimitada de alimento, esto implica que la competencia interespecifica puede ser considerada como mínima (Valderrama et al., 1993).

Caicedo, Wills y Pérez (2002) observaron en cultivos de juveniles de bocachico un mayor consumo de alimento suplementario por encima de la producción primaria del estanque, en cambio la presencia de zooplancton fue poco representativa. En esta investigación el grupo de las Cloroficeas fue el más representativo en las muestras de agua, sin embargo en los contenidos estomacales (13 %) se registró una baja densidad de este ítem; mientras que las Cyanophytas (33 %) y Bacillariophytas (27 %) fueron las más consumidas por el bocachico en los cuatro jagüeyes. Así mismo se observó una mayor coincidencia de los grupos fitoplanctónicos del estómago con relación a los encontrados en las bandas de perifiton. En cuanto a zooplancton hubo más coincidencia entre lo encontrado en el agua, en los contenidos estomacales y en las bandas de perifiton. Destacándose el grupo de los Rotíferos como el más predominante para las tres variables.

El género *Navícula* sp que presentó mayor dominio (897 cel/ml) es coincidente con el registro obtenido para *Prochilodus magdalenae* (Román-Valencia, 1993a); e *Ichthyoelephas longirostris* (Román-Valencia, 1993b); este género se ubica dentro de las algas epipélicas y epilítica. Según Hynes (1972) se relaciona con el tipo de sustrato de los jagüeyes muestreados (troncos, fango, bandas plásticas, plantas y raíces).

La igualdad de sustratos en este caso el de bandas de fijación de perifiton en los cuatro jagüeyes, determinó los ítems alimenticios, los cuales presentaron entre sí los mismos géneros con diferencia en abundancia entre jagüeyes. El jagüey R9 fue el que registró mayor densidad.

La disminución en la ingesta de alimento en algunos meses pudo deberse a la coincidencia con la época reproductiva, al iniciar el proceso de maduración gonadal disminuye el estado fisiológico de la especie y cuando el Índice Gonadosomático (RGS) se encuentra más alto y cae abruptamente, se efectúa el desove de la especie.

Un aspecto importante que se debe tener en cuenta con relación a los resultados que se pudieron obtener en los análisis de contenido estomacal es que la selectividad es un comportamiento que determina la escogencia del alimento más apropiado para las necesidades del pez (Zavala-Camín, 1996). La presencia de determinado tipo de alimento en los estómagos no significa, necesariamente, que se trate de su alimento preferido, teniendo en cuenta que puede ser ingerido solamente por estar disponible; siendo posible que el alimento preferido pueda estar ausente, poco frecuente o difícil de capturar (Nakamura, 1962; Werner & Hall, 1974; O'Brien *et al.*, 1976; Vinyard, 1980).

La relación que se establece entre el crecimiento y la densidad del fitoplancton en los jagüeyes, permite observar que la oferta del medio como reacción al abonamiento, es constante a lo largo de todo el tiempo de trabajo, así como el aprovechamiento que hace de este el bocachico estabulado, como lo evidencia la presencia de fitoplancton tanto en el medio (oferta), como en los estómagos.

La abundancia de fitoplancton en los diferentes jagüeyes parece indicar que el comportamiento fue de acuerdo con lo esperado, pues la experiencia en esta finca indicaba que las densidades óptimas deberían estar ubicadas alrededor de los 15.000 cel/ml y, en este caso para el R9, esta variable no superó los 20.000 cel/ml, excepto en el mes de septiembre, cuando se presentaron los mayores incrementos en talla y peso (4,8 cm y 129,6 gr). Adicionalmente, se puede afirmar que aunque no fue demasiado alta la oferta en el medio, la presencia fue constante a lo largo de todo el tiempo de cultivo.

En cuanto a consumo de fitoplancton en el jagüey R9, que se refleja en el estudio de contenido estomacal, parece indicar que hay un buen aprovechamiento de la oferta del medio, ya que en los estómagos se encuentran todos los grupos identificados en el medio, principalmente de Cyanophytas y Euglenophytas.

CONCLUSIONES

El análisis de los resultados no permite precisar que los peces que se introdujeron en los jagüeyes presentan una dieta por selección no inducida, que no es diferente a la que se reporta en la literatura para los ejemplares capturados en el medio natural.

Se confirma que los peces confinados en los jagüeyes tienen una dieta que coincide con los hábitos de alimentación de una especie litotrófica, con captura de alimentos por filtración y donde el fitoplancton y material vegetal donde se desarrolla y fija el perifiton son el principal componente nutricional, posiblemente como lo presentan en la literatura el detritus acompañante se convierte en suplemento esencial, en este trabajo se aporta una descripción del material zooplanctónico que se incorpora

por acción de la ingestión del perifiton, donde posiblemente los ejemplares de zooplancton se adhieren, filtran su alimento o quedan atrapados en las estructuras filamentosas.

El componente animal del perifiton, también llamado perizoos por algunos autores de la limnología, es un material del cual aún no existe suficiente literatura para comparar, pero que por los datos sobre su constitución nutricional, son considerados un suplemento en la dieta de los peces litotróficos que garantizan una mayor viabilidad y supervivencia de quienes los ingieren.

La descripción del componente estomacal de los ejemplares proveniente de los jagüeyes, muestra que se cumplió con uno de los objetivos del proyecto, que consistía en lograr el engorde de los peces con una dieta natural, que el tratamiento consistía en un enriquecimiento del sistema para proveer una oferta suficiente y eficiente para la productividad piscícola, y que esta se lograra en un período de tiempo que coincidiera con las necesidades financieras y administrativas de un sistema de producción.

El análisis sobre la composición del componente fitoplanctónico muestra que no es factible definir un determinante estadístico con niveles de confianza, que permita discriminar sobre el efecto de un determinado grupo o taxón, sin embargo, los datos generalizados sobre composición muestran que los taxones con mayor digestibilidad se presentaron porcentualmente con mayores valores en los jagüeyes donde se dan los mejores resultados en la producción piscícola.

Es importante anotar en relación a la dieta, el papel que juega el suplemento animal en términos de nutrientes esenciales y

en la oferta de proteína que estos proveen a los peces que los consumen.

En términos generales y de acuerdo a los resultados obtenidos en la producción piscícola en los sistemas semiartificiales (jagüey) con suplementos de fertilización con boñiga, muestran que el tratamiento en el jagüey R9 cumplió eficientemente con los requerimientos. Que para lograr mejores resultados en tiempo de las tallas o los pesos de los ejemplares se recomienda ampliar la oferta de superficies de alimentación de los ejemplares. Esta recomendación consiste en ampliar mayores superficies de fijación del perifiton y por ende, una más abundante oferta nutricional, en la medida en que desde el punto de vista de variabilidad de oferta dietaria (taxas fitoplancton, taxas de zooplancton y otros componentes acompañantes) el sistema muestra una gran eficiencia.

Es importante anotar que los tratamientos de fertilización no interfirieron con los niveles de luz que se requerían para lograr una buena fijación de perifiton en las bandas experimentales, que los niveles de oxígeno en la columna de agua no representaron un obstáculo para que los peces alcanzaran el fondo y las áreas donde se fija el perifiton.

Desde el punto de vista de la prevención de generar rutas de infestación como vectores de enfermedades, se puede resaltar que no se encontraron ejemplares de peligrosidad sanitaria y de salud pública en el material obtenido del perifiton ni en los estómagos de los peces, las cepas tóxicas de la cianofitas no se hicieron evidentes en el sistema y no se detectaron daños en la superficie exterior de los peces ni en las vías digestivas que evidenciaran un trastorno por patógenos.

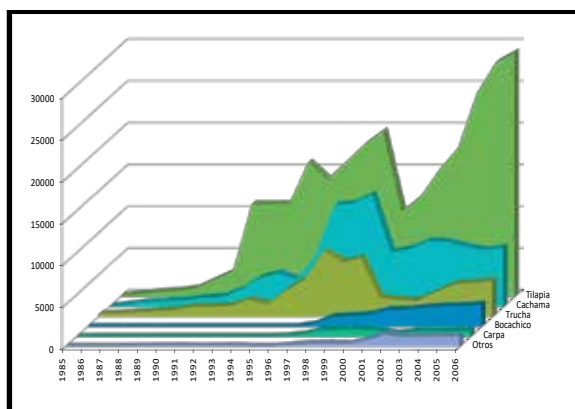
REFERENCIAS

- Acosta, N., Consuegra, F. & Díaz, Y. (1995). *Composición de la comunidad fitoplanctónica y su relación con los parámetros físicos, químicos y fisicoquímicos en el embalse del Guájarro-Atlántico*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Básicas, programa de Biología. Universidad del Atlántico, Barranquilla.
- Bourelly, P. (1970). *Les Algues D'eau douce, Initiation a la Systematique*. Tomo III: Les algues bleues et rouges Les Eugléniens, Peridiniens et cryptomonadines. Paris-VI: Editions N. Boubée & Cie, Place Saint-André Des-Arts.
- Duque, S. & Donato, J. Ch. (1992). Desmidiaceae (Algas, *Zygothyceae*) en lagos de la orilla colombiana del río Amazonas. 1: El género *Micrasierias*. *Caldasia*, 17(1).
- Gómez, M. (1993). *Evaluación del estado limnológico de la laguna de Fúquene (Cundinamarca-Colombia), con base en el fitoplancton durante el primer semestre de 1993*. Bogotá: Univ. Jorge Tadeo Lozano.
- González, A. (1988). *El plancton de las aguas continentales*. Facultad de Ciencias Universidad Central Caracas, Venezuela. Washington, D.C.: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Laevastu, T. (1980). *Manual de métodos de biología pesquera*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Mancera, J. & Vidal, L. (1994). Florecimientos de microalgas relacionados con mortandad masiva de peces en el complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *An. Inst. Mar. Punta Betín*, 23, 103-117.
- Marrero, C. (1994). *Métodos para cuantificar contenidos estomacales en peces*. Caracas, Venezuela: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora-Unellez.

- Olaya-Nieto, C. W. & Atencio-García, V. J. (2005). Manual de biología pesquera para piscicultura. Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Departamento de Acuicultura, Universidad de Córdoba. Montería, Colombia. Documento de trabajo.
- Parra, O., González, M. & De La Rosa, V. (1982). *Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile*. Chile: Universidad de Concepción.
- Parra, O., Rivera, P. & Orellana, M. (1983). *Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile*. Chile: Universidad de Concepción.
- Prejs, A. & Colomine, G. (1981). *Métodos para el estudio de los alimentos y las relaciones tróficas de los peces*. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Prescott, G. M. (1978). *How to know the freshwater algae*. Tercera edición. The Pictured the Nature Series. Dubuque, Iowa: Brown Company Publishers.
- Ramírez, J. (1982). El fitoplancton: métodos de muestreo, concentración, recuento y conservación. *Actividades Biológicas*, 10-14(39), 30-36.
- Roldán, G. & Machado, T. (1979). *Manual de Limnología. Teoría y práctica del curso B-441 y B-442 (Limnología)*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias y Humanidades, Departamento de Biología.
- Tresierra, A. E. & Culquichicón, Z. G. (1993). *Biología pesquera*. Trujillo, Perú: Concytec.
- Zavala-Camin, L. (1996). *Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes*. Maringá, Brasil: Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM.

CAPÍTULO 5

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CULTIVO DE BOCACHICO EN JAGÜEYES



HILDA ESTRADA LÓPEZ

Universidad Simón Bolívar. Grupo de Investigación Innovación y Desarrollo Empresarial. hestrada@unisimonbolivar.edu.co, hileslo@hotmail.com

ALEX RUIZ LÁZARO

Universidad Simón Bolívar. Líder Grupo de Investigación Innovación y Desarrollo Empresarial. aruiz25@unisimonbolivar.edu.co

RONALD PRIETO PULIDO

Universidad Simón Bolívar. Grupo de Investigación Innovación y Desarrollo Empresarial. rprieto1@unisimonbolivar.edu.co

RESUMEN

La evaluación económica del cultivo de bocachico en la Piscicultura La Metra, se enmarca dentro de la ejecución del proyecto de investigación “Validación técnica del cultivo de bocachico (*Prochilodus Magdalenae*) a partir del manejo de la productividad natural de jagüeyes en zonas rurales del departamento del Atlántico, con fines de incrementar la rentabilidad en las unidades productivas agropecuarias-piscícolas”, cuyas instalaciones se encuentran ubicadas en la Finca San Felipe, municipio de Juan de Acosta en el departamento del Atlántico.

Para la realización de esta evaluación económica, se tomó como base teórica el sistema de costeo por actividades, ampliamente conocido como ABC. El proyecto de investigación diseñó un sistema productivo compuesto por cuatro jagüeyes con diferentes tratamientos, para determinar cuál registraba los mejores resultados desde el punto de vista técnico y económico. Los criterios de evaluación que se tuvieron en cuenta fueron el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), complementado con el análisis de sensibilidad tomando el precio como variable de control.

La evaluación económica se realizó en dos momentos, el primero para comparar los resultados obtenidos en cada uno de los cuatro jagüeyes y determinar cuál aporta los mejores indicadores en relación con la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Presente Neto (VPN) en un horizonte de un año. En un segundo momento se analiza en un horizonte de cinco años, teniendo en cuenta varios perfiles de productores piscícolas.

INTRODUCCIÓN

Una de las debilidades más notorias y que impactan en ma-

por grado la competitividad del sector agropecuario es la escasa gestión empresarial que se les aplica a las actividades productivas. Dentro del sector agropecuario hay una actividad económica que ha registrado un significativo crecimiento como es el caso de la acuicultura.

La producción de pescado en el mundo para el año 2000 fue de 131 millones de toneladas, de las cuales 97 millones (74 %) se utilizaron para el consumo humano. Actualmente las dos terceras partes del suministro para el consumo humano se derivan de la pesca marina y continental, mientras el tercio restante lo provee la acuicultura, que este mismo año registró una producción de 45,7 millones de toneladas, con un valor de US \$ 56.500 millones (Ministerio de Agricultura, 2004).

La producción de la acuicultura en Colombia registrada por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA) en el año 1992 fue de 20.902 toneladas y para el 2002 de 44.064 toneladas, mostrando un incremento de 52,5 % en los últimos 10 años. En este mismo periodo, la producción de tilapia se incrementó de 11.050 toneladas a 15.223 toneladas, lo que representa un incremento de 27,4 %.

Las especies que se cultivan en mayor medida en Colombia son la Tilapia Roja (*Oreochromis sp*), seguida por la Cachama (*Piaractus brachypomus*) y la Trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Sin embargo, el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) es una especie que no había registrado resultados positivos para los métodos de cultivo en cuerpos de agua artificial por lo que era considerado una especie no apta para cultivo. Al tratarse de una especie que habita en el medio natural como ciénagas, lagunas y ríos tiene unos hábitos alimenticios particulares asociados a los

aspectos migratorios de sus periodos de reproducción cuando salen de las ciénagas subiendo hasta las partes altas de los ríos, donde desovan dando inicio a su ciclo reproductivo.

Con el objetivo de responder al interrogante sobre cuáles son las preferencias alimenticias del bocachico, se formuló y ejecutó un proyecto de investigación en el marco de una alianza Universidad-Empresa-Estado, con el liderazgo de la Universidad Simón Bolívar como ejecutora del proyecto, la Universidad del Atlántico como aliada en la investigación, el Estado representado por el SENA como entidad cofinanciadora y la Piscicultura La Metra como empresa beneficiaria.

El alcance del proyecto de investigación fue la validación técnica del cultivo, complementado con una evaluación económica que permitiera aportar cifras sobre la rentabilidad del cultivo en las condiciones donde se realizó el proyecto. Lo anterior con el fin de proporcionar a los potenciales productores de bocachico un paquete tecnológico completo desde el componente técnico y el componente económico y financiero con indicadores ampliamente aceptados como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Presente Neto (VPN).

Por último, como resultado de la evaluación económica se calcularon los indicadores de VPN y TIR para diferentes tipos de productores, dependiendo si estos debían construir los jagüeyes o por el contrario, si tenían la opción de arrendarlos para la actividad productiva. De igual manera, se realizó un análisis de sensibilidad para determinar la influencia de la variación de los precios en los resultados económicos de la actividad. Los resultados de la validación técnica y económica del cultivo de bocachico en el marco de este proyecto de investigación, se consti-

tuyen en una posibilidad real de incrementar la productividad de las unidades agropecuarias en el departamento del Atlántico.

METODOLOGÍA

La realización del *Estudio de Evaluación Económica del Cultivo de Bocachico en Jagüeyes*, partió desde la revisión del estado del arte en lo relacionado con las publicaciones sobre evaluación de los componentes económicos y financieros de otras especies piscícolas como tilapia, cachama, entre otras. En esa búsqueda de información, se encontró el trabajo realizado por Luis F. Álvarez, denominado *Evaluación Económica de la Piscicultura en Loreto: Estudio de casos*, el cual fue realizado en la República del Perú.

En Colombia y otros países de la región no se han publicado estudios sobre la evaluación del cultivo de bocachico, lo cual tiene una explicación en los múltiples fracasos que se habían registrado en las investigaciones e intentos por cultivar esta especie en ambientes artificiales.

En vista de la escasa información existente sobre la evaluación económica del bocachico, se planificó la investigación definiendo una metodología que comprendió la ejecución de tres etapas estrechamente relacionadas:

Etapas 1

Consistió en un estudio de situación de mercado, en la cual se revisó y analizó el comportamiento de la oferta y precios del bocachico en Colombia, específicamente en los mercados de las principales ciudades de la región Caribe: Barranquilla, Santa Marta, Cartagena, Sincelejo y Montería.

Etapa 2

Comprendió la realización de un estudio de los costos del cultivo, para lo cual fue necesario definir el sistema de costos que se emplearía, de acuerdo con las características del sistema de producción de bocachico en jagüeyes. Se definieron los procesos y actividades, así como la cuantificación de los recursos que demandaron cada una de ellas.

Etapa 3

La tercera y última etapa fue la evaluación económica mediante un análisis de la rentabilidad a partir del análisis de las principales variables como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la definición del Punto de Equilibrio para un sistema de producción compuesto por cuatro jagüeyes.

El proyecto de investigación que origina este estudio se realizó en la Piscicultura La Metra, ubicada en la Finca San Felipe en el municipio de Juan de Acosta, departamento del Atlántico. En los antecedentes analizados para la formulación y ejecución del proyecto, se estableció la existencia de una gran brecha tecnológica en cuanto al cultivo de bocachico, puesto que las experiencias que se habían registrado anteriormente en el ámbito nacional no tuvieron resultados satisfactorios en los aspectos técnicos y económicos.

La investigación se diseñó para evaluar el comportamiento del bocachico en jagüeyes, con cuatro tratamientos distintos variando el porcentaje de fertilización del jagüey de acuerdo con la biomasa calculada a través de las biometrías realizadas, para evaluar el comportamiento del bocachico registrando los valores de peso (gr) y talla (cm). El fertilizante utilizado se elaboró a partir de la bovinaza recogida en los establos, que luego de un

proceso de secado y tamización se preparaba para esparcirla en los jagüeyes de acuerdo con el porcentaje establecido en la investigación.

Para la realización de la evaluación económica, se registró la información de ingresos, costos y gastos con el fin de consolidarlos en un flujo de caja para un horizonte de un año que permita definir los resultados en lo económico de cada uno de los tratamientos y determinar el método más favorable desde el punto de vista técnico, económico y financiero. Una vez se determinó el método de cultivo de bocachico que aporta los mejores indicadores, se simuló un sistema de producción compuesto por cuatro jagüeyes con las mismas características del jagüey exitoso, para evaluar económicamente el sistema en un horizonte de cinco años.

Sistema de costos utilizado

La fundamentación teórica del análisis de costos, se sustentó en el costeo por actividades o costeo ABC. El sistema de costeo ABC utiliza múltiples percutores de costo para predecir y asignar los costos a los productos y/o servicios, identificando las distintas actividades realizadas por una organización y en la medida de qué tanto hacen uso los productos de esas actividades. El método de cultivo de bocachico en jagüeyes está compuesto por tres procesos completamente definidos como son:

Proceso de pre-cría

La finalidad de este proceso consistió en el levante de los alevinos hasta un peso promedio de 9 gramos en un periodo de 90 días. Estos alevinos fueron adquiridos en la Estación Piscícola de Repelón en el departamento del Atlántico con tallas de 1,5 a 3 cm y peso promedio de 3 gramos.

El proceso de pre-cría requirió de la realización de actividades de preparación del jagüey, tales como vaciado, limpieza, encalado, llenado, hasta la elaboración del enmallado para la protección de los alevinos de la acción de aves depredadoras, presentes en el ambiente natural de estos cuerpos de agua.

Proceso de engorde

Comenzó con el traslado de los alevinos desde el jagüey de pre-cría hasta los jagüeyes de producción para dar inicio al ciclo de levante y engorde. Un componente innovador en este proceso es la sustitución de alimento concentrado como insumo para el engorde de los peces, empleando un fertilizante natural elaborado a base de bovinaza o estiércol de ganado como un estimulador de la producción natural de fitoplancton y zooplancton, los cuales son las principales fuentes de alimento para el bocachico.

Proceso de cosecha

Es el proceso final del cultivo y se realiza entre los meses 10 y 12, previo a la realización de los análisis del crecimiento en talla y peso a fin de tomar la decisión de iniciar la cosecha con resultados confiables de que los peces se encuentran en una talla comercial, que produzca resultados positivos para la empresa que realice la actividad productiva.

Cada uno de estos procesos tiene implícitas unas actividades que demandan recursos asumidos como costos de producción. Para efectos de realizar una evaluación acorde con la actividad productiva se determinaron las actividades que demandan recursos adicionales y a su vez se establecieron las actividades comunes y que realizan con frecuencia para que fueran asumidas como un costo fijo, mediante la contratación de un operario de

tiempo parcial (50 %) que se encargó del seguimiento y control del cultivo.

DESARROLLO

Estudio de situación de mercado del bocachico

La piscicultura en Colombia ha mantenido una tendencia de crecimiento sostenido, sustentado en la disminución progresiva de las capturas de especies nativas de las cuencas como el caso de bocachico, bagre, entre otros. Esta situación ha generado el dinamismo de la acuicultura para suministrar una de las fuentes de proteína animal que utiliza el ser humano, que para el año 2025 se proyecta una demanda de 55 millones de toneladas (Álvarez, 2008) de pescados y mariscos adicionales, para cubrir los requerimientos de la población creciente.

En el estudio de *La Piscicultura en Colombia*, realizado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a través de la Dirección de Cadenas Productivas con la coordinación de cadenas acuícolas y pesca, se muestra la evolución histórica de la producción acuícola desde el año 1985 hasta el 2006. En el consolidado de todas las especies piscícolas se observa un crecimiento anual promedio de 23,31 %, pasando de 450 toneladas en 1985 a 45.191 toneladas en el año 2006, que es el de mayor producción en el horizonte de tiempo analizado (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2007).

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la producción acuícola nacional. Por otra parte, en la Figura 2 se observa el crecimiento por cada especie cultivada, que en el caso del bocachico registra el crecimiento anual de 85,32 % siendo el de mayor tasa; sin embargo, analizando las cifras se concluye que

su producción estuvo estancada desde el año 1985 hasta 1998, a tal punto de ser imperceptible en los registros. El bocachico desde el año 1999 empezó a tener una escasa participación en la producción nacional hasta llegar a 2.000 toneladas en el 2006.

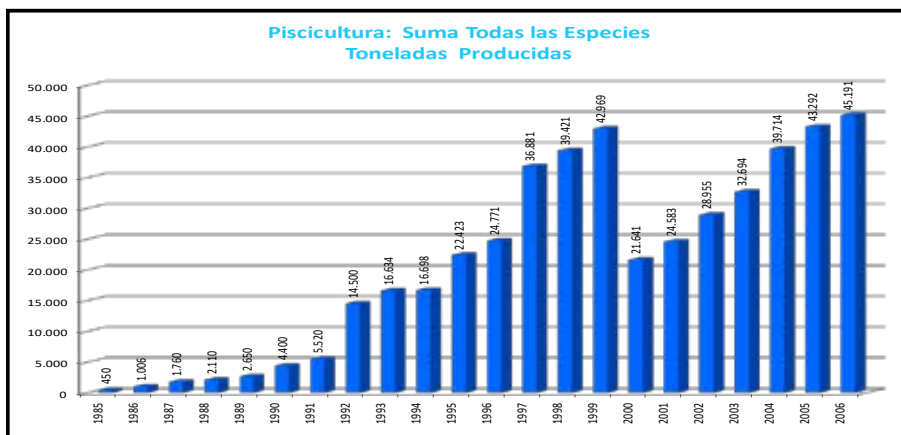


Figura 1. Producción nacional acuicola 1985-2006

Fuente: Ministerio de Agricultura

La oferta piscícola en Colombia está liderada por las especies tilapia que ha tenido un crecimiento del 29,43 % y producción de 28.000 toneladas aproximadamente, para el año 2006. Siguen en su orden la cachama con una producción cercana a las 11.000 toneladas en 2006 y tasa de crecimiento anual del 25,24 %; la trucha con 2.500 toneladas y una tasa de crecimiento de 12,83 % (Figura 2).

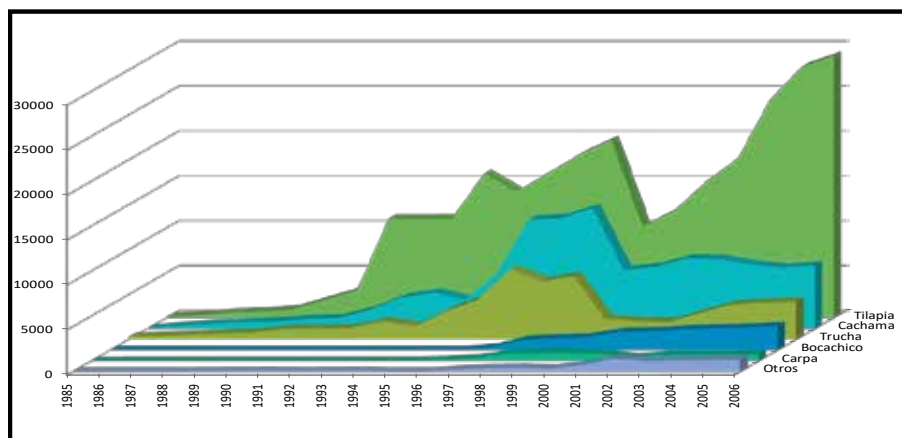


Figura 2. Producción nacional acuícola por especie

Fuente: Ministerio de Agricultura

Composición de la oferta nacional

La oferta de pescado de la acuicultura nacional es liderada por la tilapia, la cachama y la trucha. De acuerdo con el estudio del Ministerio de Agricultura, se observan cambios significativos en la composición de la oferta de pescado desde el año 1985, cuando la trucha era la especie de mayor cultivo con un 66,67 %. Para el año 1990, la tilapia pasó a ocupar el primer lugar en especies cultivadas con un 46,36 %, desplazando a la trucha al segundo lugar con un 27,27 %.

La tilapia se ha mantenido como la especie de mayor cultivo aumentando su participación hasta llegar a representar un 64,57 % de la oferta nacional de acuicultura en el 2006. En la Figura 3 se presenta un panorama de la oferta acuícola nacional.

La producción de bocachico en estanques o ambientes de confinamiento comenzó a tener una representatividad en la producción acuícola a partir del año 2001, cuando participó con el 8,38 % de la oferta piscícola, disminuyendo a un 5,88 % en el año 2006.

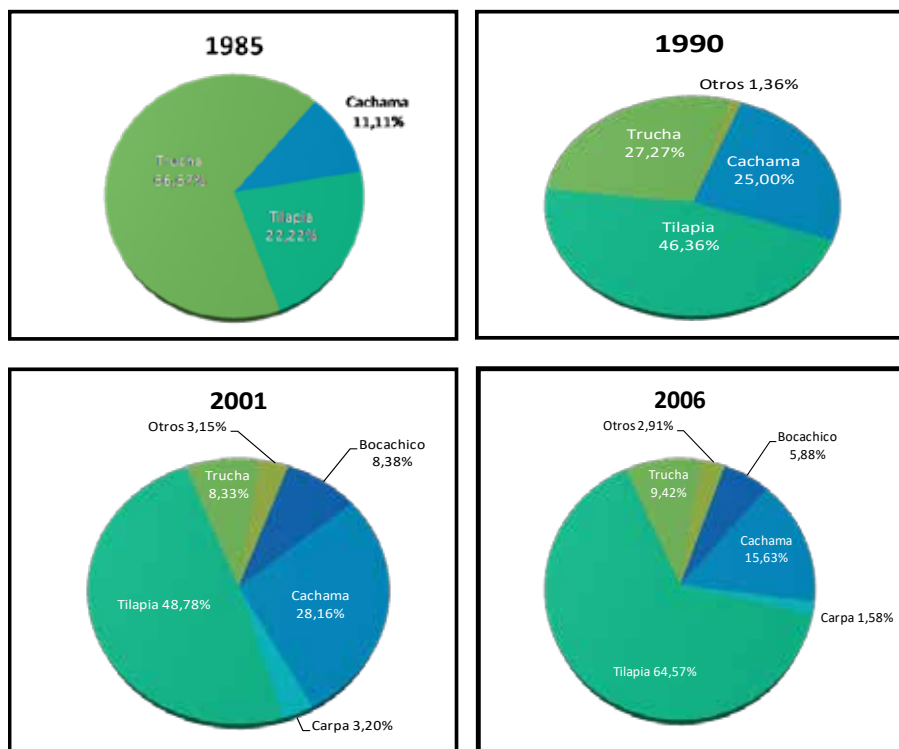


Figura 3. Participación de especies en la producción acuícola nacional

Fuente: Ministerio de Agricultura

Volúmenes de producto comercializado en el mercado local

El bocachico es la especie más emblemática de la Región Caribe y principalmente en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, Sinú y San Jorge.

Esta especie goza de una especial preferencia por parte de los consumidores y hace parte de la dieta de los habitantes de esta región; en la actualidad el bocachico es considerado un producto exquisito y de alto costo, debido a la disminución significativa de las capturas en las cuencas de los ríos, asociada a factores como la pesca indiscriminada y sin control, a la contaminación de sus hábitat, la construcción de terraplenes en planos inun-

dables para su desecación y a proyectos de infraestructura de interés nacional que impactaron ambientalmente las cuencas de los ríos.

En el marco de la evaluación económica del cultivo de bocachico, se realizó un Estudio de Situación de Mercado para conocer la relación oferta-demanda del producto y estimar su consumo en el mercado local y regional, el cual es un indicador de éxito para un potencial desarrollo del cultivo.

Para determinar la situación de mercado del bocachico, se consultaron fuentes de información primarias y secundarias como la aplicación de instrumentos de encuesta a los comercializadores de pescado de las plazas de Barranquilla y se realizó una completa búsqueda y análisis de las estadísticas de la Corporación Colombia Internacional, que aporta cifras sobre los volúmenes de las capturas en las diferentes cuencas, así como el comportamiento de los precios.

Información fuentes secundarias

La información relacionada con el volumen de capturas y la oferta de bocachico en las principales cuencas, se obtuvo del Sistema de Información de Pesca y Acuicultura de la Corporación Colombia Internacional (CCI). La información sobre volúmenes de capturas y producción acuícola se publica mediante boletines mensuales que incluyen la pesca marítima en los litorales Caribe y Pacífico con datos de la pesca artesanal e industrial para especies como róbalo, jurel, pargo, entre otras. De igual manera, se presentan en ese boletín los volúmenes de capturas en las principales cuencas de los ríos Magdalena, Atrato, Sinú, Orinoco en especies como el bocachico, bagre rayado, mojarra lora, entre otras.

Las estadísticas mensuales publicadas por la CCI se analizaron para el año 2009 considerando solamente los datos de producción de bocachico en las principales cuencas, para tener una visión completa del comportamiento de la oferta del producto en el mercado nacional.

En la Tabla 1 que se presenta a continuación, se muestra la evolución de las capturas de bocachico en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca y Sinú, que son los principales surtidores del mercado de Barranquilla, potencial mercado de una actividad acuícola.

Tabla 1. Producción de bocachico en las principales cuencas

Registro de las Capturas de Bocachico Año 2009 (Toneladas)												
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Magdalena	789	615	624	374	348	321	398	357	246	230	148	249
Atrato	197	131	545	280	66	45	39	55	34	87	84	90
Sinú	1	0,2	0,9	1,8	4,2	5,1	3,7	3,7	3,8	2,2	1,6	0,6
Total	987	747	1170	656	418	371	441	416	284	319	234	340

Fuente: Sistema de Información de Pesca y Acuicultura

De acuerdo con la Figura 4, se observa que los meses de mayor oferta del producto son en su orden, marzo con 1.170 toneladas, enero con 987 toneladas y febrero con 747 toneladas. La producción total de estas cuencas en el año 2009 fue de 6.385 toneladas.

Vale la pena destacar, que en esta información de la CCI no se presentan cifras de producción de bocachico a nivel de estanques o jagüeyes, puesto que no es una actividad representativa, teniendo en cuenta los intentos fallidos en la producción de bocachico por este medio, a tal punto de ser considerada hasta el momento como una especie no apta para cultivo.

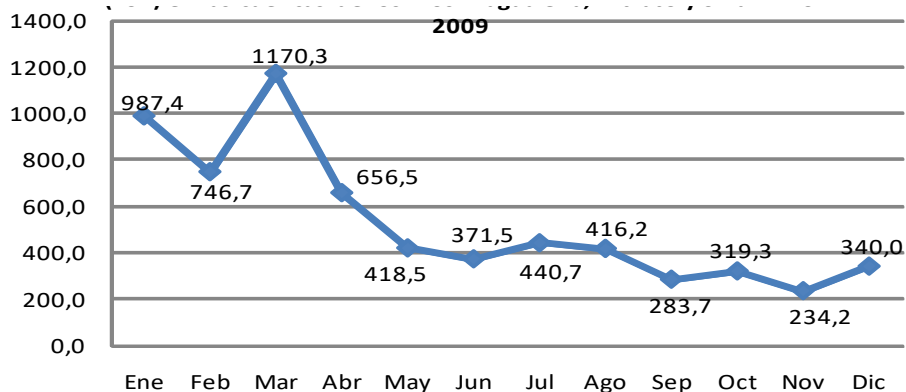


Figura 4. Comportamiento de los volúmenes de captura de bocachico (t) en las cuencas de los ríos Magdalena, Atrato y Sinú, año 2009

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Por otra parte de la producción total en el 2009 (6.385 toneladas), la cuenca del río Magdalena participó con el 73,6 %, seguida de la cuenca del río Atrato con el 25,9 % y una ínfima participación de la cuenca del río Sinú con el 0,5 % (Figura 5).

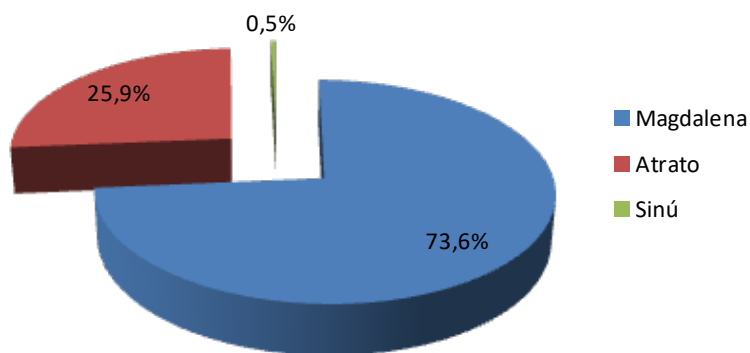


Figura 5. Participación por cuenca en la oferta de bocachico

Fuente: Documento elaborado por el equipo de trabajo

Dentro de los principales sitios de origen del bocachico que llega al mercado de la ciudad de Barranquilla se encuentran la cuen-

ca del Magdalena especialmente Magangué, El Banco, Barrancabermeja y Plato, y la cuenca del Atrato principalmente Turbo.

Los puertos o sitios que suministran el bocachico en el mercado de la ciudad de Barranquilla son los siguientes:

Cuenca del Magdalena: Magangué, El Banco, Barrancabermeja, Plato.

Cuenca del Atrato: Turbo.

Información fuentes primarias

De manera complementaria se realizó también un trabajo de campo para conocer la oferta del producto en el mercado local de la ciudad de Barranquilla. Se aplicó un instrumento de recolección de información con los principales comercializadores de pescado de la conocida “Plaza del Pescado”.

El sistema de comercialización del bocachico y en general de otras especies de pescado, en las plazas de mercado de la ciudad de Barranquilla, se maneja a través de comerciantes mayoristas que a su vez distribuyen el producto a los pequeños comerciantes del sector. Como primera actividad se identificaron los comerciantes mayoristas a los cuales se les aplicó el instrumento de recolección de información, diseñado por el equipo de trabajo encargado de la evaluación económica.

Las cantidades de bocachico que se ofrecen en el mercado de la “Plaza del Pescado”, varían de acuerdo con la época del año. Se determinó el siguiente comportamiento:

Alta producción

En los meses de enero a marzo se comercializan en promedio 200 toneladas mensuales, provenientes de sitios como El Banco, Magangué y Barrancabermeja.

Baja Producción

En los meses de mayo, junio, julio, noviembre, diciembre, las cantidades comercializadas bajan a 35 toneladas mensuales.

Precios

Un elemento importante para la evaluación económica es el análisis de los precios y su comportamiento durante los diferentes meses del año.

En el mercado de la ciudad de Barranquilla se comercializa el pescado generalmente por manos. Una mano de pescado está compuesta por cuatro ejemplares y su precio se rige por el tamaño de los peces y por la cantidad de pescado que se comercializa en la época, así por ejemplo, en épocas de alta oferta de bocachico los precios bajan y en épocas de baja oferta los precios suben. A los precios por mano de pescado se les realiza la respectiva equivalencia a pesos por kilogramo (\$/Kg).

Al igual que con los volúmenes de producto en el mercado se utilizaron dos tipos de información: fuentes primarias y fuentes secundarias, con el fin de obtener una visión global de los precios.

Fuentes Primarias

En el diagnóstico del mercado que se realizó mediante la aplicación de un instrumento encuesta, se indagó con los comer-

cientes acerca del precio del bocachico durante el año; es un producto que está directamente influenciado por la oferta y la demanda.

De acuerdo con los datos recolectados en la encuesta, los precios se comportan de la siguiente manera (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento mensual de los precios de bocachico (\$)

Producto	Unidad	Criterio	Precio	Meses
Bocachico	Mano	Alta oferta	\$ 5.000	Enero, febrero, marzo
	Kg		\$ 4.000	
	Mano	Baja oferta	\$ 12.000	Junio, agosto, octubre
	Kg		\$ 8.000	septiembre

Fuente: Los autores

Fuentes Secundarias

Para el análisis de los precios se consideró como fuente secundaria las publicaciones de la Corporación Colombia Internacional (CCI), a través del Sistema de Información de Precios y Mercados para la producción acuícola y pesquera.

Las razones para seleccionar esta fuente de información se refieren a la validez de la metodología utilizada por esta institución, la orientación exclusiva en este caso al sector acuícola y pesquero, además de la periodicidad de su registro, análisis y publicación.

En este sistema de información se registran, analizan y publican los precios con una frecuencia semanal en los principales mercados de Colombia; en este estudio se consideraron los precios para las siguientes ciudades de la región Caribe: Barranquilla, Cartagena, Santa Marta, Sincelejo y Montería.

Los precios se registran teniendo en cuenta tres canales de distribución, a saber:

- Canal mayorista.
- Canal minorista.
- Canal supermercados.

El periodo de análisis de los precios es el comprendido entre los meses de enero y abril de 2010. De los tres canales analizados el que tiene la información completa es el de mayoristas; por razones internas de logística y metodología de la CCI no se alcanza a tener información para todos los meses en los canales minorista y supermercados.

Canal Mayorista

El mercado del bocachico en las ciudades de estudio presenta una dinámica dependiente de su oferta y demanda. En el mercado de la ciudad de Barranquilla se observa una variación del 44 % del precio desde el mes de enero (época de alta oferta) hasta el mes de marzo (baja oferta). Este mercado es el que presenta la mayor variación.

Los mercados de las ciudades de Montería y Sincelejo tuvieron los precios más altos, alcanzando los \$11.375 (abril). El precio más bajo del bocachico se presenta en el mes de enero en la denominada subienda.

Los precios que se registraron en este canal son los que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Precios del bocachico en canal mayorista

Mercado	Canal Mayorista			
	Bocachico criollo - Precio (\$/Kg)			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Barranquilla	6.200	6.865	8.946	8.079
Santa Marta	8.188	8.111	6.750	9.000
Sincelejo	8.844	7.938	7.370	11.375
Montería	8.625	9.267	11.240	8.600
Cartagena	6.583	7.250	6.113	7.750

Fuente: Datos CCI

Canal Minorista

Este canal presenta precios más elevados que el mayorista, debido al aumento de los intermediarios que encarecen el producto. La información secundaria disponible es más completa para los mercados de Barranquilla y Cartagena.

La variación de los precios es moderada y de acuerdo con los datos, Cartagena presenta una variación del 31 % pasando de \$ 8.207 a \$ 10.750.

Tabla 4. Precios del bocachico en canal minorista

Mercado	Canal Minorista			
	Bocachico criollo - Precio (\$/Kg)			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Barranquilla	10.875	9.625	11.667	9.867
Santa Marta	12.000	ND	11.980	ND
Sincelejo	ND	ND	ND	ND
Montería	ND	ND	ND	ND
Cartagena	10.750	9.315	8.207	10.146

Fuente: Datos CCI

El comportamiento de los precios en el canal minorista se registraron en la Tabla 4.

Como puede observarse, no se tiene información para todos los meses del análisis, como tampoco para las ciudades.

Canal Supermercados

Los precios en este canal se comportaron según se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Precios del bocachico en canal supermercados

Mercado	Canal Supermercados			
	Bocachico criollo - Precio (\$/Kg)			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Barranquilla	10.733	10.500	10.500	9.928
Santa Marta	ND	11.980	11.493	10.993
Sincelejo	ND	ND	ND	ND
Montería	ND	ND	ND	ND
Cartagena	ND	ND	8.990	ND

Fuente: Datos CCI

Importaciones

Un fenómeno que ha tenido un crecimiento acelerado en Colombia son las importaciones de bocachico, especialmente el proveniente de Argentina y que es ampliamente conocido como “Bocachico Argentino”. Ante la escasez del bocachico criollo en el mercado, los empresarios y comerciantes de pescado encontraron en el bocachico argentino un producto sustituto, que ofrece al cliente la posibilidad de consumir pescados de gran tamaño, a precios más bajos que los del bocachico criollo.

Para determinar el valor de las importaciones de bocachico argentino, se solicitó formalmente la información referente a sus importaciones a la Subdirección de Pesca y Acuicultura del Instituto Colombiano para el Desarrollo Rural (INCODER), como entidad reguladora de la actividad de pesca en el país.

Las importaciones de bocachico en el año 2010 hasta el mes de julio fueron de 11.098 toneladas por un valor total de US\$ 8.756.980, mediante 55 licencias de importación aprobadas. Esta es una actividad que registra un crecimiento significativo durante los últimos cinco años (Tabla 6).

Tabla 6. Importaciones de bocachico argentino en el 2010

MES	Volumen Reportado (Ton)	US\$	Empresas Importadoras	Licencias Aprobadas
Enero	934,16	770.490,00	4	8
Febrero	606,00	368.400,00	3	8
Marzo	1.818,00	1.974.140,00	9	12
Abril	5.679,00	3.583.800,00	6	9
Mayo	815,00	847.750,00	3	3
Junio	574,00	540.400,00	8	11
Julio	672,00	672.000,00	4	4
Total	11.098,16	8.756.980,00		55

Fuente: INCODER

ESTUDIO DE COSTOS E INGRESOS DEL CULTIVO DE BOCACHICO

Caracterización de los jagüeyes

Para la ejecución del proyecto de investigación se elaboró un diseño experimental, que contempló la utilización de cuatro jagüeyes, identificados con un código sencillo con las siguientes características: Los jagüeyes utilizados fueron R2, R6, R9 y R10, los cuales tuvieron un tratamiento diferente en cuanto al porcentaje de fertilización.

Jagüey de Pre-Cría

El ciclo de producción comenzó con un proceso de pre-cría, cuyos costos fueron distribuidos entre los cuatro jagüeyes. Este proceso se realizó en un jagüey preparado especialmente para la actividad.

El jagüey de pre-cría tiene un área de 1.000 m² y fue acondicionado previamente, comenzando con su selección, siguiendo con el vaciado del agua hasta un estanque próximo y realizando una limpieza de las malezas y otros elementos innecesarios. Posteriormente se realizó el encalado que consiste en la aplicación de cal (hidróxido de calcio) para eliminar huevos de especies depredadoras que pudieran colocar en riesgo la supervivencia de los alevinos. El jagüey se acondicionó con una malla antipájaros para proteger a los alevinos de las aves depredadoras como el martín pescador.

Se sembraron 22.000 alevinos que fueron adquiridos en la Estación Piscícola de Repelón en el departamento del Atlántico. Los alevinos fueron sembrados con peso promedio de 2,5 gramos y fueron llevados hasta un peso promedio de 9 gramos, con la utilización de concentrado comercial llamado Mojarra 34.

Jagüeyes de Producción

Jagüey R2

Este fue el jagüey de control, no se le aplicó fertilización para poder comparar los resultados de producción con los otros jagüeyes que si se fertilizaron. Se le realizaron las labores de readecuación y limpieza, aforo, biometrías y evaluación de parámetros fisicoquímico.

Jagüey R6

Se le aplicó un 4 % de fertilización con respecto a la biomasa calculada, mensualmente se realizaron biometrías para determinar el peso y talla de los peces del jagüey con el fin de estimar el total de la biomasa existente. Se le realizaron las labores de readecuación y limpieza, aforo, fertilización, biometrías y evaluación de parámetros fisicoquímicos.

Jagüey R9

Se le aplicó un 2 % de fertilización con respecto a la biomasa calculada. Se le realizaron las labores de readecuación y limpieza, aforo, fertilización, biometrías y evaluación de parámetros fisicoquímicos.

Jagüey R10

Se le aplicó un 6 % de fertilización con respecto a la biomasa calculada. Se le realizaron las labores de readecuación y limpieza, aforo, fertilización, biometrías y evaluación de parámetros fisicoquímico.

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Resultados del crecimiento

Uno de los factores clave del proyecto de investigación fue el seguimiento y monitoreo del crecimiento y ganancia de peso de los peces sembrados. Esta labor se realizaba con una frecuencia mensual a través de las biometrías. A continuación se presenta un cuadro resumen de los resultados obtenidos (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados de las biometrías

Mes	R2		R6		R9		R10	
	Parámetros							
	Talla (cm)	Peso (gr)	Talla (cm)	Peso (gr)	Talla (cm)	Peso (gr)	Talla (cm)	Peso (gr)
Septiembre	18,52	79,85	19,5	91,5	27,56	253,6	20,37	114,00
Agosto	18,63	78,89	19,4	92,7	22,82	155,2	20,38	106,36
Julio	17,15	53,00	19,7	79,1	23,3	175,7	19,43	105,00
Junio	15,21	46,60	17,5	65,4	19,55	87,82	19,18	84,33
Mayo	15,38	42,50	16,5	57,3	18,15	76,83	17,20	63,61
Abril	15,15	36,00	15,9	51,2	17,17	62,89	15,42	48,83
Marzo	NR	NR	14,4	38,1	14,18	39,33	13,50	31,33
Febrero	NR	NR	13	31,2	14,00	40,00	NR	NR

Fuente: Investigación propia

Cálculo de los ingresos

Con el análisis de los datos de las biometrías y con los resultados de la pesca en el mes 10 del cultivo se estimaron los ingresos, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

El área mínima del jagüey debe ser de 3.500 m².

La unidad productiva debe tener entre sus actividades la ganadería, para proveer la materia prima del fertilizante (bovinaza).

El acceso a los mercados debe ser bueno, contar con vías adecuadas.

El porcentaje de éxito de la cosecha fue de 60 % de los alevinos sembrados.

Se consideró un porcentaje de pérdidas del 20 % de los alevinos sembrados.

El precio se estimó considerando la investigación de mercado realizada por el equipo. La unidad de medida utilizada fue la “mano de pescado” que consiste en cuatro peces.

De esta manera se calcularon los ingresos para cada jagüey, resultados que se muestran a continuación (Tablas 8 a 11).

Tabla 8. Ingresos del jagüey R2

Ingresos							
TRATAMIENTO 4							
Jagüey R2 (sin fertilización)							
# Alevinos	% Captura	Peso Prom (gr)	Prod. Total (gr)	Prod. Total (kg)	# manos	Precio (\$/mano)	Ingresos
4.800	80%	80	184.320	184	576	\$ 2.500	\$ 460.800

Fuente: Investigación propia

Tabla 9. Ingresos del jagüey R6

Ingresos							
TRATAMIENTO 2							
Jagüey R6 (4% fertilización)							
# Alevinos	% Captura	Peso Prom (gr)	Prod. Total (gr)	Prod. Total (kg)	# manos	Precio (\$/mano)	Ingresos
4.580	60%	91,5	201.154	201	549,6	\$ 3.000	\$ 1.648.800

Fuente: Investigación propia

Tabla 10 Ingresos del jagüey R9

Ingresos							
TRATAMIENTO 1							
Jagüey R9 (2% fertilización)							
# Alevinos	% Captura	Peso Prom (gr)	Prod. Total (gr)	Prod. Total (kg)	# manos	Precio (\$/mano)	Ingresos
5.775	60%	300	831.600	832	693	\$ 8.000	\$ 5.544.000

Fuente: Investigación propia

Tabla 11. Ingresos del jagüey R10

Ingresos							
TRATAMIENTO 3							
Jagüey R10 (6% fertilización)							
# Alevinos	% Captura	Peso Prom (gr)	Prod. Total (gr)	Prod. Total (kg)	# manos	Precio (\$/mano)	Ingresos
3.000	60%	114	207.936	200	456	\$ 3.500	\$ 727.776

Fuente: Investigación propia

Análisis de los ingresos

Para el cálculo de los ingresos se determinó el número de alevinos sembrados en cada jagüey, los pesos finales obtenidos y se estimó el precio comercial que tendría el producto al ser comercializado a través de un canal mayorista.

Analizando los resultados de los ingresos por cada jagüey se aclara que en los jagüeyes R2, R6 y R10, los pesos finales del producto no son comerciales, pero para realizar la evaluación

económica se les asignó un precio simbólico. De esta manera, al R2 que alcanzó un peso promedio de 80 gr se le asignó un precio de \$2.500 por mano de pescado. Para el R6, cuyo peso promedio fue de 91,5 gr, el precio estimado fue de \$3.000 por mano, y el R10, cuyo peso promedio fue de 114 gr, el precio estimado fue de \$3.500 por mano de pescado.

De los cuatro jagüeyes analizados, el único que arrojó resultados positivos fue el R9, con peso promedio de 300 gr que es comercial, y el precio por mano de pescado que se acordó con el comercializador fue de \$8.000.

Análisis de los costos del cultivo

De acuerdo con los lineamientos del Sistema de Costeo por Actividades (ABC), se determinaron los procesos y sus respectivas actividades percutoras o generadoras de costos. Los tres procesos del cultivo son (Figura 6):



Figura 6. Procesos del cultivo de bocachico

Descripción de los costos por actividad

Proceso de pre-cría

Este proceso es transversal en el sistema de producción del bocachico y por tanto, sus costos fueron distribuidos entre los cuatro estanques. Las actividades del proceso de pre-cría se detallan a continuación:

Preparación del jagüey

Está compuesto por las siguientes actividades:

Vaciado

Consistió en la evacuación temporal del agua del jagüey hacia otro que se encontraba próximo. La finalidad del vaciado fue de dejarlo completamente libre de agua para realizar las actividades de adecuación. Esta actividad fue realizada por el operario contratado por medio tiempo durante el ciclo del cultivo; el material empleado fue una manguera de 2,5 pulgadas de diámetro y 15 metros de largo.

Limpieza

Su propósito fue retirar las malezas del jagüey para dejarlo en condiciones óptimas. Esta actividad requirió de recursos adicionales que se asignaron directamente como tres jornales de trabajo a razón de \$20.000 por jornal.

Readecuación y revisión

Consistió en la revisión del estado del jagüey para realizar las readecuaciones necesarias en la infraestructura. Esta actividad se asumió como un costo fijo porque fue realizada por el operario contratado.

Encalado

Aplicación de cal apagada (hidróxido de calcio) para acabar con los huevos y larvas de depredadores que existían en el jagüey antes de iniciar el proceso de pre-cría. Para esto se requirió de 100 kg de cal a un costo unitario de \$1.000/kg.

Llenado

Retorno del agua que se había evacuado previamente hacia un jagüey próximo. Se requirió de la manguera de 15 metros de largo y 2,5 pulgadas de diámetro.

Enmallado

Construcción e instalación de la malla antipájaros para proteger a los alevinos de la acción de aves depredadoras que habitan en el medio natural de los jagüeyes. Se requirieron cuatro jornales de trabajo a un costo unitario de \$20.000 y los materiales de construcción fueron valorados en \$552.000.

Abonamiento

Esta actividad se realizó periódicamente para estimular la producción primaria del jagüey; se utilizó bovinaza preparada por el operario.

Siembra de alevinos

Para llevar a cabo este subproceso, se realizaron las siguientes actividades:

- **Compra de alevinos**

Se adquirieron 22.500 alevinos a un costo unitario de \$120 para sumar \$2.700.000. Las condiciones de compra con el proveedor fue la entrega de los alevinos en la Finca San Felipe.

- **Liberación de alevinos**

Esta actividad consistió en la siembra de los alevinos en el jagüey de pre-cría. Se requirieron recursos para dos jornales de trabajo adicional a razón de \$20.000 cada uno.

- **Compra de concentrado**

En los 45 días del proceso de pre-cría se consumieron 192 kg de concentrado a un costo unitario de \$1.363, para sumar \$261.600. A continuación se resumen los costos del proceso de pre-cría (Tabla 12).

Tabla 12. Resumen de costos del proceso de pre-cría

Actividad	Recurso	UND.	CANT	V. UNIT.	V. Total
Preparación del Jagüey					
Encalado	Cal	Kg	100	\$ 1.000	\$ 100.000
Limpieza	Mano de obra	Jornal	3	\$ 20.000	\$ 60.000
Compra semilla	Alevinos	Und	22.500	\$ 120	\$ 2.700.000
Liberación de alevinos	Mano de obra	Jornal	2	\$ 20.000	\$ 40.000
	Concentrado	Kg	192	\$ 1.363	\$ 261.600
Instalación y mantenimiento de malla anti-pájaro	Mano de obra	Jornal	4	\$ 20.000	\$ 80.000
	Malla anti-pájaro	Global	1	\$ 552.000	\$ 552.000
Subtotal					\$ 3.793.600

Fuente: Investigación propia

Proceso de engorde

Este proceso comenzó con el traslado de los alevinos desde el jagüey de pre-cría hasta los jagüeyes definitivos para la producción del bocachico. En este proceso no se utilizó alimentación artificial, la alimentación de los peces se hizo de manera natural, fertilizando tres de los cuatro jagüeyes para estimular la productividad natural como el fitoplancton y el zooplancton (Tablas 13 a 16).

Tabla 13. Resumen de costos del proceso de engorde R2

2. Proceso de Engorde					
JAGÜEY R2					
Actividad	Recurso	UND.	CANT.	V. UNIT.	V. Total
Aforo	Mano de obra	Jornal	4	\$ 20.000	\$ 80.000
	Cuerdas	Metro	200	\$ 150	\$ 30.000
	Estacas	Global	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Cinta métrica	Global	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Readecuación y limpieza	Mano de obra	Jornal	20	\$ 20.000	\$ 400.000
Instalación estructuras de fijación de perifiton	Mano de obra	Jornal	2	\$ 20.000	\$ 40.000
Traslado de alevinos hasta el jagüey de levante	Mano de obra	Jornal	3	\$ 20.000	\$ 60.000
Subtotal					\$ 625.000

Fuente: Investigación propia

Tabla 14. Resumen de costos del proceso de engorde R6

2. Proceso de Engorde					
JAGÜEY R6					
Actividad	Recurso	UND.	CANT.	V. UNIT.	V. Total
Aforo	Mano de obra	Jornal	3	\$ 20.000	\$ 60.000
	Cuerdas	Metro	200	\$ 150	\$ 30.000
	Estacas	Global	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Cinta métrica	Global	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Readecuación y limpieza	Mano de obra	Jornal	16	\$ 20.000	\$ 320.000
Instalación estructuras de fijación de perifiton	Mano de obra	Jornal	2	\$ 20.000	\$ 40.000
Traslado de alevinos hasta el jagüey de levante	Mano de obra	Jornal	3	\$ 20.000	\$ 60.000
Subtotal					\$ 525.000

Fuente: Investigación propia

Tabla 15. Resumen de costos del proceso de engorde R9

2. Proceso de Engorde					
JAGÜEY R9					
Actividad	Recurso	UND.	CANT.	V. UNIT.	V. Total
Aforo	Mano de obra	Jornal	5	\$ 20.000	\$ 100.000
	Cuerdas	Metro	200	\$ 150	\$ 30.000
	Estacas	Global	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Cinta métrica	Global	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Readecuación y limpieza	Mano de obra	Jornal	25	\$ 20.000	\$ 500.000
Instalación estructuras de fijación de perifiton	Mano de obra	Jornal	2	\$ 20.000	\$ 40.000
Traslado de alevinos hasta el jagüey de levante	Mano de obra	Jornal	3	\$ 20.000	\$ 60.000
Subtotal					\$ 745.000

Fuente: Investigación propia

Tabla 16. Resumen de costos del proceso de engorde R10

2. Proceso de Engorde					
JAGÜEY R2					
Actividad	Recurso	UND.	CANT.	V. UNIT.	V. Total
Aforo	Mano de obra	Jornal	4	\$ 20.000	\$ 80.000
	Cuerdas	Metro	200	\$ 150	\$ 30.000
	Estacas	Global	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Cinta métrica	Global	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Readecuación y limpieza	Mano de obra	Jornal	20	\$ 20.000	\$ 400.000
Instalación estructuras de fijación de perifiton	Mano de obra	Jornal	2	\$ 20.000	\$ 40.000
Traslado de alevinos hasta el jagüey de levante	Mano de obra	Jornal	3	\$ 20.000	\$ 60.000
Subtotal					\$ 625.000

Fuente: Investigación propia

Proceso de cosecha

Es el proceso final del ciclo de cultivo. De acuerdo con la experiencia del empresario de Piscicultura La Metra, las actividades de pesca es conveniente contratarlas con pescadores expertos a los cuales se les pagan jornales de trabajo, a un valor de \$30.000 y se les cancela un jornal adicional por el alquiler de las artes de pesca.

El costo de este proceso debe tener en cuenta dos elementos: el primero son los jornales de los pescadores y el segundo, los jornales necesarios para eviscerar el pescado (Tablas 17 a 28).

Tabla 17. Detalle costos proceso de cosecha R2

3. Proceso de cosecha (Proyectado)					
Actividad	Recurso	UND.	CANT.	V. UNIT.	V. Total
Pesca	Mano de Obra	Jornal	12	\$ 30.000	\$ 360.000
Eviscerado	Mano de Obra	Jornal	3	\$ 20.000	\$ 60.000
Subtotal					\$ 420.000

Fuente: Investigación propia

Tabla 18. Detalle costos proceso de cosecha R6

3. Proceso de cosecha (Proyectado)					
Actividad	Recurso	UND.	CANT.	V. UNIT.	V. Total
Pesca	Mano de Obra	Jornal	10	\$ 30.000	\$ 300.000
Eviscerado	Mano de Obra	Jornal	3	\$ 20.000	\$ 60.000
Subtotal					\$ 360.000

Fuente: Investigación propia

Tabla 19. Detalle costos proceso de cosecha R9

3. Proceso de cosecha (Proyectado)					
Actividad	Recurso	UND.	CANT.	V. UNIT.	V. Total
Pesca	Mano de Obra	Jornal	14	\$ 30.000	\$ 420.000
Eviscerado	Mano de Obra	Jornal	3	\$ 20.000	\$ 60.000
Subtotal					\$ 480.000

Fuente: Investigación propia

Tabla 20. Detalle costos proceso de cosecha R10

3. Proceso de cosecha (Proyectado)					
Actividad	Recurso	UND.	CANT.	V. UNIT.	V. Total
Pesca	Mano de Obra	Jornal	12	\$ 30.000	\$ 360.000
Eviscerado	Mano de Obra	Jornal	3	\$ 20.000	\$ 60.000
Subtotal					\$ 420.000

Fuente: Investigación propia

Inversión mínima requerida

Una de las ventajas que tiene este sistema de producción de bocachico en jagüeyes, es la poca inversión que se requiere. Las inversiones están dirigidas a la dotación de elementos de trabajo simples como los presentados en la Tabla 21.

Tabla 21. Resumen de la inversión en materiales de trabajo

Inversión				
Descripción	Und	Cant	V. Unit	V. Total
Manguera	Metro	15	\$ 2.500	\$ 37.500
Estructura perifiton	Global	1	\$ 475.400	\$ 475.400
Machetes	Und.	3	\$ 6.000	\$ 18.000
Ictiómetro	Und.	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Balanza digital	Und.	1	\$ 40.000	\$ 40.000
Carretilla	Und.	1	\$ 40.000	\$ 40.000
Pala	Und.	1	\$ 4.800	\$ 4.800
Baldes	Und.	2	\$ 8.000	\$ 16.000
Recipientes plásticos	Und.	4	\$ 10.000	\$ 40.000
Subtotal				\$ 691.700

Fuente: Investigación propia

También se tuvo en cuenta en la evaluación económica la inversión si el productor acuícola debe construir los jagüeyes, o si por el contrario los puede tomar en arrendamiento.

Costos fijos de producción

Con el fin de optimizar el manejo de los recursos y reducir los costos de producción, se sugirió como una política la contratación de un operario por medio tiempo, para que se encargue del seguimiento y asistencia al cultivo. Las actividades (Tabla 22). que realizó el operario son:

- Preparación del fertilizante orgánico.
- Vaciado del estanque de pre-cría.
- Alimentación de alevinos en estanque de pre-cría.
- Encalado del estanque de pre-cría.
- Fertilización de jagüeyes.
- Revisión del estado de los jagüeyes (taludes, coronas, nivel de llenado).

- Revisión del enmallado de pre-cría.
- Apoyo en la instalación de estructuras de perifiton.
- Biometrías (captura de peces para muestras).
- Revisión de parámetros físicos del agua (coloración).

Tabla 23. Costos fijos de producción

Costos fijos				
Descripción	Und.	Cant.	V. Unit.	V. Total
Mano de obra (Operario)	Mes	12	\$ 250.000	\$ 3.000.000
Costo unitario por estanque (4 estanques)				\$ 750.000

Fuente: Investigación propia

Resumen de los costos

Para la realización de la evaluación económica y financiera, se consideraron los costos de producción de cada jagüey. Los costos del proceso de pre-cría sumaron \$3.793.600, que distribuidos entre los cuatro jagüeyes corresponde a \$948.400 (Tablas 24-27).

Tabla 24. Resumen costos de producción jagüey R2

RESUMEN COSTOS DE PRODUCCIÓN R2		
Elemento	Valor	%
Proceso de Pre-cría	\$ 948.400	36 %
Proceso de engorde	\$ 625.000	24 %
Proceso de cosecha	\$ 420.000	16 %
Gastos fijos	\$ 625.000	24 %
Total	\$ 2.618.400	100 %

Fuente: Investigación propia

Los costos de producción para el horizonte del proyecto implican los procesos de pre-cría, engorde y cosecha, al igual que los costos fijos del operario que realizó la asistencia al cultivo.

Tabla 25. Resumen costos de producción jagüey R6

RESUMEN COSTOS DE PRODUCCIÓN R6		
Elemento	Valor	%
Proceso de Pre-cría	\$ 948.400	39 %
Proceso de engorde	\$ 525.000	21 %
Proceso de cosecha	\$ 360.000	15 %
Gastos fijos	\$ 625.000	25 %
Total	\$ 2.458.400	100 %

Fuente: Investigación propia

Tabla 26. Resumen costos de producción jagüey R9

RESUMEN COSTOS DE PRODUCCIÓN R9		
Elemento	Valor	%
Proceso de Pre-cría	\$ 948.400	34 %
Proceso de engorde	\$ 745.000	27 %
Proceso de cosecha	\$ 480.000	17 %
Gastos fijos	\$ 625.000	22 %
Total	\$ 2.798.400	100 %

Fuente: Investigación propia

Tabla 27. Resumen costos de producción jagüey R10

RESUMEN COSTOS DE PRODUCCIÓN R10		
Elemento	Valor	%
Proceso de Pre-cría	\$ 948.400	36 %
Proceso de engorde	\$ 625.000	24 %
Proceso de cosecha	\$ 420.000	16 %
Gastos fijos	\$ 625.000	24 %
Total	\$ 2.618.400	100 %

Fuente: Investigación propia

Evaluación económica y financiera

Este tipo de evaluación del cultivo de bocachico en jagüeyes se realizó en dos momentos:

Evaluación Individual (1 año)

Se registraron los ingresos, costos y gastos para cada jagüey,

con el propósito de establecer desde lo económico cuál de los cuatro jagüeyes presentaba los mejores indicadores. Una vez se determinó el jagüey exitoso con los resultados económicos más favorables, se simuló un sistema de producción con cuatro jagüeyes para un horizonte de un año.

Evaluación Sistema Producción (5 años)

Una vez determinado cuál jagüey aportaba los mejores indicadores, se simuló un sistema de producción compuesto por cuatro jagüeyes con las mismas características del tratamiento exitoso. La evaluación se realizó en un horizonte de cinco años.

Para la evaluación económica y financiera se seleccionaron los indicadores de mayor uso y de general aceptación como el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Indicadores financieros: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR)

Valor Presente Neto (VPN)

El VPN permite evaluar financieramente una inversión en aras de determinar la conveniencia de su ejecución. Se fundamenta en traer a pesos de hoy los ingresos y egresos futuros de un proyecto; de forma sencilla nos indica cuánto dinero aporta el proyecto de acuerdo con los ingresos y egresos proyectados, considerando una tasa mínima de oportunidad del inversionista. La fórmula de cálculo es la presentada a continuación (Figura 7).

$$VPN = \sum F_n(1+i)^{-n} \Rightarrow F_0 + F_1(1+i)^{-1} + F_2(1+i)^{-2} + \dots + F_n(1+i)^{-n}$$

Figura 7. Fórmula de cálculo empleada

Si el $VPN > 0$ el proyecto es financieramente conveniente, es decir, los ingresos son mayores que los egresos y el inversionista gana más de lo que quería ganar.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Mide la rentabilidad de una inversión en términos porcentuales, es decir, indica la rentabilidad de los dineros invertidos en el proyecto.

Resultados de la Evaluación

La evaluación en el primer momento se realizó en un horizonte de un año teniendo en cuenta que de acuerdo con los resultados de la investigación, el ciclo del cultivo es satisfactorio a partir del mes 10. Se registraron los ingresos y egresos para cada uno de los jagüeyes analizados. La información se resume en la Tabla 28.

Tabla 28. Ingresos por jagüey

Jagüey	Producción (Kg)	Ingresos	Costos	Resultado
R9	832	\$ 5.544.000	\$ 2.649.400	\$ 2.894.600
R10	208	\$ 1.596.000	\$ 2.589.400	\$ -993.400
R6	201	\$ 1.648.800	\$ 2.529.400	\$ -880.600
R2	192	\$ 1.440.000	\$ 2.589.400	\$ -1.149.400

Fuente: Investigación propia

En la Figura 8 se muestra el comparativo de ingresos para los cuatro jagüeyes analizados en la evaluación.

En términos de ingresos y resultados económicos el jagüey que resultó viable fue el R9. Se realizaron los flujos de caja para cada uno de los jagüeyes analizados y se determinaron los criterios de evaluación financiera: TIR y VPN que se presentan a continuación (Tabla 29). En esta tabla se observa que el jagüey con resultados positivos es R9, por lo que se valida económica y financieramente.

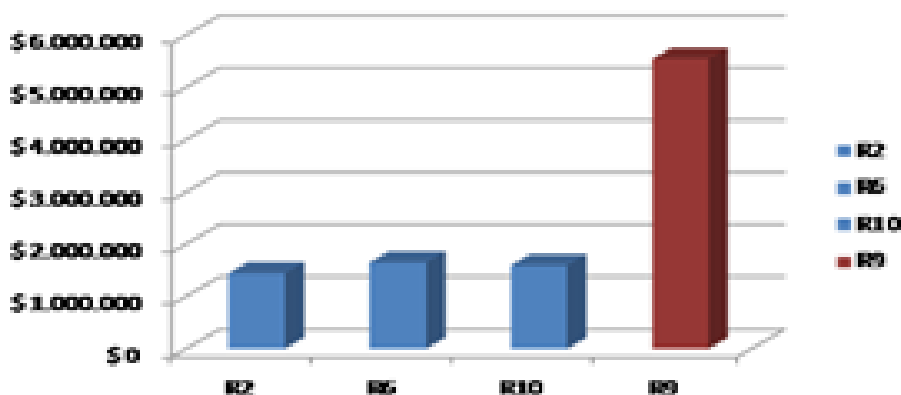


Figura 8. Ingresos comparativos por jagüey

Fuente: Documento elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 29. Indicadores financieros por jagüey

Jagüey	VPN	TIR	Ingresos
R2	\$ -1.195.610	N REGISTRA	\$ 1.440.000
R6	\$ -1.101.397	N REGISTRA	\$ 1.648.800
R10	\$ -1.140.933	N REGISTRA	\$ 1.596.000
R9	\$ 221.788	12 %	\$ 5.544.000

Fuente: Investigación propia

En esta tabla se observa que el jagüey con resultados positivos es R9, por lo que se valida económica y financieramente.

Análisis de Sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad variando el precio del bocachico (Tabla 30), con los resultados descritos a continuación. Se observa que se tolera una variación del precio hasta un 10 % (\$7.200 por mano), en este precio el VPN sigue siendo positivo (\$27.474).

Tabla 30. Análisis de sensibilidad

	Precio	% Variación	VPN	TIR
VPN1	5200	-35 %	(\$ 458.311)	5 %
VPN5	6800	-15 %	(\$ 69.683)	9 %
VPN6	7200	-10 %	\$ 27.474	10 %
VPN7	7600	-5 %	\$ 124.631	11 %
VPN8	7760	-3 %	\$ 163.493	12 %
VPN9	8000	0	\$ 221.788	12 %
VPN10	8240	3 %	\$ 280.082	13 %
VPN11	8400	5 %	\$ 318.944	13 %
VPN12	8800	10 %	\$ 416.101	14 %
VPN17	10800	35 %	\$ 901.886	17 %

Fuente: Datos propios

Estados financieros proyectados: Balance General, Estado de Resultados

Se presentan los estados financieros proyectados de la actividad para un sistema de producción en un horizonte de cinco años: Balance General y Estado de Resultados (Figura 31).

Tabla 31. Balance General

BALANCE GENERAL	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Activo						
Efectivo	-24.172.000	-20.884.367	-8.559.707	-6.325.981	-4.274.119	-2.222.257
Cuentas X Cobrar	0	77.000	77.000	77.000	77.000	77.000
Provisión Cuentas por Cobrar	0	0	0	0	0	0
Inventarios Materias Primas e Insumos	0	0	0	0	0	0
Inventarios de Producto en Proceso	0	0	0	0	0	0
Inventarios Producto Terminado	0	0	0	0	0	0
Anticipos y Otras Cuentas por Cobrar	0	0	0	0	0	0
Gastos Anticipados	0	0	0	0	0	0
Total Activo Corriente:	-24.172.000	-20.807.367	-8.482.707	-6.248.981	-4.197.119	-2.145.257
Terrenos	0	0	0	0	0	0
Construcciones y Edificios	26.400.000	25.080.000	23.760.000	22.440.000	21.120.000	19.800.000
Maquinaria y Equipo de Operación	0	0	0	0	0	0
Muebles y Enseres	0	0	0	0	0	0
Equipo de Transporte	0	0	0	0	0	0
Equipo de Oficina	0	0	0	0	0	0
Semovientes pie de cria	2.772.000	2.494.800	2.217.600	1.940.400	1.663.200	1.386.000
Cultivos Permanentes	0	0	0	0	0	0
Total Activos Fijos:	29.172.000	27.574.800	25.977.600	24.380.400	22.783.200	21.186.000
Total Otros Activos Fijos	0	0	0	0	0	0
ACTIVO	5.000.000	6.767.433	17.494.893	18.131.419	18.586.081	19.040.743
Pasivo						
Cuentas X Pagar Proveedores	0	410.233	410.233	410.233	410.233	410.233
Impuestos X Pagar	0	447.876	447.876	447.876	447.876	447.876
Acreedores Varios	0	0	0	0	0	0
Obligaciones Financieras	0	0	0	0	0	0
Otros pasivos a LP	0	0	0	0	0	0
Obligacion Fondo Emprender (Contingente)	0	0	0	0	0	0
PASIVO	0	858.109	858.109	858.109	858.109	858.109
Patrimonio						
Capital Social	5.000.000	5.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000	15.000.000
Reserva Legal Acumulada	0	0	90.932	181.865	272.797	363.730
Utilidades Retenidas	0	0	636.527	1.182.121	1.545.851	1.909.580
Utilidades del Ejercicio	0	909.324	909.324	909.324	909.324	909.324
Revalorización patrimonio	0	0	0	0	0	0
PATRIMONIO	5.000.000	5.909.324	16.636.783	17.273.310	17.727.972	18.182.634
PASIVO + PATRIMONIO	5.000.000	6.767.433	17.494.893	18.131.419	18.586.081	19.040.743

Fuente: Datos propios

Estado de Resultados**Tabla 32. Estado de Resultados**

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
ESTADO DE RESULTADOS					
Ventas	27.720.000	27.720.000	27.720.000	27.720.000	27.720.000
Devoluciones y rebajas en ventas	0	0	0	0	0
Materia Prima, Mano de Obra	9.845.600	9.845.600	9.845.600	9.845.600	9.845.600
Depreciación	1.320.000	1.320.000	1.320.000	1.320.000	1.320.000
Agolamiento	277.200	277.200	277.200	277.200	277.200
Otros Costos	0	0	0	0	0
Utilidad Bruta	16.277.200	16.277.200	16.277.200	16.277.200	16.277.200
Gasto de Ventas	6.920.000	6.920.000	6.920.000	6.920.000	6.920.000
Gastos de Administración	8.000.000	8.000.000	8.000.000	8.000.000	8.000.000
Provisiones	0	0	0	0	0
Amortización Gastos	0	0	0	0	0
Utilidad Operativa	1.357.200	1.357.200	1.357.200	1.357.200	1.357.200
Otros Ingresos					
Intereses	0	0	0	0	0
Otros ingresos y egresos	0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuestos	1.357.200	1.357.200	1.357.200	1.357.200	1.357.200
Impuestos (35%)	447.876	447.876	447.876	447.876	447.876
Utilidad Neta Final	909.324	909.324	909.324	909.324	909.324

Fuente: Datos propios

Nota: Los cálculos se realizaron a pesos constantes.

Los resultados de un sistema de producción como el descrito, son positivos si se considera en un horizonte de cinco años. Se registra una utilidad neta de \$909.324 por año de operación. Vale la pena anotar que este análisis se basa en un sistema pequeño y si se aumenta el volumen de producción se puede incrementar la utilidad puesto que se manejarán mejores costos de producción.

Flujo de caja proyectado a un año

Tabla 33. Flujo de caja proyectado a un año jagüey R2

	Mes0	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6	Mes7	Mes8	Mes9	Mes10
Cantidad (manos)											576
Precio		\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500
Ingresos		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1.440.000
Gastos Fijos		\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500
Costos		\$ 474.200	\$ 474.200	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 494.500
Subtotal Costos		\$ 536.700	\$ 536.700	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 557.000
											\$ 2589.400
Disponible	(\$ 172.925)	(\$ 536.700)	(\$ 536.700)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	\$ 883.000

TIR	#¡DIV/0!
VPN	(\$ 1.195.610)

Fuente: Datos propios

Tabla 34. Flujo de caja proyectado a un año jagüey R6

	Mes0	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6	Mes7	Mes8	Mes9	Mes10
Cantidad (manos)											550
Precio		\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
Ingresos		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1.648.800
Gastos Fijos		\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500
Costos		\$ 474.200	\$ 474.200	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 434.500
Subtotal Costos		\$ 536.700	\$ 536.700	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 497.000
											\$ 2.529.400
Disponible	(\$ 172.925)	(\$ 536.700)	(\$ 536.700)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	\$ 1.151.800

TIR	#¡NUM!
VPN	(\$ 1.101.397)

Fuente: Datos propios

Evaluación Económica del Cultivo de Bocachico en Jagüeyes

Tabla 35. Flujo de caja proyectado a un año jagüey R9

	Mes0	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6	Mes7	Mes8	Mes9	Mes10
Cantidad (manos)											693
Precio		\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000
Ingresos		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5.544.000
Gastos Fijos		\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500
Costos		\$ 474.200	\$ 474.200	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 554.500
Subtotal Costos		\$ 536.700	\$ 536.700	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 617.000
											\$ 2.649.400
Disponible	(\$ 172.925)	(\$ 536.700)	(\$ 536.700)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	\$ 4.927.000

TIR	12%
VPN	\$ 221.788

Fuente: Datos propios

Tabla 36. Flujo de caja proyectado a un año jagüey R10

	Mes0	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6	Mes7	Mes8	Mes9	Mes10
Cantidad (manos)											456
Precio		\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500
Ingresos		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1.596.000
Gastos Fijos		\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500	\$ 62.500
Costos		\$ 474.200	\$ 474.200	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 74.500	\$ 494.500
Subtotal Costos		\$ 536.700	\$ 536.700	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 137.000	\$ 557.000
											\$ 2.589.400
Disponible	(\$ 172.925)	(\$ 536.700)	(\$ 536.700)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	(\$ 137.000)	\$ 1.039.000

TIR	#¡DIV/0!
VPN	(\$ 1.140.933)

Fuente: Datos propios

Flujo de caja del sistema de producción con cuatro jagüeyes R9 (Horizonte 1 año)

Tabla 37. Flujo de caja del sistema de producción con cuatro jagüeyes R9

	Mes0	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6	Mes7	Mes8	Mes9	Mes10
Cantidad (manos)											2.772
Precio		\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000
Ingresos		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 22.176.000
Gastos Fijos		\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 250.000
Costos		\$ 1.932.800	\$ 1.932.800	\$ 298.000	\$ 298.000	\$ 298.000	\$ 298.000	\$ 298.000	\$ 298.000	\$ 298.000	\$ 2.218.000
Subtotal Costos		\$ 2.182.800	\$ 2.182.800	\$ 548.000	\$ 548.000	\$ 548.000	\$ 548.000	\$ 548.000	\$ 548.000	\$ 548.000	\$ 2.468.000
Disponible	(\$ 691.700)	(\$ 2.182.800)	(\$ 2.182.800)	(\$ 548.000)	(\$ 548.000)	(\$ 548.000)	(\$ 548.000)	(\$ 548.000)	(\$ 548.000)	(\$ 548.000)	\$ 19.708.000

TIR	82%
VPN	\$ 830.351

Fuente: Datos propios

A continuación se presenta el flujo de caja del proyecto para un sistema de producción compuesto por cuatro jagüeyes con las mismas características del jagüey exitoso (R9), en un horizonte de cinco años. Los flujos de caja fueron elaborados teniendo en cuenta los dos perfiles de productores a los que va dirigido:

Perfil 1: Un productor que cuenta con jagüeyes o los arrienda por un período de 5 años a razón de \$3.000.000/año.

Perfil 2: Un productor que no cuenta con jagüeyes y los debe construir. Valor de la inversión: \$26.400.000.

Flujo de caja a cinco años**Tabla 38. Productor perfil 1**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cantidad (manos)		2.772	2.772	2.772	2.772	2.772
Precio		\$ 8.800	\$ 8.800	\$ 8.800	\$ 8.800	\$ 8.800
Ingresos		\$ 24.393.600	\$ 24.393.600	\$ 24.393.600	\$ 24.393.600	\$ 24.393.600
Subtotal Costos	\$ 691.700	\$ 13.405.760	\$ 13.405.760	\$ 11.770.960	\$ 11.770.960	\$ 11.770.960
Inversión	\$ 15.000.000					
Disponible	(\$ 15.691.700)	\$ 10.987.840	\$ 10.987.840	\$ 12.622.640	\$ 12.622.640	\$ 12.622.640

TIR: 68%
VPN: \$ 29.390.781

Fuente: Datos propios

Tabla 39. Flujo de caja a cinco años. Productor perfil 2 (construcción de los jagüeyes)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cantidad (manos)		2.772	2.772	2.772	2.772	2.772
Precio		\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000
Ingresos		\$ 22.176.000	\$ 22.176.000	\$ 22.176.000	\$ 22.176.000	\$ 22.176.000
Subtotal Costos	\$ 691.700	\$ 13.405.760	\$ 13.405.760	\$ 11.770.960	\$ 11.770.960	\$ 11.770.960
Inversión	\$ 26.400.000					
Disponible	(\$ 27.091.700)	\$ 8.770.240	\$ 8.770.240	\$ 10.405.040	\$ 10.405.040	\$ 10.405.040

TIR: 22%
VPN: \$ 9.514.332

Fuente: Datos propios

DISCUSIONES

El método empleado para el análisis de los costos es apropiado por la coherencia que presenta con el sistema de producción, en el cual se identifican actividades bien definidas. Los resultados

de la evaluación fueron comparados con registros históricos del productor piscícola donde se realizó la investigación para proporcionar la mayor veracidad posible.

El sistema de producción fertilizado con bovinaza al 2 % de la biomasa, que para el caso de estudio fue el R9, es el que proporciona una rentabilidad positiva desde el punto de vista del VPN y la TIR. De los cuatro sistemas analizados, el R9 fue el que proporcionó resultados positivos que permiten inferir un resultado económico favorable para una posterior explotación a nivel empresarial.

Un sistema de producción de bocachico como el analizado en este documento es ideal cuando se realizan actividades complementarias como la ganadería, la cual proporciona la materia prima para preparar el fertilizante y además puede compartir recursos como la mano de obra no calificada que se requiere para atender la actividad. El sistema de producción de bocachico no exige una disponibilidad considerable de horas o jornales y puede manejarse con tiempo parcial.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la evaluación económica y financiera del cultivo de bocachico en jagüeyes, permite aportar las siguientes conclusiones:

- El cultivo de bocachico es viable económica y financieramente si se le da un manejo de acuerdo con lo establecido en el modelo de cultivo utilizado para R9, porque aporta los mayores ingresos individuales (\$5.544.000), una TIR positiva (12 %) y un Valor Presente Neto positivo (\$221.788). Los anteriores valores se determinaron para un horizonte de un

año y con un sistema de producción compuesto por cuatro jagüeyes con tratamientos diferentes (R2, R6, R9 y R10).

- En la evaluación a cinco años con un sistema de producción de cuatro estanques con el tratamiento exitoso (R9) la TIR es de 68 % y el VPN de \$29.320.781 para el perfil 1 de un productor (que cuente con jagüeyes construidos o arrendados). Para el caso de un perfil 2 de un productor (que deba construir los jagüeyes), la TIR es del 22 % y el VPN de \$9.514.332.
- La finca productora debe tener una actividad ganadera complementaria para que sirva de proveedora de la principal materia prima en la preparación del fertilizante.
- La implementación de proyectos productivos para el cultivo de bocachico requiere de una asesoría técnica completa para definir aspectos estratégicos como la selección de los jagüeyes, la selección y levante de los alevinos, el plan de fertilización de los jagüeyes. Con la ejecución de este proyecto se generó un paquete tecnológico para el cultivo del bocachico; sin embargo, teniendo en cuenta que cada cuerpo de agua tiene unas características particulares, requiere de asesoría y acompañamiento de especialistas o expertos en esta área para alcanzar resultados satisfactorios.

REFERENCIAS

- Álvarez, L. F. (2008). *Evaluación económica de la piscicultura en el departamento de Loreto. Estudio de Casos: Piscigranjas eje carretera Iquitos-Nauta*. Programa de Ordenamiento Ambiental. Evaluación Económica Opciones Productivas. IIAP.
- Atencio, V. et al. (2003). *Manejo de la primera alimentación del bocachico (Prochilodus magdalenae)*. Colombia: Universidad de Córdoba. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Acuicultura. CINPIC.

- Barfield, J. *et al.* (2005). *Contabilidad de Costos: Tradiciones e innovaciones*. Quinta edición. Editorial Thomson.
- Corporación Colombia Internacional (CCI) (2010). Sistema de información de precios y mercados. *Boletín Semanal*, 6(25). Del 17 al 23 de junio.
- Martínez, H. & González, F. (2002). *La cadena de la piscicultura en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas.
- Ministerio de Agricultura (2004). Lineamientos generales de política para el desarrollo de la acuicultura en Colombia.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2007). *La Piscicultura en Colombia*.



DESARROLLO Y GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BOCACHICO EN JAGÜEYES EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

GERMÁN LOZANO BELTRÁN • ROBERTO RIVERA MENDOZA • JULIÁN MARTÍNEZ JORDÁN • KARINA CASTELLANOS ROMERO
LUIS CARLOS GUTIERREZ • NORWIS ACOSTA ORELLANO • HILDA ESTRADA LÓPEZ • ALEX RUIZ LÁZARO • RONALD PRIETO PULIDO