

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Luiz Alberto Melo de Souza
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista
(Organizadores)



Investigación, tecnología e innovación
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

3

**Atena**
Editora
Ano 2022

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Luiz Alberto Melo de Souza
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista
(Organizadores)



Investigación, tecnología e innovación
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

3

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Luiz Alberto Melo De Sousa
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

162 Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas 3 / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Luiz Alberto Melo De Sousa, Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0454-5
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.545220208>

1. Ciências agrícolas. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Sousa, Luiz Alberto Melo De (Organizador). III. Evangelista, Raimundo Cleidson Oliveira (Organizador). IV. Título.

CDD 338.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O processo que decorre sobre a investigação científica ocorre concomitantemente a necessidade de solucionar problemas e encontrar respostas para métodos que necessitam ser validados junto a fenômenos que requerem explicações assertivas e com bases sólidas. Desta forma, a importância do método científico está assegurada à uma constante carência de respostas e confirmações não sustentadas apenas pelo empirismo.

Existe uma grande necessidade de soluções que possam solucionar a demanda por alimentos, criada com o crescente aumento populacional. Uma das principais preocupações para os próximos anos será aumentar a produtividade sem aumentar o espaço produzido, tornando a agricultura mais sustentável e isto será fruto de investigações científicas, por exemplo.

Por isso, é inevitável notar que grandes são os desafios para tornar a agricultura mais pujante e eficaz, respeitando o meio ambiente e conseguindo suprir as demandas da sociedade. Para isso, há muito tempo pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de colaborar para o aprimoramento das atividades agrícolas, em busca de um equilíbrio constante entre os elos.

Desta forma, nota-se a importância do questionamento dentro do processo investigativo. As respostas obtidas através destes métodos são de suma importância, pois, muitas vezes, acabam por derivar elucidações significativas para as demandas existentes.

Portanto, a presente obra traz em sua composição pesquisas inovadoras com o intuito de difundir ideias relevantes para o cenário agrícola mundial, com informações de considerável valor para leitores, no que se refere a inovações tecnológicas e outros assuntos.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Luiz Alberto Melo De Sousa

Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ÁCIDOS ORGÂNICOS PARA MELHORAR A GERMINAÇÃO E PROTEÇÃO CONTRA *Fusarium* sp

Yareni Anaya Flores
Jesus Magallon Alcazar
Mariana Corona Márquez
Jessica Guadalupe Zepeda García
Gabriela Espinoza Gálvez
Isaac Zepeda Jazo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5452202081>

CAPÍTULO 2..... 8

ACTIVIDAD ANTAGÓNICA *IN VITRO* DE UN AISLADO DE *Bacillus subtilis* CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS

Paul Edgardo Regalado-Infante
Norma Gabriela Rojas- Avelizapa
Rosalía Núñez Pastrana
Daniel Tapia Maruri
Gabriela Lucero Cuatra Xicalhua
Régulo Carlos Llarena Hernandez
Luz Irene Rojas-Avelizapa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5452202082>

CAPÍTULO 3..... 21

ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE POLIEXTRACTOS DE PLANTAS MEDICINALES EN BACTERIAS ASOCIADAS A INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS (IRAS)

Rosa Iris Mayo Tadeo
Mónica Espinoza Rojo
Javier Jiménez Hernández
Flaviano Godinez Jaimes
Agustín Damián Nava
Dolores Vargas Álvarez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5452202083>

CAPÍTULO 4..... 34

CAMBIOS EN LA FERTILIDAD DEL SUELO POR EFECTO DE MONOCULTIVOS EN UN SUELO REGOSOL

Alejandro Otlica Rosario
Antonio Elvira Espinosa
José Felipe Fausto Juárez Cadena
Adriana Moreno Crispín
Juan Contreras Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5452202084>

CAPÍTULO 5..... 46

CARACTERÍSTICAS DE LAS FAMILIAS QUE INTEGRAN LA RED DE MERCADOS AGROECOLÓGICOS CAMPESINOS DEL VALLE DEL CAUCA – REDMAC

Carlos Arturo Aristizábal-Rodríguez

Diego Iván Ángel Sánchez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5452202085>

CAPÍTULO 6..... 51

COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LABORES AGRÍCOLAS MECANIZADAS ENTRE AGRICULTURA DE PRECISIÓN Y MANEJO CONVENCIONAL EN GRANJAS DE TOLIMA Y HUILA

Juan José Ortiz-Rodríguez

Juan Gonzalo Ardila-Marin

Diana Carolina Polania-Montiel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5452202086>

CAPÍTULO 7..... 68

COMPORTAMIENTO ESTRAL EN CABRAS ANÉSTRICAS ALOJADAS INDIVIDUALMENTE O EN GRUPO DURANTE EL PRIMER CONTACTO CON EL MACHO FOTO-ESTIMULADO EN MARZO

Fernández García., I. G.

González Romero., F. J.

Sifuentes Meléndez., L. A.

Duarte Moreno., G.

Ulloa Arvizu., R.

Fitz Rodríguez., G.

Martínez Alfaro., J. C.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5452202087>

CAPÍTULO 8..... 71

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDE ALIMENTADOS CON TRES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE HOJAS DE *Thitonia diversifolia*

Carlos Augusto Martínez Mamian

Sandra Lorena López Quintero

Ximena Andrea Ruiz Erazo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5452202088>

CAPÍTULO 9..... 82

EFFICIENCY EVALUATION OF DIFFERENT COAGULANT AGENTS ASSOCIATED WITH A DIRECT FILTRATION SYSTEM IN WATER TREATMENT

Higor Aparecido Nunes de Oliveira

Edilaine Regina Pereira

Mariana Fernandes Alves

Dandley Vizibelli

Fellipe Jhordã Ladeia Janz

Julio Cesar Angelo Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5452202089>

CAPÍTULO 10..... 90

EL ANÁLISIS DE CORRELACIÓN XY EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS Y SU EFECTO EN LA GANANCIA DE MASA MUSCULAR

Ávila-Cisneros; R.

González-Avalos; R.

Castro-Aguilar; C.

Rocha-Quiñones; J.L.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.54522020810>

CAPÍTULO 11 99

ESTUDIO GENÓMICO COMPARATIVO DE CEPAS ATENUADA Y VIRULENTE DE *Babesia bigemina*

Bernardo Sachman Ruiz

Luis Lozano Aguirre

José Juan Lira Amaya

Rebeca Montserrat Santamaría Espinosa

Grecia Martínez García

Jesús Antonio Álvarez Martínez

Carmen Rojas Martínez

Julio Vicente Figueroa Millán

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.54522020811>

CAPÍTULO 12..... 111

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO Y DETERMINACIÓN DE LA EDAD A LA PUBERTAD DE MACHOS Y HEMBRAS DE YAQUE (*Leirius marmoratus*) BAJO CONDICIONES DE CAUTIVERIO

Eduardo Castillo-Losada

Nubia Estella Cruz-Casallas

Tatiana María Mira-López

Juan Antonio Ramírez-Merlano

Víctor Mauricio Medina-Robles

Pablo Emilio Cruz-Casallas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.54522020812>

CAPÍTULO 13..... 133

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE HARINA OBTENIDA DE LA TORTA RESIDUAL DE SACHA INCHI (*Plukenetia Volubilis* L.) PARA SU POTENCIAL USO EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO

Leidy Andrea Carreño Castaño

Cristian Giovanni Palencia Blanco

Mónica María Pacheco Valderrama

Ana Milena Salazar Beleño

Héctor Julio Paz Díaz

Dally Esperanza Gáfaró Álvarez

Miguel Arturo Lozada Valero

Sandra Milena Montesino Rincón

Olga Cecilia Alarcón Vesga

Seidy Julieth Prada Miranda
Adriana Patricia Casado Pérez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.54522020813>

CAPÍTULO 14..... 147

IDENTIFICACION BIOQUÍMICA Y MOLECULAR DE BACTERIAS DE IMPORTANCIA EN SUELOS AGRÍCOLAS

Martha Lidya Salgado-Siclán
Guadalupe Milagros Muzquiz Aguilar
Ma. Magdalena Salgado- Siclán
Ana Tarín Gutiérrez-Ibañez
José Francisco Ramírez-Dávila
Martín Rubí Arriaga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.54522020814>

CAPÍTULO 15..... 159

MORFOFISIOLOGIA DE FEIJÃO-MUNGO EM RESPOSTA À SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Antônio Aécio de Carvalho Bezerra
Romário Martins da Costa
Marcos Renan Lima Leite
Sâmia dos Santos Matos
José Valdenor da Silva Júnior
Kathully Karoline Brito Torres
Francisco Reinaldo Rodrigues Leal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.54522020815>

CAPÍTULO 16..... 171

PERSPECTIVAS DEL CONTROL BIOLÓGICO DE FITOPATÓGENOS ASOCIADOS A LA SECADERA DEL CULTIVO DE CHILE

Omar Jiménez-Pérez
Gabriel Gallegos-Morales
Juan Manuel Sanchez-Yañez
Miriam Desiree Dávila-Medina
Francisco Castillo-Reyes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.54522020816>

CAPÍTULO 17..... 190

RETOS DE INNOVACIÓN EN LA CADENA PRODUCTIVA DE LA PANELA

Jaime Vente Garces
Derly Tatiana Marin Tosne
Damar Daniela Valencia Hernández

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.54522020817>

CAPÍTULO 18..... 204

REVISÃO: BIOINSUMOS NA CULTURA DA SOJA

Luiz Alberto Melo de Sousa

Fernando Freitas Pinto Junior
Janine Quadros Castro
Fabiola Luzia de Sousa Silva
Karolline Rosa Cutrim Silva
João Lucas Xavier Azevedo
Igor Alves da Silva
Maria Raysse Teixeira
Lidia Ferreira Moraes
Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.54522020818>

SOBRE OS ORGANIZADORES	219
ÍNDICE REMISSIVO.....	220

CAPÍTULO 12

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO Y DETERMINACIÓN DE LA EDAD A LA PUBERTAD DE MACHOS Y HEMBRAS DE YAQUE (*Leiarius marmoratus*) BAJO CONDICIONES DE CAUTIVERIO

Data de aceite: 19/07/2022

Eduardo Castillo-Losada

Grupo de Investigación sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos – GRITOX, Instituto de Acuicultura y Pesca de la Universidad de los Llanos – IALL, Villavicencio, Meta, Colombia
ORCID: 0000-0002-2503-2645

Nubia Estella Cruz-Casallas

Grupo de Investigación Trabajo de Llano, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, Villavicencio, Meta, Colombia
ORCID: 0000-0002-0979-5095

Tatiana María Mira-López

Grupo de Investigación sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos – GRITOX, Instituto de Acuicultura y Pesca de la Universidad de los Llanos – IALL, Villavicencio, Meta, Colombia
ORCID: 0000-0002-2278-7997

Juan Antonio Ramírez-Merlano

Grupo de Investigación sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos – GRITOX, Instituto de Acuicultura y Pesca de la Universidad de los Llanos – IALL, Villavicencio, Meta, Colombia
ORCID: 0000-0001-9712-6678

Víctor Mauricio Medina-Robles

Grupo de Investigación sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos – GRITOX, Instituto de Acuicultura y Pesca de la Universidad de los Llanos – IALL, Villavicencio, Meta, Colombia
ORCID: 0000-0002-4871-2715

Pablo Emilio Cruz-Casallas

Grupo de Investigación sobre Reproducción y Toxicología de Organismos Acuáticos – GRITOX, Instituto de Acuicultura y Pesca de la Universidad de los Llanos – IALL, Villavicencio, Meta, Colombia
ORCID: 0000-0003-4641-1692

RESUMEN: Doscientos cincuenta yaques (*Leiarius marmoratus*) de 14 meses de edad fueron distribuidos en cinco estaciones piscícolas del departamento del Meta (Colombia), para realizar seguimiento durante 6 meses de su crecimiento y condición corporal, midiendo mensualmente la longitud total (cm), longitud anal (cm), ancho de la cabeza (cm) contorno del cuerpo (cm) y peso corporal (Kg). La observación continuó durante 6 meses adicionales para establecer el momento de su primera madurez sexual y determinar así la edad a la pubertad. Cuando presentaron por primera vez signos de madurez sexual, la maduración final de las gónadas, la ovulación y la espermiación fueron inducidas hormonalmente (Extracto de Hipófisis de Carpa – EHC y Ovaprim – OVAP), evaluando en total cinco protocolos de administración de las hormonas. La mayor ganancia de peso y de talla se presentaron en las fincas 2 (0,41Kg) y 5 (6,1cm), observándose que las hembras presentaron mayor desarrollo corporal que los machos. Teniendo en cuenta el diámetro ovocitario post-inducción ($868,0 \pm 98,6 \mu\text{m}$) y las fecundidades absoluta (638.248 ± 129.381 ovocitos/hembra) y relativa (207.479 ± 27.550 ovocitos.Kg⁻¹), la mejor respuesta ovárica al tratamiento hormonal se observó con los

protocolos basados en EHC. Igualmente, el protocolo más efectivo para aumentar el volumen seminal ($3,3 \pm 0,8\text{mL}$), la movilidad espermática ($58,0 \pm 13,9 \%$), la duración de la motilidad ($62,2 \pm 7,4$ seg) y la viabilidad espermática ($95,6 \pm 1,8 \%$) fue también aquel basado en EHC; sin embargo, la concentración espermática más alta se observó cuando se administró OVAP ($4.430 \pm 915,9 \times 10^6$ espermatozoides/ μL). En conclusión, bajo condiciones de cautiverio, los primeros signos de madurez sexual de la especie se pueden presentar entre los 22 y 24 meses de edad, lo cual puede considerarse como la edad a la pubertad de la especie.

PALABRAS CLAVE: Gónadas; inducción hormonal; *Leiarius marmoratus*; pubertad; silúridos nativos.

EVALUATION OF THE REPRODUCTIVE BEHAVIOR AND DETERMINATION OF YAQUE'S (*Leiarius marmoratus*) MALES AND FEMALES PUBERTY AGE UNDER CAPTIVE CONDITIONS

ABSTRACT: 250 fourteen-month-old yaques (*L. marmoratus*) were split in five fishing farms of the department of Meta (Colombia). This distribution was performed in order to monitor monthly their growth and body condition by measuring their total length (cm), anal length (cm), head width (cm), body girth (cm) and body weight (Kg) during a period of six months. The observation was performed for six more months so as to establish the time for their first sexual maturity and determine the age of puberty. Once the first signs of sexual maturity were observed, the gonads final maturation, ovulation and spermiation were hormonal induced (Carp Pituitary Extract - CPE and Ovaprim - OVAP), assessing five hormone administration protocols in total. The greatest gain in weight and length were observed in the fishing farms 2 (0,41Kg) and 5 (6,1cm) where females showed greater body development than males. Based on the after-induction ovarian diameter ($868,0 \pm 98,6 \mu\text{m}$) and the absolute fecundity (638.248 ± 129.381 oocytes/female) and relative fecundity (207.479 ± 27.550 oocytes.Kg⁻¹), the best ovarian response to the hormonal treatment was observed in protocols under CPE. Similarly, the protocol under CPE was also the most effective in increasing the seminal volume ($3,3 \pm 0,8\text{mL}$), the sperm motility ($58,0 \pm 13,9 \%$), the duration of motility ($62,2 \pm 7,4$ sec.) and the sperm viability ($95,6 \pm 1,8 \%$); nonetheless, the highest sperm concentration was seen when OVAP ($4.430 \pm 915,9 \times 10^6$ spermatozoa/ μL) was administered. In conclusion, the first signs of sexual maturity in *L. marmoratus* may appear around the age of 22 and 24 months in captivity conditions, which can be considered as the species puberty age.

KEYWORDS: Gonads; hormonal induction; *Leiarius marmoratus*; puberty; reproduction; silurid fish.

INTRODUCCIÓN

El yaque (*Leiarius marmoratus*), es un pez reofilico suramericano que pertenece a la familia siluridae y habita generalmente ambientes acuáticos demersales de las cuencas de los ríos Amazonas, Essequibo y Orinoco (Castillo, 2001; Ramírez Gil & Martínez Ajiaco, 1997). Su reproducción es estacional, ocurriendo ésta entre los meses de abril y junio (época de lluvia), alcanzando los animales adultos una longitud total promedio de 100 cm y un peso corporal de 12 kg, aproximadamente. Ostenta una carne blanca muy apetecida en

los mercados locales debido a sus características organolépticas (textura, sabor y pocas espinas), convirtiéndolo en un pez de cuero de interés para la acuicultura nacional (Ramírez y Ajiaco, 1997).

Algunos trabajos preliminares realizados en el Instituto de Acuicultura y Pesca de la Universidad de los Llanos – IALL (Colombia), han mostrado una buena adaptación de la especie al confinamiento logrando adaptar paulatinamente sus hábitos alimenticios piscívoros (propio de la especie en ambientes naturales) (Layman Craig A., Winemiller Kirk O., Arrington D. Albrey, & Jepsen David B., 2005) u omnívoros (Novoa R, 2002; Ramírez Gil & Martínez Ajiaco, 1997) al consumo específico de dietas secas comerciales (Cruz Casallas et al., 2008). De igual forma han realizado investigaciones encaminadas hacia la estandarización de protocolos para la inducción hormonal de machos de *L. marmoratus* bajo condiciones específicas de cautiverio, obteniendo resultados favorables para la piscicultura (Tatiana Mira, Medina, & Cruz, 2010).

No obstante, resulta poco probable fomentar su cultivo a escala comercial si no se conoce con amplitud el comportamiento reproductivo de las hembras bajo las mismas condiciones de cautividad, teniendo en cuenta que la reproducción de la especie puede verse afectada por diferentes factores tales como las condiciones climáticas y/o medioambientales diferentes a las que encuentran en su entorno natural, a la nutrición y al estrés producido por la captura y/o confinamiento en que se encuentren los animales, afectando de manera directa su reproducción (Sumpter et al., 1994; Pankhurst y Van der Kraak, 1997; Zohar y Mylonas, 2001). Por lo anterior, un grupo de investigaciones se han desarrollado con el fin de establecer la edad en que los peces criados en cautiverio inician su madurez sexual, dentro de los cuales se encuentra el realizado por (Davis, 2009) donde determinaron si la maduración sexual del *Ictalurus punctatus* es dependiente de la talla y edad del animal, o del número de ciclos de temperaturas anuales al que son sometidos. De igual forma, (Cubillos S., Canales A., Bucarey S., Rojas S., & Alarcón M., 1999) efectuaron en Chile un estudio evaluando la estacionalidad del período reproductivo de la sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) y sus cambios interanuales, como también la determinación de la talla de la primera madurez sexual de ambas especies. Es por ello, que este trabajo tiene como objetivo principal conocer el comportamiento reproductivo del Yaque (*L. marmoratus*) cuando es producido en cautiverio, con el fin de optimizar su periodo reproductivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La investigación se llevó a cabo entre los meses de Agosto del 2010 a Julio del 2011 en cinco estaciones piscícolas del Departamento del Meta (Colombia), así: Villa Lucy (Finca 1), ubicada en el municipio de Puerto López (178 m.s.n.m; temperatura media de 26,5°C); Munuanú (Finca 2) y Aguallano (Finca 4), pertenecientes al municipio

de Restrepo (570 m.s.n.m; temperatura media de 25,8°C); Alevinos del Meta (Finca 3), del municipio de Guamal (525 m.s.n.m; temperatura media de 26°C); y El Paraíso (Finca 5) perteneciente al municipio de Cumaral (452 m.s.n.m; temperatura promedio de 21°C).

La evaluación ovocitaria y seminal de los animales seleccionados para reproducción artificial se realizó en el Laboratorio de Reproducción y Crioconservación del Instituto de Acuicultura y Pesca de la Universidad de los Llanos (IALL), ubicado a 12 kilómetros del municipio de Villavicencio (Meta), a una altura sobre el nivel del mar de 418 metros, pluviosidad de 4050mms anuales, humedad relativa del 75% y temperatura ambiental media de 27°C.

Material biológico y manejo de los animales: Los animales (machos y hembras) se obtuvieron de tres parejas reproductoras silvestres desovadas en la estación piscícola del IALL entre los meses de Mayo y Junio del año 2009. Un stock de 250 animales fue distribuido entre las cinco estaciones piscícolas vinculadas a la investigación (50 peces/finca), a los cuales se les realizó marcaje de manera individual a través de microchips implantados en la región dorsal de los mismos. La densidad de siembra utilizada fue de 200 gr.m²⁻¹ y su alimentación correspondió a dieta comercial con 30% de proteína bruta (PB) a razón del 2% de la biomasa total de cada estanque, variando la cantidad de alimento según el peso promedio registrado durante los muestreos mensuales.

Variación del crecimiento y condición corporal de machos y hembras desde los 12 hasta los 18 meses de edad: Para la evaluación del crecimiento y condición corporal de los animales, se realizó un muestreo mensual al 50% de los individuos (25 ejemplares seleccionados al azar) en cada estación piscícola, desde el mes de Septiembre/2010 a Marzo/2011, determinando el peso corporal (Kg) y medidas morfométricas como longitud total (cm), longitud anal (cm), ancho de la cabeza (cm) y contorno del cuerpo (cm) de los animales muestreados. Para establecer el peso individual, se utilizó una báscula electrónica (Jaz International Trading LTD, Colombia) con 0,001 de precisión. Entre tanto, las medidas morfométricas de los animales se tomaron mediante la utilización de un ictiómetro.

Determinación de la edad a la pubertad y evaluación del desarrollo y maduración gonadal de hembras y machos entre los 12 y 24 meses de edad: Para la determinación de la edad a la pubertad y evaluación del desarrollo y maduración del ovario mediante características sexuales secundarias, se realizaron biopsias ováricas (García, 1989) a hembras seleccionadas aleatoriamente durante los muestreos mensuales realizados. La biopsia consistió en la introducción de un catéter plástico en la papila urogenital, obteniendo una muestra representativa de ovocitos (± 70 ovocitos/hembra) y almacenándolos en un tubo eppendorf con cloruro de sodio al 0,9% para mantener las muestras estables hasta la evaluación de los mismos. Posteriormente, se dispusieron en cajas de petri para su observación bajo un estereoscopio binocular (Nikon SMZ 800, Japón) y determinar así el diámetro ovocitario (μm). Luego, los ovocitos fueron impregnados con solución Serra, compuesta de 85% de Alcohol, 10% de Formol y 5% Ácido Acético Glacial, la cual tiene

como efecto aclarar el vitelo del ovocito para poder determinar la posición de la vesícula germinal (central, migrando o periférica). Con base en el diámetro ovocitario y posición de la vesícula germinal se estimó el estadio de maduración ovárico.

Para evaluar el estado de desarrollo y maduración testicular se tuvo en cuenta características sexuales secundarias como lo es la presencia o no de semen en la papila urogenital después de realizar un leve masaje en sentido cráneo-caudal de la región celómica del animal. A los animales que presentaron emisión de semen se les fue colectado para realizar el posterior análisis del mismo, determinando volumen seminal (ml), movilidad masal (%), duración de la motilidad espermática (seg), viabilidad espermática (%), osmolaridad (mOsm.Kg⁻¹) y concentración espermática (sptz x 10⁶/μL) a cada individuo. Para la evaluación del volumen seminal se utilizaron tubos eppendorf aforados de 1,5 ml; la movilidad masal y la duración de la motilidad se determinaron mediante la colocación de 20μL de semen sobre una lámina excavada (Micro-Slides Premiere, China) con 180μL de agua destilada (1:20) para la activación del mismo y observado a través de un microscopio óptico (Axiostar-Carl Zeiss, USA) con magnificación de 10X; la duración de la motilidad se estimó desde la mezcla del agua destilada con el semen hasta el momento en que el 90% de las células cesaran su movimiento. La viabilidad espermática fue determinada mediante la realización de un extendido {mezcla de 5 μL de semen + una gota (20μL) de eosina-nigrosina (Sigma Chemical Co., USA)} sobre una lámina portaobjetos (Waldemar Knittel, Germany) y observada a través de un microscopio óptico (Axiostar-Carl Zeiss, USA), magnificación 10X. La osmolaridad espermática se evaluó mediante un osmómetro (Osmette III – Precision System INC, USA), utilizando 10μL de semen. Por último, la concentración espermática fue determinada a través de una cámara de Neubauer de 0,100mm de profundidad (Optik Labor, Germany).

Evaluación a la inducción hormonal: Se realizó inducción hormonal a treinta y cuatro (34) ejemplares, entre hembras (2,79 ± 0,1Kg) y machos (1,32 ± 0,03Kg) que mostraron signos secundarios de madurez gonadal (enrojecimiento y protrusión de la papila urogenital en hembras y emisión de semen en machos luego de realizar masaje abdominal). Estos ejemplares fueron trasladados 24 horas antes de dar inicio a la inducción hormonal a piletas circulares de cemento con 2,0m³ de agua, disponiendo de aireación constante. Para la inducción a la maduración gonadal se utilizaron dos inductores hormonales, Extracto de Hipófisis de Carpa (EHC) y una mezcla comercial de análogo superactivo de Hormona Liberadora de Gonadotropina + Bloqueador de los receptores de D2 de Dopamina - OVAPRIM® (OVAP), mediante aplicación intramuscular (IM) en la región dorsal de los animales.

Los protocolos utilizados para las hembras fueron: **EHC** = 2,75mg.Kg⁻¹ {0,25mg.Kg⁻¹ (0h), 0,5mg.Kg⁻¹ (9h), 2mg.Kg⁻¹ (18h)}; **OVAP** = 0,5ml.Kg⁻¹ (Única inyección). Entre tanto, los machos seleccionados se indujeron mediante aplicación de tres protocolos bajo dos inductores hormonales: **EHC**¹ = 2,7mg.Kg⁻¹ {0,2mg.Kg⁻¹ (0h), 0,5mg.Kg⁻¹ (9h), 2mg.

Kg^{-1} (18h)); **EHC**² = 7,5mg.Kg⁻¹ {0,5mg.Kg⁻¹ (0h), 2mg.Kg⁻¹ (9h), 5mg.Kg⁻¹ (18h)}; y **OVAP** = 0,25ml.Kg⁻¹ (Única aplicación); Grupo control (machos) = 0,5ml de solución salina fisiológica (Única inyección aplicada con la última dosis de los animales tratados).

Para la obtención de los gametos (ovocitos y espermatozoides), los animales previamente fueron tranquilizados mediante inmersión en una solución con 2-Fenoxietanol (J.T. Baker, USA) a una dosis entre 300-400ppm, hasta observar la pérdida del eje de nado. Para el caso de los machos, las variables a evaluar fueron volumen seminal (cm), movilidad masal (%), tiempo de activación (seg) y viabilidad espermática (%), osmolaridad seminal (mOsm/Kg) y concentración espermática (sptzx10⁶/μL). Entre tanto, a las hembras se les evaluaron variables tales como diámetro ovocitario pre y post inducción (μm), fecundidad absoluta (#ovocitos/hembra) y relativa (#ovocitos/Kg).

Monitoreo de la calidad del agua y de condiciones ambientales: Parámetros físico-químicos del agua como temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L), saturación de oxígeno (%), conductividad eléctrica (μs/cm), pH y sólidos disueltos (mg/L) fueron medidos mensualmente durante los muestreos realizados. Para la medición de la temperatura, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, conductividad eléctrica y sólidos disueltos se utilizó una sonda multi-paramétrica YSI (YSI Professional Plus Ohaus, USA). El pH fue medido mediante la utilización de un pH-metro (Waterproof Hanna, Mauritius).

Así mismo, variables hidrometeorológicas como temperatura ambiental (°C), brillo solar horaria (horas), nubosidad horaria (octas) y precipitación (mms) fueron consultadas mensualmente (Fuente IDEAM) con el fin de evaluar la posible influencia de las mismas sobre el comportamiento reproductivo de los peces (hembras y machos).

Análisis estadístico: Los datos fueron expresados como media ± error estándar de la media (SEM). La información obtenida fue procesada mediante análisis de varianza (ANOVA), verificando con anterioridad los supuestos de normalidad (prueba de Kolmogorov-Simirnov). Para comparar las medias entre muestreos y estaciones piscícolas, se utilizó prueba de Tukey (una vía) y t-student para los casos donde solo evaluábamos dos variables. En todos los casos p<0,05 fue utilizado como criterio estadístico para revelar diferencias significantes. La totalidad de los procedimientos estadísticos fueron realizados mediante el Software GraphPad Prism 5,01 para Windows (GraphPad Software, USA).

RESULTADOS

Variación del crecimiento y condición corporal de machos y hembras desde los 12 hasta los 18 meses de edad: Dentro de la variable peso corporal (Kg) (Fig. 1), en las fincas 1 y 3 no se observaron diferencias significativas entre muestreos al interior de cada finca (p>0,05), presentándose un peso inicial (*Pi*) de 1,62±0,1Kg y peso final (*Pf*) de 1,75±0,1Kg para la finca 1 y de 1,60±0,1Kg de *Pi* y 1,90±0,1Kg de *Pf* para la finca 3. Entre tanto, en las fincas 2, 4 y 5 los valores difirieron estadísticamente entre los muestreos

al interior de cada finca ($p < 0,05$). Para la finca 2, el P_i fue de $1,42 \pm 0,1$ Kg y el P_f de $1,83 \pm 0,1$ Kg; en la finca 4, el P_i fue de $1,43 \pm 0,07$ Kg y el P_f de $1,75 \pm 0,1$ Kg; mientras que los datos obtenidos en la finca 5 mostraron un P_i de $1,70 \pm 0,1$ Kg y P_f de $2,05 \pm 0,1$ Kg. Como se observa en la figura 1, en todas las fincas se presentó ganancia de peso corporal ($GP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$).

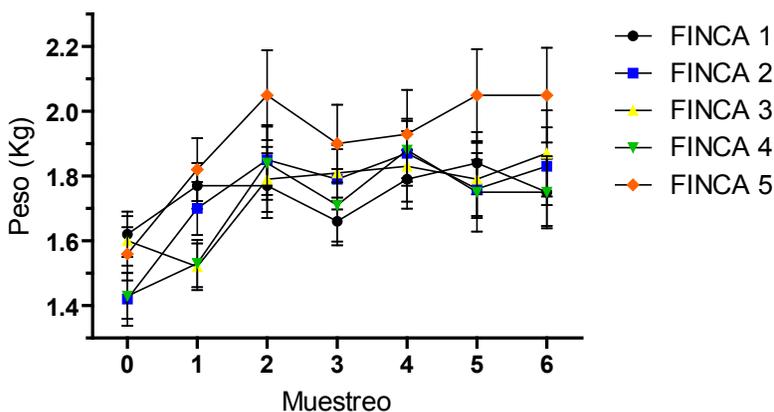


Fig 1. Peso corporal (Kg) de individuos de Yaque (*L. marmoratus*) mantenidos en estanques de tierra durante los muestreos mensuales realizados. Los valores son mostrados como media \pm SEM.

Fig 1. Body weight (Kg) of Yaque individuals (*L. marmoratus*) kept in earthen ponds during the monthly samplings carried out. The values are shown as mean \pm SEM.

Respecto a la longitud total (cm) (Fig. 2), las fincas 1, 3 y 4 no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$), con una longitud inicial (L_i) de $56,8 \pm 0,8$ cm y longitud final (L_f) de $57,0 \pm 1,1$ cm para la finca 1, de $57,8 \pm 0,8$ cm (L_i) y $60,2 \pm 1,3$ cm (L_f) para la finca 3, y $56,5 \pm 0,8$ (L_i) y $58,6 \pm 1,2$ cm (L_f) para la finca 4. No obstante, las fincas 2 y 5 sí difirieron estadísticamente entre los muestreos al interior de cada finca ($p < 0,05$), con valores de $56,3 \pm 0,8$ cm (L_i) y $61,1 \pm 1,4$ cm (L_f) para la finca 2 y de $57,8 \pm 0,1$ cm (L_i) y $63,9 \pm 1,5$ cm (L_f) para la finca 5. Al igual que en la variable peso corporal, se observó ganancia de talla ($GT = \text{longitud final} - \text{longitud inicial}$) en las cinco fincas.

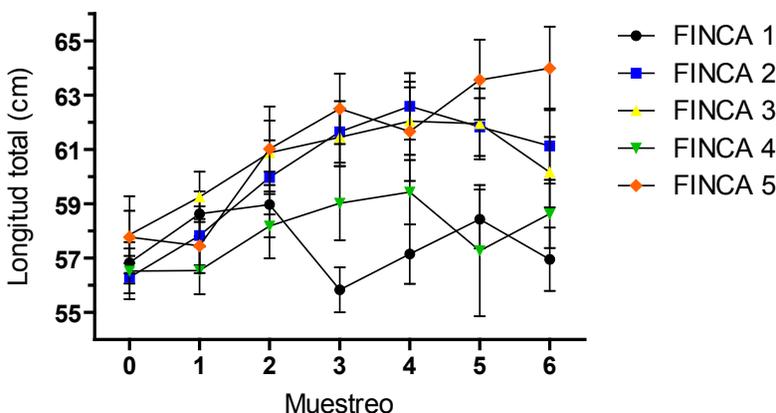


Fig 2. Longitud total (cm) de individuos de Yaque (*L. marmoratus*) mantenidos en estanques de tierra durante los muestreos mensuales realizados. Los valores son mostrados como media \pm SEM.

Fig 2. Total length (cm) of Yaque individuals (*L. marmoratus*) kept in earthen ponds during the monthly sampling. The values are shown as mean \pm SEM.

En la variable ancho de la cabeza no hubo diferencias significativas para las fincas 3, 4 y 5 ($p > 0,05$) alcanzando promedios de $10,3 \pm 0,09$, $10,4 \pm 0,08$ y $10,4 \pm 0,1$ cm, respectivamente; entre tanto, las fincas 1 y 2 presentaron diferencias estadísticas al comparar los muestreos al interior de cada finca ($p < 0,05$), alcanzando promedios de $10,4 \pm 0,2$ y $10,4 \pm 0,1$ cm, respectivamente (Fig. 3). Al evaluar contorno del cuerpo (cm), no se presentaron diferencias significativas en las fincas 1, 2, 3 y 5 ($p > 0,05$), mientras que la finca 4 presentó diferencias al interior de sus muestreos con un valor promedio en el muestreo uno de $25,5 \pm 0,5$ cm y en el muestreo seis de $27,6 \pm 0,8$ cm (Fig. 4).

Entre tanto, al comparar la longitud anal (cm) entre los muestreos al interior de cada finca, no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las 5 fincas muestreadas mensualmente ($p > 0,05$), obteniendo valores para la finca 1 de $24,0 \pm 0,2$ cm, finca 2 de $24,5 \pm 0,1$ cm, para la finca 3 de $24,5 \pm 0,06$ cm, finca 4 de $23,6 \pm 0,2$ cm y finalmente para la finca 5 de $25,4 \pm 0,2$ cm. Los valores para esta variable se presentaron como media \pm SEM.

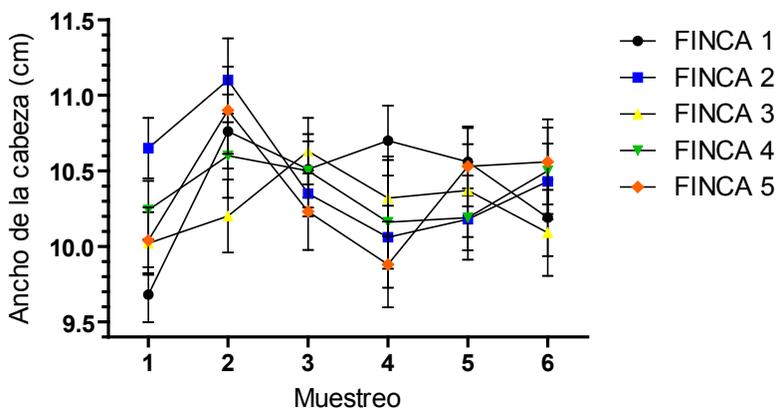


Fig 3. Ancho de la cabeza (cm) de individuos de Yaque (*L. marmoratus*) mantenidos en estanques de tierra durante los muestreos mensuales realizados. Los valores son mostrados como media \pm SEM.

Fig 3. Head width (cm) of Yaque individuals (*L. marmoratus*) maintained in earthen ponds during monthly sampling. The values are shown as mean \pm SEM.

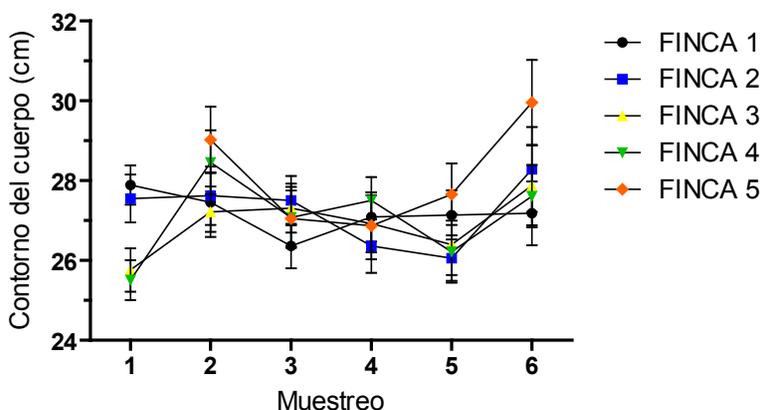


Fig 4. Contorno del cuerpo (cm) registrado en individuos de Yaque (*L. marmoratus*) mantenidos en estanques de tierra durante los muestreos mensuales realizados. Los valores son mostrados como media \pm SEM. *En la finca cinco no se tomó registro durante el muestreo uno.

Fig. 4. Contour of the body (cm) registered in individuals of Yaque (*L. marmoratus*) kept in earthen ponds during the monthly samplings carried out. The values are shown as mean \pm SEM. * On farm five no record was taken during sampling one.

Desarrollo y maduración gonadal de hembras y machos entre los 18 y 24 meses de edad: Al evaluar el diámetro ovocitario (μm) de las hembras de Yaque (*L. marmoratus*) durante los muestreos realizados previos a la época reproductiva e inducción hormonal, se encontraron diferencias estadísticas entre las fincas 1 y 3 ($583,5\mu\text{m}$ y $679,2\mu\text{m}$ respectivamente), mientras que las fincas 2, 4 y 5 presentaban el mayor tamaño ($692,8\mu\text{m}$, $708,4\mu\text{m}$ y $691,4\mu\text{m}$, respectivamente) sin presentar diferencias estadísticas entre ellas

(Figura 5). De igual forma, la posición de la vesícula germinal de los ovocitos correspondían a posición central, siendo la finca 5 la que presentó el menor valor ($65,2 \pm 3,6\%$) y la finca 4 la de mayor porcentaje de ovocitos centrales ($85,3 \pm 2,4\%$); seguidos por la posición en migración, donde la finca 5 obtuvo el valor más alto ($31,2 \pm 3,7\%$) y la Finca 4 el de menor porcentaje ($14,2 \pm 2,5\%$); y por último, ovocitos con núcleos en la periferia, siendo en la Finca 5 donde más se presentan ($3,6 \pm 0,8\%$) y en la finca 4 donde menos porcentaje existe ($0,4 \pm 0,3\%$) (Figura 6).

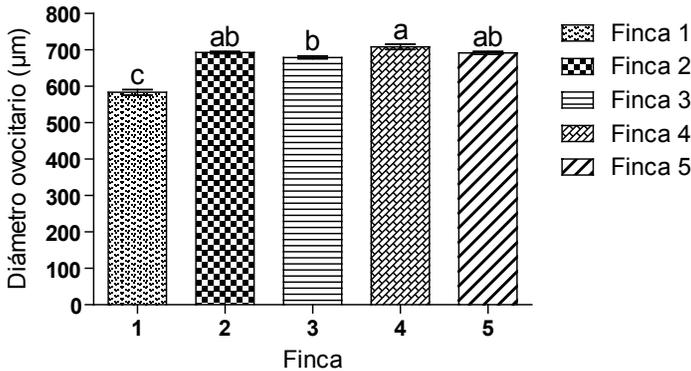


Fig 5. Diámetros ovocitarios (μm) previos a la época reproductiva e inducción hormonal de hembras de Yaque (*L. marmoratus*) mantenidas en estanques de tierra. Barras con letras desiguales difieren estadísticamente entre fincas según test de Tukey ($p < 0,05$). Los valores son mostrados como media \pm SEM.

Fig 5. Oocyte diameters (μm) prior to the reproductive season and hormonal induction of Yaque females (*L. marmoratus*) kept in earthen ponds. Bars with unequal letters differ statistically between farms according to the Tukey test ($p < 0.05$). The values are shown as mean \pm SEM.

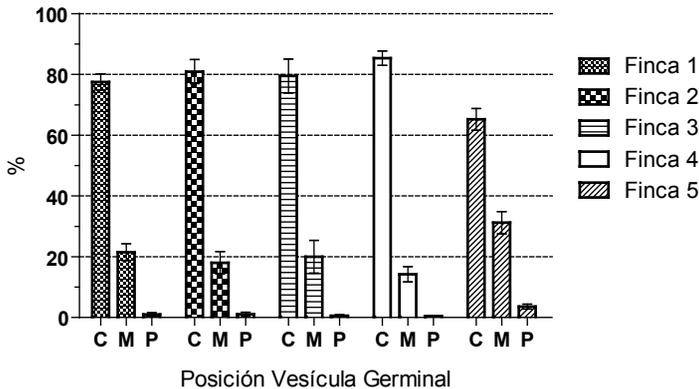


Fig 6. Posición de la vesícula germinal (%) de ovocitos previos a la época reproductiva e inducción hormonal de hembras de Yaque (*L. marmoratus*) mantenidas en estanques de tierra. C = centrales; M = migrando; P = periféricos. Los valores son mostrados como media \pm SEM.

Fig. 6. Position of the germinal vesicle (%) of oocytes prior to the reproductive season and hormonal induction of Yaque females (*L. marmoratus*) kept in earthen ponds. C = central; M = migrating; P = peripheral. The values are shown as mean \pm SEM.

Respecto a la evaluación en campo de características seminales como la movilidad masal (%), la duración de la motilidad (%) y la viabilidad espermática (%), no se presentaron diferencias al comparar cada variable entre las fincas. No obstante, el análisis estadístico fue limitado debido a que pocos animales al momento de los muestreos emitieron semen luego del masaje abdominal de los mismos, no permitiendo efectuar evaluación estadística completa (Tabla 1).

Finca	Muestra (n)	Movilidad (%)	Tiempo de activación (seg)	Viabilidad (%)
1*	0	---	---	---
2	8	55,0 ± 10,5	40,3 ± 10,8	100,0 ± 0,0
3	2	85,0 ± 5,0	48,6 ± 0,6	99,0 ± 1,0
4**	1	30,0 ± 0,0***	32,0 ± 0,0***	97,0 ± 0,0***
5	2	60,0 ± 30,0	41,0 ± 1,0	84,6 ± 14,3

No se presentaron diferencias estadísticas significativas entre fincas según test de Tukey ($p > 0,05$). Los valores son mostrados como media ± SEM.

*Los animales no presentaron emisión de semen durante los muestreos realizados.

**Los datos de esta finca fueron tomados de un solo animal.

***No se tuvo en cuenta en el análisis estadístico debido a que solo existe un dato.

TABLA 1 - Características seminales de machos de Yaque (*L. marmoratus*) evaluadas en campo previo a la época reproductiva de la especie.

TABLE 1 - Seed characteristics of Yaque males (*L. marmoratus*) evaluated in the field prior to the reproductive age of the species.

Inducción hormonal de hembras y machos: En cuanto a los dos tratamientos utilizados para la inducción hormonal de las hembras {Extracto de Hipófisis de Carpa (EHC) y OVAPRIM® (OVAP)}, se presentó menor tiempo de latencia con el EHC respecto al OVAP (214,3±48,2 y 281±27,1^oh respectivamente). El diámetro ovocitario pre y post-inducción no presentó diferencias estadísticas al ser comparado entre tratamientos y dentro del mismo tratamiento. Sin embargo, se evidenció aumento del diámetro en ambos tratamientos debido al efecto ejercido por la inducción hormonal {EHC=744,8±14,0µm (Pre-Inducción) y 868,0±98,6µm (Post-Inducción); OVAP=762,8±28,3µm (Pre-Inducción) y 825,0±68,1µm (Post-Inducción)}. En cuanto a la fecundidad absoluta, los valores obtenidos con el tratamiento de EHC fue de 638.248±129.381ovocitos/hembra y con OVAP de 329.617±88.889ovocitos/hembra; entre tanto, la fecundidad relativa determinada para EHC fue de 207.479±27.550ovocitos/Kg y para el tratamiento con OVAP de 127.430±35.148ovocitos/Kg, donde en ninguno de ellos para esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas al comparar cada una de ellas entre tratamientos ($p > 0,05$) (Tabla 2).

En el presente estudio, del total de las hembras inducidas (n=10) el 50% de ellas murieron posterior a la ovulación (cuatro de ellas en menos de 24 horas y una a los 8 días), de las cuales el 20% pertenecían al protocolo con EHC (n=2) y el 30% restante a las inducidas con OVAP (n=3). Así mismo, las hembras que no respondieron positivamente al tratamiento de inducción hormonal para la maduración gonadal presentaron prolapsos del tejido ovárico, siendo necesaria la toma de medidas profilácticas, tales como la aplicación de AINES (Flunixin Meglumine 50%) con dosis única de 1,1 mg.Kg⁻¹ y del uso de antibiótico (Oxitetraciclina 20%) aplicando 1ml/animal en la musculatura dorsal. El anterior tratamiento profiláctico se aplicó a hembras desovadas y a machos espermiados.

T	Rta.	LAT (h)	T° Agua (°C)	DO Pre (µm)*	DO Pos (µm)*	FA (ovocitos/hembra)**	FR (ovocitos/Kg)**
EHC	3/5	214,3±48,2	26,6±0,7	744,8±14,0	868,0±98,6	638.248±129.381	207.479±27.550
OVA	4/5	281,0±27,1	25,7±0,1	762,8±28,3	825,0±68,1	329.617±88.889	127.430±35.148

Los valores son mostrados como media ± SEM. *No se presentaron diferencias significativas al realizar comparaciones al interior de cada tratamiento y entre tratamientos según test de Tukey (p>0,05).

**No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos según prueba t-student (p>0,05). T: tratamiento; Rta.: respuesta (animales que respondieron a la inducción hormonal/animales inducidos); LAT: periodo de latencia; T° agua: temperatura del agua; DO Pre: diámetro ovocitario pre-inducción; DO Pos: diámetro ovocitario post-inducción; FA: Fecundidad absoluta; FR: Fecundidad relativa.

TABLA 2 - Inducción hormonal a la maduración gonadal de hembras de Yaque (*L. marmoratus*) mantenidas en estanques de tierra e inducidas bajo dos inductores hormonales.

TABLE 2 - Hormonal induction to gonadal maturation of Yaque females (*L. marmoratus*) maintained in earthen ponds and induced under two hormonal inducers.

Respecto a la evaluación de la inducción hormonal en machos, la totalidad de los animales tratados, excluyendo al grupo control, presentaron espermiación con un patrón de color seminal blanquecino. Así mismo, en lo que se refiere a volumen seminal (ml), movilidad masal (%) y tiempo de activación (seg) los valores más altos se presentaron en los animales tratados con EHC² (3,3±0,8ml; 58,0±13,9%; 62,2±7,4seg, respectivamente) (Tabla 3). No obstante, al comparar la concentración espermática entre los tres tratamientos, el mayor valor se encontró en aquellos animales inducidos con OVAP (4.430±915,9sptzx10⁶/µL) y la menor concentración con el protocolo EHC¹ (962,8±3.515sptzx10⁶/µL). En ninguna de las variables evaluadas se presentaron diferencias estadísticas significativas, exceptuando en la concentración espermática (Tabla 3).

T	Rta	Volúmen (ml)	Movilidad (%)	Tiempo Activación (seg)	Viabilidad (%)	Osmolaridad (mOsm/kg)	Concentración (sptz x 10 ⁶ /μL)
EHC ¹	5/5	2,0±0,4	43,7±23,9	48,0±24,4	69,6±18,8	258,2±7,4	962,8±3.515 ^b
EHC ²	5/5	3,3±0,8	58,0±13,9	62,2±7,4	95,6±1,8	262,8±2,5	2.707±797,4 ^{ab}
OVAP	10/10	1,5±0,3	54,4±12,3	61,8±7,6	92,3±5,2	276,2±4,9	4.430±915,9 ^a
CONTROL*	1/4	1,0±0,0	0,0±0,0	---	100±0,0	346,0±0,0	1.610±0,0

Letras diferentes dentro de la misma columna difieren estadísticamente según test de Tukey ($p < 0,05$). Los valores son mostrados como media \pm SEM. *No se tiene en cuenta en el análisis de varianza (ANOVA) entre tratamientos, debido a que en éste grupo solo existe un dato. T: tratamiento; Rta: respuesta (animales que respondieron a la inducción hormonal/animales inducidos).

TABLA 3 - Características seminales de Yaque (*L. marmoratus*) mantenidos en estanques de tierra e inducidos a la espermiación bajo tres protocolos hormonales.

TABLE 3 - Yaque (*L. marmoratus*) seminal characteristics maintained in earthen ponds and induced to spermia under three hormonal protocols.

Calidad del agua y condiciones ambientales: De los parámetros físico-químicos evaluados, se presentó variación estadística en la conductividad eléctrica ($\mu\text{s/cm}$), sólidos disueltos totales (mg/L) y temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) presentándose los valores más altos de conductividad ($62,6 \pm 14,8 \mu\text{s/cm}$) y sólidos disueltos ($43,8 \pm 9,8 \text{mg/L}$) en la finca 4, mientras que la finca 1 presentó la temperatura del agua elevada ($27,9 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$). Las variables oxígeno disuelto (mg/L), saturación de oxígeno (%) y pH no presentaron diferencias estadísticas significativas al compararlas entre las fincas ($p > 0,05$). La tabla 4 muestra en detalle cada parámetro evaluado durante los muestreos mensuales realizados en las fincas.

Finca	Oxígeno disuelto (mg/L)	Saturación de oxígeno (%)	Conductividad ($\mu\text{s/cm}$)	pH	Sólidos disueltos (mg/L)	Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$)
1	1,4 \pm 0,3 ^a	17,0 \pm 4,5 ^a	45,3 \pm 8,9 ^{ab}	6,8 \pm 0,2 ^a	28,1 \pm 5,4 ^{ab}	27,9 \pm 0,2 ^a
2	1,9 \pm 0,2 ^a	23,0 \pm 3,4 ^a	18,7 \pm 0,7 ^b	7,0 \pm 0,2 ^a	12,6 \pm 1,5 ^b	26,9 \pm 0,4 ^{a,b,c}
3	1,7 \pm 0,4 ^a	21,1 \pm 5,3 ^a	15,1 \pm 1,3 ^b	6,9 \pm 0,1 ^a	11,1 \pm 1,1 ^b	25,9 \pm 0,7 ^{b,c}
4	1,7 \pm 0,6 ^a	21,4 \pm 6,9 ^a	62,6 \pm 14,8 ^a	6,6 \pm 0,2 ^a	43,8 \pm 9,8 ^a	25,7 \pm 0,3 ^c
5	1,9 \pm 0,6 ^a	24,6 \pm 7,6 ^a	29,9 \pm 7,3 ^{ab}	6,7 \pm 0,1 ^a	22,5 \pm 8,3 ^{ab}	27,6 \pm 0,5 ^{a,b}

Letras diferentes dentro de la misma columna presentan diferencias significativas entre las fincas según test de Tukey ($p < 0,05$). Los valores son mostrados como media \pm SEM.

TABLA 4 - Parámetros físico-químicos del agua de los estanques de las cinco fincas donde se alojaron los reproductores de Yaque (*L. marmoratus*) durante la fase experimental.

TABLE 4 - Physical-chemical parameters of the water in the ponds of the five farms where the Yaque breeding animals (*L. marmoratus*) were housed during the experimental phase.

Respecto a las condiciones ambientales se determinaron parámetros meteorológicos tales como la precipitación (mms), el brillo solar (horas) y la temperatura ambiental ($^{\circ}\text{C}$)

de tres estaciones climatológicas del departamento del Meta (Las Margaritas, Puerto López; La Cabaña, Cumaral; La Holanda, Guamal), las cuales cubrían las zonas donde se encontraban ubicadas las estaciones piscícolas vinculadas a la investigación.

Para la finca 1, solo se obtuvieron datos de las tres variables durante los meses de agosto a octubre del 2010. En lo que a *precipitación (mms)* se refiere, el promedio fue de 141mms para este periodo, siendo octubre el mes con menor precipitación (38mms) y agosto el de mayor (210,9mms). Para la variable *brillo solar (horas)*, octubre fue el mes donde mayor brillo solar hubo (189,1 horas) y agosto el mes con menor intensidad lumínica (81,7 horas), presentando un promedio de 134,9 horas. En cuanto a *temperatura ambiental (°C)* se registró un promedio de 26,2°C, convirtiéndose octubre en el mes con el valor más alto (26,8°C) y agosto el de menor valor (25,6°C) (Figura 7a).

En las fincas 2, 4 y 5 se obtuvieron datos de agosto a diciembre del 2010 y de enero a marzo del 2011 en las tres variables. Para el periodo del año 2010, la *precipitación (mms)* promedio fue de 322,3mms, con una precipitación de 451,8mms en el mes de noviembre y 175,2mms durante los días de septiembre. Entre tanto, el *brillo solar (horas)* promedio fue de 122,2 horas, siendo octubre el mes con mayor brillo solar (142,2 horas) y agosto el de menor (76,1 horas). Respecto a la *temperatura ambiental (°C)* el promedio fue de 25,6°C para el segundo semestre del 2010. Durante el primer trimestre del 2011, la *precipitación (mms)* promedio fue de 74,0mms siendo febrero el mes más lluvioso (114,8mms) y enero el de menor precipitación (40,3mms); el *brillo solar (horas)* promedio fue de 135,7 horas, convirtiéndose enero en el mes con los valores más altos (197,1 horas) y marzo con los más bajos (97,6 horas); y la *temperatura ambiental (°C)* registró un promedio de 26,1°C (Figura 7b).

Por último, los valores registrados en las tres variables para la finca 3 correspondieron entre los meses de agosto y diciembre del 2010. En cuanto a la *precipitación (mms)* se refiere, los datos más altos se presentaron en el mes de octubre (341,0mms) y los más bajos en agosto (122,0mms), con una media de 225,1 mms. El comportamiento del *brillo solar (horas)*, fue de 130,5 horas promedio para este periodo, con una mayor intensidad de luz en el mes de octubre (172,0 horas) y 99,2 horas en el mes de agosto, siendo esta la más baja durante el periodo evaluado. Entre tanto, la *temperatura ambiental (°C)* promedio fue 25,5°C (Figura 7c).

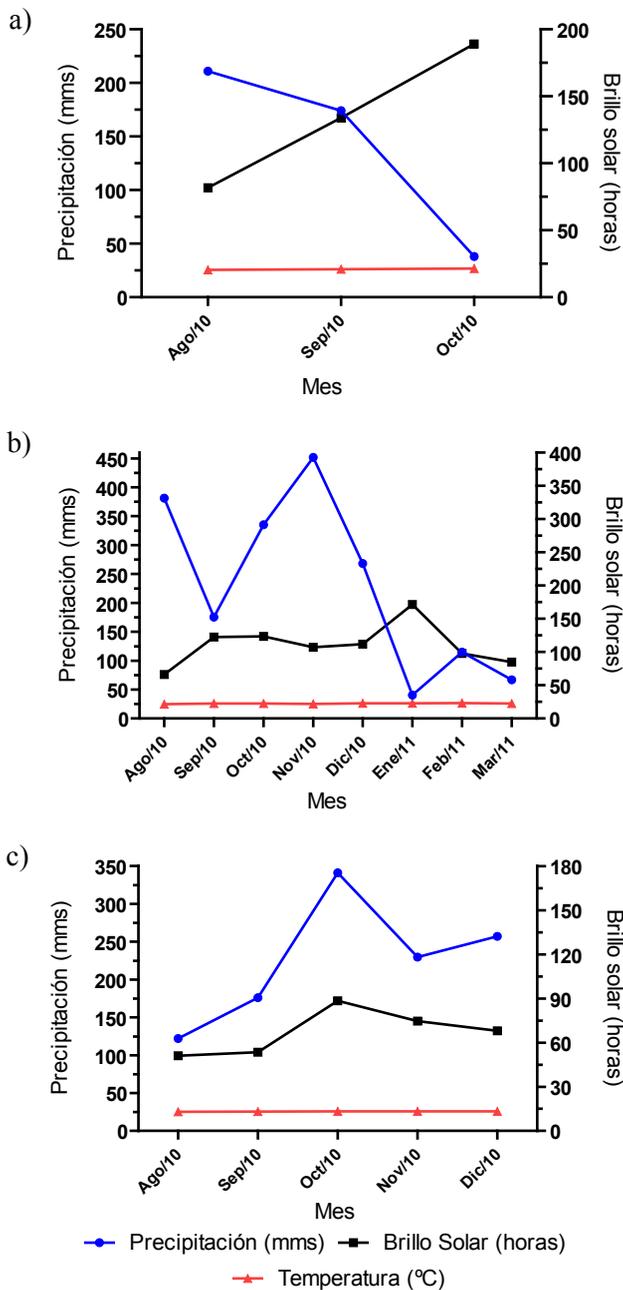


Fig 7. Condiciones ambientales mensuales de las estaciones piscícolas donde se alojaron los Yaques (*L. marmoratus*) hembras y machos durante la fase experimental. a). Finca 1 (Puerto López). b). Finca 2, 4 y 5 (Cumalar y Restrepo). c). Finca 3 (Guamal). Los valores son mostrados como media.

Fig 7. Monthly environmental conditions of the fish stations where the Yaques (*L. marmoratus*) females and males were housed during the experimental phase. to). Finca 1 (Puerto López). b) Farm 2, 4 and 5 (Cumalar and Restrepo). c) Finca 3 (Guamal). The values are shown as average.

DISCUSIÓN

Para lograr optimizar el periodo útil reproductivo de las especies acuícolas, se hace importante conocer claramente el momento en el cual son aptos para realizar su reproducción en cautiverio. Lo anterior, teniendo en cuenta que las condiciones ambientales y de nutrición en que se encuentran y/o adoptan en los sistemas de cultivo, varían ampliamente respecto a los ambientes naturales propios de la especie, pudiendo provocar alteración en la maduración gonadal de hembras y machos, sumado al desconocimiento que se tenga acerca del momento en el cual estos animales puedan ser potencial y eficazmente reproducidos bajo ciertas condiciones. Es por esto que estudios de determinación de la edad a la pubertad de animales utilizados para la reproducción en cautiverio, son necesarios llevarlos a cabo para así lograr un conocimiento más amplio en el ámbito reproductivo de la especie.

Trabajos sobre determinación de la edad a la pubertad en Yaque (*L. marmoratus*) no se han realizado hasta el momento, convirtiéndose esta investigación en un importante referente para estudios futuros. No obstante, (Davis, 2009) realizó un estudio en *Ictalurus punctatus*, demostrando que el peso corporal y la edad de los animales no son características importantes para tener en cuenta al momento de suponer madurez sexual en la especie; en contraste, afirma que la pubertad en esta especie de silúridos es un proceso ligado al número de ciclos lumínicos anuales en que los animales sean expuestos y a los periodos de temperaturas frías, siendo necesarios al menos tres periodos para lograr un desarrollo completo de la madurez sexual de los peces, al menos en esta especie. Por otra parte, (Okuzawa, 2002), afirma que el comienzo de la pubertad se da algunas veces, luego de la diferenciación sexual de los animales la cual está asociada con la maduración y diferenciación completa de las células germinales de las gónadas, como también, al momento en que los reproductores (machos y hembras) tengan la suficiente reserva energética, la cual será necesaria para suplir el desgaste energético provocado por las descargas hormonales durante los eventos reproductivos, calificando el fin de la pubertad al momento en que se presenta el primer evento reproductivo, ya sea ovulación y/o espermiación (Okuzawa, 2002; Taranger et al., 2010)

Respecto a las variables morfológicas y variación del crecimiento, se observaron tallas y pesos corporales mayores en las hembras que en los machos durante el periodo de observación, probablemente debido a la capacidad de fecundidad la cual es característica en un gran número de hembras de peces de cultivo (Taranger et al., 2010). Lo anterior, también ha sido observado por (Leonardo, Romagosa, Borella, & Batlouni, 2004) en *Pseudoplatystoma fasciatum* de primer y segundo ciclo reproductivo, en *Brycon cephalus* por (Romagosa, Narahara, Borella, & Fenerich-Verani, 2001) y en *Pimelodus grosskopfii* por (Valbuena & Cruz-Casallas, 2010), presentando un marcado dimorfismo sexual asociado a la disparidad del crecimiento corporal de hembras y machos dentro de la misma especie.

No obstante, (Cacot et al., 2002)2002 observaron diferencias entre machos y hembras de *Pangasius bocourti* en lo que a peso corporal y talla se refiere (hembras son más grandes y pesadas respecto a los machos), sin reportarla dentro de su estudio como una marcada evidencia de dimorfismo sexual para esta especie.

Los diámetros ovocitarios pre-inducción hormonal para los dos tratamientos (EHC y OVA) del presente estudio fueron mayores a $740\mu\text{m}$, obteniendo diámetros post-inducción mayores a $825\mu\text{m}$. Por su parte, (Valbuena & Cruz-Casallas, 2010) reportan crecimiento significativo del diámetro ovocitario post-inducción en *Pimelodus grosskopfii* bajo el protocolo de $5,75\text{mg.Kg}^{-1}$ de EHC. De igual forma, (Aya B & Arias C, 2011) obtienen resultados positivos en *Pimelodus pictus* respecto al crecimiento ovocitario post-inducción hormonal con EHC ($5,5\text{mg.Kg}^{-1}$ y $7,7\text{mg.kg}^{-1}$) y Ovaprim® ($0,5\text{ml.Kg}^{-1}$ y 1ml.Kg^{-1}), como también lo señala (T. Mira et al., 2007) en *Pseudoplatystoma fasciatum*. Los anteriores reportes concuerdan que este aumento del diámetro ovocitario post-inducción es un indicativo importante de maduración final de las gónadas. No obstante, el anterior crecimiento ovocitario no fue observado por (Leonardo et al., 2004) en *Pseudoplatystoma fasciatum* de primer ciclo reproductivo (2 años y 7 meses de edad) al inducir con EHC { $5,5\text{mg.Kg}^{-1}$ divididas en dos dosis ($0,5\text{mg.Kg}^{-1}$ y $5,0\text{mg.Kg}^{-1}$ con intervalos de 10 horas entre cada aplicación)} y gonadotropina coriónica humana (HCG) { $15,000.\text{Kg}^{-1}$ dividida en dos dosis ($5,000.\text{Kg}^{-1}$ y $10,000.\text{Kg}^{-1}$ a las 10 horas luego de la primera aplicación)}, manteniendo el mismo tamaño ovocitario pre y post-inducción hormonal ($937,5\mu\text{m}$), pero obteniendo resultados positivos en cuanto a tasa de fertilización (%) y producción larval. Resultados que también fueron logrados por (Adebayo & Fagbenro, 2004), logrando resultados favorables en *Heterobranchus bidorsalis* al inducir con diferentes protocolos hormonales.

El tiempo de latencia obtenido en esta investigación para los dos protocolos de inducción hormonal (EHC y OVAP) fueron mayores a los alcanzados por (Aya B & Arias C, 2011) en *Pimelodus pictus* bajo los mismos inductores hormonales, en donde para el caso de EHC el tiempo de latencia promedio lo obtuvieron a las 6,30h con una temperatura del agua de $27,1^{\circ}\text{C}$ cuando indujeron a dosis de $5,5\text{mg.Kg}^{-1}$ y a las 6,36h con $27,3^{\circ}\text{C}$ de temperatura del agua induciendo con dosis de $7,7\text{mg.Kg}^{-1}$. De la misma forma, los resultados que obtuvieron al inducir con OVAP bajo dos protocolos ($0,5$ y 1ml.Kg^{-1}) presentaron menor tiempo entre la aplicación de la última dosis y la ovulación (6,36h a $27,6^{\circ}\text{C}$ temperatura del agua y 6,42h a $27,4^{\circ}\text{C}$ la temperatura del agua, respectivamente) respecto a lo logrado en el presente estudio bajo los mismos inductores hormonales. Así mismo, (Valbuena & Cruz-Casallas, 2010) en *Pimelodus grosskopfii* alcanzó ovulación a las $7\pm 0,2\text{h}$ con una temperatura del agua de $27,9\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ al inducir con EHC a dosis de $5,75\text{mg.Kg}^{-1}$. Lo anterior, podría explicar que la variabilidad de la temperatura del agua (más cálidas o más frías) al momento de realizar actividades de reproducción con especies tropicales, juega un rol importante afectando de forma directa la rapidez en la ocurrencia del evento ovulatorio de las hembras. Por su parte, (Sahoo, Giri, Chandra, & Sahu, 2007), encontraron

que hembras de *Clarias batrachus* inducidas con diferentes cantidades de Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) presentaron periodos de latencia diferentes, aun cuando la temperatura del agua promedio reportada fue constante para todos los tratamientos (27-28,5°C). Lo anterior, fue evaluado sobre la fecundidad absoluta, porcentaje de fertilización, porcentaje de eclosión y producción larval, obteniendo los mejores resultados cuando fueron inyectadas con 4000UI.Kg⁻¹ y desovadas entre las 14 y 17 horas post-inyección (Sahoo et al., 2007). De igual forma, al inducir hembras con diferentes cantidades de Ovaprim (SGnRHa + Domperidona), (Sahoo, Giri, & Sahu, 2005) encontraron que la mejor hora para efectuar el desove luego de inyectada la última dosis de hormona fue a las 23 horas (27-28,5°C temperatura del agua) obteniendo 4.083 ovocitos en 100gr, mientras que con un tiempo de latencia de 11 horas bajo el mismo protocolo hormonal registraron 1.314 ovocitos en 100gr de huevos. Finalmente, hembras de *Channa punctatus* y *Heteropneustes fossilis* fueron inducidas mediante Ovaprim y Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) a diferentes dosis, obteniendo resultados favorables en cuanto a producción de huevos cuando los desoves se realizaron entre las 28 y 34 horas de latencia (27 – 29°C temperatura del agua) para *C. punctatus* con una dosis de 0,3ml de Ovaprim (3276±75 ovocitos) y 3.000UI de HCG (1253±126 ovocitos); entre tanto, para *Heteropneustes fossilis* los mejores resultados lo obtuvieron entre las 18 y 24 horas de latencia, aplicando 0,7ml de Ovaprim (6692±790 ovocitos) y 3.000UI de HCG (82922±5432 ovocitos) (Haniffa, Abdul, & Sridhar, 2002). Por lo anterior, es importante tener en cuenta que la temperatura del agua no es el único factor externo que puede interferir en este proceso (periodo de latencia), siendo también un punto determinante el tipo de hormona y la cantidad de esta a suministrar, en adición a las condiciones ambientales en que se encuentren los animales, encontrándose una alteración importante cuando se trata de hembras mantenidas bajo condiciones de cautiverio que en animales que habitan en su entorno natural, evidenciándose en el no término de la maduración final ovocitaria, la cual conlleva a dificultades en la ovulación y posterior desove (Zohar 1988, 1989a,b; Peter et al., 1993).

Respecto a la ovulación, los resultados no fueron favorables en su totalidad, teniendo en cuenta la alta mortalidad que se presentó debido al prolapso ovárico producido en las hembras, pudiendo esto haber ocurrido por ausencia o falta de la maduración final ovocitaria los cuales no pueden ser ovulados y por ende, no presentarse el desove (Berlinsky David L., William King V, Hodson Ronald G., & Sullivan Craig V., 1997; Mylonas C. C., Magnus Y., Klebanov Y., Gissis A., & Zohar Y., 1997; Zohar & Mylonas, 2001). Lo anterior, es conocido como una de las principales problemáticas presentadas en la reproducción de hembras de cultivo, creando la necesidad de direccionar un gran número de investigaciones en diferentes especies de peces en temas relacionados con la inducción hormonal utilizada para lograr la maduración final de los ovocitos y su respectiva ovulación (Zohar & Mylonas, 2001).

Entre tanto, la respuesta a la inducción hormonal de los machos fue de un 100%,

mostrando similitud con el trabajo realizado por (Tatiana Mira et al., 2010) en la misma especie, donde el porcentaje de respuesta a la inducción hormonal fue del 100%. No obstante, variables como volumen seminal (ml), movilidad masal (%) y tiempo de activación espermática (seg) mostraron valores menores respecto al mismo protocolo evaluado por (Tatiana Mira et al., 2010) en *L. marmoratus* (2,7mgEHC.Kg⁻¹), obteniendo este último valores de 2,84±0,6ml, 81,4±4,4% y 52,7±5,5seg, respectivamente. Lo anterior, posiblemente se atribuye a que los machos utilizados en el presente trabajo eran juveniles de Yaque (*L. marmoratus*) de dos años de edad e inducidos hormonalmente a la espermiación por primera vez, diferente a los utilizados por (Tatiana Mira et al., 2010), los cuales fueron reportados como machos adultos donde factiblemente ya habían sido seminados mediante estímulo hormonal. Entre tanto, la concentración espermática fue mayor en el presente estudio respecto al valor encontrado en *L. marmoratus* por Mira et al., (2010) (1.873±274sptz x 10³/μL). A diferencia de lo anterior, (Leonardo et al., 2004) en *Pseudoplatystoma fasciatum* de primer ciclo reproductivo (31 meses de edad) y sin aplicación de inductor hormonal obtuvieron un volumen seminal entre 8,0 y 9,0 ml luego de realizar masaje abdominal, diferente a lo obtenido con el tratamiento control del presente estudio, donde se colectó 1,0 ml de volumen seminal. Estos resultados, demuestran que es necesaria la aplicación de estimuladores hormonales externos en *L. marmoratus* para lograr maduración final de las gónadas, en este caso masculinas, y obtener así resultados satisfactorios en cuanto a espermiación.

En lo que se refiere a la evaluación del comportamiento reproductivo teniendo en cuenta los parámetros meteorológicos evaluados durante la fase experimental, se observó que las tres fincas donde se evidenciaron características secundarias de madurez gonadal en hembras y machos (fincas 2, 4 y 5), fueron aquellas donde se presentó una mayor precipitación, con un promedio de 334,8mms durante el segundo semestre del 2010, comparado con 167,8 y 232,7mms de la finca 1 y 3, respectivamente. De igual forma, en las fincas 2, 4 y 5 el brillo solar promedio fue de 117,5 horas, que aunque no fue el más alto en comparación con las demás fincas, fue constante durante los meses en que se realizó seguimiento, demostrando que factores externos como los ambientales y sus variaciones estacionales, juegan un rol importante en la etapa reproductiva de los peces reófilicos.

Los estudios realizados en este trabajo permitieron conocer en gran parte el comportamiento reproductivo de *L. marmoratus*, mediante la evaluación de la variación del crecimiento y condición corporal de machos y hembras desde los 12 hasta los 18 meses de edad, observando claramente que las hembras obtienen mayor ganancia de peso y crecimiento corporal respecto a los machos, al igual del dimorfismo observado en la papila urogenital de los mismos. Así mismo, la investigación permitió evaluar nuevos protocolos para la inducción hormonal de la especie, obteniendo resultados positivos en cuanto a emisión de semen, permitiendo conocer que el Yaque (*L. marmoratus*) bajo condiciones de cautiverio y con unas condiciones ambientales favorables para la estimulación de su

sistema endocrino, presenta su primer evento reproductivo entre los 22 y 24 meses de edad, constituyéndose en un estudio importante para el establecimiento de esta especie como potencialmente productiva para la acuicultura. Finalmente, se recomienda continuar con la realización de investigaciones relacionadas con la evaluación de protocolos hormonales para la inducción hormonal de hembras bajo condiciones de cautiverio, que permitan obtener fecundidades altas y viables.

REFERENCIAS

- Adebayo, O. T., & Fagbenro, O. A. (2004). Induced ovulation and spawning of pond raised African giant catfish, *Heterobranchus bidorsalis* by exogenous hormones. *Aquaculture*, *242*(1), 229-236. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.07.019>
- Aya B, E., & Arias C, J. (2011). Reproducción inducida de *Pimelodus pictus* con extracto de hipófisis de carpa (EHC) y Ovaprim®. *Revista MVZ Córdoba*, *16*(1), 2317-2323.
- Berlinsky David L., William King V, Hodson Ronald G., & Sullivan Craig V. (1997). Hormone Induced Spawning of Summer Flounder *Paralichthys dentatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, *28*(1), 79-86. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1997.tb00964.x>
- Cacot, P., Legendre, M., Dan, T. Q., Tung, L. T., Liem, P. T., Mariojouis, C., & Lazard, J. (2002). Induced ovulation of *Pangasius bocourti* (Sauvage, 1880) with a progressive hCG treatment. *Aquaculture*, *213*(1), 199-206. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00033-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00033-9)
- Castillo, O. (2001). *Ecología de la reproducción de los bagres comerciales del río Portuguesa*. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" (UNELLEZ).
- Cruz Casallas, N. E., Díaz Olarte, J. J., Marciales Caro, L. J., Pabón Peña, F., Medina Robles, V. M., & Cruz Casallas, P. E. (2008). Acondicionamiento a dieta seca de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) obtenidas por reproducción artificial. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, *21*(3), 482.
- Cubillos S., L., Canales A., M., Bucarey S., D., Rojas S., A., & Alarcón M., R. (1999). Epoca reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el período 1993-1997, en la zona centro-sur de Chile. *Investigaciones marinas*, *27*, 73-85. <https://doi.org/10.4067/S0717-71781999002700008>
- Davis, K. B. (2009). Age at puberty of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, controlled by thermoperiod. *Aquaculture*, *292*(3), 244-247. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.04.023>
- Haniffa, K., Abdul, M., & Sridhar, S. (2002). Induced spawning of spotted murrel (*Channa punctatus*) and catfish (*Heteropneustes fossilis*) using human chorionic gonadotropin and synthetic hormone (ovaprim). *Veterinary Archives*, *72*(1), 51-56.
- Layman Craig A., Winemiller Kirk O., Arrington D. Albrey, & Jepsen David B. (2005). Body size and trophic position in a diverse tropical food web. *Ecology*, *86*(9), 2530-2535. <https://doi.org/10.1890/04-1098>
- Leonardo, A. F. G., Romagosa, E., Borella, M. I., & Batlouni, S. R. (2004). Induced spawning of hatchery-raised Brazilian catfish, cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). *Aquaculture*, *240*(1), 451-461. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.030>

Mira, T., Castro, S. R., Medina-Robles, V. M., Murillo, R. P., Otero-Paternina, A. M., Ramírez-Merlano, J. A., ... Cruz-Casallas, P. E. (2007). Ensayos preliminares de reproducción inducida de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* con extracto de hipófisis de carpa (pp. 67-69). Presentado en XIII Jornada de Acuicultura, Villavicencio, Meta, Colombia.

Mira, Tatiana, Medina, M., & Cruz, P. (2010). Evaluación de tres protocolos hormonales para la inducción de la espermiación en yaque *Leiarius marmoratus*. *Revista MVZ Córdoba*, 15(2). Recuperado a partir de <http://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/revistamvz/article/view/317>

Mylonas C. C., Magnus Y., Klebanov Y., Gissis A., & Zohar Y. (1997). Reproductive biology and endocrine regulation of final oocyte maturation of captive white bass. *Journal of Fish Biology*, 51(2), 234-250. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb01662.x>

Novoa R, D. F. (2002). Los recursos pesqueros del eje fluvial Orinoco-Apure: presente y futuro. *Instituto Nacional de la Pesca y Acuicultura*, 148.

Okuzawa, K. (2002). Puberty in teleosts. *Fish Physiology and Biochemistry*, 26(1), 31-41. <https://doi.org/10.1023/A:1023395025374>

Pankhurst, N. W., Van der Kraak, G., (1997). Effects of stress on reproduction and growth of fish. In: Iwama, G.K., Pickering, A.D., Sumpter, J.P., Schreck, C.B. (Eds.), *Fish Stress and Health in Aquaculture*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 73–93.

Peter, R. E., Lin, H. R., van der Kraak, G., Little, M. 1993. Releasing hormones, dopamine antagonists and induced spawning. In: Muir, J.F., Roberts, R.J. (Eds.), *Recent Advances in Aquaculture*. Blackwell Scientific, Oxford, pp. 25–30.

Ramírez Gil, H., & Martínez Ajiaco, R. E. (1997). Aspectos preliminares de la biología pesquera del yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Pisces: Siluriformes: Pimelodidae) en la parte alta del río Meta Orinoquia Colombiana. *Boletín Científico INPA*, 75-87.

Romagosa, E., Narahara, M. Y., Borella, M. I., & Fenerich-Verani, N. (2001). Seleção e caracterização de fêmeas de matrinxã, *Brycon cephalus*, induzidas a reprodução. *Boletim do Instituto de Pesca*, 27(2), 139-147.

Sahoo, S. K., Giri, S. S., Chandra, S., & Sahu, A. K. (2007). Spawning performance and egg quality of Asian catfish *Clarias batrachus* (Linn.) at various doses of human chorionic gonadotropin (HCG) injection and latency periods during spawning induction. *Aquaculture*, 266(1), 289-292. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.006>

Sahoo, S. K., Giri, S. S., & Sahu, A. K. (2005). Induced spawning of Asian catfish, *Clarias batrachus* (Linn.): effect of various latency periods and SGnRHa and domperidone doses on spawning performance and egg quality. *Aquaculture Research*, 36(13), 1273-1278. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01317.x>

Sumpter, J. P., Pottinger, T. G., Rand-Weaver, M., Campbell, P. M., 1994. The wide-ranging effects of stress in fish. In: Davey, K. G., Peter, R. E., Tobe, S. S. (Eds.), *Perspectives in Comparative Endocrinology*. National Research Council of Canada, Ottawa, pp. 535–538.

Taranger, G. L., Carrillo, M., Schulz, R. W., Fontaine, P., Zanuy, S., Felip, A., ... Hansen, T. (2010). Control of puberty in farmed fish. *General and Comparative Endocrinology*, 165(3), 483-515. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.05.004>

Valbuena, R. D., & Cruz-Casallas, P. E. (2010). Reproducción inducida de Capaz (*Pimelodus grosskopfii*) con extracto de hipófisis de carpa: reporte preliminar, (2), 7.

Zohar, Y., 1988. Gonadotropin releasing hormone in spawning induction in teleosts: basic and applied considerations. In: Zohar, Y., Breton, B.ŽEds., *Reproduction in Fish: Basic and Applied Aspects in Endocrinology and Genetics*. INRA Press, Paris, pp. 47–62.

Zohar, Y., 1989a. Fish reproduction: its physiology and artificial manipulation. In: Shilo, M., Sarig, S. (Eds.), *Fish Culture in Warm Water Systems: Problems and Trends*. CRC Press, Boca Raton, pp. 65–119.

Zohar, Y., 1989b. Endocrinology and fish farming: aspects in reproduction growth, and smoltification. *Fish Physiol. Biochem.* 7, 395–405.

Zohar, Y., & Mylonas, C. C. (2001). Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture*, 197(1), 99-136. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00584-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00584-1)

ÍNDICE REMISSIVO

A

A. chroococcum 147, 151, 152, 153, 154

Ácidos orgánicos 1

Actividad antagónica 8, 9, 13, 14, 18

Actividad antibacteriana 21, 23, 24, 25, 30, 32

Actividad antioxidante 21, 23, 29, 31

Agente biológico 205

Agricultura 2, 7, 10, 32, 34, 37, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 59, 62, 65, 66, 72, 80, 81, 149, 157, 161, 185, 188, 191, 193, 200, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 216, 217

Agricultura de precisión 51, 52, 53, 59, 62, 65

Agricultura familiar 46, 47, 49, 50, 200

Agricultural Management Solutions (AMS) 51

Agroecología 43, 46, 47, 48, 49, 50

Alimentación alternativa 71

Alimentación de cerdos 90, 98

Análisis de correlación 90

Análisis microbiológico 134, 143

B

Babesia bigemina 99, 100, 101, 105, 107, 108, 109, 110

Bacillus 8, 9, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 30, 80, 137, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 156, 157, 158, 171, 179, 180, 181, 182, 185, 186, 187, 188, 189, 211, 213, 214, 216, 217

Bacillus subtilis 8, 9, 17, 18, 80, 147, 150, 156, 157, 158, 181, 182, 185, 213

Bacterias 2, 8, 9, 10, 13, 18, 21, 23, 25, 29, 30, 134, 142, 143, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 201

Bioestimulantes 205, 208, 209, 213, 217

Biofertilizantes 148, 157, 200, 205, 209, 214

Bioinsumos 204, 205, 206, 207, 211, 212, 214, 216, 217, 218, 219

B.megaterium 147

Botón de oro 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 81

B.subtilis 30, 147

C

Cabras 68, 69, 70

Cabras anéstricas 68, 69, 70
Cadena productiva 190, 192, 193, 195, 198, 199, 201, 203
Caracterización 17, 32, 81, 134, 135, 137, 138, 139, 140, 142, 146, 147, 157, 185, 186, 188, 190, 202
Cautiverio 111, 112, 113, 126, 128, 129, 130
Cepa atenuada 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107
Cepas atenuada 99, 103, 104
Cepa virulenta 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107
Circuitos cortos de comercialización 46
Coagulant agents 82
Coagulantes 82, 83, 89
Competitividad 53, 190, 191, 195, 198, 199, 201
Comportamiento estral 68, 70
Comportamiento productivo 71, 79
Comportamiento reproductivo 111, 113, 116, 129
Control biológico 10, 18, 157, 171, 179, 180, 188, 189
Cultivo de chile 171, 172, 186
Cultivos 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 23, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 52, 65, 159, 179, 193, 194, 195, 196, 199, 200, 201, 203, 214

D

Defensivos agrícolas 204, 205

E

Espectrofotometría 74, 134, 135, 140
Estresse salino 159, 161, 163, 166, 167, 169
Estudio genómico 99
Evaluación fisicoquímica 133, 135, 144
Extractos vegetales 21, 184, 189

F

Familias 46, 47, 48, 49, 191, 203
Feijão-mungo 159, 161, 163, 164, 165, 166, 167
Fertilidad 34, 35, 38, 39, 43, 73, 148
Fertilidad del suelo 34, 35, 38, 39, 43, 148
Filtração 82, 83
Filtration system 82

Fitopatógenos 2, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 147, 148, 158, 171, 173, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 188, 189, 209, 218

Fungi 1, 9, 157

Fusarium sp. 1, 3, 5, 6, 9, 10, 15, 17, 174, 185

G

Genes de virulencia 99, 100, 102, 104, 106

Germinação 1, 208, 213, 217

Gónadas 111, 112, 126, 127, 129

Granjas de Tolima 51

H

Harina 71, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 133, 134, 135, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145

Harina obtenida 133, 134, 135, 139, 140, 142

Hembras de Yaque 111

Hongos fitopatógenos 2, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 148, 188, 189

Huila 51, 52, 65

I

Inclusión de Harina 71, 75, 77, 78, 79, 80

Inducción hormonal 112, 113, 115, 119, 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129, 130

Infecciones respiratorias 21, 31

Inhibition 1, 7, 9, 168

Innovación 190, 191, 192, 195, 199, 203

Inoculantes biológicos 205, 210

In Vitro 1, 2, 5, 6, 8, 9, 77, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 107, 108, 109, 110, 176, 183, 184, 186, 187, 188, 189

Irrigação 159, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

L

Leiaris marmoratus 111, 112, 130, 131

M

Manejo convencional 51

Masa muscular 90, 93

Mecanización agrícola 51, 52

Mercados agroecológicos 46, 47, 49

Metabolitos secundarios 21, 33, 183, 184, 185, 187

Microorganismos antagonistas 19, 171, 179, 182, 183, 184
Molecular 108, 147, 149, 150, 153, 157, 185, 188
Monocultivos 2, 34, 37, 41
Morfofisiología 159

P

Panela 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203
PCR 107, 147, 148, 150, 152, 153, 185
Plukenetia volubilis 133, 134, 135, 137, 139, 145, 146
Poliextractos de plantas 21
Pollos de engorde 71, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 146
Producción 2, 8, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 65, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 90, 91, 92, 98, 101, 127, 128, 152, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 179, 180, 183, 185, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203
Producción agrícola 10, 36, 38, 51, 65, 189
Pruebas bioquímicas 9, 12, 17, 147, 148, 149, 151, 158
Pubertad 111, 112, 114, 126
Pubertad de machos 111

Q

Quitosano 171, 179, 183, 184, 186, 187, 188

R

REDMAC 46, 47, 49
Rendimiento 2, 34, 39, 43, 44, 51, 59, 60, 62, 63, 66, 76, 92, 93, 105, 176, 185, 186, 199
Resposta morfofisiológica 160
Rotación 2, 34, 36, 39, 42, 44, 179

S

Sacha inchi 133, 134, 135, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146
Salinidade 159, 160, 161, 162, 163, 166, 167
Scarification 1, 7
Secadera 171, 173, 174, 175, 177, 178, 180, 184
Sector agroalimentario 133
Silúridos nativos 112
Soberanía alimentaria 46, 48

Soja 204, 205, 206, 207, 208, 213, 214, 215, 216, 217, 218

Suelo 2, 10, 11, 15, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 139, 147, 148, 156, 174, 175, 177, 179, 181, 186, 188, 199, 200

Suelo regosol 34

Suelos agrícolas 13, 41, 53, 147, 149

Sustentabilidade 161

T

Tecnologias 206

Thitonia diversifolia 71

Tolerância à salinidade 160, 162, 166

Tratamento de água 82, 83

V

Vigna radiata 159, 160, 167, 168, 169

W

Water 1, 47, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 123, 132, 160, 168

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Investigación, tecnología e innovación
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

3

Atena
Editora
Ano 2022

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Investigación, tecnología e innovación
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

3

Atena
Editora
Año 2022