



# Producción Agropecuaria: Un enfoque integrado



## EDITORES

### EDITORES

Victor Manuel Meza Villalvazo  
Universidad del Papaloapan

Alfonso Juventino Chay Canul  
División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de  
Tabasco

### EDITORES ASOCIADOS

Ana Rosa Ramírez Seañez  
Universidad del Papaloapan

Rogelio Enrique Palacios Torres  
Universidad del Papaloapan

Nicolás Valenzuela Jiménez  
Universidad del Papaloapan

Juan Pablo Alcántar Vázquez  
Universidad del Papaloapan

Ma. Teresa Kido Cruz  
Universidad del Papaloapan

# *"Producción Agropecuaria: Un enfoque integrado"*

## **Editores:**

Victor Manuel Meza Villalvazo  
Alfonso Juventino Chay Canul  
Ana Rosa Ramírez Seañez  
Rogelio Enrique Palacios Torres  
Nicolás Valenzuela Jiménez  
Juan Pablo Alcántar Vázquez  
Ma. Teresa Kido Cruz

**Tuxtepec, Oaxaca, México, 31 de agosto de 2019**

*" Producción Agropecuaria:  
Un enfoque integrado"*



## Directorio

Dr. Modesto Seara Vázquez  
Rector

MC. Héctor López Arjona  
Vice-Rector Académico

L.C.P. Rubén Jiménez Cervantes  
Vice-Rector Administrativo

" *Producción Agropecuaria: Un enfoque integrado* " / Editores

Victor Manuel Meza Villalvazo et al. -- Primera edición. – Loma Bonita Oaxaca, México 2019

296 páginas en las que se incluye cuadros, figuras, ilustraciones y referencias bibliográficas en cada uno de los temas contenidos en la obra

ISBN: **978-607-98543-1-7**

1. Agricultura – Investigación - México. \ 2. Ganadería – Investigación – México.

\ 3. Acuicultura – Multidisciplinaria – Investigación – México.

**Primera edición, 2019**

D. R. © Universidad del Papaloapan, Av. Ferrocarril s/n, CD. Universitaria, Loma Bonita, Oax., México C.P. 68400.

[www.unpa.edu.mx](http://www.unpa.edu.mx)

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Editores, juicio alguno sobre la delimitación de fronteras o límites y la mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que editores los apruebe o recomienden de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Aunque la Universidad del Papaloapan, fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas. **Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación.**

Coordinadores de la edición: Victor Manuel Meza Villalvazo y Alfonso Juventino Chay Canul

Responsable de la edición: Alfonso Juventino Chay Canul y Victor Manuel Meza Villalvazo

Diseño de portada: Navia Damara Tovar Cruz

Asistentes editoriales: Adriana Sánchez Zarate

Impreso y hecho en Loma Bonita Oaxaca, México.

## PRÓLOGO

La investigación en la producción agropecuaria no es tan solo una necesidad, en nuestros días se busca que el conocimiento generado este enfocado en producir mayor cantidad de alimentos y que estos sean producidos en condiciones inocuas y sustentables para un constante crecimiento demográfico.

Esta obra trata de difundir la investigación que se realiza principalmente en la cuenca del Papaloapan y otras regiones tropicales y no tropicales del país, en varias áreas del quehacer productivo primario. Las temáticas expuestas presentan varias vertientes en el trabajo de investigadores y técnicos que abordan temas desde técnicas sofisticadas en laboratorio hasta estudios llevados en campo y agricultura protegida. Las cuales pueden tomarse como referencia para futuras investigaciones y algunos tópicos puedan ser empleados desde cualquier punto de vista por productores regionales, investigadores y estudiantes del área agropecuaria.

Estoy seguro de que la información presentada en este documento impulsará la generación de conocimiento, para que la región de la Cuenca del Papaloapan y en general la investigación que se generé en el trópico mexicano pueda servir de impulso de desarrollo en la producción agroalimentaria en México.

**Rogelio Enrique Palacios Torres**  
**Profesor-**  
**Investigador Instituto de Agroingeniería,**  
**Universidad del Papaloapan**

# *" Producción Agropecuaria: Un enfoque integrado"*

Editores:

Victor Manuel Meza Villalvazo  
Alfonso Juventino Chay Canul  
Ana Rosa Ramírez Seañez  
Rogelio Enrique Palacios Torres  
Nicolás Valenzuela Jiménez  
Juan Pablo Alcántar Vázquez  
Ma. Teresa Kido Cruz

## Contenido

El seguro como instrumento de administración de riesgos en el sector agropecuario.....	5
J. Reyes Altamirano Cárdenas; Tania A. Valdez Reyes, Raquel Solano Alonso	
Cultura, salud y habanero picante .....	13
Luis-Leonardo Pinzon López	
Enemigos naturales de las principales plagas del chile en Las Huastecas.....	17
Arcos Cavazos Gerardo, Ramírez Meraz Moisés, Mar González Gregorio, Bautista Pérez Cristobal Ervi, Alonso Morales Luis Ángel, Vicente Hernández Zeferino	
Variedades e híbridos de chile para el trópico de México .....	29
Moisés Ramírez Meraz, Gerardo Arcos Cavazos,Reinaldo Méndez Aguilar, Isaac Meneses Márquez	
Evaluación económica del cultivo de pepino en invernadero tipo casa sombra en Loma Bonita, Oaxaca .....	39
José Antonio Marina Clemente, Alba Hernández Tizaman, José Antonio Yam Tzec, Víctor Manuel Gerónimo Antonio	
Evaluación de chile de agua ( <i>Capsicum annuum</i> L.) en ambiente protegido y poda en los valles centrales de Oaxaca .....	47
Porfirio López López y Rafael Rodríguez Hernández	
Híbridos e injertos de tomate alternativa para suelos con alta infestación de nematodos .....	53
Rafael Rodríguez Hernández y Porfirio López López	
Efecto de la posición de la semilla de coco ( <i>Cocos nucifera</i> L.) en el semillero sobre la germinación .....	59
Matilde Cortazar Ríos	
Caracterización física de frutos y rendimiento de pepino ( <i>Cucumis sativum</i> L.) en condiciones de casa sombra y campo abierto .....	67
Antonio-Luis M.C,Yam-Tzec J, PalaciosTorres R.E, Díaz-Félix G, Ramirez-Seañez A.R.	
Calidad de fruto y semilla en una población de familias de medios hermanos maternos de calabaza pipiana .....	73
Isaac Meneses Márquez, Arturo Andrés Gómez, Andrés Vásquez Hernández y Héctor Cabrera Mireles	
Exploración de recursos genéticos en caña de azúcar para mejorar el rendimiento .....	79
Juan Patishtan-Pérez, Juan José Maldonado-Almanza, Anahí Denise Matías-Cruz, Rafael Casas-del-Ángel, Jesús Walfre del Ángel-Bermúdez, Alejandro de la Cruz Francisco	
Deducción y control de las condiciones climatológicas al interior de una casa sombra mediante simulaciones térmicas en Loma Bonita, Oaxaca .....	87

Gabriela Díaz Félix, José Antonio YamTzec, César García-Arellano	
Expresión de genes PR en hojas de plántulas de jitomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) inoculadas con <i>Nacobbus aberrans</i> .....	95
Aldo Guadalupe Bustamante-Ortiz, Ernestina Valadez Moctezuma, Anselmo de Jesús Cabrera Hidalgo, Nahúm Marban Mendoza.	
Evaluación de sustratos endémicos en la germinación, crecimiento y desarrollo de plántulas de cacahuete ( <i>Arachis hypogaea</i> ) .....	105
Emanuel Pérez López, Mercedes Muraira Soto, Roberto Panuncio Mora Solís, Marisol Santiago Lucas, José Guadalupe Cisneros de los Ángeles	
Incidencia de <i>Botrytis cinerea</i> en racimos de jitomate bajo casa sombra y campo abierto.....	111
Antonio-Luis M.C, Domínguez-Crisanto C, Palacios-Torres R.E, Ramírez-Seañez A.R, Hernández-Hernández H, Díaz-Félix G, Yam-Tzec J	
Biotecnologías reproductivas para el siglo xxi. Revisión.....	117
Julio P. Ramón Ugalde	
Crianza de becerros en el trópico .....	122
MVZ/ MC Albino Mateos Romo	
Minimizando los impactos ambientales: por una dieta sustentable para animales .....	129
Nadia Alejandra Sánchez Guerra, Lizbeth E. Robles Jiménez, Octavio Castelán Ortega, Jorge Osorio Avalos, Manuel González Ronquillo	
Ciclo estral y programas de inseminación artificial en ganado lechero en sistemas intensivos .....	139
Joel Hernández Cerón	
Reflexiones sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas explotadas bajo condiciones tropicales .....	151
Carlos S. Galina	
Control de parásitos gastrointestinales resistentes a antihelmínticos en granjas ovinas .....	157
Juan Felipe de J. Torres Acosta, Hervé Hoste, Carlos A. Sandoval Castro, José I. Chan Pérez, Pedro G. González Pech, Javier Ventura Cordero, Sarahi Castañeda Ramírez, María G. Mancilla Montelongo, Nadia F. Ojeda Robertos, Cintli Martínez Ortíz de Montellano	
Morfometría de la cabeza del espermatozoide en bovinos Beefmaster, Charbray, Simbrah y Charolais .....	165
Carla Concepcion Chale Kantun, Isis Bolio Montes, Yleana Presuel Encalada, Andres Juarez Mex, Perla Marina Gala Paredes, Héctor Magaña Sevilla	
Morfometría de la cabeza del espermatozoide en ovinos Katahdin.....	171

Saúl Borges Lizama, Isis Bolio Montes, Yleana Presuel Encalada, Perla Marina Gala Paredes, Héctor Magaña Sevilla	
Desarrollo de embriones <i>in vitro</i> en vacas Brahmán, Nelore y Gyr bajo condiciones de trópico .....	177
Alberto Cupido Hernández, Álvaro Leme, Maritza Edith Hernández Fuentes, Carlos Luna-Palomera, Jorge Alonso Peralta-Torres	
Ganancia de peso de pollos para abasto alimentados con diferente nivel de inclusión de <i>Thitonia diversifolia</i> .....	183
Martín Reyes García-España, Alexis Rivero-Monroy, Jorge Hernández-Bautista, Héctor Maximino Rodríguez-Magadán, Teodulo Salinas-Rios, Jorge Morín-Rubio, Sergio Ramírez-Ordoñez, Cynthia Magaly Antonio Cisneros	
Relación entre las mediciones biométricas y el análisis de imagen digital en ovejas Pelibuey .....	189
Gerardo Calvillo-López, Jorge A. Tapia-Gonzalez, Ricardo Garcia-Herrera, Fernando Casanova-Lugo, Ángel Piñeiro-Vázquez, Jorge Canul-Solis, Alfonso J. Chay-Canul	
Relación entre el peso vivo y peso vivo vacío en corderos lactantes Pelibuey y Katahdin .....	195
Juan Campos-Hervert, Oscar E. Cruz Sanchez, Emmanuel Bautista Diaz, Rosario Salazar-Cuytun, Nadia F. Ojeda Robertos, Ricardo A. Garcia-Herrera, Jorge R. Canul Solis, Alfonso J. Chay-Canul	
Predicción del peso vivo en novillas cruzadas a través del perímetro torácico .....	201
Rafael A. Méndez-Ramírez, Oscar Elias Cruz-Sanchez, Alfonso J. Chay-Canul, Víctor Meza-Villalvazo, Jorge R. Canul Solis, Marco A. Ramirez-Bautista	
Diversidad microbiana del metagenoma ruminal y sus cambios por el consumo de aditivos de levaduras .....	207
Nohemí G. Cortés López, Daniel Díaz Plascencia, Ramón A. Batista García, Sonia Dávila Ramos, Hugo Castelán Sánchez, Perla L. Ordoñez Baquera	
Contenido proteico de residuos de pescadería tratados con dos métodos de conservación .....	215
Ana María Hernández Medina, Jorge Hernández Bautista, Héctor Maximino Rodríguez Magadán, Rodolfo Benigno de Los Santos Romero, María Isabel Pérez León, Gerardo Rodríguez Ortiz, Amós Palacios Ortiz	
Proteína cruda y pH en subproductos de naranja deshidratada y ensilada a diferentes tiempos ....	223
Benito Irving Guzmán-Jiménez, Teódulo Salinas-Ríos, Jorge Hernández-Bautista, Amos Palacios-Ortiz, Héctor Rodríguez- Magadán, Cuahutemoc Nava-Cuellar	
Efecto de la densidad de plantas y época del año en el rendimiento y composición química del pasto guinea ( <i>Megathyrsus maximus</i> , Jacq.) cv. Mombaza .....	229
Sergio Ramírez Ordoñez, José A. Rueda Barrientos, Carlos I. Medel Contreras, Jorge Hernández Bautista, Víctor M. Meza Villalvazo	
Crecimiento de pasto guinea <i>megathyrsus máximum</i> cv. Mombaza en función de diferentes dosis de fertilización .....	237

Miguel Angel Sánchez Hernández, Yael Esbeidy Valenzuela Haro, Gladis Morales Terán, Saúl Hernández Sánchez, Ángel Rafael Murillo Hernández	
Producción de forraje de gramíneas tropicales utilizando biofertilizantes .....	243
Edgar Enrique Sosa-Rubio; José Demetrio Pérez-Rodríguez; Eduardo José Cabrera-Torres	
Bases y perspectivas del cultivo de caballito de mar .....	251
Nicolás Vite-García	
Compuestos biológicamente activos de plantas acuáticas con potencial para dietas funcionales de peces de cultivo .....	263
Aguilera Morales Martha Elena, Margarita Canales Martínez, Ernesto Ávila González, César M. Flores Ortíz	
Evaluación de la calidad espermática en machos yy de tilapia del nilo ( <i>oreochromisniloticus</i> ) .....	271
Jonathan Fernández Santos, Juan Pablo Alcántar Vazquez, Víctor Manuel Meza Villalvazo	
Evaluación de la proporción de sexos en la progenie de hembras xy de tilapia del nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentadas con $17\alpha$ -etinilestradiol durante el periodo de alevín .....	277
Varinia Juárez-Juárez, Juan Pablo Alcántar-Vázquez, Antonio Marín-Ramírez, Carolina Antonio-Estrada, Raúl Moreno de la Torre	
Evaluación de la proporción de sexos obtenida en la tilapia del nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentada con hormonas estrógenas y cultivada a una temperatura elevada durante el periodo de alevín .....	283
Yeimis. López Ramírez, Juan Pablo Alcántar Vázquez, Daniel Calzada Ruiz, Raúl Moreno de la Torre, Carolina Antonio Estrada	

---

# El seguro como instrumento de administración de riesgos en el sector agropecuario

## Insurance as risk management instruments in the agricultural sector

J. REYES ALTAMIRANO CÁRDENAS<sup>1\*</sup>; TANIA A. VALDEZ REYES<sup>1</sup>; RAQUEL SOLANO ALONSO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Km. 38.5 Carretera México- Texcoco. Estado de México. C.P. 56230.

\*Corresponding author: jreyesa@ciestaam.edu.mx.

---

### INTRODUCCIÓN

Los agentes económicos se encuentran sujetos a riesgos e incertidumbre en diferentes grados, de acuerdo con la industria en la cual se desempeñen. Entre las actividades más expuestas a riesgos se ubican las agropecuarias. Los productores agropecuarios, en los primeros eslabones de la cadena agroalimentaria, están expuestos a riesgos meteorológicos que pueden afectar la producción, por ejemplo, inundaciones, heladas o sequías, y riesgos fitozoosanitarios como la aparición de plagas y enfermedades (Comisión Federal de Competencia Económica, COFECE, 2015).

Los agricultores pobres son más vulnerables a riesgos cuyos impactos pueden ser mayores en relación con sus ingresos y cuando estos riesgos afectan a comunidades enteras simultáneamente (como es el caso de riesgo de precipitaciones), se ven orillados a contener la inversión y perder oportunidades de ingresos más altos, lo cual puede generar trampas de pobreza (Karlán, Osei, Osei-Akoto, & Udry, 2014).

De acuerdo con Smith y Olesen (2010), mencionados por Pretty et al.(2011), el cambio climático es uno de los mayores retos que enfrenta la humanidad en la actualidad, y su impacto se hará sentir en la agricultura, de forma positiva o negativa, dado que dicha actividad depende de la naturaleza, sin duda alguna éste es un aspecto importante por el que un seguro agrícola permite gestionar los riesgos, protegiendo la inversión realizada por el agricultor.

México es un país altamente expuesto a una gran variedad de peligros naturales. La costa del Pacífico meridional del país pertenece al llamado Anillo de Fuego de la actividad tectónica. Las tormentas tropicales y los huracanes son un peligro constante en las costas tanto del Pacífico como del Atlántico. Las sequías están afectando cada vez más a todo el país, incluso con una presencia creciente en regiones típicamente húmedas, así como un proceso de desertificación que está afectando a vastas regiones del norte. Como tal, los peligros naturales en México han aumentado su impacto económico en las últimas cuatro décadas (Saldana-Zorrilla, 2015).

En nuestro país, durante las últimas dos décadas, 80% de las pérdidas agrícolas se relacionaron con eventos climáticos, fenómenos que son particularmente importantes en áreas cultivadas bajo régimen de temporal, que representan 76% de la superficie sembrada (Cabello Villarreal, 2014).

Los seguros agrícolas (y otros enfoques de gestión del riesgo) pueden contribuir a mejorar la productividad de la agricultura, ayudando a los productores a invertir en prácticas agrícolas más productivas, pero potencialmente más riesgosas. Los eventos climáticos adversos son el principal causante de la pérdida de cosechas, y en el caso de eventos extremos, como la sequía y las inundaciones, los productores se enfrentan a la perspectiva de un fracaso total de la cosecha. Junto con un entorno que está cambiando rápidamente, debido a una cadena agroalimentaria más compleja, cambios climáticos que pueden estar aumentando la frecuencia y gravedad de los desastres naturales y una mayor volatilidad de los precios debido a cambios en la estructura del mercado (Porth & Seng Tan, 2015). En materia de políticas públicas, los seguros agrícolas son un instrumento importante para mantener la estabilidad a largo plazo y el crecimiento del sector agrícola, y facilitar el acceso al crédito, ayudar a reducir los impactos negativos de las catástrofes naturales y alentar la inversión en tecnologías de producción mejoradas (Porth & Seng Tan, 2015).

En un escenario de incremento del impacto de los fenómenos naturales en el sector agropecuario y rural toma relevancia la necesidad de contar con estrategias de administración de riesgos, entre estas destacan los seguros agrícolas. El interés en los seguros agrícolas radica en su impacto potencial sobre la sostenibilidad de las explotaciones agropecuarias pues en caso de darse una mala cosecha, permite a los agricultores conservar sus herramientas de producción y su capacidad para reinvertir en la preparación del siguiente ciclo agrícola (Sandmark, Debar, & Jaleran, 2014), este instrumento de gestión de riesgos ha formado parte de las políticas públicas en México desde la década de los 40's. Este trabajo trata de identificar la estructura actual del sistema de administración de riesgos desde la perspectiva de la oferta de seguros agropecuarios y los agentes que la conforman.

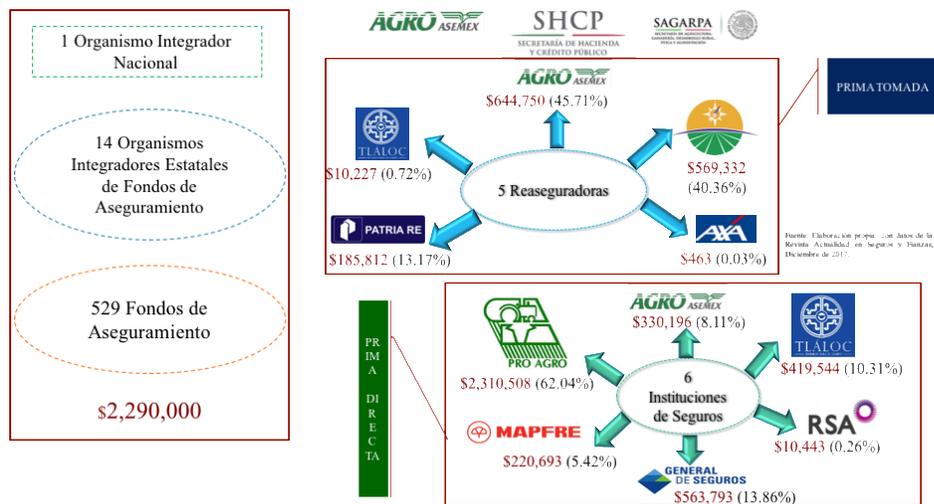
## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se desarrolló trabajo de revisión documental y de bases de datos de las principales instituciones involucradas en el Sistema Nacional de Aseguramiento al Medio Rural (AGROASEMEX, S.A., Organismo Integrador Nacional de Fondos de Aseguramiento (OINFA), así como de las entidades reguladoras del sistema: la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)). Se trata en todos los casos de identificar a los actores del sistema, ubicar su importancia relativa y el rol que desempeñan en la provisión de seguros agropecuarios en México.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el Sistema Nacional de Aseguramiento al Medio Rural (SNAMR) concurren los sectores público, privado y social dado origen a un esquema mixto sin la prevalencia del sector público ni del sector privado en la oferta de los distintos instrumentos de seguros. AGROASEMEX, institución nacional de seguros, es

la instancia del sector público que funciona como agencia del desarrollo e investigación del sector, tiene entre sus funciones promover el mercado de seguros agropecuarios, brindar el servicio de reaseguro a los otros actores y canalizar apoyos como subsidio para cubrir parcialmente el costo de la prima de los asegurados, canaliza también apoyos a la operación de los Fondos de Aseguramiento y de sus organismos integradores. Dentro del mismo sector público, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación ha desarrollado en los últimos años esquemas de aseguramiento contra desastres naturales y apoyos a productores con acceso al seguro. Por parte del sector privado, se identifica la participación de seis compañías organizadas como sociedades anónimas que tienen autorización de la CNSF para operar en el ramo agrícola y ganadero (Figura 1). Los productores organizados constituyen Fondos de Aseguramiento con operación regional, que cuentan con una Ley propia con carácter no lucrativo y mutual. A la fecha se han instituido en México 529 fondos (AGROASEMEX, 2018), y se han constituido en organismos superiores, como son 16 Organismos Integradores estatales y el Organismo Integrador Nacional, ambos constituidos en términos de la Ley de Fondos de Aseguramiento Agropecuario y Rural (Figura 1).



**Figura 1.** Estructura de la provisión de seguros agropecuarios en México, cifras en miles de pesos. Fuente. Elaboración propia con datos de Agroasemex y de la Revista Actualidad en Seguros y Fianzas, (2018)

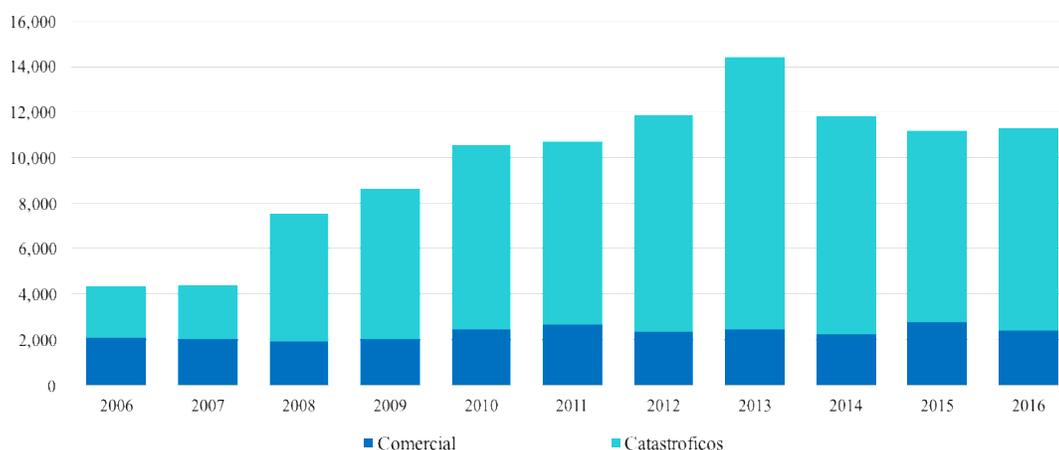
Así, en lo que respecta a la transferencia del riesgo de pérdida debido a factores climáticos o biológicos, puede hacerse bajo tres diferentes modalidades: (i) contratar un seguro con una compañía privada, (ii) formar un Fondo de Aseguramiento que agrupa directamente a los agricultores y en donde cada uno de ellos paga su respectiva prima a un fondo común, cuya función es, precisamente, indemnizar a aquellos agricultores que lleguen a registrar siniestros, y (iii) se puede acceder a una cobertura limitada a través del componente de Seguro Agrícola, Pecuário, Acuícola y Pesquero Catastrófico (SAC) operado por la SAGARPA y los gobiernos de los estados, el cual tiene como finalidad atender los daños ocasionados por desastres naturales que se caracterizan por ser atípicos e impredecibles.

Por razones de carácter histórico y por la cultura de administración de riesgos prevaleciente entre los agricultores, el mercado del seguro ha estado estrechamente relacionado con el mercado de crédito. El mercado natural del seguro lo constituyen aquellos productores que siembran superficies relativamente grandes, con riego, y que, al financiar sus inversiones con crédito, tienen mayor propensión a protegerlas contra la ocurrencia de fenómenos climáticos y biológicos adversos, reduciendo con ello la posibilidad de caer en la insolvencia y, por consiguiente, el quedar marginados del crédito. Para los agricultores que siembran menores superficies, en realidad el seguro es contratado porque es un requisito para acceder al financiamiento (Muñoz et al., 2002).

Esta situación explica, en gran parte, la razón por la cual la superficie asegurada bajo las dos primeras modalidades (seguro comercial y fondos de aseguramiento) se ha mantenido en alrededor de 2.5 millones de hectáreas en los últimos diez años, lo que indica un estancamiento en la demanda en este tipo de seguros, y refleja la elevada exposición a riesgos en la que se encuentra la agricultura mexicana, considerando que anualmente se cultivan 21.9 millones de hectáreas (SIAP, 2017).

Hasta el año 2002, ante la ocurrencia de un año catastrófico para las actividades agropecuarias en uno o más estados de la República, se sucedían los reclamos (casi siempre magnificados) de los siniestrados al tal grado de comprometer las finanzas públicas estatales, lo que invariablemente obligaba a sus gobernantes a solicitar ampliaciones presupuestales ante la federación para atender la supuesta emergencia. Por tanto, con el fin de evitar una permanente presión a las finanzas públicas y tener un techo presupuestal previsible para atender estas contingencias, se decidió crear la tercera modalidad de acceso al seguro para cubrir riesgos climáticos catastróficos, contratados por los gobiernos estatales con subsidio federal.

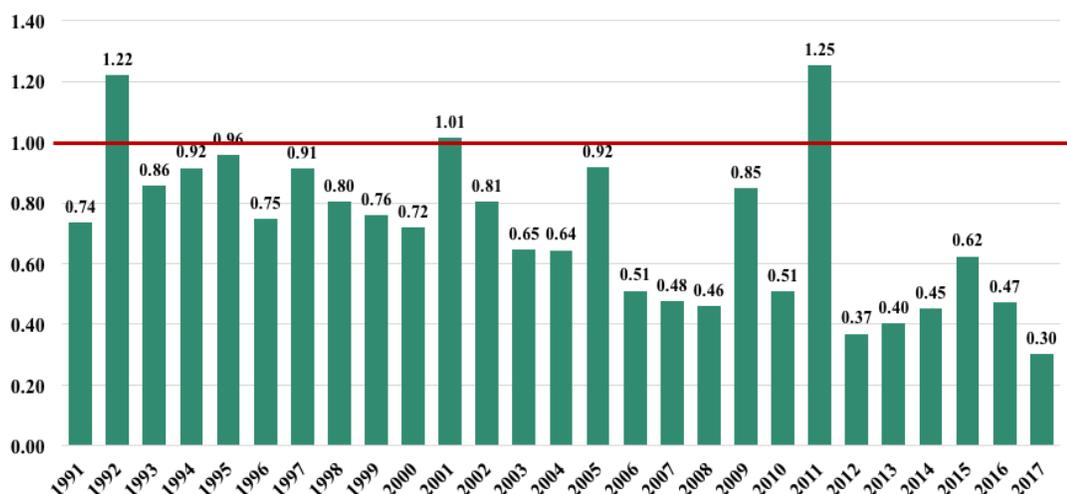
A diferencia de las dos primeras modalidades, que no han crecido en los últimos diez años, la del seguro catastrófico ha registrado un crecimiento importante hasta representar cuatro veces más superficie asegurada que el seguro comercial.



**Figura 2.** Superficie asegurada por el Sistema Nacional de Aseguramiento para el Medio Rural. Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX y SAGARPA

El seguro catastrófico es un seguro masivo, adquirido directamente por los gobiernos estatales y gobierno federal (a través de las aseguradoras comerciales o fondos de aseguramiento) con el fin de proteger a los productores de bajos ingresos cuando ocurra un desastre natural que afecte la actividad agrícola, ganadera, pesquera o acuícola y son de cobertura limitada los productores asegurados no están identificados en el momento de la contratación, y son los estados quienes reciben las indemnizaciones en caso de catástrofe, para luego indemnizar a los productores en las áreas siniestradas. No existe costo de operación para las aseguradoras, en virtud de que son los Gobiernos de los estados y las delegaciones estatales de la SAGARPA quienes realizan la evaluación de daños en campo (ajuste), por lo que las aseguradoras sólo tienen un costo de administración. Tres hechos relevantes a considerar dan cuenta de la brecha de innovación existente en materia de gestión de riesgos, a saber (Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, V.H., Gómez-Pérez, D., y Altamirano-Cárdenas, J. R. 2018): Desde su surgimiento en 1978, los fondos de aseguramiento han logrado una gran capacidad de autogestión y sostenibilidad, logrando coexistir con los monopolios estatales de aseguramiento –primero ANAGSA y luego AGROASEMEX– y con las compañías privadas de seguro. Incluso, entre 2010 y 2016, lograron mayor cobertura que las privadas, con un 62 % de la superficie asegurada a nivel nacional.

En los 25 años transcurridos entre 1991 y 2015, solamente en tres años la relación siniestros pagados/primas emitidas fue mayor que uno. Considerando que para garantizar viabilidad financiera de una aseguradora se requiere que dicha relación sea al menos de 0.85, ello significa que solamente en ocho de los 25 años las aseguradoras no lograron operar en su punto de equilibrio o tuvieron que recurrir al reaseguro (Figura 3).



**Figura 3.** Relación monto de siniestros pagados / monto de primas cobradas en el Ramo Agrícola y de Animales. Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF).

Al igual que como ocurre en 65 países (desarrollados y emergentes) que canalizan importantes subsidios a las primas de seguro –que oscilan entre un promedio de 8 % para 55 países, hasta un máximo de 73 % en Italia, 45 % en EUA o 50 % en Canadá (Mahul y Stutley, 2010) con la finalidad de incentivar su contratación, México también canaliza recursos públicos a este estratégico servicio, principalmente para subsidiar las primas y para el seguro catastrófico. Entre 2010 y 2015 estos conceptos significaron un total de 24,600 millones de pesos, contra 10,400 millones de pesos pagados por las aseguradoras por conceptos de siniestros; esto significa que el gobierno ha tenido que canalizar 136.7 % más de gasto público para incentivar el mercado asegurador, que la suma de siniestros pagados por las aseguradoras, tanto las privadas como los fondos de aseguramiento, situación que sugiere un problema de desestimulo para el desarrollo de un mercado privado de seguros.

En suma, considerando que casi 80 % de la superficie asegurada a nivel nacional se encuentra bajo la modalidad del seguro catastrófico y que en realidad se trata de un seguro para que los gobiernos no sufran un desfaldo en sus presupuestos, más que un seguro para los productores. La cobertura lograda por el sistema, sobre todo en los seguros comerciales contratados directamente por los productores es aún baja a pesar de la alta presencia de riesgos que pueden ser objeto de protección. De acuerdo con los datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) más del 80% de los productores en México considera que uno de los principales riesgos que enfrenta es debido a factores climáticos y biológicos, la cobertura de los seguros comerciales alcanza apenas al 3.6% de las unidades de producción en México (ENA, 2014).

## CONCLUSIONES

México cuenta con una estructura institucional sólida en el aprovisionamiento de seguros agropecuarios, sin embargo, la cobertura de este servicio es aún baja. Desde la perspectiva de la estructura de la oferta destaca la participación de los productores organizados en Fondos de Aseguramiento Agropecuario con una amplia cobertura en las entidades federativas del país mientras que por parte del sector privado sólo participan seis aseguradoras de más de 100 que se encuentran con registro en el país y solo una de ellas concentra más del 56% de las primas en el mercado. La oferta del reaseguro es aún más limitada, ya que únicamente cinco empresas proveen el servicio y en ellas se concentra aproximadamente el 90% de las primas cedidas por parte de los aseguradores directos. Resulta crucial innovar el sistema nacional de aseguramiento a partir de la sólida experiencia que han generado los fondos de aseguramiento, una de las organizaciones más robustas y emblemáticas que hoy existen en el campo mexicano. Así, resulta necesario fortalecer el sistema de reaseguro, mejorar sus capacidades técnicas y de autogestión en definición de primas e innovar en productos de seguro. Y en lo que respecta a las aseguradoras privadas que prácticamente se han estancado en superficie asegurada, habría que revisar la política gubernamental en materia de seguros catastróficos que ha derivado en una situación de confort y desincentivo a la innovación

## REFERENCIAS

- AGROASEMEX S.A. Varios años. Programa de aseguramiento agropecuario, Informe al cuarto trimestre de varios años.
- AGROASEMEX, S.A. (2018). Padrón de Integrantes del Sistema Nacional de Aseguramiento al Medio Rural.
- Banco Mundial. (2014). Turn Down the Heat: Confronting the New Climate Normal. Washington DC: World Bank Group.
- Cabello Villarreal, M. A. (2014). Seguro agropecuario en México. Retrieved February 18, 2017, from <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2014/05/26/seguro-agropecuario-mexico-i>
- COFECE. (2015). Coberturas de precios y seguros agropecuarios. In Reporte sobre las condiciones de competencia en el sector agroalimentario (p. 585). México: COFECE.
- Comisión Nacional de Seguros y Fianzas. Actualidad en Seguros y Fianzas, diciembre 2017. Numero 106.
- ENA-Encuesta Nacional Agropecuaria, 2014. SAGARPA-INEGI.
- Karlan, D., Osei, R., Osei-Akoto, I., & Udry, C. (2014). Agricultural decisions after relaxing credit and risk constraints. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(2), 597–652. <https://doi.org/10.1093/qje/qju002>. Advance
- Mahul, O., Stutley, C.J. (2010). Government Support to Agricultural Insurance. World Bank.
- Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, V.H., Altamirano-Cárdenas, J. R., 2002. Mercados e Instituciones Financieras Rurales: una nueva arquitectura financiera rural para México. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.

- Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, V.H., Gómez-Pérez, D., y Altamirano-Cárdenas, J. R. (2018). ¡Otro campo es posible! Agenda pública y política con relación al campo mexicano. México: UACH-CIESTAAM.
- Porth, L., & Seng Tan, K. (2015). Agricultural insurance. More room to Grow? *The Actuary Magazine*, 12(2), 1–3. Retrieved from [papers2://publication/uuid/BB0D738B-4376-49B7-884D-5252C2B14C4F](https://papers2://publication/uuid/BB0D738B-4376-49B7-884D-5252C2B14C4F)
- Pretty, J., Sutherland, W. J., Ashby, J., Auburn, J., Baulcombe, D., Bentley, J., ... Pilgrim, S. (2011). Las cien preguntas más importantes para el futuro de la agricultura global. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1), 1–20. <https://doi.org/10.3763/ijas.2011.0100>
- Rodríguez Esteves, J. M. (2004). Los desastres de origen natural en México: el papel del FONDEN. *Estudios Sociales*, XII (23), 74–96.
- Saldana-Zorrilla, S. O. (2015). Assessment of disaster risk management in Mexico. *Disaster Prevention and Management*, 24(2), 230–248. <https://doi.org/10.1108/DPM-11-2013-0201>
- Sandmark, T., Debar, J.-C., & Jaleran, C. T. (2014). Surgimiento y desarrollo de los microseguros agrícolas. Luxemburgo: Microinsurance Network.
- Tangermann, S. (2011). Risk management in agriculture and the future of the EU's common agricultural policy. International Centre for Trade and Sustainable Development (ICTSD)

---

# CULTURA, SALUD Y HABANERO PICANTE

## CULTURE, HEALTH AND HABANERO HOT

LUIS-LEONARDO PINZON LÓPEZ

*Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n CP. 97345,  
Conkal, Yucatán. Ferrocarril, Cd.  
author: luis.pinzon@itconkal.edu.mx*

---

### INTRODUCCION

La Cultura (Cultus) es un conjunto de modos de vida y costumbres, conocimientos y grado de desarrollo artístico, científico, industrial, en una época grupo social. Por otra parte, la agricultura por definición y sinonimia, tiene relación etimológica, conceptual y material con este termino por definición; este razonamiento identifica de manera directa, que las actividades y labores productivas del campo, de acuerdo a su nivel de tecnificación o rusticidad, se relacionan con las costumbres y el grado de avance del conocimiento científico de un grupo o una sociedad. Redundando en el uso de términos o conceptos, nuestra cultura ancestral (relacionando todas las culturas de nuestro México), dejó huella en sus modos y costumbres de producción agrícola, es decir sus tecnologías de producción; que armonizaban con el cuidado de sus recursos naturales.

El incremento acelerado de la población mundial propició un alza abrupta en la demanda de alimentos, lo que forzó inevitablemente la llegada de la revolución verde a los sistemas de producción global. El costo, en el inventario ecológico actual, abrumador, pero lastimosamente necesario para no cumplir las predicciones de Malthus (1826) de hambruna y muerte. Riego, variedades mejoradas, fertilización química y uso de pesticidas sintéticos fueron los factores que lograron incrementar los rendimientos agrícolas. Más allá del deteriorado estado actual de muchos de los recursos naturales, y aunque afortunadamente las exactas predicciones de Malthus no se cumplieron gracias a la revolución verde, la salud humana de años recientes se ha afectado negativamente en todo el mundo, a consecuencia del uso y abuso de insumos químico-sintéticos en la producción agropecuaria. Enfermedades crónicas y/o terminales azotan a la población mundial.

Por todo lo anterior, la agricultura moderna, esta reculturizandose y tiende a disminuir el uso de agua y el empleo de insumos agrícolas que agotan los recursos naturales, haciendo énfasis en la conservación de los recursos fitogenéticos, es una condición de cambio de cultura obligada, ya que las nuevas generaciones dependen de ello para un desarrollo saludable en cantidad y calidad de las cosechas que consumen para mantener la salud.

La tendencia en investigación marca nuevos paradigmas para el uso eficiente del agua, conservación fitogenética, uso de agentes biológicos benéficos, pesticidas botánicos y empleo de biotecnologías modernas éticamente congruentes con el sostenimiento del ambiente y el aumento de la producción agrícola. El caso chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) muestra un panorama de estos retos y avances.

## AVANCES

### Uso eficiente del agua

La agricultura es la actividad productiva donde se consume la mayor cantidad de agua, por lo que reducir el uso de este preciado líquido es fundamental en la cultura actual. Investigaciones con *Solanum lycopersicum*, *Capsicum chinense* y *Citrullus vulgaris*, probando la disminución del agua aprovechable del 100 al 25 %, demostró que no solo no afecta o compromete la fisiología y el rendimiento de cultivos, sino que favorece la calidad de las cosechas en cuanto a contenidos de sólidos solubles totales y palatabilidad, En *Solanum lycopersicon*. Una reducción del 20 % de agua, no afecta significativamente el crecimiento de las plantas, pero si la cantidad de sólidos solubles que aumenta de 7 a 7.6 %. En *Capsicum chinense* se observó que, al disminuir la cantidad aprovechable de agua en el suelo de 100, 80 y 60 %, el rendimiento ponderado disminuye (14, 11 y 10 t ha<sup>-1</sup> respectivamente); aunque el picor de los frutos aumenta 15 %. En *Citrullus vulgaris* se observó que a partir de la reducción del 50 % del agua, se afecta el crecimiento, rendimiento e intercambio gaseoso; pero la reducción del 20 %, no afecta significativamente el crecimiento, ni procesos fisiológicos primarios, significando un ahorro de 30 L de agua por planta. Estos resultados indican que no es necesario mantener a las plantas en estados hídricos agrónicamente “adecuados”, ya que disminuciones del 20 al 30 % en el suministro de agua, mantienen el rendimiento de las cosechas y lo hacen incrementando la calidad de las cosechas, disminuyendo el consumo de este vital líquido.

### Desarrollo de pesticidas orgánicos

En convenio con la Corporación Biotims Qantax México el IT de Conkal ha desarrollado dos insecticidas orgánicos, inocuos a la salud y al ambiente, los resultados son contundentes en el combate de dos insectos plaga de gran importancia. La mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*), con aplicaciones constantes de ambos productos, se ha controlado hasta en 70 % la reducción de los insectos plaga, sin la aplicación de ningún otro producto tóxico. Actualmente, se ha desarrollado un acaricida contra araña roja y el ácaro blanco, controlando la infestación de plantas de chile habanero.

### Utilización de microorganismos benéficos para la agricultura.

La fitosanidad es una de las prácticas más necesarias durante el proceso de producción agrícola. Por lo que el aumento en la demanda de productos agroquímicos como insecticidas, fungicidas, acaricidas y

fertilizantes se ha disparado en los últimos años; esto produce una espiral entre la aplicación excesiva de pesticidas y fertilizantes, y la resistencia de agentes biológicos, la salinización de suelos, contaminación de mantos freáticos y los mismos alimentos que consumimos. Culturalmente, los sistemas de producción modernos hacen uso de una gran cantidad de insumos, mismos que deterioran el ambiente y acaban con la fauna y microflora benéfica. La nueva cultura de la conservación está creando sistemas innovadores de uso de bacterias promotoras de crecimiento vegetal, hongos micorrízicos y antagonistas de nematodos. En Chile habanero, cepas de *Bacillus* spp nativos demostraron inhibición *in vitro* del crecimiento micelial de *Fusarium* spp. Hasta un 70 %, las mismas cepas aplicadas a plántulas infectadas con el hongo e inoculadas con las cepas de *Bacillus*, mostraron una reducción de la severidad de la enfermedad hasta un 50 % (Mejía et al., 2016a). Las mismas cepas mostraron altos índices de solubilización de fósforo y producción de AIA, mismos que incrementaron el número de frutos de Chile y la producción por planta en un 56 %. Otros estudios desarrollados en el IT de Conkal, demostraron la reducción de agallas de *Meloidogyne incognata* al inocular plantas de Chile habanero con cepas nativas de *Trichoderma* spp, promoviendo el incremento del crecimiento de las plantas de Chile habanero hasta en un 40 % (Mejía et al., 2016b).

### **Conservación de los recursos fitogenéticos**

En México, muchas de estas especies se encuentran insertas tradicionalmente en diferentes agroecosistemas, en ellos se pueden encontrar de forma cultivada o silvestre; y su diversidad florística está estrechamente ligada a las condiciones sociales, económicas y ecológicas del lugar donde se encuentran (Martínez et al., 2007) El uso de biotecnologías modernas como el cultivo de tejidos vegetales (CTV), aceleran los programas de propagación, rescatando y multiplicando la diversidad vegetal estudiada; con el propósito de conservarla y aprovecharla a través de programas de mejoramiento genético que son acelerados por estas biotécnicas, con el fin de obtener nuevas variedades o aprovechar especies poco conocidas o nuevas. La denominación de origen para el Chile habanero, trajo consigo, arduo trabajo, reflexiones, retos y algunas confusiones, pero dejó clara la importancia de resguardar celosamente los recursos fitogenéticos nacionales, por muchas razones, pero finalmente y ligada al título de esta ponencia, hay que hacerlo por cultura para curarnos en salud.

### **CONCLUSIÓN**

La salud ambiental y humana dependen del cambio cultural de los sistemas de producción actuales y futuros, educar para producir sanamente sin dañar el ambiente y cuidar sus recursos no es una prioridad, es una obligación. Los programas integrales para la nutrición de cultivos, manejo de plagas y enfermedades con microorganismos benéficos, haciendo un uso eficiente del agua, e ir migrando del uso de pesticidas sintéticos a otros orgánicos no tóxicos; sin bajar el paso en la conservación de los recursos fitogenéticos, que son la base de nuestro presente y futuro alimentario.

## REFERENCIAS

- Martínez M. A., V. Evangelista, F. Basurto P., M. Mendoza y A. Cruz R. (2007). Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista mexicana de biodiversidad*. 78 (1). pp. 15-40.
- Miguel A. Mejía-Bautista, Jairo Cristóbal-Alejo, José M. Tun-Suárez, Arturo Reyes-Ramírez. 2016a. ACTIVIDAD in vitro DE *Bacillus* spp. EN LA INHIBICIÓN DE CRECIMIENTO MICELIAL DE *Fusarium equiseti* Y *Fusarium solani* AISLADO DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.). *AGROCIENCIA*, 16 de noviembre - 31 de diciembre. pp. 123-1135.
- Miguel Ángel Mejía-Bautista, Arturo Reyes-Ramírez, Jairo Cristóbal-Alejo, José María Tun-Suárez, Lizette del Carmen Borges-Gómez. 2016b. *Bacillus* spp. en el Control de la Marchitez Causada por *Fusarium* spp. en *Capsicum chinense*. *Revista Mexicana de FITOPATOLOGÍA*. pp. 208-222.

---

# Enemigos naturales de las principales plagas del chile en Las Huastecas

## Natural enemies of pepper main pests pepper in the huasteca

ARCOS CAVAZOS GERARDO<sup>1</sup>, RAMÍREZ MERAZ MOISÉS<sup>1</sup>, MAR GONZÁLEZ GREGORIO<sup>2</sup>, BAUTISTA PÉREZ CRISTOBAL ERVI<sup>1</sup>, ALONSO MORALES LUIS ÁNGEL<sup>3</sup>Y VICENTE HERNÁNDEZ ZEFERINO<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Las Huastecas. Carretera Tampico-Mante Km. 55V. Cuauhtémoc, Mpio. Altamira, Tamaulipas, México. CP 89610. Correo-E: [arcos.gerardo@inifap.gob.mx](mailto:arcos.gerardo@inifap.gob.mx). Tel. 01800-0882222 Ext. 83326.

<sup>2</sup>Ex-investigador de INIFAP. Av. Benito Juárez N° 1138, Interior 1. Col. Morelos, CP. 60050. Uruapan, Michoacán. Correo-E: [gmar\\_gz@hotmail.com](mailto:gmar_gz@hotmail.com).

<sup>3</sup>Profesionista independiente. Correo-E: [alonso2894@hotmail.com](mailto:alonso2894@hotmail.com).

<sup>4</sup>Profesionista independiente. Correo-E: [Zeferino\\_vh@hotmail.com](mailto:Zeferino_vh@hotmail.com)

---

### INTRODUCCIÓN

Una de las mayores limitantes del cultivo de chile serrano *Capsicum annum* L. en Las Huastecas y en la mayor parte del país, entre ellas las principales zonas productoras de chile en el Golfo de México, son las plagas, de las cuales destacan por su importancia: mosquita blanca *Bemisia tabaci*, picudo del chile *Anthonomus eugenii* Cano, minador de la hoja *Liriomyza trifolii*, ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus*, gusano soldado *Spodoptera exigua* y araña roja *Tetranychus urticae* McGregor. En menor importancia se encuentran gusano del fruto *Heliothis zea* Bodie, pulgón *Myzus persicae* Sulzer y gallina ciega *Phyllophaga* sp (Arcos *et al.*, 1998 y Garza, 2002). Las acciones que implementa el productor para el control de plagas, generalmente es a base de insecticidas, dichas acciones elevan los gastos de producción, demeritan la calidad del fruto, afectan severamente a la fauna benéfica, aumentan la contaminación de (aire, suelo, planta, agua y producto) y bajan el rendimiento, entre otros. Anteriormente, la aspersión oportuna de insecticidas permitía controlar las plagas con un balance económico favorable para el productor (Fu *et al.*, 2006). Sin embargo, en su gran mayoría los agricultores no tienen en cuenta la ecología de las plagas, realizando tratamientos en épocas en las que el riesgo de ataque grave es muy bajo. Así como tampoco consideran el estado fenológico predominante de la plaga para tratar con uno u otro producto, provocando con ello, que las prácticas de control no funcionen. Autores como González y Berna (2000); Alomar y Albajes (2005) concuerdan en que una especie plaga no alcanza daños económicos debido a la acción de sus enemigos naturales y que los problemas surgen cuando se elimina esa fauna auxiliar y se rompe el equilibrio, generalmente, por el uso de insecticidas (Avilla *et al.*,

1990). En el Campo Experimental Las Huastecas se trabajó durante los últimos 12 años para identificar y medir el impacto de enemigos naturales en seis de las principales plagas del Chile en la Huasteca. Los aspectos más relevantes de dichas investigaciones se presentan a continuación.

## ABUNDANCIA DE ENEMIGOS NATURALES

El número de parasitoides y depredadores se muestra en la Tabla 1, en las seis plagas estudiadas se registraron en total 44 enemigos naturales: 18 parasitoides y 26 depredadores. Las dos plagas que presentaron el mayor número de enemigos son el gusano soldado con 14 (ocho parasitoides y seis depredadores). Seguido de mosca blanca con tres parasitoides y siete depredadores. El minador de la hoja es atacado por cuatro parasitoides y tres depredadores. Las plagas que son atacadas por el menor número de enemigos naturales son el picudo del Chile con tres parasitoides y un depredador y el ácaro blanco: 0 parasitoides y tres depredadores. La araña roja al igual que el ácaro no son atacados por parasitoides, sin embargo, seis depredadores atacan sus poblaciones.

## PARASITOIDES

De estas seis especies estudiadas, el gusano soldado es el que presentó la mayor diversidad de parasitoides con ocho géneros, cuatro en minador de la hoja y tres géneros en mosca blanca y picudo. Los ácaros *P. latus* y *T. urticae*, probablemente por su ciclo de vida y tamaño no presentaron ataque de parasitoides (Tabla 2). Es necesario destacar que es en minador de la hoja y gusano soldado donde se observa el mayor desarrollo de poblaciones de parasitoides.

**Tabla 1.** Número de parasitoides y depredadores de las principales plagas del Chile

N°	NOMBRE CIENTÍFICO	PARASITOIDES	DEPREDADORES	TOTAL
1	<i>Spodoptera exigua</i> Hübner	8	6	14
2	<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius	3	7	10
3	<i>Liriomyza trifolii</i> Burgess	4	3	7
4	<i>Tetranychus urticae</i> McGregor	0	6	6
5	<i>Anthonomus eugenii</i> Cano	3	1	4
6	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks	0	3	3
<b>TOTAL</b>		<b>18</b>	<b>26</b>	<b>44</b>

**Tabla 2.** Principales parasitoides de las plagas de Chile

N°	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PARASITOIDES
1	Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius	<i>Encarsia sofia</i> <i>Encarsia inaron</i> <i>Eretmocerus mundus</i>
2	Picudo del Chile	<i>Anthonomus eugenii</i> Cano	<i>Catolacus</i> sp <i>Bracon</i> sp <i>Eupelmus cushmani</i>
3	Minador de la hoja	<i>Liriomyza trifolii</i> Burgess	<i>Chrysocharis</i> sp <i>Opius</i> sp <i>Diglyphus</i> sp <i>Gronotoma</i> sp
5	Gusano soldado	<i>Spodoptera exigua</i> Hübner	<i>Cotesia</i> sp (2)* <i>Chelonus</i> sp (2)* <i>Pristomerus</i> sp <i>Meteorus</i> sp <i>Aleiodes</i> sp <i>Euplectrus</i> sp <i>Archytas</i> sp <i>Trichogramma</i> sp
4	Ácaro blanco	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks	No se han obtenido registros
6	Araña roja	<i>Tetranychus urticae</i> McGregor	No se han obtenido registros

\*Se colectaron dos especies.

Los parasitoides colectados e identificados atacando en el estado de ninfa en *B. tabaci* fueron *Encarsia sofia*, *Encarsia inaron* y *Eretmocerus mundus* (Tabla 2). Se colectaron en poblaciones desarrolladas en maleza, debido a que la presencia de dichos parasitoides en plantaciones de Chile es mínima. El picudo del Chile es atacado por los parasitoides *Catolacus* sp, *Bracon* sp y *Eupelmus cushmani*, la incidencia de estos parasitoides es muy baja. Los parasitoides que inciden en poblaciones de minador de la hoja son de los géneros *Chrysocharis* sp, *Opius* sp, *Diglyphus* sp y *Gronotoma* sp. En esta plaga las poblaciones de *Chrysocharis* sp y *Opius* sp (Tabla 2), llegan a ser muy abundantes al grado de no permitir que *L. trifolii* se exprese como plaga.

El gusano soldado es el más atacado por parasitoides, ocho especies fueron colectadas e identificadas. Dos especies de *Cotesia* sp, dos especies de *Chelonus* sp, *Pristomerus* sp, *Meteorus* sp, *Aleiodes* sp, *Euplectrus* sp, *Archytas* sp y *Trichogramma* sp (Tabla 2). De estos ocho parasitoides los géneros *Cotesia* sp y *Chelonus* sp presentaron abundantes poblaciones que actúan como eficientes agentes reguladores de las poblaciones de gusano soldado. Esta

diversidad registrada en su gran mayoría es en plantaciones de Chile, probablemente al hacer búsquedas en poblaciones de plantas hospederas, es posible que pueda ser mayor, debido a que los parasitoides son eliminados por la frecuencia de aplicación y la gran susceptibilidad que presentan a los insecticidas. En las hospederas silvestres la plaga se desarrolla por periodos más largos, lo que permite que estos organismos tengan mayor posibilidad de multiplicarse.

## DEPREDADORES

Mosca blanca es la especie que presentó la mayor abundancia de depredadores con siete especies, gusano soldado y araña roja son atacadas por seis tipos de depredadores, minador de la hoja y ácaro blanco con tres y solo una especie se observó que ataca al picudo del Chile (Tabla 3). De acuerdo con estos datos ninguna plaga puede escapar a la acción de los depredadores, a diferencia de los parasitoides, los cuales no se observó que atacaron a los ácaros. Los depredadores que se presentaron en forma más abundante son los que atacan al gusano soldado, sobresaliendo las arañas, chinches asesinas y crisopas, los cuales son más eficientes en los primeros estadios larvales. El primer depredador que apareció una vez que se presentó el gusano soldado fueron las arañas.

Los depredadores identificados que atacan a mosca blanca fueron de los géneros: *Condylostilus* sp, *Chrysoperla* sp, *Drapetis* sp, *Orius* sp, *Balastium* sp, coccinellidos y arañas. Los depredadores que fueron identificados atacando al minador de la hoja fueron los géneros *Chrysoperla* sp, *Zelus* sp y *Balastium* sp, de los cuales el primero es el que ataca larvas, ya que son muy vulnerables a la acción de este depredador.

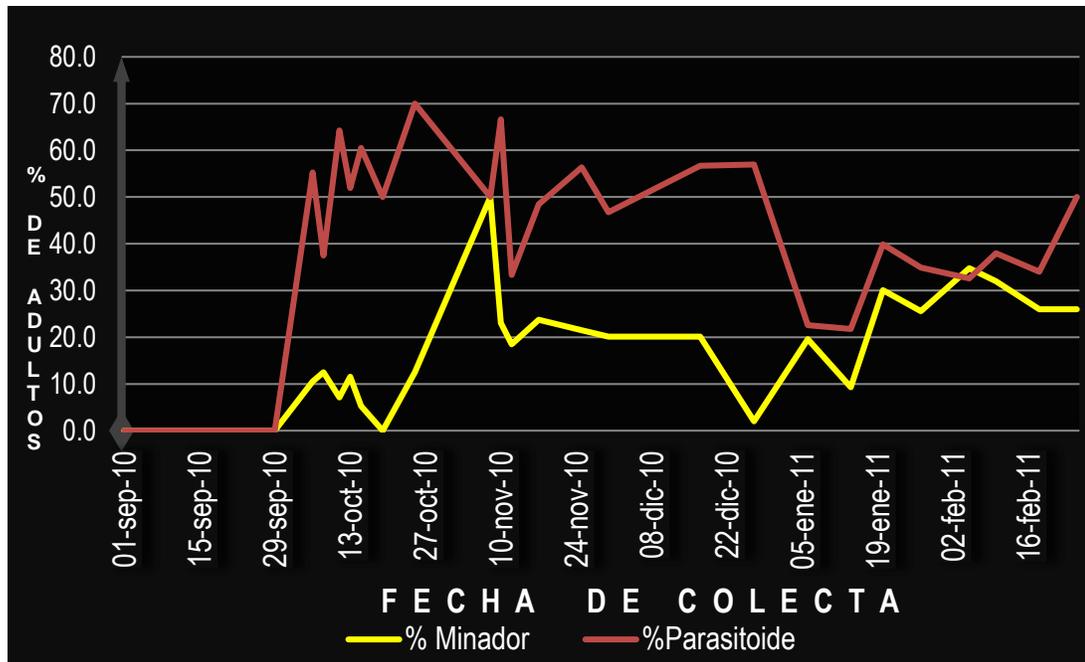
Los depredadores asociados a las poblaciones del ácaro blanco fueron el ácaro rojo *Balastium* sp, *Amblyseius* sp y *Orius* sp, los dos primeros presentaron con más frecuencia. En gusano soldado se registró la presencia de cuatro géneros *Chrysoperla*, *Sinea* sp, *Zelus* sp, *Orius* sp y una especie de la familia Formicidae que no fue identificado a nivel de género. En el género *Chrysoperla* se detectó la presencia de dos especies: *C. carnea* y *C. rufilabris*. En araña roja se logró coleccionar e identificar seis depredadores de los géneros: *Stethorus* sp, *Orius* sp; *Scolothrips* sp, *Franklinotrips* sp, *Amblyseius* sp y *Phytoseiulus* sp. Los cuatro primeros son insectos y los últimos dos son ácaros depredadores.

**Tabla 3.** Principales depredadores de las plagas del Chile.

N°	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DEPREDADORES
1	Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius	<i>Condylostylus</i> sp <i>Chrysoperla</i> sp <i>Drapetis</i> sp <i>Orius</i> sp <i>Balastium</i> sp Coccinellidae Arañas
2	Picudo del Chile	<i>Anthonomus eugenii</i> Cano	Arañas
3	Minador de la hoja	<i>Liriomyza trifolii</i> Burgess	<i>Chrysoperla</i> sp <i>Zelus</i> sp <i>Balastium</i> sp
4	Ácaro blanco	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks	<i>Balastium</i> sp <i>Amblyseius</i> sp <i>Orius</i> sp
5	Gusano soldado	<i>Spodoptera exigua</i> Hübner	<i>Chrysoperla carnea</i> <i>Chrysoperla rufilabris</i> <i>Sinea</i> sp <i>Zelus</i> sp <i>Orius</i> sp Formicidae
6	Araña roja	<i>Tetranychus urticae</i> McGregor	<i>Stethorus</i> sp <i>Orius</i> sp <i>Scolothrips</i> sp <i>Franklinothrips</i> sp <i>Amblyseius</i> sp <i>Phytoseiulus</i> sp

#### **Incidencia y dinámica poblacional de parasitoides en *L. trifolii*.**

La incidencia de parasitismo y emergencia de adultos de minador de la hoja inició a partir del 6 de septiembre de 2010. El periodo en donde se registró la mayor incidencia de parasitismo fue del 6 de octubre hasta el 27 de diciembre del 2010, con porcentajes superiores al 50%. El periodo de menor parasitismo fue del 6 de enero de 2010 al 14 de enero de 2011 (Figura 1).



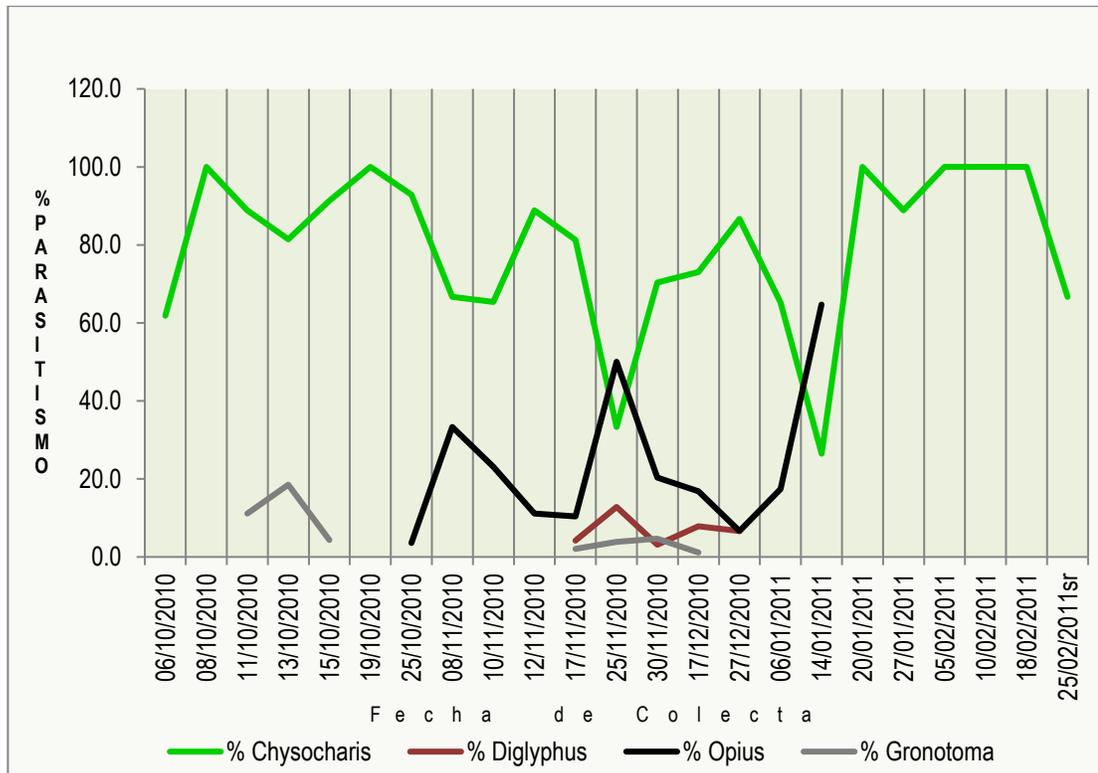
**Figura 1.** Incidencia de adultos de parasitoides y minador de la hoja *Liriomyza trifolii* Burgess en el cultivo del chile serrano *Capsicum annuum* L. en el sur de Tamaulipas 2010-2011.

Los porcentajes de parasitismo registrados indicaron que esta plaga es fuertemente atacada por avispas nativas, sobre todo durante los primeros 71 días después que se iniciaron los registros de esta plaga. Resultados similares fueron reportados por Téllez y Yanes (2004) al estudiar el parasitismo natural en *Liriomyza trifolii*, quienes encontraron porcentajes de 67 a 92%.

La dinámica poblacional por especie de parasitoides durante el periodo en que se presentó la plaga se muestra en la Figura 2. Se aprecia claramente que la especie dominante es el parasitoide *Chrysocharis* sp., el cual en la mayor parte del tiempo registró porcentajes de parasitismo superiores al 60%. Sólo en las fechas del 25 de noviembre de 2010 y el 14 de enero de 2011 *Chrysocharis* sp registró 33.3 y 26.5% de parasitismo, respectivamente. El 8 y 25 de noviembre de 2010 y el 14 de enero de 2011 se registraron los mayores porcentajes de parasitismo del género *Opius* sp., con 33.3, 50.0 y 64.7, respectivamente.

Por lo que respecta al parasitismo del género *Gronotoma*, (Figura 2), éste presentó un comportamiento intermitente debido a que solo se registró en ocho fechas de muestreo de las 23 realizadas. El mayor porcentaje de parasitismo de esta especie fue de 28.6 %, registrado el 06 de octubre de 2010. Posteriormente, los porcentajes fueron menores al 13.5 %. Resultados similares se reportaron por Palacios y Bautista (2004) donde *Gronotoma malanagromyzae* Bradley parasitó a *Melanagromyza tomatarae* Steyskal desde 3 hasta 32%, dependiendo de la

época del año en tomate de cáscara. Con respecto al parasitismo de los otros géneros, Téllez y Yañes (2004) encontraron que el complejo de *Chrysonotomya formosa* Westwood, *Diglyphus isaea* (Walker), *Opius papilles* Westmael y *Cirrospilus vittatus* (Walker) lograron un parasitismo que superó el 65% sobre *L. trifolii* en judía, en Almería, España.



**Figura 2.** Porcentajes de adultos de parasitoides nativos del minador de la hoja *Liriomyza trifolii* Burgess en chile serrano *Capsicum annum* L. en el sur de Tamaulipas 2010-2011.

El género *Diglyphus* sp., se presentó en un periodo de cinco muestreos, del 17 de noviembre al 27 de diciembre de 2010, el mayor registro fue de 12.8%. Por lo tanto, no es un parasitoide que determine el comportamiento de las poblaciones de minador de la hoja. Estos resultados difieren con los reportados por Beita (1992), quien citó a *Diglyphus isaea* (Walker) como un ectoparásito eficaz para controlar poblaciones de minador de la hoja.

### Impacto de Fipronil en las poblaciones de parasitoides de *L. trifolii*

Se encontró un efecto negativo del fipronil en la sobrevivencia de los parasitoides de minador de la hoja en Chile. El parasitismo fue uniforme en todos los tratamientos antes de la aplicación del insecticida (Tabla 4). La mayor mortalidad del insecticida se observó a las 24 h después de la aplicación, donde los tratamientos testigo, fipronil en dosis de 50, 100 y 150 ml/ha con valores de 0.78, 0.62, 0.40 y 0.40 parasitoides respectivamente superaron ( $P < 0.05$ ) a las dosis de

fipronil 200 y 250 ml/ha que registraron sólo 0.18 parasitoides. Lo anterior indica que las dosis más altas registraron menor sobrevivencia de parasitoides.

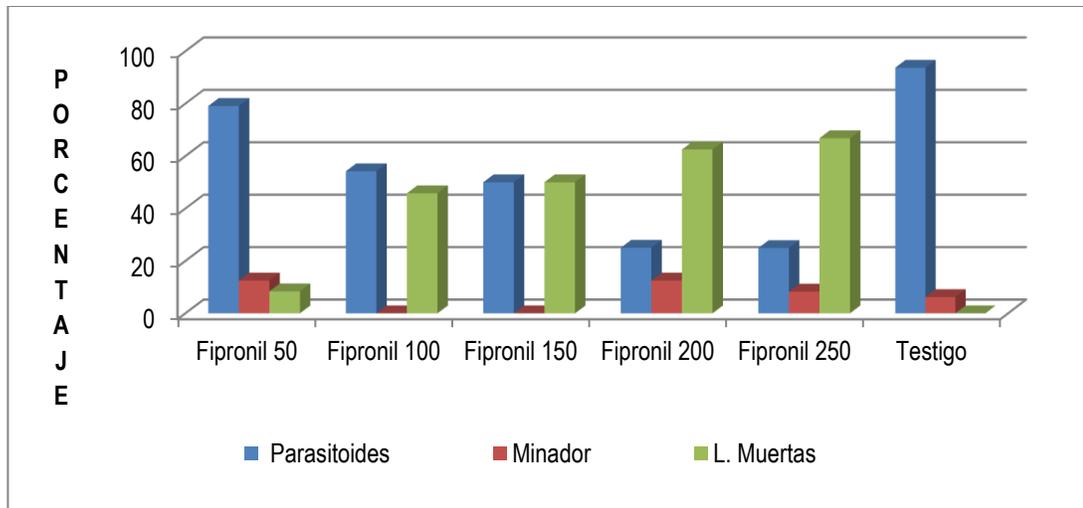
Resultados similares se observaron a los seis días después de la aplicación, donde los tratamientos con menor sobrevivencia de parasitoides fueron fipronil 200 y fipronil 250 ml/ha. Los resultados a las 48 y 72 h y a los 10 días no mostraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos (Tabla 4).

**Tabla 4.** Incidencia de parasitoides nativos de minador *Liriomyza trifolii* Burgess en chile serrano tratado con fipronil para control de picudo del chile en el sur de Tamaulipas.

TRATAMIENTO	ANTES	24H	48H	72H	6D	10D
Testigo	0.75 a	0.78 a	0.62 a	0.78 a	1.06 a	0.78 a
Fipronil 50	0.68 a	0.62 a	0.56 a	0.40 a	0.75 ab	0.71 a
Fipronil 100	0.62 a	0.40 ab	0.62 a	0.62 a	0.81 ab	0.65 a
Fipronil 150	0.75 a	0.40 ab	0.46 a	0.46 a	0.84 ab	0.71 a
Fipronil 200	0.62 a	0.18 b	0.56 a	0.56 a	0.62 b	0.75 a
Fipronil 250	0.62 a	0.18 b	0.50 a	0.50 a	0.68 b	0.65 a
C.V. (%)	105.0	139.5	136.8	126.5	61.7	61.0

Así mismo, se puede observar que a medida que pasó el tiempo después de la aplicación, se incrementó la sobrevivencia de parasitoides en todos los tratamientos, el mayor incremento ocurrió a los seis y 10 días después, donde alcanzaron valores similares a los que se registraron antes de la aplicación. Estos datos demuestran que las mayores dosis de fipronil provocan una menor sobrevivencia de los parasitoides de minador de la hoja. Estos resultados son de relevancia, debido a que el fipronil puede ser usado en dosis bajas para control de picudo y así disminuir el impacto negativo en las poblaciones de parasitoides nativos.

En la Figura 3, se puede observar que el mayor porcentaje de parasitismo lo registró la dosis de 50 ml/ha con 79.1 % de parasitismo y solo 8.3 % de larvas muertas. En las dosis de fipronil de 100 y 150 ml/ha, los porcentajes de parasitismo disminuyeron a 54.2 y 50.0 % respectivamente, y los de larvas muertas se incrementaron a 47.8 y 50 % respectivamente. En las dosis de fipronil 200 y 250 ml/ha, el porcentaje de parasitismo disminuyó a 25 y 24.9 % respectivamente y el porcentaje de larvas muertas se incrementó a 62.5 y 66.8 % respectivamente, valores totalmente contrarios a las dosis bajas y el testigo. Resultados similares fueron reportados por Freitas *et al.*, (2007) en California, E.U.A. y Luna *et al.*, (2010) los cuales demostraron que Abamectina resultó altamente tóxico para *Tamarixia triozae*. Es probable que las larvas muertas estuvieron parasitadas y murieron por efecto del insecticida, lo anterior al tomar en cuenta los valores del testigo, que registró un 93.8 % de parasitismo, 6.2 % de adultos de minador y 0 % de larvas muertas.



**Figura 3.** Porcentaje de mortalidad de parasitoides, adultos y larvas muertas de minador de la hoja a las 24 horas después de aplicar fipronil para el control de picudo del chile en el sur de Tamaulipas.

El análisis del parasitismo por género mostró diferencia a ( $P \leq 0.05$ ) (Tabla 5), antes y después de la aplicación. En todos los muestreos *Chrysocharis* superó a los géneros *Opius*, *Diglyphus* y *Gronotoma*. Se registró la presencia del género *Opius* en todos los muestreos, menos a las 48 y 72 h. *Diglyphus* se registró antes de la aplicación y en los muestreos posteriores no se logró su registro. En este estudio, no se detectó la presencia del género *Gronotoma*. Estos resultados difieren notablemente en la incidencia de los cuatro géneros a los reportados por Arcos *et al.*, 2015, debido a que en el estudio actual el género más abundante en todos los muestreos fue *Chrysocharis* y en el 2015 lo fue *Opius*.

**Tabla 5.** Incidencia por género de parasitoides nativos de *Liriomyza trifolii* Burgess en Chile serrano tratado con insecticidas para control de picudo del chile en el sur de Tamaulipas.

GÉNERO	ANTES	24H	48H	72H	6D	10D
<i>Chrysocharis</i>	2.4 a	1.5 a	1.5 a	2.1 a	3.0 a	2.7 a
<i>Opius</i>	0.1 b	0.1 b	0.0 b	0.0 b	0.1 b	0.1 b
<i>Diglyphus</i>	0.1 b	0.0 b				
<i>Gronotoma</i>	0.0 b					
C.V. (%)	105.0	139.5	136.8	126.5	61.7	61.0

En la Tabla 6 se muestran las interacciones entre tratamiento y género de parasitoides. Se observó una clara diferencia ( $P > 0.05$ ) a favor de la interacción del testigo con el género *Chrysocharis* en prácticamente todos los muestreos. Seguido de la interacción de las dosis de Fipronil 50, 150 y 100 ml/ha con el género *Chrysocharis*. Estos resultados demuestran que de

las seis interacciones donde está considerado el género *Chrysocharis*, cinco ocuparon los primeros lugares con el parasitismo más alto.

**Tabla 6.** Interacción insecticidas parasitoides nativos de *Liriomyza trifolii* Burgess en Chile serrano tratado con insecticidas para control de picudo del Chile en el sur de Tamaulipas.

TRATAMIENTO	GENERO	ANTES	24 HR	48 HR	72HR	6D	10D
Testigo	<i>Chrysocharis</i>	2.6 a	3.1 a	2.5 a	3.1 a	4.2 a	3.1 a
Fipronil 50	<i>Chrysocharis</i>	2.7 a	1.8 b	2.2 ab	1.5 b	2.8 bc	2.8 ab
Fipronil 150	<i>Chrysocharis</i>	2.8 a	1.6 bc	1.0 cd	1.8 ab	3.2 b	2.7 ab
Fipronil 100	<i>Chrysocharis</i>	1.7 a	1.3 bcd	1.5 abc	2.5 ab	3.0 bc	2.5 ab
Fipronil 200	<i>Chrysocharis</i>	2.3 a	0.7 cde	1 cd	2.2 ab	2.2 c	2.7 ab
Fipronil 50	<i>Opius</i>	0 b	0.6 cde	0 d	0.1 c	0.1 d	0 c
Fipronil 250	<i>Chrysocharis</i>	2.3 a	0.5 de	1.2 bc	1.8 ab	2.5 bc	2.2 b
Fipronil 100	<i>Opius</i>	0.2 b	0.2 e	0 d	0 c	0.2 d	0.1 c
Fipronil 250	<i>Opius</i>	0 b	0.2 e	0 d	0.1 c	0.2 d	0.3 c
Testigo	<i>Opius</i>	0.3 b	0 e	0 d	0 c	0 d	0 c
Fipronil 250	<i>Diglyphus</i>	0.2 b	0 e	0 d	0 c	0 d	0 c
Fipronil 100	<i>Gronotoma</i>	0.2 b	0 e	0 d	0 c	0 d	0 c
Fipronil 100	<i>Diglyphus</i>	0.2 b	0 e	0 d	0 c	0 d	0 c
Fipronil 150	<i>Opius</i>	0 b	0 e	0 d	0 c	0.1 d	0.1 c
Fipronil 200	<i>Opius</i>	0 b	0 e	0 d	0 c	0.2 d	0.2 c
Fipronil 200	<i>Diglyphus</i>	0.1 b	0 e	0 d	0 c	0 d	0 c
Fipronil150	<i>Gronotoma</i>	0 b	0 e	0 d	0 c	0 d	0 c
<b>C.V. (%)</b>		<b>105</b>	<b>139.5</b>	<b>136.8</b>	<b>126.5</b>	<b>61.7</b>	<b>61</b>

### Manejo de poblaciones de *L. trifolii*.

En las primeras generaciones de minador de la hoja generalmente menores a 10 adultos/trampa, cuyo nivel de infestación no causa problemas económicos se sugiere no aplicar insecticida. Lo anterior con la finalidad de que los parasitoides puedan reproducirse sin ningún problema. Esto permitirá aumentar la población de los mismos para cuando se presenten las mayores infestaciones de la plaga, que generalmente ocurren a finales del mes de noviembre, diciembre, enero y parte de febrero (Arcos et al., 2011). El acatar recomendaciones anteriores, ha permitido disminuir drásticamente las aplicaciones de insecticidas de 8-10 a cero. Este manejo se hizo durante cinco años en el Campo Experimental Las Huastecas y se logró que no fuera necesario hacer aplicaciones de ningún tipo de plaguicida para el control de *L. trifolii* (Tabla 7), demostrando lo eficiente que son los parasitoides nativos, en combinación con genotipos resistentes.

**Tabla 7.** Aplicaciones para control del minador de la hoja *Liriomyza trifolii* Burgess y gusano soldado *Spodoptera exigua* Hübner en chile serrano en el sur de Tamaulipas de 2006-2013.

AÑO	Minador de la hoja		Gusano soldado	
	Aplicaciones	Producto	Aplicaciones	Producto
2006-2007	8	Cyromazina y Abamectina	4	Lorsban y Confirm
2007-2008	10	Cyromazina y Abamectina	3	Lorsban y Confirm
2008-2009	0	Enemigos naturales	0	Enemigos naturales
2009-2010	0	Enemigos naturales	0	Enemigos naturales
2010-2011	0	Enemigos naturales	0	Enemigos naturales
2011-2012	0	Enemigos naturales	0	Enemigos naturales
2012-2013	0	Enemigos naturales	0	Enemigos naturales

## CONCLUSIONES

Las plagas de Chile presentaron una gran diversidad de enemigos naturales, cuyo potencial radica en la regulación de sus poblaciones. Incluso en un cultivo como el Chile y zonas geográficas con historial de abuso en la aplicación de agroquímicos para el control de plagas. Es factible combinar el uso de agentes de control natural con insecticidas en dosis bajas en plagas como Gusano Soldado y Minador de la Hoja.

## REFERENCIAS

- Alomar O., y Albajes R. 2005. Control biológico de las plagas: Biodiversidad funcional y gestión del agroecosistema. *Biojournal.net*. Núm. 1. 10 p.
- Arcos C., G; Hernández H., J; Uriza Ávila D. E; Pozo C., O y Olivera S., A. 1998. Tecnología para producir Chile Jalapeño en la planicie costera del Golfo de México. Campo Experimental Ixtacuaco-CIRNE. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico N° 24. 206 p.
- Arcos C., G; Mar G., G. y Ramírez M., M. 2011b. Evolución en el control de plagas en Chile serrano *Capsicum annuum* L. en el sur de Tamaulipas. 8ª Convención Mundial del Chile (Memoria-Proceedings). León, Guanajuato. 26-28 de Mayo de 2011. P 47-53.

- Arcos C. G., Ramírez M. M., Bautista P. C. E., Vicente H. Z y Acosta H. M. A. 2015. Impacto de insecticidas sobre parasitoides de minador de la hoja *Liriomyza trifolii* Burgess en Chile serrano en el sur de Tamaulipas. 12ª Convención Mundial del Chile (Memoria- Proceeding). Guadalajara, Jal. Pp 227-233.
- Avilla, J., Codina J. y Sarasua M. J. 1990. Toxicidad de ciromacina sobre el parasitoide *Encarsia tricolor* Foerster (Hym. Aphelinidae). Bol. San. Veg. Plagas, 16: 419-424. Pp 419-424.
- Beita, F; Castañeda, M y Garrido, A. 1992. Incidencia de diversos plaguicidas aplicados sobre el estado larvario de *Diglyphus isaea* (Walker) (Hym., Eulophidae). Bol. San. Veg. Plagas, 18: 303-308.
- Garza U. E. 2002. Manejo integrado de las plagas del Chile en la Planicie Huasteca. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Ébano. Folleto técnico Núm. 10. San Luis Potosí, México. 47 pp.
- González F. B y Berna L. A. 2000. Impacto social del uso de los plaguicidas químicos en el mundo. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Facultad de Agronomía. 24 p.
- Freitas, B. A; Zechmann, B; Wyatt, H. W; Oliveira, R. C. and Aparecido, F. O. 2007. Serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*) on potato (*Solanum tuberosum*); field observations and plant photosynthetic responses to injury. Ciencia Rural, Santa María. 37 (6): 1510-1517.
- Fu C. A. A.; Luiz L. A.; Rodríguez H. C.; Quevedo F. C. G.; García V. F.; Arredondo B. H. C.; Lara R. J.; Djair V. J.; Avilés G. M. C.; Nava C. U. y Carapia R. V. E. 2006. Moscas blancas: temas selectos sobre su manejo. Colegio de Postgraduados. Mundi Prensa México, S. A. de C. V. 120 pp.
- Luna C., A; Lomelí F., J.R; Rodríguez L., E; Ortega A., L.D. y Huerta P., A. 2010. Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). Acta Zoológica Mexicana 27 (3): 509-526.
- Palacios T., R. E. y N. Bautista M. 2004. Parasitismo de *Gronotoma melanagromyzae* Beardsley (Hymenoptera: Figitidae: Eucoilinae), en el arrocillo del tomate de cáscara, *Melanagromyza tomatarae* Steyskal (Diptera: Agromyzidae). Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 20: 237-238.
- Téllez N., M. M y Yanes F., M. 2004. Study of natural parasitism of leafminer, *Liriomyza* spp. In a bean crop under plastic in Almería. Biol. San. Veg. Plagas. 30:563-571.

---

# Variedades e híbridos de chile para el trópico de México

## Pepper's varieties and hybrids for the Mexico tropical lands

MOISÉS RAMÍREZ MERAZ<sup>1\*</sup>, GERARDO ARCOS CAVAZOS<sup>1</sup>REINALDO MÉNDEZ AGUILAR<sup>1</sup>, ISAAC MENESES MÁRQUEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Las Huastecas. Carretera Tampico-Mante Km. 55 Villa Cuauhtémoc, Mpio. Altamira, Tamaulipas, México. CP 89610; <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Cotaxtla. Km. 22.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba Paso del Toro, C.P. 94277 Mpio. de Medellín de Bravo, Veracruz, México.

\*Corresponding author: ramirez.moises@inifap.gob.mx

---

### INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el cultivo de chile es uno de los más importantes: se siembra un área de 173 mil hectáreas, cuyo valor de la producción supera los 24 mil millones de pesos; destaca como principales tipos de chile los jalapeños, guajillos, anchos, serranos y habaneros (SIAP, 2018). A nivel mundial, el chile se ha convertido en la principal especia y su demanda presenta un crecimiento acelerado, superior al 10% anual (FAOSTAT, 2017), debido principalmente al incremento de su uso en las industrias de alimentos, medicina, cosmetología, repelentes y colorantes, entre muchas otras. En México, además de su importancia económica, los chiles tienen un fuerte impacto social en las diferentes zonas de producción ya que su cultivo requiere más de 30 millones de jornales al año y sus beneficios se extienden colateralmente hacia la industria de agroquímicos, transporte, almacenamiento y comercio en general.

En el trópico de México se siembran de 20 mil a 30 mil hectáreas, cuyo valor de la producción supera los 1.2 mil millones de pesos (SIAP, 2018), predominando las siembras de chiles jalapeños, habaneros y serranos, además de tipos comerciales regionales de chile: soledad, tabaqueros, piquines entre otros. Dicha región se caracteriza por condiciones climáticas tales como altas temperaturas y fuertes periodos de precipitación, vientos, tormentas y huracanes, y generalmente ausencia de heladas. Esto favorece la proliferación de plagas y vectores de virus, que aunados a la presencia de enfermedades fungosas (*Alternariasolani*, *Cercosporaspp.*, *Botrytis cinerea*, principalmente) y enfermedades bacterianas (*Xanthomonas*

campestrispvesicatoria y *Pseudomonassolanacearum*), así como a la susceptibilidad del material genético utilizado, ha provocado que la superficie establecida con este cultivo se haya reducido drásticamente en las zonas productoras de la franja costera del Golfo de México y los estados del sureste del país.

Como una forma de atenuar esta problemática, el Programas de Mejoramiento Genético de Chile del INIFAP, con sede en el Campo Experimental Las Huastecas, tiene como objetivo desarrollar variedades e híbridos de chile para esta región del país. Entre sus logros se tienen las variedades de chile jalapeño Don Benito, Don Pancho, STam J-09-4 y Kohunlich; los híbridos de chile serrano Coloso, Centauro, HS-44 y HS-52; las variedades de habanero Jaguar, Mayapán y Calakmul (INIFAP, 2018), así como la variedad de chile soledad CHISER 522. Como complemento de la formación de variedades e híbridos, se cuenta con un programa de producción de semilla Certificada de estos materiales con el fin de que la semilla esté disponible para los productores a precios accesibles.

## **PROCESO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO PARA EL DESARROLLO DE VARIEDADES E HÍBRIDOS**

Tradicionalmente las técnicas de mejoramiento genético de chile han consistido en la formación de la “Línea pura”, mediante las diferentes variantes de selección (masal, estratificada, recurrente), a partir de poblaciones criollas (cultivares nativos) y concluir con la derivación de líneas mediante la selección individual (Pozo, 1981; Márquez, 1988). Así también en la combinación de caracteres hortícolas deseables mediante la hibridación, se ha usado el método de pedigrí para desarrollar variedades *per se*, o bien para la formación de líneas por el método de selección de una semilla modificado (SSD), con apoyo de dialélicos para la formación de materiales híbridos (Márquez, 1988; Brim, 1966; Ramírez *et al.*, 2007). Para la incorporación de resistencia genética a plagas y enfermedades se ha usado el método de retrocruzamiento (Greenleaf, 1986; Owens, 1998). Al respecto, Pons *et al.* (2011), lo están utilizando para el desarrollo de materiales con resistencia a enfermedades como las provocadas por geminivirus PepGMV, PHV, a mancha bacteriana y *Phytophthora capsici*. Mediante la piramidación de genes se están generando progenitores con un esquema de selección por retrocruzamientos, apoyado con el análisis de marcadores moleculares. Esto ha permitido seleccionar los posibles progenitores para el diseño de cruzamientos dialélicos que conducirán a la generación de híbridos y/o variedades mejoradas con resistencia a enfermedades y que a la vez posean los caracteres de interés que tanto productores como el mercado demandan.

Algunos mejoradores de chile han explorado, eventualmente, esquemas poblacionales de mejoramiento combinados que permitan incrementar la eficiencia de sus programas, en la obtención de nuevas variedades (Robledo, 2005). Actualmente se requiere del manejo de gran número de poblaciones en proceso de mejoramiento para diferentes nichos de mercado, a fin de satisfacer en forma oportuna, los genotipos mejorados que requiere la demanda cambiante

de los usuarios (García, 2006). Se estima, que la vida útil, en plenitud, de un genotipo mejorado es de 10 años, esto se debe a que las necesidades del usuario están regidas por los requerimientos del consumidor (frescos, deshidratados, encurtidos, extracción de oleorresinas y otros compuestos industriales, etc.). No hay que olvidar que se debe satisfacer las necesidades de toda la cadena productiva: el productor (rendimiento, resistencia a factores adversos, adaptación), el comercializador (calidad en apariencia, vida de anaquel), el procesador (rendimiento industrial) y el consumidor (formas, colores, aromas y sabores). El método de selección masal y selección masal estratificada se ha utilizado para desarrollar las variedades de chile serrano Tampiqueño-74; los jalapeños Don Pancho, Don Benito, STAM J-09-4 y Kohunlich (Pozo, 1981; Pozo y Ramírez, 1998; García *et al.*, 2010). Por el método de pedigrí se desarrollaron las variedades de chile habanero Jaguar, Mayapán y Calakmul (Ramírez *et al.*, 2018), en tanto que los híbridos de chile serrano Coloso, Centauro, HS-44 y HS-52 se formaron con líneas puras desarrolladas por el método de descendencia de una semilla modificado, apoyado con estudios de ACG, ACE y dialélicos (Brim, 1966; Ramírez *et al.*, 2007; Ramírez *et al.*, 2015).

## DESCRIPCIÓN DE VARIEDADES E HÍBRIDOS DE CHILE PARA EL TRÓPICO DE MÉXICO

### Chile serrano

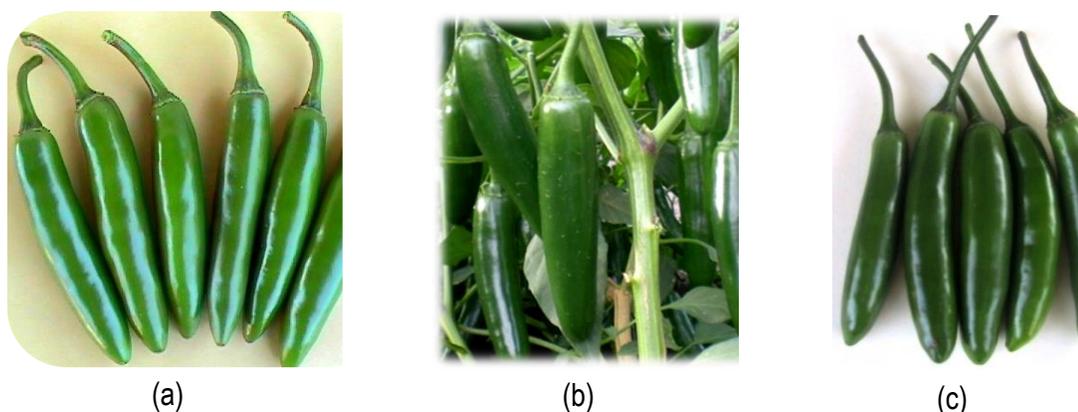
**Coloso.** Híbrido F<sub>1</sub> de chile serrano desarrollado por el INIFAP. Es de hábito de crecimiento compacto, de 80 a 90 cm de altura, de ramificación basal escalonada. Es un híbrido precoz que inicia su floración entre los 65 y 75 días después de la siembra, y la cosecha entre los 105 a 107 días. Tiene frutos con alta uniformidad en forma y tamaño, estables hasta las últimas cosechas. Coloso es de alta producción: los rendimientos al primer mes de cosecha pueden superar las 20 toneladas por hectárea y su potencial de producción total en su ciclo es superior a las 90 toneladas bajo fertirrigación. El fruto es de alta firmeza (más de 140 N/cm<sup>2</sup>) y buena vida de anaquel (mayor a 15 días). Los frutos son de color verde esmeralda brillante (en escala de colores se ubica entre 124 y 130° Hue) en madurez comercial, y toman un color rojo intenso en madurez total (Figura 1a); el tamaño de su fruto es de una longitud de 6 a 9 cm y un diámetro de 1.8 a 2.0 cm, lo que le confiere un peso promedio de 9 a 13 g. Coloso presenta alta tolerancia a mancha bacteriana y minador de la hoja. Se recomienda para todas las zonas productoras de chile serrano del país (Ramírez, 2006; Ramírez *et al.*, 2007; Gómez, 2007; Ramírez *et al.* 2015).

**Centauro.** Híbrido que conserva las características de fruto de Tampiqueño-74 para los productores que prefieren esta variedad, solo que con las ventajas: 20 días más precoz que Tampiqueño-74; puede producir de 10 a 15 t/ha en el primer mes de cosecha y supera las 60 t/ha bajo fertirrigación (35 a 50% más que Tampiqueño-74 y Tuxtlas); tiene frutos similares a Tampiqueño-74, pero lo supera en uniformidad en forma y tamaño dado su origen híbrido; sus frutos son de color verde esmeralda brillante, con tamaño de 6 a 8 cm y de 1.4 a 1.6 cm de diámetro; alta firmeza y buena vida de anaquel de 15 días, tiene alta tolerancia a minador de la

hoja, mancha bacteriana y nematodos. Se recomienda para todas las zonas productoras de chile serrano del país (Ramírez, 2006; Gómez, 2007; Ramírez et al., 2015).

**HS-52.** Es un híbrido de chile serrano que fue generado por el INIFAP, utilizando líneas puras del Programa de Mejo-ramiento Genético en el Campo Experimental Las Huastecas-CIRNE. Este híbrido es de hábito de crecimiento semi-compacto (80 a 90 cm de altura); precoz (105 días a inicio de cosecha), con frutos pesados (14 g), de buen tamaño (8 a 9.5 cm) y uniformes, de color verde esmeralda brillante, muy atractivos para el mercado en fresco (Figura 1b); bajo fertirrigación tiene un rendimiento promedio de 58.4 toneladas por hectárea. El híbrido HS-52 tiene tolerancia a mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* sp. *vesicatoria*) y cenicilla (*Oidiopsis/Leveillulataurica*), así como a la plaga minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*). Se recomienda para todas las zonas productoras de chile serrano del país (Ramírez et al. 2015).

**HS-44.** Híbrido de reciente liberación que presenta frutos de alta calidad (Figura 1c): tamaño de 7 a 9 cm, elevada firmeza, color verde esmeralda oscuro (tendencia actual del mercado, sobreprecio del producto) y la ventaja de la uniformidad típica de los materiales híbridos en todas sus características. Sus rendimientos en la Planicie Huasteca han sido de 40 a 67 t/ha. Tiene alta tolerancia a minador de la hoja, mancha bacteriana y nematodos. Se recomienda para todas las zonas productoras de chile serrano del país (Ramírez, 2006; INIFAP, 2007; Ramírez et al., 2007; Ramírez et al. 2015).



**Figura 1.** Híbridos de chile serrano: (a) Coloso, (b) HS-52 y (c) HS-44

### Chile jalapeño

**Don Benito.** Variedad de polinización abierta (OP) de chile jalapeño de alta producción y estable a las condiciones ambientales del trópico húmedo. Sus plantas tienen una altura de 60 a 90 cm y presenta abundante pubescencia del follaje. Su cosecha inicia 110 días después de la siembra. Tiene frutos oblongos (Figura 2a) de tamaño mediano (6 a 8 cm largo por 2.5 a 3 cm de diámetro), de pericarpio grueso (7 mm de espesor) y placenta bien distribuida en la cavidad interior, que les dan firmeza y peso específico elevado; características importantes para una prolongada vida de anaquel. Son de color verde esmeralda oscuro y dependiendo del

tiempo de cosecha, pueden presentar hasta 30% de corchosisidad. Su potencial de rendimiento es de alrededor de 40 t/ha (Pozo y Ramírez, 1998; Ramírez *et al.*, 2015). La variedad Don Benito desarrollada por el INIFAP en el Campo Experimental Las Huastecas es de alto rendimiento para el mercado fresco y la industria de encurtidos y chipotle para regiones productoras del trópico y subtropical húmedo de México. Se adapta a regiones productoras del trópico y subtropical húmedo de México: Planicie Huasteca (sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí), Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Tabasco, Veracruz y Oaxaca.

**Don Pancho.** Variedad de polinización libre (OP), perteneciente al subtipo candelaria de chile jalapeño. Tiene plantas vigorosas de 60 a 80 cm de altura con ramificación dicotómica ascendente. Las hojas son grandes y ovales de color verde claro y ligeras corrugaciones en la superficie. Presenta escasa pubescencia en tallos y hojas. Inicia su producción 110 días después de la siembra. Tiene frutos de forma cónica de tamaño mediano (6 a 8 cm por 3.5 cm) con tres a cuatro lóculos y terminación apical redondeada. Los frutos son de pericarpio grueso y compacto (7.0 mm) y la placenta llena toda su cavidad interior, lo que les confiere elevado peso específico y prolongada vida de anaquel. Los frutos son de color verde esmeralda brillante, aromáticos, de pungencia media y buen sabor; presentan 20% de corchosisidad. La variedad tiene un potencial de rendimiento mayor de 40 toneladas por hectárea y expresan mejor su potencial de producción en las zonas del trópico y subtropical húmedo (Pozo y Ramírez, 1998; Ramírez *et al.*, 2015). Se adapta a regiones productoras del trópico y subtropical húmedo de México: Planicie Huasteca (sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí), Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Tabasco, Veracruz y Oaxaca.

**Kohunlich.** Es una variedad con planta de porte mediano alto, vigorosa y pubescente. Presenta un ciclo de 90 a 100 días a primer corte, producción concentrada en dos a tres cosechas y potencial superior a 20 t/ha en condiciones de temporal y más de 35 t/ha en condiciones de riego. Produce frutos de color verde esmeralda de buena calidad (Figura 2b) en cuanto a forma, apariencia, tamaño (7 a 8.5 cm), corchosisidad o rayado (menor a 15%) y peso que el criollo regional y las variedades comerciales, características que la hacen más atractiva para el mercado fresco o bien la industria, con la ventaja adicional que conserva el olor y sabor típicos (García *et al.*, 2010; García *et al.*, 2012). Se recomienda para la región del trópico de México.



Figura 2. Variedades de chile jalapeño: (a) Don Benito y (b) Kohunlich

### Chile habanero

**Jaguar.** Variedad que conserva las características de aroma, pungencia y sabor del verdadero habanero dado su origen de germoplasma nativo de la península de Yucatán. Sus frutos son uniformes, de color verde esmeralda intenso que cambian a naranja brillante en madurez total (Figura 3), con un peso de 6.5 a 10 gramos que los hacen muy atractivos para el mercado en fresco. La buena adaptación de la variedad Jaguar a suelos arcillosos le da una ventaja muy importante en comparación a los criollos y variedades actuales. La variedad Jaguar ha presentado rendimientos de 18.3 a 34.4 t/ha a campo abierto y supera las 35 t/ha bajo condiciones de agricultura protegida (Ramírez et al., 2015; Ramírez et al., 2018).



Figura 3. Variedad de chile habanero Jaguar

**Mayapán.** Planta semierecta con altura promedio de 80 cm y ancho aproximado de 76 cm. Las hojas son de color verde intenso, sin pubescencias, con una longitud de 11 cm y ancho de 6 cm. Los frutos son de color verde esmeralda en estado sazón y cambian a naranja en madurez.

Los frutos tienen la forma característica triangular demandada por el mercado local, nacional e internacional. La floración inicia a partir de los 80 a 85 días después de la siembra (dds). La cosecha comienza a los 120 a 125 dds. El rendimiento a campo abierto es de aproximadamente 24 a 26 t/ha y bajo estructura protegida supera las 30 t/ha. La pungencia o picor supera las 300 mil unidades Scoville, bajo el manejo adecuado del riego y la fertilización. La variedad Mayapán se adapta bien a la Península de Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Yucatán y Tabasco (INIFAP, 2018).

**Calakmul.** Variedad de frutos de color verde claro en estado inmaduro y de color rojo intenso cuando madura. La floración inicia a partir de los 85 a 90 dds y la cosecha a los 120 a 125 dds. El potencial de rendimiento es de 25 – 30 t/ha a campo abierto y de 35 a 45 t/ha en ambientes protegidos (casa sombra, invernadero). Planta de hábito de crecimiento compacto y dicotómico, de 70 a 90 cm de altura con buena cobertura de follaje. Hojas de color verde claro de 13.5 cm de longitud por 7.7 cm de ancho. Como característica distintiva presenta antocianinas en los nudos y en la nervadura central de las hojas. Produce de 2 a 3 flores por axila, el color de las anteras es morado y el filamento blanco. La forma del fruto es triangular acampanulada con 3 a 4 lóculos, con longitud de 5.2 a 6.1 cm, diámetro de 3.3 a 4.1 cm y peso que fluctúa de 15 a 20 g. La variedad Calakmul se adapta bien a la Península de Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Yucatán y Tabasco (INIFAP, 2018).

### **Chile soledad o serrano delgado**

**CHISER-522.** Es una variedad de polinización libre de Chile Soledad o serrano delgado, desarrollada por el Programa de Mejoramiento Genético del Campo Experimental Las Huastecas-CIRNE del INIFAP. Esta variedad presenta plantas vigorosas de 90 a 130 cm de altura. Es de ciclo intermedio (80 días a floración y 110 días a inicio de cosecha), con frutos de 4.7 g, de buen tamaño (longitud promedio de 8.2 cm y diámetro de 1.1 cm), altamente uniformes, de color verde esmeralda brillante (Figura 4). La variedad CHISER-522 tiene un rendimiento promedio de 20.5 t/ha bajo fertirrigación. Con el uso de esta variedad se tendría un incremento en el rendimiento en más de 50% en comparación con los materiales criollos que se utilizan en la actualidad y la obtención de un producto de alta calidad para el mercado en fresco dado las características del fruto. Además de la producción de productos más sanos para su consumo y menos contaminación ambiental al reducirse el uso de plaguicidas por su tolerancia a enfermedades. El ámbito de uso de esta variedad es para las zonas productoras de la región Huasteca, centro-sur de Veracruz y áreas colindantes de Oaxaca (región del Papaloapan).



**Figura 4.** Chile soledad CHISER-522

## CONCLUSIONES

Se cuenta con variedades e híbridos de chile de origen nacional para las zonas de producción de chiles jalapeños, habaneros, serranos y tipo soledad del trópico de México. Estos materiales son de alto potencial de producción con tolerancia a plagas y enfermedades y además reúnen los requerimientos de calidad que el mercado demanda. Con estas variedades, el productor contará con semillas a precios accesibles garantizándole buenos rendimientos y calidad de producto.

## REFERENCIAS

- Brim, C. A. (1966). A modified pedigree method of selection in soybeans. *CropSci.* 6: 220.
- FAOSTAT. (2018). Estadísticas Agrícolas, [<http://www.fao.org/faostat/es/#home> ]
- García S.J.A., Ramírez M.M., Nava P.R. 2010. Kohunlich, variedad mejorada de chile jalapeño. Desplegable Técnica. Campo Experimental Chetumal- CIRSE-INIFAP.
- García S.J.A, Nava P.R. y Ferral P.J. (2012). Validación de la variedad de chile jalapeño “Kohunlich” bajo condiciones de temporal en Quintana Roo. VII Reunión Nacional de Innovación Agrícola (Memorias). p 381.
- Gómez Brindis, J. G. (2007). Semillas hortícolas. Edit. Comunica-Diseña. México. 190 p.
- Greenleaf, H. Walter. 1986. Pepper Breeding. Edited by Mark J. Bassett. Vegetables Crops Department. University of Florida. Gainesville, Florida AV. Publishing Company, INC. Westpost, Connecticut, p. 69-123
- INIFAP. (2018). Productos y servicios INIFAP. [[http://www.inifap.gob.mx/SitePages/inifap2015/Productos\\_Servicios/Productos\\_Servicios.aspx](http://www.inifap.gob.mx/SitePages/inifap2015/Productos_Servicios/Productos_Servicios.aspx)]
- Márquez S., F. (1988). Genotecnia Vegetal Tomo II. AGT Editor. México. p. 585-590.
- Owens K. (1998). Breeding comercial pepper varieties for market and processing. 37437. HWY State. 16. inédito. Seminis Vegetables Seeds. Woodland California. CA95695. USA. 8p.
- Pons H., J.L., M. M. González C., H. Godoy H., M. Ramírez M., H. Guzmán M., E. Villordo, R. Díaz P., J. L. Anaya L., M.G. Herrera H., B. Amaro G., B.Z. Guerrero A., S. Torres H., M. R. Aguilar R., S. Buenrostro F. (2010). Cultivar “ANCHO DOLORES 2010”. Ficha de

- Tecnología Validada. Campo Experimental Bajío-Unidad de Biotecnología. CIRCE-INIFAP.
- Pozo, C. O. (1981). Descripción de tipos y cultivares de chile (*Capsicum* spp) en México. Folleto Técnico No. 77. INIA. SARH. México.
- Pozo, C.O. y M. Ramírez M. (1998). Don Pancho y Don Benito, cultivares de chile jalapeño para el Trópico Húmedo de México. Folleto técnico No. 15. Campo Experimental Sur de Tamaulipas. INIFAP. 16 p
- Ramírez Meraz M., G. Arcos Cavazos, H. Mata Vázquez, E. Vázquez García. (2012). Jaguar, variedad de chile habanero para México. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Las Huastecas. Folleto Técnico No. 28. 35 p.
- Ramírez M., M. (2006). Coloso y Centauro, híbridos de chile serrano para las regiones productoras de México. Campo Experimental Sur de Tamaulipas, CIRNE-INIFAP. Desplegable para Productores No. 3.
- Ramírez M., M., G. Arcos Cavazos., H. Mata Vázquez y E. Vázquez García. (2007). Coloso, híbrido de chile serrano para las regiones productoras de México. Campo Experimental Sur de Tamaulipas, CIRNE-INIFAP. Folleto Técnico No. 21. 21 p.
- Ramírez Meraz M., G. Arcos Cavazos, H. Mata Vázquez, E. Vázquez García. R. Méndez Aguilar. (2015). Variedades e híbridos de chile y su manejo para el sur de Tamaulipas. Campo Experimental Las Huastecas. Folleto Técnico No. MX-0-310701-11-03-14-09-40. 48 p.
- Ramírez Meraz M., G. Arcos Cavazos, R. Méndez Aguilar. (2018). Jaguar: cultivar de chile habanero para México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9(2): 487-492
- Robledo G., E. I. (2005). Potencial genético de cruces inter-raciales en el mejoramiento de chile (*Capsicum annum* L.). Tesis de Maestría. Dep. Fitomejoramiento, UAAAN. Saltillo, Mex., 66 p.
- SIAP. (2018). Estadísticas agrícolas Cierre de Ciclo 2017. [[http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/)]



---

# Evaluación económica del cultivo de pepino en invernadero tipo casa sombra en Loma Bonita, Oaxaca

## Economic evaluation of the cultivation of cucumber in greenhouse type house shade in Loma Bonita, Oaxaca

JOSÉ ANTONIO MARINA CLEMENTE<sup>1\*</sup>, ALBA HERNÁNDEZ TIZAMAN<sup>2</sup>, JOSÉ ANTONIO YAM TZEC<sup>2</sup> Y VÍCTOR MANUEL GERÓNIMO ANTONIO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería en Acuicultura de la Universidad del Papaloapan, <sup>2</sup>Ingeniería Agrícola Tropical de la Universidad del Papaloapan, <sup>3</sup>Licenciatura en Ciencias Marítimas de la Universidad del Mar.

\*Correo autor responsable: jamarina@unpa.edu.mx

---

### RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo principal evaluar económicamente el cultivo de pepino (*Cucumissavitus L.*) en invernadero tipo casa sombra, en Loma Bonita, Oaxaca. Para realizar el análisis económico se estimó el Flujo Neto de Efectivo (FNE) a cinco años, dicho flujo de efectivo se integró por el valor del presupuesto de inversión inicial, el ingreso total, el costo total de producción y la depreciación. La evaluación económica a través de los indicadores de la Relación Beneficio/Costo (R B/C), Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interno de Rendimiento (TIR) indican que es viable desde el punto de vista económico producir pepino en invernadero tipo casa sombra, siendo así que la R B/C fue de 1.9, el VAN de \$162 318.42 y la TIR de 37.3%. A manera de conclusión podemos afirmar que la producción de pepino híbrido Green Slam en casa sombra es viable económicamente, considerando un escenario en que el productor es responsable directo de la producción y que además cuenta con el conocimiento técnico para la optimización de todo el sistema productivo.

**Palabras clave:** *Cucumissavitus L.*, Relación Beneficio/Costo, Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto.

### ABSTRACT

This work has as main objective to economically evaluate the cultivation of cucumber (*Cucumis L.*) in greenhouse type house shadow, in Loma Bonita, Oaxaca. To carry out the economic analysis the Net Flow of Cash (NFC) was estimated at five years, this cash flow was integrated by the value of the initial investment budget, total income, total production cost and depreciation. The economic evaluation through the indicators of the Benefit / Cost Ratio (RCB), Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR) indicate that it is economically viable to

produce greenhouse type cucumber shadow house, being so that the R CB was 1.2, the NPV of \$ 32 466.47 and the IRR of 15.9%. By way of conclusion we can say that the production of Green Slam hybrid cucumber in shade house is economically viable, considering a scenario in which the producer is directly responsible for the production and also has technical knowledge for the optimization of the entire production system.

**Keywords:** *Cucumissativus L.*, Benefit/Cost Ratio, Internal Rate of Return, Net Present Value

## INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumissativus L.*) es una hortaliza con alto potencial económico que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo con varios propósitos, para consumo en fresco, industria del curtido e industria cosmética (Ortiz et al., 2009; Ayala et al., 2015). En el año 2016, en el contexto internacional, México se ubicó en el octavo lugar como productor de pepino con 886 270 ton, en ese mismo año se posicionó como el principal exportador de este producto con 693 611 ton, seguido de España con 632 611 ton y Países Bajos con 350 777 ton (FAOSTAT, 2018). A nivel nacional el estado de Sinaloa en el 2017 destacó como el principal productor de pepino con 321550 ton, Sonora con 183985 ton y Michoacán con 99128 toneladas, mientras que el estado de Oaxaca se situó en el lugar 26 con 564 toneladas.

En la entidad Oaxaqueña los principales distritos productores de pepino son Huajuapán de León, el Istmo y Valles Centrales, con 152, 174 y 124 ton respectivamente; sin embargo, estimaciones hechas con los datos reportados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) indican que en el Estado hubo un decremento de 15.8% en la producción de pepino del 2016 al 2017 (SIAP, 2018). En los informes de organismos internacionales enfatizan que el cambio climático es un factor que amenaza gravemente la producción agrícola derivado de la alza de temperaturas, cambios en las pautas de lluvia e incremento de la concurrencia de eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones (IFPRI, 2009; Global Water Partnership Central América y FAO, 2013). En un modelo econométrico desarrollado por Gay (2004) en el que evalúa los efectos de variables climáticas y económicas sobre la producción de café en Veracruz encontró que la producción esperada para el 2050 podría disminuir entre un 73 y 78% de acuerdo con escenarios optimistas y pesimistas, por tanto, ignorar los efectos potenciales de un cambio climático daría como resultado una reducción en la viabilidad física y económica del cultivo. Investigaciones de Magaña y Gay (2002) destacan que el sector agrícola en México es particularmente sensible a cambios en la disponibilidad del agua y a los patrones climáticos. De acuerdo con el Estudio de País, éste presenta un escenario desfavorable para México con incrementos en las temperaturas de entre 2 y 4°C en todo el país, con problemas crecientes de sequía, erosión y el agua (Gay, 2004). Lo anterior conlleva a la búsqueda de opciones tecnológicas más eficientes acompañadas de mejores prácticas que permitan hacer frente a los retos que impone el cambio climático y la variabilidad climática, conviene resaltar que en la política agrícola no se contempla mecanismo que puedan mitigar el cambio climático en la producción agrícola. Ante tales

circunstancias, el uso de invernaderos representa una opción viable para incrementar la producción agrícola, particularmente en el cultivo de pepino, dado que la agricultura protegida propicia un ambiente más favorable para el crecimiento y desarrollo de las plantas en comparación con la agricultura a cielo abierto (Ortiz et al., 2009; Yang et al., 2012). Es importante resaltar que la infraestructura de un invernadero es una inversión muy alta, considerando que existen materiales de cubierta más económicos que se adaptan a las necesidades de cada cultivo y recursos disponibles, tal es el caso de la malla sombra. Dicha infraestructura es una opción viable, dado que protege la planta (hoja y fruto) de una fuerte radiación solar directa, obteniéndose plantas más vigorosas, con mayores rendimientos y frutos de mejor calidad que en campo abierto (Gruda, 2005; Ayala et al., 2011). Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo principal determinar la viabilidad económica del cultivo de pepino con fertilización química en invernadero tipo casa sombra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación económica del cultivo de pepino "hibrido Green Slam HY F1" se realizó en el programa de Excel de Microsoft® Office 2013. La metodología que se utilizó para realizar la evaluación económica a través de indicadores que consideran el valor del dinero en el tiempo (VAN, R B/C y TIR) fue la que empleó Monsalve *et al.*, (2011). Para calcular los indicadores de rentabilidad económica se estimó el Flujo Neto de Efectivo (FNE) a cinco años (Baca, 2013). El cálculo del Valor Actual Neto (VAN) fue a partir de la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FNE_j}{(1+i)^j} - I$$

Donde:

$FNE$  = Flujo Neto de Efectivo en el periodo  $j$

$i$  = TMAR = Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento

$j$  = Periodo en años

$(1+i)^j$  = Factor de actualización

$I$  = Inversión inicial en el año cero

De acuerdo con Baca (2013), si el indicador financiero del VAN es igual o mayor que cero es conveniente realizar la inversión, en caso de resultar negativo es preferible no invertir.

Otro indicador es la Relación Beneficio/Costo (R B/C), el cual se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$RB/C = \sum_{j=1}^n B_j (1+i)^{-j} / \sum_{i=1}^n C_j (1+i)^{-j}$$

Donde:

$B_j$  = Beneficios totales

$C_j$  = Costos totales

$j$  = Periodo en años

$(1+i)^j$  = Factor de actualización

$i$  = TMAR= Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento

Con base al criterio de decisión de éste indicador, la inversión en un proyecto es aceptable si el valor de la R B/C es mayor o igual que uno, en el caso de resultar menor a la unidad es recomendable no realizar la inversión (Baca, 2013).

El último indicador es la Tasa Interna de Retorno (TIR), matemáticamente se representa de la siguiente forma:

$$I = \sum_{j=1}^n \frac{FNE_j}{(1+i)^j}$$

En la expresión anterior  $i$  es una incógnita y por medio de tanteo (prueba y error) se encuentra una  $i$  que iguala la sumatoria de los Flujos Netos Efectivo actualizados con la inversión inicial (I). Baca (2013) considera la siguiente regla para la toma de decisión administrativa, si la TIR es igual o mayor a la TMAR se acepta ejecutar la inversión, en caso de ser menor a la TMAR no se recomienda realizar la inversión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presenta la estimación del Flujo Neto de Efectivo a cinco años del cultivo de pepino, este proyecto requirió de una inversión inicial de \$171 674.7, dicha erogación representa el valor del activo fijo y diferido. El ingreso total para un ciclo productivo se estimó a partir de los datos de rendimiento/planta y el precio, el rendimiento promedio de 1 116 plantas fue de 3 kg/planta y el precio pagado al productor fue \$10.00/kg. A partir de los datos de producción por ciclo productivo y precios pagados al productor se estimó un ingreso de \$110 004.1 para el primer año, dicha percepción es el equivalente a tres ciclos productivos, en los años sucesivos se proyectó un aumento del 5% en el ingreso, en este escenario el productor es el responsable de la casa sombra. Por otro lado, el costo total de producción se estimó en \$104 009.0 en el primer año y \$34 669.7 por cada ciclo productivo, en los años posteriores se consideró un incremento del 4% en el costo de producción derivado del incremento en la tasa de inflación. Para calcular la depreciación del activo fijo se utilizó el método de línea de recta, dicho valor se cuantificó en \$17 167.5 anuales, dicha estimación forma parte del desgaste del activo fijo. Finalmente, el valor del Flujo Neto de Efectivo Actualizado es resultado de la diferencia de la utilidad neta menos la inversión fija más la depreciación, el resultado de esta operación se multiplicó por el factor de actualización.

**Tabla 1.** Flujo Neto de Efectivo del cultivo de pepino

CONCEPTO	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
Ingreso Total	--	110 004.1	115 504.3	121 279.5	127 343.5	133 710.7
Otros ingresos (sueldo)	--	60 000.0	63 000.0	66 150.0	69 457.5	72 930.4
Valor Residual	--	0.0	0.0	0.0	0.0	85 837.4
Costos Total	--	104 009.0	108 169.4	112 496.2	116 996.0	121 675.9
Depreciación	--	17 167.5	17 167.5	17 167.5	17 167.5	17 167.5
Utilidad Bruta	--	48 827.6	53 167.5	57 765.9	62 637.5	153 635.1
Impuesto Directo 0%	--	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Utilidad Neta	--	48 827.6	53 167.5	57 765.9	62 637.5	153 635.1
Inversión Fija y Diferida	171 674.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Depreciación	--	17 167.5	17 167.5	17 167.5	17 167.5	17 167.5
Flujo Neto de Efectivo	-171 674.7	65 995.1	70 334.9	74 933.4	79 805.0	170 802.6
Factor de actualización (TMAR DE 10.1%)	1.0	0.9082652	0.8249457	0.7492695	0.6805354	0.6181066
Flujo Neto de Efectivo Actualizado	-171 674.7	59 941.0	58 022.5	56 145.3	54 310.1	105 574.2

En la Tabla 2 se observan los resultados de los indicadores económicos que consideran el valor del dinero en el tiempo. El VAN calculado para un periodo de cinco años y actualizado con una TMAR de 10.1% resultó en \$162 318.42, este resultado mayor que cero indica que la inversión es rentable desde el punto de vista económico. De igual modo, el indicador de R/B/C se estimó en 1.9, este índice indica que por cada peso que se invierte se recupera el peso y se gana 90 centavos. Finalmente, el valor del indicador de la TIR se cuantificó en 37.3%, dicho valor es superior a la TMAR de 10.1%, por tanto, la inversión en el cultivo de pepino en casa sombra es viable económicamente.

**Tabla 2.** Indicadores de evaluación económica

Indicadores	Resultados
VAN	\$ 162 318.42
R/B/C	\$ 1.9
TIR	37.3%

En resumen, el resultado del VAN, R/B/C y la TIR indican que producir pepino en invernadero tipo malla sombra es viable desde el punto de vista económico, considerando un escenario en

el que el productor es el responsable del cultivo. Monsalve et al., (2011) realizaron un análisis económico de cinco híbridos de pepino y trece de pimentón considerando distintos escenarios de precios de mercados, los resultados de la evaluación económica demostraron la viabilidad del proyecto de pimentón gourmet y pepino europeo, siendo el pimentón gourmet con mayor retorno económico, es decir, con una inversión de \$187 552.083 se obtiene una ganancia adicional de \$60 909.707. Los resultados de los indicadores antes expuestos deja claro que invertir en el cultivo de pepino es viable económicamente, pues un proyecto que permite recuperar la inversión y genera un beneficio adicional es porque el valor del VAN es positivo, la R B/C es mayor a 1 y la TIR mayor a la TMAR.

## CONCLUSIÓN

El cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero tipo malla sombra es viable económicamente cuando el productor es responsable directo de la producción de pepino y que además cuenta con los conocimientos técnicos para la optimización de todo el sistema productivo, es importante destacar que si el productor mejora sus prácticas de manejo, tales como manejo cultural, fertilización, manejo de plagas y enfermedades se incrementa el rendimiento/planta, en consecuencia los indicadores de rentabilidad económica aumentan, en este sentido hace más rentable el cultivo de pepino en malla sombra.

## REFERENCIAS

- Ayala, F., et al. (2011). Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. *Terra Latinoamericana*. Vol. 29, (4), pág. 403-410.
- Ayala, F., et al. (2015). Producción de pepino en ambientes diferenciados por mallas de sombreo fotoselectivo. *Revista ITEA-Información Técnica Económica Agraria*. Vol. 3 (1), pág. 3-17.
- Baca, G. (2013). Evaluación de proyectos. Séptima Edición. México, D. F.: Editorial McGraw-Hill-Interamericana Editores, S. A de C.V. Recuperado de:
- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (20 de agosto de 2018). Datos de producción por cultivos (Base de datos: FAOSTAT\_data\_20-8-2018). Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Gay, C., Estrada, F., Conde, C., Eakin, H. (2004). Ponencia 4: Bioclimatología. Relación entre el clima y medio natural, contaminación y salud. En J.C., García. *El Clima entre el Mar y la Montaña. Impactos potenciales del cambio climático en la agricultura: escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz*. IV Congreso de la AEC - Asociación Española de Climatología. Serie A, No. 4, Santander.
- Global Water Partnership Central America y Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Tecnologías para el uso sostenible del agua: Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*.

- Gruda, N. (2005). Impact o Environmental Factor onProductQuality of Greenhouse Vegetables forFreshConsumption. *CriticalReviews in PlantSciences*. Vol. 24, pág. 227-247.
- IFPRI-International FoodPolicyResearchInstitute. (2009). Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación.
- Magaña, V., Gay C. (2002). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica*, (65), pág. 7-23. Disponible en:
- Monsalve, O. I., Casilimas, H. A., Bojacá, C. R. (2011). Evaluación técnica y económica del pepino y el pimentón como alternativas al tomate bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. Vol. 5, núm. 1, pág. 69-82.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (20 de agosto de 2018). Datos de producción por cultivos (Base de datos: FAOSTAT\_data\_20-8-2018).
- Ortiz, J., Sánchez, F., Mendoza, M., Torres, A. (2009). Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista de Fitotecnia Mexicana*. Vol. 32, (4), pág. 289-294.
- SIAP-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (10 de agosto de 2018). Avances de siembra y cosechas. Resumen por estado. Recuperado de: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do)
- Yang, X., Wang, X., Wang, L., Wei, M. (2012). Control of light environment: A key technique for high-yield and high-quality vegetable production in protected farmland. *AgriculturalSciences*. Vol. 3, (7), pág. 923-928.



---

## **Evaluación de chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en ambiente protegido y poda en los valles centrales de Oaxaca**

Evaluation of chile de agua (*Capsicum annuum* L.)  
growing under greenhouse conditions and prune in the  
Oaxaca's central valley

PORFIRIO LÓPEZ LÓPEZ\*, RAFAEL RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo  
Experimental Valles Centrales de Oaxaca, Calle Melchor Ocampo número 7, 68200, Santo  
Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca; rodriguez.rafael@inifap.gob.mx*

*\*Corresponding author: lopez.porfirio@inifap.gob.mx;*

---

### **RESUMEN**

El chile de Agua, es el chile representativo de la región de los Valles Centrales de Oaxaca, única región del país donde se cultiva. Se siembra en pequeñas superficies, con un rendimiento promedio regional de 6.30 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, en los últimos ciclos de cultivo, el productor de chile de Agua se enfrenta a múltiples problemas, entre los que sobresalen: bajos rendimientos y calidad del producto y escasa resistencia o tolerancia a factores bióticos adversos, principalmente plagas y patógenos, además de bajos precios por la concentración de la producción en épocas bien definidas. Ante estas circunstancias y con el objetivo de generar una alternativa técnicamente viable para la región, durante el ciclo otoño invierno 2016-2017, se realizó la evaluación de la línea sobresaliente de chile de Agua VCCHAGUA 005, en condiciones de ambiente protegido, riego presurizado por goteo y poda. Los resultados obtenidos indican que material VCCHAGUA 005, produjo en promedio de 16.80 t ha<sup>-1</sup>, rendimiento que supera considerablemente al tratamiento testigo con 3.20 t ha<sup>-1</sup> y hasta con 10.50 t ha<sup>-1</sup> el rendimiento promedio regional. Así mismo, la calidad comercial del producto se incrementó en 149 %, al producir 7.60 t ha<sup>-1</sup> de frutos de primera calidad.

**Palabras Clave:** Chile de Agua, rendimiento, calidad.

## ABSTRACT

Chile de agua is the Oaxaca's central valley, representative chili and this region is the only one in Mexico that grows this type of chilli. The production takes place on small fields with a regional average yield of 6.30 t ha<sup>-1</sup>. However, lately the producer faces several problems such as low yield and quality, scarce resistance or tolerance to adverse biotic factors, mainly pests and diseases. In order to reduce these problems and trying to generate a technically viable option, VCCHAGUA 005 superior line chile de agua was evaluated during the 2016-2017 summer-winter cycle under greenhouse conditions, drip irrigation and prune. The results indicate that material VCCHAGUA 005, produced on average of 16.80 t ha<sup>-1</sup>, yield exceeds considerably with 3.20 t ha<sup>-1</sup> treatment control and up to 10.78 t ha<sup>-1</sup> the regional average yield. Likewise, the quality of the product has increased by 149%, 7.60 t ha<sup>-1</sup> top quality fruit.

**Key words:** Chile de agua, yield, quality

## INTRODUCCIÓN

En el estado de Oaxaca durante el año 2016 se cultivaron 1,409 ha de chile, con una producción total de 5,654 toneladas. En la región de los Valles Centrales de Oaxaca en el mismo año, se establecieron 193 hectáreas de chile de Agua que produjeron un total de 1,225 toneladas (SIAP, 2017). El chile de Agua se produce en 33 de los 121 municipios que integran esta región, en la mayoría de ellos se siembra un material criollo, que se establece en un sistema de cielo abierto y riego por gravedad, en pequeñas superficies que varían de 2,500 a 5,000 m<sup>2</sup>, con un rendimiento promedio para el año 2016 de 6.34 t ha<sup>-1</sup>. Se comercializa localmente en una unidad de medida, conocida como "carga" (la carga contiene aproximadamente 800 chiles de primera y pesa 60 kg). El proceso productivo del chile de agua es generador de un elevado número de mano de obra asalariada (228 jornales por hectárea por ciclo) y es un cultivo altamente redituable con una relación beneficio-costos mayor a dos. Además de que forma parte de la gastronomía típica regional (López *et al.*, 2005).

Durante el proceso de producción de chile de Agua, el productor se enfrenta a tres grandes desafíos; el primero está relacionado con el nivel de tecnología, que si bien es cierto no es el mejor, aún conserva algunas prácticas agronómicas tradicionales como es la producción de plántula en almácigos de piso, riego por gravedad, entre otras; el segundo desafío son los efectos del cambio climático, que han generado un incremento paulatino en las fluctuaciones poblacionales de los insectos vectores de virus y consecuentemente han favorecido altos niveles de incidencia y severidad de enfermedades de naturaleza viral, provocando incrementos en los costos de producción y disminución en el rendimiento y calidad del producto. El tercer componente lo constituye el mercado, donde la ley de la oferta y la demanda, influye notablemente en el precio del chile de Agua, debido a la estacionalidad de la producción en los meses de marzo a mayo, que se manifiesta en precios bajos al productor.

Desde esta perspectiva la producción de chile de Agua es viable producir en cualquier época del año en condiciones de ambiente protegido, riego presurizado por goteo y poda, donde se maximiza el rendimiento, la calidad e inocuidad del producto y la utilidad neta por unidad de superficie; así mismo, es posible ofertar frutos de chile de Agua fuera de la época de mayor concentración, donde la demanda es alta, la oferta es baja y los precios al productor son altos. Ante estas circunstancias se planteó la evaluación de la línea sobresaliente de chile de Agua VCCHAGUA 005, en condiciones de ambiente protegido, riego presurizado por goteo y poda.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

**Localización del área de estudio.** El estudio se realizó en el ciclo otoño invierno 2016-2017 en la localidad Zimatlán de Álvarez, Oaxaca, en un invernadero de 1,000 m<sup>2</sup>. Localizado en Latitud 16.877009° y Longitud-96.793859° y una altitud de 1,530 metros sobre el nivel del mar

**Manejo agronómico.** El manejo agronómico se basó en las recomendaciones técnicas para la producción de chile de Agua en ambiente protegido generadas por el campo Experimental Valles de Oaxaca que comprende las siguientes prácticas agronómicas (López y Pérez, 2015):

**Semillas.** Las semillas utilizadas correspondieron a la línea VCCHAGUA 005 y se utilizó como testigo la semilla del productor, ambas semillas se trataron con insecticida Imidacloprid en dosis de 10 mL por cada 500 gramos de semilla.

**Producción de plántulas.** Se efectuó en charolas de poliestireno de 200 cavidades desinfectadas con Mect-5, se utilizó como sustrato un material de origen orgánico y estéril. La siembra se realizó en forma manual colocando dos semillas por cavidad y tres días posteriores a la emergencia se fertilizó con triple 18, en dosis de 1.0 g/L de agua.

**Trasplante.** Se realizó a los 40 días después de la siembra, en forma manual colocando dos plantas por mata a una distancia de 25 cm entre sí, a doble hilera en camas de siembra de 1.50 cm de ancho, para obtener una densidad de población de 53,328 ptas/ha.

**Aplicaciones postransplante.** Estas se efectuaron para evitar infecciones tempranas de patógenos del suelo, nulficar o minimizar las poblaciones de insectos vectores de virus y estimular el óptimo crecimiento y desarrollo del sistema radicular. Los productos utilizados fueron: Flupyradifurone (Sivanto Prime), la aplicación del producto se realizó 72 horas después del trasplante (HDT), en dosis de 2.0 L/ha; La inyección de Fertigro Fosforo se efectuó 96 HDT, en dosis de 25 L/ha; Propamocarb-HCl (Previcur) se suministró en dosis de 1.0 mL/L de agua, 120 HDT. En los tres casos, los productos se aplicaron a través del sistema de riego presurizado.

**Control de maleza.** Para mantener el cultivo libre de maleza, dentro del plantío y alrededor del mismo, se proporcionaron tres deshierbes manuales y dos pasos con el motocultor.

**Riegos.** Los riegos se aplicaron de acuerdo a la cantidad de humedad presente en el suelo, para ello se establecieron dos tensiómetros a una distancia de 15 cm de la cinta de riego y a una profundidad de 30 cm. Cuando el tensiómetro presentó lecturas de 15 a 25 centibares, se aplicó el riego correspondiente.

**Fertilización.** El suministro de los fertilizantes se determinó de acuerdo a las necesidades nutrimentales de las plantas y los resultados de los análisis de agua y suelo, de tal forma que al final del cultivo se aplicó una dosis de fertilización de 180-160-120. La aplicación de los fertilizantes se realizó a través del sistema de riego presurizado.

**Control de plaga y patógenos.** La aplicación de agroquímicos se realizó de acuerdo a los datos obtenidos en los muestreos semanales considerando los niveles de incidencia y severidad de patógenos y las fluctuaciones poblaciones de insectos, para el control de los mismos, se asperjaron agroquímicos de bajo impacto ambiental.

**Cosecha.** Esta práctica se efectuó cuando los frutos alcanzaron su madurez comercial, que ocurrió alrededor de los 90 días siguientes al trasplante, los cortes posteriores se realizaron con una frecuencia de ocho días.

**Poda.** Se utilizó el sistema de poda español con cuatro tallos productivos por planta, para obtener un mayor rendimiento por unidad de área (Esiyok y Ozzambak, 1994). La poda se inició a los 21 días después del trasplante y se continuó realizando con una frecuencia de 10 días, durante todo el ciclo del cultivo.

**Variables de estudio.** En este ensayo en particular se consideraron como variables de estudio: días a emergencia, días a trasplante, días a floración, días a cosecha, peso del fruto, tamaño de fruto, diámetro de fruto, rendimiento por corte, calidad del rendimiento y rendimiento total.

**Diseño experimental.** El diseño empleado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde la parcela experimental constó de tres surcos de 1.50 m de ancho y 5.0 m de longitud (22.5 m<sup>2</sup>). La parcela útil comprendió el surco central por 3.0 m de longitud (4.50 m<sup>2</sup>). Las plantas se trasplantaron a una distancia de 25 cm entre sí en doble hilera y con arreglo topológico de “tres bolillo”, para una densidad de población de 53,328 ptas/ha. A los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza y las pruebas de comparación de medias de Tukey, utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System, 2002).

## RESULTADOS

**Fenología del chile de Agua.** Las condiciones de ambiente protegido y riego presurizado por goteo, favorecieron el crecimiento y desarrollo de las plantas debido a las condiciones climáticas que generan este tipo de estructuras (Bielinsky *et al.*, 2010), a tal grado que la etapa de inicio de floración a madurez comercial se redujo hasta en ocho días y el periodo de cosecha se extendió hasta 30 días más (Tabla 1).

Los datos obtenidos indican que los dos materiales en estudio no presentan diferencias significativas entre sí, en cuanto a días a emergencia, días a trasplante, inicio de fructificación y madurez comercial. Las líneas en evaluación presentaron un ciclo de producción de 119 a 122 días, como consecuencia del efecto de las condiciones artificiales de microclima generadas por el invernadero (Nuez *et al.*, 2013). La emergencia de las plántulas ocurrió de los 10 a 12 días después de la siembra (DDS), las plántulas presentaron un porte óptimo para trasplante (plantas vigorosas con excelente sistema radical, altura de 15 cm y tres hojas verdaderas) a los

40 DDS, el inicio de la floración sucedió a los 25 días después del trasplante (DDT) y el primer corte o inicio de cosecha se realizó a los 80 DDT.

**Tabla 1.** Características fenológicas de los materiales de chile de Agua en Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca. Ciclo otoño-invierno 2016-2017.

LÍNEA	Emergencia DDS <sup>1</sup>	Plántula DDS	Inicio Floración DDT <sup>2</sup>	Inicio Fructificación DDT	Madurez Comercial. DDT
<b>VCCHAGUA 005</b>	10	39	22	40	80
<b>TESTIGO</b>	10	40	25	40	82

<sup>1</sup> Días después de la siembra

<sup>2</sup> Días después del trasplante

### Rendimiento de chile de Agua

El rendimiento obtenido por cada uno de los materiales en estudio, posterior a seis cortes se presenta en la Tabla 2. El rendimiento total de chile de Agua presentó diferencias significativas entre sí de los materiales en estudio, sobresaliendo la línea VCCHAGUA 005, con una producción de 16.81 t ha<sup>-1</sup>. Rendimiento que superó al testigo con 3.2 t ha<sup>-1</sup>. Es importante señalar que ambos materiales bajo condiciones de ambiente protegido y fertirriego superaron considerablemente el rendimiento promedio regional de 6.34 t ha<sup>-1</sup> (López y Pérez, 2015).

**Tabla 2.** Rendimiento y calidad (t ha<sup>-1</sup>) de chile de Agua en Zimatlán de Álvarez, Oaxaca. Ciclo otoño-invierno 2016-2017.

LÍNEA	Rendimiento Total t ha <sup>-1</sup>	Primera calidad t ha <sup>-1</sup>	Segunda calidad t ha <sup>-1</sup>	Tercera calidad t ha <sup>-1</sup>
<b>VCCHAGUA 005</b>	16.80 a	7.60 a	6.90 a	2.30 a
<b>TESTIGO</b>	13.60 b	3.05 b	5.75 b	4.80 b

\* Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En cuanto a la calidad comercial del fruto se detectaron diferencias significativas entre los materiales evaluados. La línea VCCHAGUA 005 produjo los mayores rendimientos de frutos de primera y segunda calidad, y los menores de tercera calidad; en contraste con el tratamiento testigo que produjo los mayores porcentajes de frutos de segunda y tercera calidad y los menores de primera calidad. Esto se debe al efecto del proceso de mejoramiento genético del chile de Agua realizado en la línea VCCHAGUA 005 (Vallejo y Estrada, 2002) y al sistema de poda efectuado.

## CONCLUSIÓN

La línea VCCHAGUA 005 en condiciones de ambiente protegido, riego presurizado y sistema de poda aumenta el rendimiento y calidad comercial del fruto en comparación al testigo. Consecuentemente es una alternativa técnicamente viable para la producción de chile de Agua en los valles centrales de Oaxaca en la época de menor concentración de producto, donde la demanda es alta, la oferta es baja y los precios al productor son altos.

## REFERENCIAS

- Santos, B.M., Obregón-Olivas, H.A., Salamé-Donoso, T.P. Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura Protegida Publicación del Departamento de Horticultura de la Universidad de Florida HS1182. Florida, U.S.A. 4 p.
- Esiyok, D., Ozzambak, E., B. Eser. (1994). The effects of stem pruning on the yield and earliness of greenhouse peppers (*Capsicum annum* L. *grossum* cv. Kandil and 11B-14). *Acta Horticulturae* 366: 293-300.
- Nuez, F., Gil, R., Costa, J. (2003). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Reimpresión. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona España. 611 p.
- López, P., Galomo, T., Bravo, E. (2005). El chile de agua: un típico chile de los Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacifico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. 195 p.
- López, P., Pérez, B. (2015). Producción de chile de Agua en ambiente protegido, en los Valles Centrales de Oaxaca. En: Memoria de la Décimo Segunda Convención Mundial del Chile. CONAPROCH. Guadalajara, Jal. México. p 184-188.
- Vallejo, F.A.y Estrada, E. I. (2002). Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Cali, Colombia. 402 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). Estadísticas de la producción nacional, estatal, regional y municipal de chile verde. <[www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo](http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo)> [Consulta: 3-20 de julio de 2018].

---

## Híbridos e injertos de tomate alternativa para suelos con alta infestación de nematodos

### Hybrids and grafts of tomato, alternative for soils with high nematode infestation

RAFAEL RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ\* Y PORFIRIO LÓPEZ LÓPEZ

*INIFAP, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, Calle Melchor Ocampo número 7, 68200, Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oax.*

*Corresponding author: rodriguez.rafael@inifap.gob.mx*

---

#### RESUMEN

La producción continua de tomate (*Solanum lycopersicum*) por varios ciclos consecutivos en invernaderos y casas sombra de Oaxaca, ha derivado en altos niveles de poblaciones de nematodos principalmente del género *Meloidogyne* sp, los cuales se hospedan en las raíces causando nodulaciones, donde absorben los nutrientes de las plantas, provocando disminución de rendimientos y calidad de los frutos, ante ello los productores realizan aplicaciones de pesticidas con el consiguiente perjuicio al medio ambiente y a su economía. La tecnología de injertos es una alternativa para enfrentar este problema, consiste en injertar una planta productora normal sobre un patrón resistente a estos organismos dañinos, por lo que el objetivo de este trabajo fue validar técnica y económicamente esta tecnología en condiciones del productor; el trabajo se estableció en Santa Catarina Minas, Oaxaca, se evaluaron cuatro híbridos comerciales y dos portainjertos, las variables que se midieron fueron número de frutos por planta y peso de frutos por planta en cuatro categorías de calidad. Los resultados indicaron que, el mejor tratamiento consistió en la combinación híbrido Cid injertado sobre el patrón Maxifort, con rendimiento de 10.1 kg por metro cuadrado y una Tasa Marginal de Retorno de 521 %, la tecnología es técnica y económicamente factible por lo que se recomienda inclusive para casos extremos de infestación de los suelos por nematodos.

**Palabras clave:** Invernaderos, casas sombra, portainjertos.

#### ABSTRACT

Continuous production of tomato (*Solanum lycopersicum*) through several consecutive cycles in greenhouses and houses shadow of Oaxaca, has resulted in high levels of populations of nematodes mainly of the genus *Meloidogyne* sp, which are hosted on the roots causing nodulation where absorb nutrients from plants mining yields and quality of fruits, in response

manufacturers conduct pesticide applications with consequent damage to the environment and its economy. Grafting technology is an alternative to deal with this problem, consists in grafting a normal production plant on a pattern that will resist the presence of these harmful organisms, so the objective of this study was to validate technically and economically This technology in terms of the producer; the work was established in Santa Catrina Minas, Oaxaca evaluating four commercial hybrids and two rootstocks, the variables that were measured were number of fruits per plant and weight of fruits per plant in four categories of quality. The results indicated that the best treatment consisted of combination hybrid Cid grafted onto the Maxifort, with performance of 10.1 kg per square meter and a Marginal Rate of Return of 521%, technology is technically and economically feasible so recommended even for extreme cases of infestation of soil with nematodes.

**Key words:** greenhouses, houses shadow, rootstocks

## INTRODUCCIÓN

Ante la alta incidencia de nematodos en suelos cultivados continuamente en invernaderos y casas sombra, los productores tienen que aplicar pesticidas y mejoradores del suelo, afectando el medio ambiente, la inocuidad del producto y la rentabilidad de la actividad. Una forma de prevenir el ataque de estos patógenos fue durante mucho tiempo la aplicación de Bromuro de metilo, cuyo uso se prohibió a partir del 2015 en todo el mundo debido al impacto sobre el medio ambiente (Ristaino y Thomas, 1997). Tal situación ha hecho necesaria la búsqueda de métodos de control alternativos, entre ellos destaca el uso de materiales genéticos avanzados injertados sobre patrones resistentes a los patógenos del suelo (Bletsos et al., 2003). La tecnología de injertos en tomate es relativamente nueva en México, si bien ya tiene varios años de implementada en zonas productoras de España y Holanda, en nuestro país ha cobrado auge ante la proliferación de nematodos principalmente del género *Meloidogyne* sp, sobre todo en aquellos suelos cultivados continuamente (Godoy et al., 2009). Los injertos, se han desarrollado primeramente para cultivos como melones y pimientos (Ros et al., 2009), extendiéndose recientemente a tomate y otras hortalizas. Los productores del estado de Oaxaca y en particular de la Región Valles Centrales han manifestado en diversos foros y en recorridos de campo los altos niveles de infestación por nematodos de la mayoría de los invernaderos donde cultivan tomate en suelo, con las consecuencias que ello conlleva en la productividad y rentabilidad de esta hortaliza y han planteado la necesidad de buscar alternativas para su control. Un factor clave para lograr el éxito es determinar la mejor combinación patrón/híbrido ya que por un lado los patrones que se han desarrollado pueden responder de diferente manera a los ambientes diversos y por el otro los híbridos de última generación presentan mejores resistencias a factores adversos, por lo que encontrar el mejor híbrido y el mejor patrón en cuanto a adaptabilidad es importante para una mejor producción. Mediante la utilización de esta tecnología se espera disminuir la aplicación de pesticidas al suelo, bajen los costos de producción y se incremente la productividad, por lo que el objetivo de este trabajo fue validar técnica y económicamente la

producción y calidad en frutos de híbridos comerciales de tomate injertados sobre dos patrones resistentes a nematodos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se estableció en un invernadero de 1000m<sup>2</sup> con alta presencia de nematodos determinada mediante análisis fitopatológico del suelo (320 individuos por cc), localizado en Santa Catarina Minas en la región Valles Centrales de Oaxaca, coordenadas 16°45'41" latitud norte y 96°36'58" de longitud oeste a una altitud de 1562 msnm. En la Tabla 1, se presentan los tratamientos establecidos en el invernadero. Se evaluaron cuatro híbridos comerciales (Adriana, Vengador, RFT y el Cid) y dos portainjertos comerciales catalogados como resistentes a nematodos por su alta tasa de emisión de raíces Multifort y Maxifort, por cada combinación se incluyó un testigo sin injertar, siendo el testigo absoluto el Cid sin injertar que es el que más utilizan los productores.

**Tabla 1.** Tratamientos establecidos en Santa Catarina Minas, Oaxaca

No. tratamiento	Híbrido	Portainjerto
1	Adriana	Multifort
2	Adriana	Maxifort
3	Adriana	Sin injertar
4	Vengador	Multifort
5	Vengador	Maxifort
6	Vengador	Sin injertar
7	RFT	Multifort
8	RFT	Maxifort
9	RFT	Sin injertar
10	El Cid	Multifort
11	El Cid	Maxifort
12	El Cid	Sin injertar

Las plantas injertadas y no injertadas se maquilan con un proveedor local certificado debido a los requerimientos de sanidad en este tipo de tecnología, el injerto se realizó a los veinte días de emergidas las plántulas. De acuerdo con las recomendaciones de Bravo et al. (2010) y Rodríguez y Bravo (2013), la siembra se realizó en camas de 1.40 m de ancho, cubiertas con acolchado plástico plateado en doble fila y doble tallo en "tres bolillo", con una densidad de 2.5 plantas por m<sup>2</sup>. Se implementó un programa nutricional a libre demanda por cada invernadero considerando las características del suelo y agua determinadas mediante análisis de laboratorio. Se implementó un manejo integrado de plagas y enfermedades con un enfoque preventivo e inocuo. Las variables que se midieron fueron el rendimiento en kg/planta desglosado en cuatro categorías de calidad, Extra grande (XL), 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup> y el número de frutos

por planta en las mismas cuatro categorías de calidad. Se realizó un análisis económico mediante la determinación de la Tasa Marginal de Retorno, la cual está dada por la siguiente expresión:

$$TMR = \left( \frac{Img - Cmg}{Cmg} \right) \times 100$$

Donde:

TMR = Tasa Marginal de Retorno

Img = Ingreso Marginal

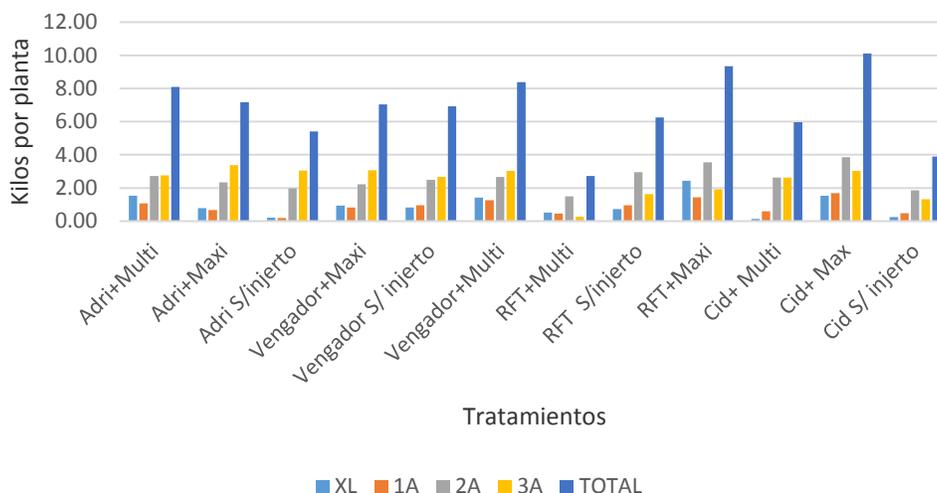
Cmg = Costo Marginal

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto al número de frutos por planta, se observó diferencia entre los tratamientos, destacando como el mejor el híbrido Cid injertado sobre el patrón Maxifort con 73 frutos por planta en total y con mayor proporción de frutos de segunda con relación a los otros tratamientos con 35 frutos. La mayoría de los tratamientos mostraron mayor tendencia a producir frutos de tamaño segunda, tres tratamientos (Adriana sin injerto, Adriana injertado sobre Maxifort y Vengador injertado sobre Maxifort) produjeron más proporción de frutos de tercera, lo cual no es deseable para el productor. El tratamiento testigo absoluto Cid sin injerto produjo 37 frutos en total que fue el segundo más bajo, ya que el tratamiento que rindió menos fue el RFT injertado sobre Multifort con 32 frutos.

En cuanto al rendimiento medido en peso de frutos por planta, en la Figura 1, se presentan los promedios obtenidos por categorías de calidad en este sitio. El mayor peso se obtuvo con la categoría segunda sobresaliendo el tratamiento El Cid/Maxifort seguido del RFT/Maxifort y por último el RFT/Multifort. En cuanto a los totales, se mantuvo esta tendencia, rindiendo más el Cid injertado sobre Maxifort con 10.1 kg/planta, para un rendimiento de 25.25 kg/m<sup>2</sup>, mientras que el tratamiento testigo Cid sin injertar produjo 3.89 kg/planta y 9.7 kg/m<sup>2</sup>. El menor rendimiento se produjo con el tratamiento RFT injertado sobre Multifort con 2.7 kg/planta y 6.7 kg/m<sup>2</sup>.

Para el caso del mejor tratamiento, el diferencial atribuido al injerto fue de 6.21 kg/pl que representa 15.52 kg/m<sup>2</sup> que extrapolados al total de la superficie de la nave que son 1000 m<sup>2</sup>, significa que al utilizar el injerto se obtuvo un rendimiento adicional de 15.5 toneladas de frutos en relación al cultivo sin injerto. Considerando un precio de venta promedio a pie de parcela de \$4.00/kg de frutos, el ingreso adicional obtenido con la tecnología fue \$62,100.00, mientras que el costo que varía fue de \$10,000.00 con un ingreso marginal neto de \$52,100.00 y una tasa marginal de retorno (TMR) de 521% (Tabla 2), lo que significa que se obtuvo más de cinco veces de ingreso monetario utilizando la tecnología de injertos con relación a su no uso.



**Figura 1.** Rendimiento por planta obtenido con cuatro híbridos y dos portainjertos en Santa Catarina Minas, Oax.

**Tabla 2.** Resultados del análisis económico para el mejor tratamiento comparado con el testigo de la tecnología de injertos en tomate en Santa Catarina Minas, Oax.

Concepto	Testigo		CID/Mult		Diferencial	
	Planta	Nave	Planta	Nave	Planta	Nave
Rendimiento (Kg)	3.89	9725	10.10	25250	6.21	15525
Ingreso (\$)	15.56	38900.00	40.40	101000.00	24.84	62100.00
Costo Variable (\$)	4.00	10000.00	8.00	20000.00	4.00	10000.00
TMR = 52100/10000 = 521 %						

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este trabajo, en términos generales la tecnología de injertos resultó superior a la tecnología testigo del productor sin injertar en cuanto a productividad y calidad de frutos de tomate, siendo el mejor tratamiento el híbrido Cid injertado sobre el patrón Maxifort con un rendimiento de 25.2 kg/m<sup>2</sup> contra el testigo que usan actualmente los productores Cid sin injertar con 9.7 kg/m<sup>2</sup>. Económicamente, se demostró que la utilización de injertos es altamente rentable, el análisis económico del mejor tratamiento indicó un diferencial de rendimiento que superó las 15 t en 1,000 m<sup>2</sup> al utilizar el injerto en relación al testigo sin injertar. Si bien el costo marginal es el doble (pasa de \$10,000.00 a \$20,000.00 por concepto de planta injertada) en relación al testigo sin injertar, el ingreso marginal fue superior a esa proporción (\$62,100.00) con una tasa marginal de retorno de 521%, lo que quiere decir que el uso de la tecnología implica cinco veces más de ingreso; por lo que la tecnología de injertos es rentable y se recomienda su aplicación en los invernaderos de la zona.

## REFERENCIAS

- Bletsos, F., C. Thanassouloupoulos, and D. Roupakias. (2003). Effect of grafting on growth yield, and Verticillium wilt of eggplant. Hortscience 38: 183-186.
- Bravo M. E., R. Rodríguez-Hernández, P. López-López, J. de D. Bustamante-Orañegui y M. Morales-Guerra. (2010). Manual para la producción de jitomate en condiciones de ambiente protegido. Folleto para productores No. 10. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México, 72p.
- Godoy H. H., Castellanos R. J., Alcántar G. G., Sandoval V. M. y José de Jesús Muñoz R. J. de J. (2009). Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. Terra Latinoamericana, Vol. 27, No. 1. 9p.
- Ristaino, J. B. and W. Thomas. (1997). Agriculture, methyl bromide, and the ozone hole: Can we fill the gaps? Plant Dis. 81: 964-977.
- Rodríguez H.R., Bravo M. E. (2013). Evaluación de híbridos de jitomate para producción en agricultura protegida. Informe final del proyecto. INIFAP-Fundación Produce Oaxaca. 15p.
- Ros C., Guerrero M.M., Lacasa C.M. Martínez V., Díez M.A., Cano A., Bello A., Lacasa A. (2009). Combinación de biosolarización o solarización con injerto para el control de *Meloidogyne* en pimiento de invernadero. 8p. Consultado en: [www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae\\_bullas/verd/posters/10 P SV/21.pdf](http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/posters/10 P SV/21.pdf).

---

## **Efecto de la posición de la semilla de coco (*Cocos nucifera* L.) en el semillero sobre la germinación**

### **Effect of the position of coconut seed (*Cocos nucifera* L.) in the seedbed on germination**

MATILDE CORTAZAR RÍOS

*Campo Experimental Chetumal del INIFAP, Km 25 Carretera Chetumal-Bacalar, C.P.  
77900, Chetumal, Q. Roo, México.*

*Corresponding author: cortazar.matilde@inifap.gob.mx*

---

#### **RESUMEN**

En México, muchos de los productores de coco seleccionan semillas de sus plantaciones con la finalidad de producir la plántula, tradicionalmente colocan la semilla en semilleros, en posición horizontal, pero ellos mismos han observado algunos inconvenientes de manejo con esta posición. En este estudio se planteó el objetivo de evaluar el efecto de la posición de la semilla del cocotero Malayo Enano Amarillo en el semillero, sobre algunos parámetros de germinación y de manejo. Los resultados obtenidos indican que sí existe un efecto de la posición de la semilla, pero solo en el porcentaje de germinación, presentando el mayor porcentaje (76.67%), el tratamiento de semillas colocadas en posición ligeramente inclinada, mientras que los tratamientos de semilla en posición vertical (63.89%) y semilla en posición horizontal (65.56%), resultaron ser iguales estadísticamente. No obstante, que para los días a germinación no hubo diferencias estadísticas, el tratamiento de semilla en posición horizontal, presentó el mayor número de días a germinación (41.06). La velocidad de germinación en los tres tratamientos quedó catalogada como muy rápida. Por unidad de superficie caben más semillas en el semillero cuando se colocan en posición vertical, además se observó que en las plántulas que venían de semillas en posición horizontal, se dificulta la extracción en el semillero y la colocación en la bolsa de vivero. Se concluye que para optimizar el área del semillero y para facilitar el manejo de las plántulas, es más conveniente colocar las semillas en el semillero en posición vertical, o bien, ligeramente inclinadas.

**Palabras clave:** Semilla de coco, días a germinación, velocidad de germinación.

## ABSTRACT

In Mexico, many of the coconut producers select seeds of their plantations with the purpose of producing the seedling, traditionally they placed the seed in seedbeds, in a horizontal position, but they themselves have observed some disadvantages of doing it in this position. In this study, the objective was to evaluate the effect of the position of the Malayan Yellow Dwarf coconut seed in the seedbed, on some parameters of germination and management. The results obtained indicate that there is an effect of the position of the seed, but only in the germination percentage, presenting the highest percentage (76.67%), the treatment of seeds placed in a position slightly inclined, while the treatments of seed in a vertical position (63.89%) and seed in a horizontal position (65.56%), were found to be statistically the same. However, for days to germination there were no statistical differences, the treatment of seed in horizontal position, had the highest number of days to germination (41.06). The speed of germination in the three treatments was rated as very fast. Per unit of surface can fit more seeds into the seedbed when they are placed in a vertical position, in addition it was observed that in the seedlings that came from seeds in horizontal position, it is difficult to extract them in the seedbed and place them in the nursery bag. It is concluded that to optimize the area of the seedbeds and to facilitate the management of the seedlings, it is more convenient to place the seeds in the seedbed in a vertical position, or slightly inclined.

**Key words:** Coconut seed, days to germination, speed of germination.

## INTRODUCCIÓN

Las semillas de cocotero no tienen dormancia por lo que no requieren ningún tratamiento especial para germinar. Sin embargo, la velocidad de germinación de ellas varía dentro y entre cultivares, incluso en algunos casos la germinación ocurre cuando la semilla aún se encuentra sobre la palma (Corner, 1966 citado por Parrotta, 1993); Chan and Elevitch, 2006).

Chan and Elevitch (2006), reportan que la madurez de la semilla de coco empieza a ocurrir a los 11 meses después de la polinización, manifestándose cambios en el color del epicarpio, pérdida de humedad y reducción del agua de la cavidad interna de la nuez. Al respecto, Opeke (1982), citado por Parrotta (1993), menciona que una semilla estará completamente madura alrededor de los 12 meses después de la polinización. Por su parte, Carrillo *et al.* (2001) encontraron que los frutos de Malayo Enano Amarillo, cosechados entre los 335 a 365 días son los que producen el mayor número de plántulas de calidad, entre un 75 y 83%, con alturas desde los 64 hasta los 85 cm; por lo anterior, ellos sugieren que deben preferirse para cosecha los racimos con 75% o más de frutos que hayan iniciado su cambio de coloración. Thomas (1973), reporta que en un experimento en Tanzania, los resultados indicaron que el remojo de semillas de coco en agua registró el período más bajo de germinación (81.1 días) en comparación con 142.9 días para semillas no tratadas.

El vigor de las plántulas está altamente correlacionado con caracteres de la palma adulta como la floración temprana, la producción de nueces y de copra (Liyanage y Abeywardena, 1957). Al respecto, Chan and Elevitch (2006), citan que dentro de una variedad o población, la velocidad de germinación implica vigor, precocidad (madurez sexual temprana) y alto rendimiento, y que este parámetro podría utilizarse como un criterio de selección, siempre y cuando las semillas sembradas hayan tenido el mismo grado de madurez.

Chattopadhyay *et al.* (2004), reportan que la posición horizontal de la semilla registró mejor germinación (82.69%) que la de la posición vertical (79.24%), en Bengala Occidental. En Brasil, ya está siendo una práctica común el uso de semillas en posición vertical entre los productores de plántulas, incluso productores tradicionales partidarios del sistema de semillas en posición horizontal, han adoptado el sistema en posición vertical, según estos productores, las ventajas observadas son la eliminación de la escarificación de la semilla, reducción del quiebre del tallo durante el trasplante, mayor facilidad en el transporte de plántulas y la posibilidad de aumentar la densidad de semillas en el semillero (Rollemberg, 1998).

Desde la siembra hasta la extracción de la plántula deberán transcurrir, aproximadamente, 3.5 meses. La plántula podrá entonces llevarse a su fase de vivero, o bien, trasplantarse directamente en su sitio definitivo de plantación, plantas tardías no deben seleccionarse. Al respecto, EMBRAPA (1993), señala que las semillas germinadas deben permanecer en el almácigo por un período no mayor a cuatro meses, teniendo en cuenta que la velocidad de germinación está directamente correlacionada con la precocidad de producción del cocotero. En México, muchos productores y viveristas, siguen colocando las semillas de coco en posición horizontal, en el semillero, a pesar de que han detectado algunos inconvenientes. Por lo anterior, en este trabajo se planteó el objetivo de evaluar el efecto de la posición de la semilla del cocotero Malayo Enano Amarillo en el semillero, sobre algunos parámetros de germinación y de manejo, bajo la hipótesis de que la posición de la semilla de coco en el semillero influye en la germinación y en la facilidad de manejo de la plántula.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Chetumal, entre Mayo y Agosto de 2018. En la Huerta Madre de cocotero Malayo Enano Amarillo se cosechó un lote de 700 semillas completamente maduras, de ahí se seleccionaron 540, tomando como criterios que el contenido de agua en su interior fuera fácilmente audible con el movimiento, que no estuvieran livianas y con leve o ningún daño físico causado por ácaro o cualquier otra causa. Las semillas seleccionadas se introdujeron a un rotoplas, inmediatamente éste fue llenado con agua y se tapó, ahí permanecieron durante 46 horas.

Se evaluaron tres tratamientos en los semilleros: 1) Semillas colocadas en posición vertical, 2) Semillas colocadas en posición horizontal y 3) Semillas colocadas en posición ligeramente

inclinada (testigo). La unidad experimental fue de 20 semillas de coco remojadas durante 46 horas, la distribución de los tratamientos se hizo en un diseño de bloques completamente al azar, con 9 repeticiones. Previo a la siembra de las semillas, se limpiaron y adecuaron los semilleros, para ello se nivelaron y se les colocó una capa de 10 cm de tierra de textura ligera para facilitar la distribución del agua y el desarrollo de las raíces.

Las semillas se colocaron una junto a la otra en la posición que le correspondía y con la parte basal en una sola dirección, luego se cubrieron con tierra en 2/3 partes, tratando de dejar al descubierto la parte basal donde se localiza el poro germinativo. Se suministró riego cada tercer día y se mantuvo libre de malezas el semillero. Se monitoreó diariamente la emergencia de la plúmula para registrar la fecha de germinación de cada semilla; se determinaron los días a germinación y la velocidad de germinación; se calculó el porcentaje de germinación y porcentaje de la velocidad de germinación.

Para la velocidad de germinación se utilizó la escala de la Guía técnica para la descripción varietal de cocotero (*Cocos nucifera*L.) del SNICS, a la que se le efectuaron algunas modificaciones para cubrir todos los registros, para poder efectuar el análisis estadístico se asignó una equivalencia a cada rango (Tabla 1). Los datos se analizaron a través del programa estadístico SAS, la comparación de medias se realizó con la Prueba de Duncan al 5%.

**Tabla 1.** Escalas para determinar la velocidad de germinación del cocotero Malayo Enano Amarillo

Escala SNICS	Escala modificada	Equivalencia
Muy rápida (51-60 días)	Muy rápida ( $\leq 60$ días)	1
Rápida (61-70 días)	Rápida (61-70 días)	2
Moderada (71-80 días)	Moderada (71-80 días)	3
Lenta (81-100 días)	Lenta (81-100 días)	4
	Muy lenta ( $> 101$ días)	5

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó que en una superficie de 1 m<sup>2</sup>, caben más semillas cuando se colocan en posición vertical (49), siguiéndole la posición ligeramente inclinada (42) y, por último la posición horizontal (36). Esto es importante para los productores que producen planta, pues en la posición vertical ocuparían una menor superficie.

Con respecto al porcentaje de germinación, se observa en la Tabla 2, que sí hay un efecto debido a la posición de la semilla en el semillero; cuando son colocadas ligeramente inclinadas (Figura 1), el porcentaje es mayor. Aunque los tres tratamientos presentaron altos porcentajes de velocidad de germinación en la categoría “muy rápida”, el de la posición ligeramente inclinada

sobresalió, esta característica es de suma importancia ya que una rápida germinación está asociada a un inicio precoz de la etapa reproductiva de la palma de coco en campo. Estudios anteriores reportan que semillas de Malayo Enano Amarillo germinaron en promedio a los 75 días, velocidad de germinación moderada, (Carrillo *et al*, 2001) y a los 60 días o menos, velocidad de germinación muy rápida (Cortazar y Flórez, 2016), en este último caso fue el efecto de hidratar la semilla previamente a su siembra en el semillero, práctica que también se realizó en este trabajo con la finalidad de acelerar la germinación.



Vertical      Horizontal      Ligeramente inclinada

**Figura 1.** Tratamientos de colocación de semillas en diferentes posiciones.

**Tabla 2.** Porcentaje de germinación y porcentaje de la velocidad de germinación en semillas del cocotero Malayo Enano Amarillo.

Trat.	# de semillas almacenadas	# de semillas germinadas	% de germinación	% de la velocidad de germinación de las semillas de coco				
				Muy rápida (≤ 60 días)	Rápida (61-70 días)	Moderada (71-80 días)	Lenta (81-100 días)	Muy lenta (> 101 días)
Posición vertical	180	115	63.89	79.13	12.17	4.35	3.48	0.87
Posición horizontal	180	118	65.56	84.75	5.93	5.08	2.54	1.69
Posición ligeramete inclinada	180	138	76.67	91.30	2.90	1.45	2.17	2.17

En la Tabla 3 se observa que sólo se encontraron diferencias significativas para la variable porcentaje de germinación, resultando con el mayor porcentaje el tratamiento de la semilla en posición ligeramente inclinada, además este tratamiento tuvo el promedio de los menores días a germinación, es decir, que las semillas germinaron más pronto. De manera general, los tres tratamientos quedaron englobados en la categoría de "muy rápida germinación", lo cual puede ser atribuible al remojo de las semillas en agua, previo a su siembra en el semillero.

**Tabla 3.** Comparación de medias del porcentaje de germinación, días a germinación y velocidad de germinación (usando la equivalencia) en semillas del cocotero Malayo Enano Amarillo.

Tratamiento	# de semillas almacenadas	# de semillas germinadas	% de germinación	Días a germinación	Velocidad de germinación
Posición ligeramente inclinada	180	138	76.67 <sup>a</sup>	36.25 <sup>a</sup>	1.21 <sup>a</sup>
Posición horizontal	180	118	65.56 <sup>b</sup>	41.06 <sup>a</sup>	1.31 <sup>a</sup>
Posición vertical	180	115	63.89 <sup>b</sup>	36.73 <sup>a</sup>	1.34 <sup>a</sup>

Prueba Duncan al 5%.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Las plántulas obtenidas provenientes de las diferentes posiciones de la semilla, fueron embolsadas, detectándose que la posición horizontal dificulta la extracción de la plántula en el semillero y la colocación de ella en la bolsa de vivero, mientras que la posición vertical, facilita estas dos actividades. Sin embargo, se obtuvieron más plántulas aptas para embolsar de las semillas colocadas en posición ligeramente inclinada (114), siguiéndole la posición horizontal (105) y, por último la posición vertical (88).

## CONCLUSIÓN

La colocación de la semilla de coco en posición ligeramente inclinada, resulta en un mayor porcentaje de germinación, sin embargo, para optimizar el área del semillero y para facilitar el manejo de las plántulas al momento de la extracción y del embolsado, es más conveniente colocar las semillas en posición vertical. La posición horizontal de la semilla en el semillero, presenta algunas desventajas como son: el mayor espacio que ocupan, cuando germinan hay que estarlas descubriendo pues se van tapando con la tierra, se complica un poco más su extracción y su colocación en la bolsa de vivero.

## REFERENCIAS

- Carrillo, R.H., Cortazar, R.M., y Piña, R.J. (2001). Biología floral de *Cocos nucifera* L., cultivar Malayo Enano Amarillo. Folleto científico. INIFAP, SAGARPA, México. 46 p.
- Chan, E., and Elevitch, C.R. (2006). *Cocos nucifera* (coconut). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Ver. 2.1. <http://www.traditionaltree.org>. (Consultado el 09 de Junio de 2015). 27 p.

- Chattopadhyay, N., Sharangi, A.B. and Hore, J.K. (2004). Effect of position and depth of planting on germination of coconut. Haryana J. Hort.Sci.33 (1 & 2): 85-86.
- Cortazar, R.M. y Flórez, G.D.L. (2016). Efecto de la hidratación previa de la semilla de cocotero (*Cocos nucifera* L.) sobre la germinación del cultivar Malayo Enano Amarillo. Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria/editores: Jorge Martínez Herrera, Miguel Ángel Ramírez Guillermo, Julio Cámara-Córdova. Primera edición. Villahermosa, Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2016. Pág: 214-217.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros. Aracaju, SE. (1993). Recomendações técnicas para o cultivo do coqueiro. Aracaju. EMBRAPA. CPATC. Circular Técnica, 01. 44 p.
- Liyanage, D.V. and Abeywardena, (1957). Correlations between seed nut, seedlings and adult palm characters in coconut. Tropical Agriculturist, 133: 325-340.
- Parrotta, J.A. (1993). *Cocos nucifera* L. Coconut, Coconut Palm, Palma de Coco. SO-ITFSM-57. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 7 p.
- Rolleberg, F.H. (1998). Influência da posição e entalhe da semente sobre a velocidade de germinação e qualidade da muda de coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Comunicado técnico N° 23, CPATC, dezembro 1998, 6 pp.
- Thomas, K.M. (1973). Influence of seed size and planting orientation on the germination and growth of coconut. Ceylon Coconut Quart.24: 85-90.



---

# Caracterización física de frutos y rendimiento de pepino (*Cucumis sativum* L.) en condiciones de casa sombra y campo abierto

Physical characteristics of fruits and yield of cucumber fruit (*Cucumis sativum* L.) in conditions of shadow-house and open field

ANTONIO-LUIS M.C.<sup>1</sup>, \*YAM-TZEC J.<sup>1</sup>, PALACIOS-TORRES R.E.<sup>1</sup>, DÍAZ-FÉLIX G.<sup>1</sup>, RAMÍREZ-SEAÑEZ A.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Ingeniería Agrícola Tropical, Av. Ferrocarril, Cd. Universitaria, Loma Bonita Oaxaca.

\*Corresponding author: [correoyam@hotmail.com](mailto:correoyam@hotmail.com)

---

## RESUMEN

Se compararon las características físicas del fruto y rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativum* L.), híbrido Green Slam HY bajo dos condiciones, casa sombra con malla al 70 % y campo abierto. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, se estableció un área total de 42.24 m<sup>2</sup>, con una distancia de siembra de 30 cm entre plantas. Durante el experimento, se realizaron cortes de frutos en diferentes fechas, de los cuales se tomó el peso, el diámetro radial, longitud, así como el número de frutos cosechados de cada planta. Para la evaluación de características físicas y rendimiento en cada una de las condiciones. Se realizó una prueba de medias por medio del programa INFOStat, para los resultados. El híbrido mostró una mejor respuesta en campo abierto donde se reportó diferencias significativas en las variables diámetro radial con una media de 57.73 mm y longitud del fruto de 20.35. Se obtuvieron rendimientos promedio de 45 t ha<sup>-1</sup> en el mismo tratamiento contra 40 t ha<sup>-1</sup> en casa sombra.

**Palabras Clave:** *Cucumis sativum*, Rendimiento, Diámetro de Fruto, Longitud.

## ABSTRACT

The physical characteristics of the fruit and yield of the cucumber crop (*Cucumis sativum* L.), Hybrid Green Slam HY under three conditions, shadow house with 70% mesh and open field. A completely randomized experimental design was used, establishing a total area of 42.24 m<sup>2</sup>, with a seeding distance of 30 cm between plants. During the experiment, they cut fruit on

different dates, from which weight, radial diameter, length, as well as the number of ripe fruits harvested from each plant were taken. For the evaluation of physical characteristics and yields in each of condition them. A test of means, obtained using the INFOStat program, was performed for the results obtained from the results presented. The behavior of the hybrid, with a better response was in the open field that reported significant differences in the radial diameter variables with an average of 57.73 mm and length of the fruit of 20.35 cm against the other treatment. Average yields of 46 t ha<sup>-1</sup> were obtained in the same treatment against 32 t ha<sup>-1</sup> in the shade house.

**Keywords:** *Cucumis sativum*, Yield, Fruit Diameter, Length

## INTRODUCCIÓN

La producción de pepino (*Cucumis sativum* L.) bajo condiciones protegidas es una de las actividades que se realizan en el Norte de Europa y de América (Ortiz *et al.*, 2009). En México, la producción de hortalizas se ha convertido en una actividad importante para la economía ya que es uno de los mayores aportadores económicos (Medina *et al.*, 2012). De acuerdo a SAGARPA (2017), la producción agrícola se incrementó en un 11 % en 2016 con respecto a lo obtenido en 2012. La mayor superficie de bioespacios lo concentra el estado de Sinaloa quien se mantiene como el primer productor de hortalizas de jitomate (70%), pimiento (16%) y pepino (10%) (SAGARPA, 2012). El uso de invernaderos, así como de malla sombra está siendo usado principalmente con el fin de aumentar la producción y generar mejores rendimientos (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015.). El pepino (*Cucumis sativum* L.) es una hortaliza que requiere de temperaturas entre 18 y 30 °C y de humedad 80 a 90% de humedad relativa (Reyes, 2012). De acuerdo con Zamora (2017) las altas temperaturas al igual que la alta humedad relativa ayudan a un mejor desarrollo productivo. La planta puede ajustarse si existe cambios en la humedad si pasa de bajo a muy alto, aunque es muy sensible en la variación drástica y frecuente. Las condiciones de humedad relativa alta provocan un riesgo de propiciar un ambiente favorable para la proliferación de hongos, esto debido a que provoca una condensación en las plantas (Haifa, 2018). En los últimos años la producción de pepino ha ido en aumento, el SIAP, en 2017 reportó una producción de 938,421 toneladas a nivel nacional con una superficie sembrada de 19,643 ha, obteniendo rendimientos de 48 t ha<sup>-1</sup>. El estado de Oaxaca aporta una producción de 578 t (6.2%) para el cultivo de pepino obteniendo rendimientos de 11.28 t ha<sup>-1</sup>. El presente trabajo tiene como fin la evaluación de las características físicas del pepino, así como su rendimiento bajo dos sistemas de producción.

## MATERIALES Y METODOS

Se establecieron dos experimentos de pepino (*Cucumis sativum* L.) evaluando el híbrido Green Slam HY. El primero se estableció en condiciones de casa sombra y el segundo en condiciones de campo abierto. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, se sembró a doble hilera en campo abierto y casa sombra.

El trabajo de investigación se realizó de septiembre a diciembre del 2017, se evaluaron las variables número de fruto, peso de frutos, longitud de frutos y rendimiento por planta. El proyecto se desarrolló dentro de las instalaciones de la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita. Localizada en la región del Papaloapan en el estado de Oaxaca con coordenadas de 95° 53' longitud oeste y 18° 06' latitud norte, a una altura de 30 m.s.n.m. El Clima es cálido húmedo (Am) con abundantes lluvias en verano (García, 2004). La temperatura promedio es de 25 °C, siendo la mensual máxima promedio de 35.5 °C y la mensual mínima de 16.5 °C, precipitación promedio anual de 1845 mm. (H. Ayuntamiento Constitucional de Loma Bonita, 2008).

Para la siembra se utilizaron charolas de poliuretano de 200 cavidades, además de peat-moss como sustrato de germinación, después de la emergencia las plantas se regaron con agua los primeros días. A los 12 días después de la siembra se realizó la fertilización, con la solución nutritiva propuesta por Steiner (1984), la solución aplicada fue al 50% compuesta por sulfato de potasio (8.7 g), sulfato de magnesio (12.3 g), nitrato de potasio (7.5 g), nitrato de calcio (13 g), sulfato de cobre (0.05 g), carboxy (0.2 g), la cual se aplicó durante 3 días.

El trasplante se realizó a los 22 días después de la siembra, se aplicó una solución de captan (2 g), imidacloprid (2 mL ) y aminoácidos (3 mL), con una bomba aspersora de 20 L con el fin de prevenir el desarrollo de enfermedades fungosas y presencia de insectos plagas que pueden presentarse en el cultivo en su etapa de desarrollo, y los aminoácidos para mejorar el desarrollo radicular y crecimiento de la plántula. Para la fertilización se aplicaron riegos tres veces al día, una las 8:00 am, 12:00 pm y 4:00 pm aplicando 333 L, utilizando la solución Steiner al 50%, 75% y 100% de concentración (Steiner, 1984).

El experimento bajo cubierta se estableció en una casa sombra de dos aguas de un túnel (10 m x 30 m) con un área de 300 m<sup>2</sup>, estructura constituida por PTR de acero galvanizado desmontable cal. 14 G90, cubierto en la parte superior por malla sombra 70 % negra y a los costados con malla anti-afidos. La distribución de las macetas en casa sombra fue 30x30, con separación a 1.2 metros. De igual manera las distribuciones de las plantas en campo abierto quedaron a doble hilera 30x30 y separación entre surcos de 1.2 metros. En ambos sistemas no se realizaron podas de brotes axilares y se tutoraron con anillos y rafia.

El primer corte (cosecha) en campo abierto se realizó a los 35 ddt (días después del trasplante), mientras que en casa sombra a los 52 ddt. Los cortes se realizaron cada 8 días, se hicieron cuatro cortes por tratamiento. Los datos obtenidos en cada uno de los muestreos, fueron sometidos a una prueba de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ), para su posterior análisis.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los análisis de varianza indican que los tratamientos no presentan diferencias significativas, en número de frutos, y rendimientos por planta como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Número de frutos y Rendimiento por planta en cada tratamiento

Tratamiento	Número de frutos	Rendimiento (g)
CAB	3.65	1380.83
CAS	3.35	1196.37
R <sup>2</sup>	0.33	0.27
EE	0.50	216.02

CAB = Campo Abierto; CAS= Casa Sombra

En la Tabla 2. Se muestra los resultados donde se comparó el tamaño de fruto de cada uno de los tratamientos. En cuanto a longitud de frutos no se observa diferencia significativa en ninguno de los tratamientos.

**Tabla 2.** Tamaño de frutos de pepino

Tratamiento	Diámetro		Longitud de fruto	
	radial (mm)	EE	de fruto (cm)	EE
CAB	57.73 <sup>a</sup>	0.58	20.35	0.53
CAS	51.21 <sup>a</sup>	0.64	21.67	0.58
R <sup>2</sup>	0.24		0.018	

CAB = Campo Abierto; CAS= Casa Sombra

De acuerdo a Higon (2002), los rendimientos fluctúan entre los 150-300 t ha<sup>-1</sup> en invernadero mientras al aire libre de 20 a 30 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento por hectárea obtenido fue de 46 tha<sup>-1</sup> en campo abierto por encima del rendimiento reportado por Higon, mientras en casa sombra se obtuvo 40 t ha<sup>-1</sup>. El diámetro radial y longitud de fruto tanto de casa sombra como de campo abierto, no mostraron diferencias significativas. El fruto de casa sombra, al igual que campo, se mantuvieron similares pesando entre 350g y 400 g respectivamente coincidiendo con lo reportado por Ayala-Tafoya (2015).

## CONCLUSIONES

En el ciclo de otoño-invierno se puede producir pepino en condiciones de cielo abierto para la zona de Loma Bonita, Oaxaca. Bajo este sistema de producción se obtuvo buenos rendimientos en campo abierto que no fueron afectados por falta de podasni por la presencia de algunas plagas.

## REFERENCIAS

- Ayala-Tafoya F., Yañez-Juarez M.G., Partida-Ruvalcaba L., Ruiz-Espinosa F.H., Campos-García H., Vasquez-Martinez O., Velázquez-Alcaraz de J., Diaz-Valdez T. (2015). Producción de pepino en ambientes diferenciados por malla de sombreo fotoselectivo. ITEA. Vol. III (1) 3-17
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, D.F.
- H. Ayuntamiento Constitucional de Loma Bonita, Oaxaca, (2008). Plan de Desarrollo 2008-2010, Oaxaca, 133 p.
- Haifa, S/A, Nutritional recommendations for cucumber, Pagina consultada: <https://www.haifa-group.com/files/Guides/Cucumber.pdf>, Consultado: 23/ septiembre/2018.
- Hernández, R.C. J. (2011). Caracteres de importancia agronómica, análisis de crecimiento y extracción nutrimental en colectas de "pepino mixteco" (*Cucumis anguria* L.) (Tesis de maestría). Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, 153 p.
- Higón N. (2002). El cultivo de pepino. Revista Horticultura, Núm. 164, 68-73.
- López-Elías J., Garza O. S., Huez L. M. A., Jiménez L. J., Rueda P. E. O., Murillo A. B. (2015). Producción de pepino (*Cucumis sativum* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. Revista European Scientific Journal, Vol. 11(24) 26-36
- Medina, R. G., Rico, G. E., Mercado, L.A., Guevara, G. R.G., Soto, Z. G.M. (2012). Efecto del manejo cultural y sombreo sobre la productividad del pepino (*Cucumis sativum* L.). CIENCIA@UAQ, 5(1) 1-9
- Reyes, G. C. E., (2012). Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino en sistemas hidropónicos con recirculación de solución nutritiva. (Tesis de maestría). Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, 82 p.
- Ortiz, C. J., Sánchez del Castillo F., Mendoza C.M.C., Torres G.A. (2009). Características deseables de planta de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. Revista Fitotecnia Mexicana Vol. 32 (4) 289-294.
- SAGARPA, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, (2017). Aumenta producción agrícola 11 por ciento en cuatro años, Comunicado de prensa, La Paz, Baja California Sur, México. Consultado en: <https://www.gob.mx/sagarpa/prensa/aumenta-produccion-agricola-11-por-ciento-en-cuatro-anos-sagarpa> (28/Agosto/18).
- SAGARPA, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, (2012). Agricultura Protegida, Consultado en: <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-Protegida2012.aspx> (08/Agosto/2018).

- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), (2017), Cierre de producción por Estado de pepino, Consultado en:[http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp\(23/Agosto/2018\)](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp(23/Agosto/2018)).
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. In: Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture. Wageningen, The Netherlands. Pp. 633-650.
- Zamora, E. (2017). Cultivo de pepino tipo Sincer americano (*Cucumis sativum* L.) bajo cubiertas plásticas. Universidad de Sonora. Departamento de Agricultura y Ganadería, Cultivos protegidos, Folleto HORT. CP-008, Hermosillo, Sonora, México, 1-8.

---

# Calidad de fruto y semilla en una población de familias de medios hermanos maternos de calabaza pipiana

## Fruit and seed quality in a maternal half sib population of pipiana squash

ISAAC MENESES MÁRQUEZ<sup>1\*</sup>, ARTURO ANDRÉS GÓMEZ<sup>2</sup>, ANDRÉS VÁSQUEZ HERNÁNDEZ<sup>1</sup> Y HÉCTOR CABRERA MIRELES<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Investigador del Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. <sup>2</sup>Apoyo Técnico del Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP.*

*\*Corresponding author: meneses.isaac@inifap.gob.mx*

---

### RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, durante el ciclo verano–otoño de 2017 en condiciones de temporal. El material vegetal fue una población de calabaza pipiana de amplia base genética integrada por 60 familias de medios hermanos maternos y se sembró el dos de agosto del 2017. Las variables registradas que se describen son: peso individual, largo, ancho y forma de fruto, peso, largo y ancho de semilla por fruto y peso de 100 semillas. Para la variable forma de fruto se consideró la escala: ovalada (1), redonda (2), aplanada (3) y aperada (4). En relación con las variables que determinan la calidad de fruto y semilla, tales como el peso promedio de fruto, peso seco de semilla por fruto y el peso de cien semillas, se encontró que la familia 48 presentó el mejor potencial en cada una de ellas, por lo que es de gran importancia para el programa de mejoramiento genético y se incluirá en los subsecuentes ciclos de selección familiar combinada. Las familias 48, 43 y 9 tuvieron el mayor peso de semilla por fruto y supera en al menos 44 g a la familia que menos semilla produjo.

**Palabras clave:** *Cucurbita argyrosperma* Huber var. *argyrosperma*, selección familiar, diversidad genética.

### ABSTRACT

The experiment was carried out in the Cotaxtla Experimental Field of the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research, during the summer-autumn 2017 cycle under rainfall conditions. The plant material was a pipiana squash population with a broad genetic base

made up of 60 maternal half-sib families. It was planted on August 2, 2017. The registered variables described are: fruit weight, length, width and shape; weight, length and width of seed per fruit and weight of 100 seeds. For the fruit shape, oval (1), round (2), flattened (3) and pear (4) categories were considered. In relation to variables that determine the quality of fruit and seed, such as the average weight of fruit, dry weight of seed per fruit and the weight of one hundred seeds, were found that family 48 presented the best potential in each of them, which is of great importance for the breeding program and will be included in the subsequent cycles of combined family selection. Families 48, 43 and 9 had the highest seed weight per fruit and outnumbered at least 44 g the family that produced the least seed.

**Key words:** *Cucurbita argyrosperma* Huber stenosperma, family selection, genetic diversity.

## INTRODUCCIÓN

A pesar de que la calabaza ha formado parte de la dieta de muchos pueblos americanos desde tiempos precolombinos (Pérez *et al.*, 1997), son escasos los esfuerzos encaminados a generar variedades con alto potencial de producción de fruto maduro y semilla de calabaza pipiana (*C. argyrosperma* Huber) (Sánchez *et al.*, 2000). Con excepción de las variedades mejoradas de calabacita para verdura (*Cucurbitapepo* L.), en México actualmente se utiliza semilla criolla en la totalidad de la superficie sembrada de calabaza pipiana, por lo que es importante iniciar con el proceso de mejoramiento para la obtención de genotipos mejorados. En este proceso es fundamental considerar el bajo potencial de rendimiento de estos materiales criollos, en la mayoría de los estados productores de pipián presentan un promedio de producción de semilla por hectárea de 0.5 toneladas; solo el estado de Jalisco alcanza rendimientos de hasta 1.2 toneladas por hectárea de semilla. A través del mejoramiento genético por selección combinada es factible avanzar rápidamente hacia la formación de un material de excelente producción, en estudios previos se ha encontrado que la característica de peso de semilla presentó una respuesta esperada a la selección de 154%, aunado a que por la duración del ciclo del cultivo es factible obtener dos ciclos de selección por año y esto permite reducir el tiempo para lograr un genotipo mejorado, estable y uniforme a través del mejoramiento genético por selección familiar (Meneses *et al.*, 2002). Además de que la salida productiva más importante económica y socialmente de las investigaciones genéticas son las variedades (Cornide, 2001). Este trabajo estuvo encaminado a identificar aquellos materiales de alto potencial y que mediante selección se logre incrementar el valor de la producción a través del aumento en el rendimiento de fruto y calidad de semilla. Lo anterior permitirá que los productores sean más competitivos y logren un mayor ingreso económico por unidad de superficie y que contribuya al mismo tiempo a lograr la autosuficiencia económica y alimentaria. Así también a disponer de una opción de diversificación agrícola y evitar los flujos migratorios del campo a la ciudad y al extranjero.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, durante el ciclo verano–otoño de 2017 en condiciones de riego de auxilio; el Campo se localiza en el km 34 de la carretera federal Veracruz–Córdoba, en Medellín de Bravo, Ver., a 18° 50' de latitud norte y 96° 10' de longitud oeste, a una altitud de 15 msnm. El clima es cálido subhúmedo Aw (w) (g), la temperatura media anual de 25.4 °C, con máxima de 42.5°C y mínima de 7.0 °C. La precipitación anual es de 1400 mm y el periodo de lluvias está comprendido desde junio hasta octubre (García, 1988).

El material vegetal fue una población de calabaza pipiana de amplia base genética integrada por 60 familias de medios hermanos maternos derivadas de colectas realizadas en el estado de Veracruz, en la cual el lote experimental se utilizó simultáneamente para evaluación y selección de las familias. La siembra de las 60 familias de medios hermanos maternos de calabaza pipiana tuvo lugar el 02 de agosto del 2017; cada parcela experimental estuvo integrado por tres surcos de 15 m de longitud por familia, la distancia entre surcos de 1.8 m y entre matas a 1.5 m y se depositaron tres semillas por mata. Los distanciamientos anteriores permitieron alcanzar una densidad de población por hectárea de aproximadamente 11,256 plantas. La parcela útil fue el surco central y como unidad experimental fueron 10 matas centrales de tres plantas, eliminando las matas de los bordos, de tal forma que se evalúen aquellas con competencia completa.

La conducción del experimento fue con base en el paquete tecnológico que recomienda INIFAP y es el siguiente: la preparación y trazado del terreno tuvo lugar el 20 de julio de ese año y se hizo de manera mecánica mediante el paso de un barbecho y dos pasos de rastra, con el fin de proporcionar la mejor condición del suelo para proceder a la siembra de cada familia de calabaza. Fertilización se realizó a los veintidós días después de la siembra y se aplicaron tres gramos de urea, dos gramos de DAP y un gramo de cloruro de potasio por planta. Deshierbe: el primer control se hizo de forma manual a los días 13 días después de la siembra. Tres días después del primer control manual se hizo una cultivada con apoyo del tractor y el arado de cinceles y a los quince días después del primer control se realizó el segundo control manual de malezas.

Control fitosanitario: Se realizaron tres aplicaciones de producto químico a base de cipermetrina para el control de doradilla, éstas tuvieron lugar a los 23, 26 y 29 días después de la siembra. La cosecha se realizó a los 135 días después de la siembra. Las variables que se presentan en este documento para la selección de familias de medios hermanos maternos (FMHM) de calabaza pipiana son: peso individual, largo, ancho y forma de fruto, peso, largo y ancho de semilla por fruto y peso de 100 semillas. Para la variable forma de fruto se consideró el ovalada (1), redonda (2), aplanada (3) y aperada (4) (Figura 1). El diseño experimental fue de anidamiento, en el cual las plantas estuvieron anidadas en matas y las matas en familias. Cada

mata fue una repetición, donde las plantas se consideraron observaciones dentro de una repetición. Aunque en este documento solo se presentan promedios aritméticos de las observaciones. En la población se aplicó selección combinada de familias de medios hermanos maternos con una presión de selección del 33% y 10% entre y dentro familias, respectivamente, de acuerdo con Meneses *et al.* (2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

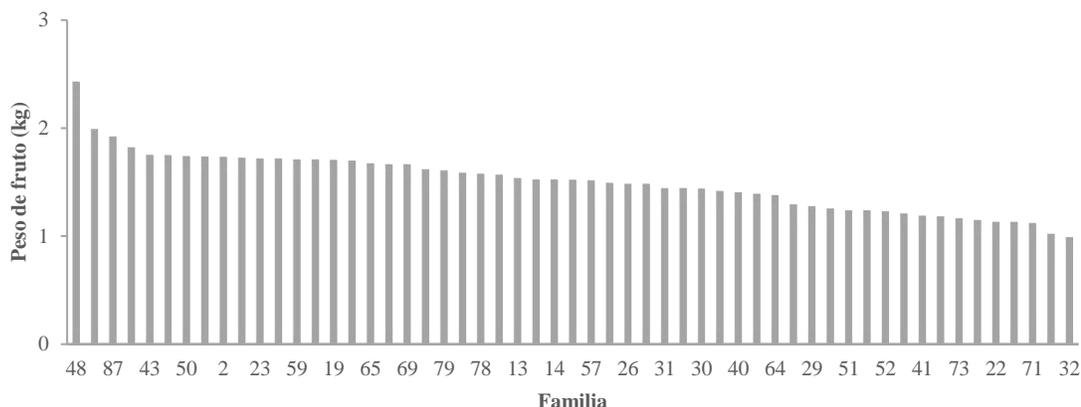
En la Tabla 1 se observa que la mejor familia presentó un promedio de peso de fruto de 2.43 kg superando numéricamente en 1.4 kg a la familia de menor peso de fruto. Así mismo se encontró una relación directamente con el peso de la semilla y el peso de 100 semillas. La mejor familia también sobresalió en los caracteres señalados. Sin embargo, la familia 43 aunque tuvo peso de fruto inferior en 0.68 kg comparado con la mejor familia, tiene peso de semilla sobresaliente dado que a menor peso de fruto aún mantiene un alto peso de semilla, solamente superado por 1.83 g por la mejor familia, lo que representa una mejor proporción de semilla en relación con el tamaño de fruto. Para fines de producción de semilla las cinco familias superiores presentan buena calidad de la misma, sobretodo porque presentan semillas de alto peso individual.

**Tabla 1.** Características de fruto y semilla de las cinco familias más y menos sobresalientes en calabaza pipiana.

FAMILIA	FRUTO				SEMILLA			
	PESO(kg)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	FORMA	PESO (g)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	PESO 100S (g)
48	2.43	21.00	16.00	4	86.79	27.70	14.50	33.70
45	1.99	17.83	17.17	3	58.02	27.30	13.80	29.38
87	1.92	15.00	16.00	2	58.35	26.60	15.20	28.06
56	1.82	15.70	16.26	2	68.65	26.04	14.00	28.87
43	1.75	15.83	16.43	3	84.96	27.17	14.57	32.09
22	1.13	13.75	13.80	1	45.58	23.88	12.73	22.36
53	1.13	14.83	14.33	1	42.07	25.90	13.47	24.65
71	1.12	14.19	14.10	2	42.50	25.69	13.06	27.00
18	1.02	13.00	15.00	2	63.63	25.50	13.40	24.45
32	0.99	13.00	13.40	4	47.55	25.50	14.00	18.54

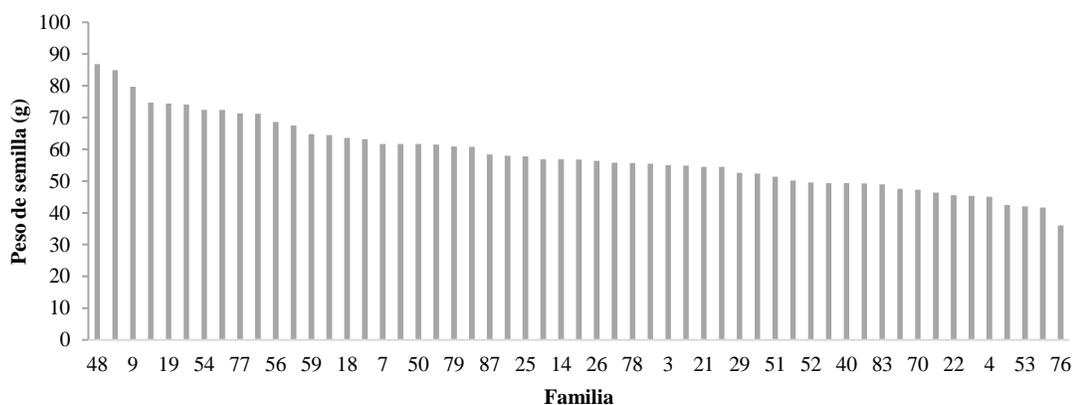
Al ser una población de amplia base genética, a pesar de estar en el segundo ciclo de selección familiar combinada, permite conservar la diversidad inicial de forma de fruto original, el cual es un aspecto a resaltar por considerarse que la presión de selección ha sido apropiada para no descartar ese tipo de características. Las formas anteriores siempre se presentarán debido a que la calabaza es una especie de polinización cruzada favorecida por la actividad de transporte de polen que realizan las abejas (Robinson y Decker-Walters, 1997) y, más aún, cuando en la

población bajo selección se permitió lapolinización natural, por lo que las múltiples visitas de abejas sobre las flores masculinas, frecuentemente resulta en una deposición de polen mezclado en estigmasreceptivos (Kirkpatrick y Wilson, 1988). La familia 18 se considera sobresaliente desde el punto de vista genético, porque a pesar de tener un peso de fruto muy bajo, presenta buen peso de semilla por fruto (63.63 g) (Tabla 1).



**Figura 1.** Variabilidad en el peso de fruto de familias de medios hermanos maternos de calabaza pipiana.

La Figura 1 permite observar claramente que la Familia 48 sobresale muy por arriba del resto de familias, posteriormente un grupo de tres familias se ubican como las que mejor peso de semilla presentan. Con base en los resultados numéricos se aprecia que existe menos variación entre las familias. Situación muy distinta se encontró para el peso de semilla, en la cual tres familias (Familia 48, 43 y 9) son superiores al resto de familias. Sin embargo, existe mayor variación en el resto de las familias, lo cual aún hay mucha materia prima para continuar con el proceso de selección en la población de calabaza (Figura 2).



**Figura 2.** Variabilidad en peso de semilla de familias de medios hermanos maternos de calabaza pipiana.

## CONCLUSIONES

En relación con las variables que determinan la calidad de fruto y semilla, tales como el peso promedio de fruto, peso seco de semilla por fruto y el peso de cien semillas, se encontró que la familia 48 presentó el mejor potencial en cada una de ellas, por lo que es de gran importancia para el programa de mejoramiento genético y se incluirá en los subsecuentes ciclos de selección familiar combinada. Las familias 48, 43 y 9 tuvieron el mayor peso de semilla por fruto y superan en al menos 44 g a la familia que menos semilla produjo.

## REFERENCIAS

- Cornide M. T. (2001). La genética vegetal, el mejoramiento y la sociedad. *Cultivos Tropicales* 22(3): 73-82.
- García E. (1988). Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Koppen para adaptarlos a las condiciones de la república mexicana. 4ª edición. UNAM. México, D. F. 110 p.
- Kirkpatrick, K. J.; Wilson, H. D. (1988). Interspecific gene flow in *Cucurbita*: *C. texana* vs *C. pepo*. *American Journal Botanical* 75(4): 519-527.
- Meneses M. I.; Villanueva V.C.; Sahagún C. J.; Vázquez R. T.R.; Merrick L. C. (2002). Componentes de varianza genética y respuesta a la selección combinada en calabaza *Cucurbita pepo* L. bajo el sistema milpa. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(1): 5-14.
- Meneses M. I.; Villanueva V. C.; Sahagún C. J. (2009). Cambios en la calidad de fruto maduro de una población sintética de calabaza (*Cucurbita pepo* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(3): 269-274.
- Pérez G. M.; Márquez S. F.; Peña L. A. (1997). Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. 380 p.
- Robinson, R. W.; Decker-Walters, D. S. (1997). Cucurbits. CAB International. University Press. Cambridge, UK. 226 p.
- Sánchez H. M. A.; Villanueva V. C.; Sahagún C. J.; Merrick, L. C. (2000). Variación genética y respuesta a la selección combinada en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(2): 221-240.

---

# Exploración de recursos genéticos en caña de azúcar para mejorar el rendimiento

## Exploring sugarcane genetic resources to improve yield

JUAN PATISHTAN-PÉREZ<sup>1\*</sup>, JUAN JOSÉ MALDONADO-ALMANZA<sup>2</sup>, ANAHÍ DENISE MATÍAS-CRUZ<sup>3</sup>, RAFAEL CASAS-DEL-ÁNGEL<sup>3</sup>, JESÚS WALFRE DEL ÁNGEL-BERMÚDEZ<sup>3</sup>, ALEJANDRO DE LA CRUZ FRANCISCO<sup>3</sup>

*Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP<sup>1</sup> Azúcar Grupo Sáenz-Ingenio El Mante<sup>2</sup>. Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca<sup>3</sup>.*

*\*Corresponding author: patishtan.juan@gmail.com*

---

### RESUMEN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es uno de los principales cultivos agrícolas en México por su alto potencial de producción de biomasa y sacarosa. En las zafras 2012-2018, el rendimiento promedio nacional fue de 70 t ha<sup>-1</sup> mientras que en Tamaulipas el rendimiento promedio fue de 66 t ha<sup>-1</sup>, el cual está por debajo del promedio nacional. Dependiendo de una sola variedad predominante, CP 72 2086, puede ser riesgosa por la presencia de nuevas plagas y patógenos más devastadores. El objetivo de esta investigación fue identificar variedades de caña de azúcar con potencial de crecimiento superior al genotipo CP 72-2086. La medición de diámetro/altura de tallos y la cuantificación de número de tallos molederos por cepa fueron realizados en las condiciones edafoclimáticas del campo experimental del ingenio El Mante (Localidad 1) y campo experimental Las Huastecas-INIFAP (Localidad 2), ubicados en el sur de Tamaulipas. Las evaluaciones fueron realizadas en 2018 usando 40 variedades de caña en fase planta a una edad de ocho meses. Los componentes de rendimiento fueron analizados conforme a un diseño completamente al azar con arreglo factorial (localidad x variedades) con 6 repeticiones, los cuales están constituidos por cepas individuales. La variedad comercial, CP 72-2086, la altura y diámetro de tallos fueron 1.3 m y 2.7 cm, respectivamente, mientras que el número de tallos fue 14. El número de tallos fue significativamente diferente entre variedades, localidades e interacción localidad x variedad ( $P \leq 0.05$ ). Los componentes de rendimiento de algunas variedades de caña de azúcar mostraron asociación positiva entre localidades. Los resultados preliminares de la investigación indicaron que existen variedades superiores al genotipo CP 72-2086.

**Palabras clave:** variedades promisorias, semicomerciales, comerciales.

## ABSTRACT

Sugarcane (*Saccharum* spp.) is one of the major agricultural crops in Mexico due to its high biomass production and sucrose content. Between 2012 and 2018, the national average sugarcane yield was about 70 t ha<sup>-1</sup>, while in Tamaulipas state the sugarcane yield was 66 t ha<sup>-1</sup>, which is lower than the national yield average. Growing only CP 72-2086 sugarcane cultivar across Mexico is risky due to newer and more devastating pests and diseases. The aim of this study was to identify whether there are sugarcane cultivars with higher growth potential than the CP 72-2086 genotype. This research was carried out in El Mante (Location 1) and Altamira (Location 2) both located in the south of Tamaulipas state, Mexico. The height, diameter and number of millable stalks of sugarcane cultivars were measured and registered for each sugarcane plants at 8 months old. The experimental design was a completely randomised design in 2 x 40 factorial arrangement with six replicates. The commercial CP 72 20-86 showed a stalk diameter about 2.7 cm and stalk height was around 1.3 m, while the number of millable stalks was about 14. The number of millable stalks was significantly different between sugarcane cultivars, locations and the interaction between location and sugarcane cultivar. Furthermore, there was an association between locations for the yield components of some sugarcane cultivars. The preliminary results of this research indicated that there is a set of sugarcane cultivars with higher yield components than CP 72-2086 commercial variety.

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es una planta bianual-perenne con una producción alta de biomasa. Este cultivo pertenece al género *Saccharum*, y sus principales especies son *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sanguineum*, *S. sinensi*, *S. barberi*, *S. edule*, *S. ravennae* y *S. robustum* (Amalraj y Balasundaram, 2006). Las variedades comerciales son derivados de *S. officinarum* y *S. spontaneum*, ambas especies no solamente difieren en el tamaño sus genomas (Zhang *et al.*, 2012), sino también en sus características morfológicas y fisiológicas. Por ejemplo, el primero acumula grandes cantidades de azúcar, mientras que el segundo es caracterizado por tener hojas pubescentes, cañas molederas delgadas con contenidos bajos de sacarosa (Ming *et al.*, 2001).

En términos de producción, los países con mayor participación de cosecha de caña de azúcar son Brasil, India, China, Tailandia, Pakistán y México. Mundialmente y nacionalmente, la superficie cosechada de caña ha incrementado exponencialmente en los últimos 60 años. A principios de los 60's, la superficie sembrada de caña en México fue ~347,000 ha, mientras que en la zafra 2016/2017, esta superficie ha incrementado a 777,078 ha, la cual corresponde un incremento de ~55% durante este periodo (FAO, 2017; Conadesuca, 2018). La producción de caña en México es realizada principalmente en siete regiones, los cuales están compuestos por 15 entidades federativas y 267 municipios. Los principales estados productores de caña son Veracruz, San Luis Potosí, Jalisco, Oaxaca y Tamaulipas, los cuales conjuntan una superficie

sembrada de ~72%. Mientras que los estados de Tabasco, Quintana Roo, Chiapas y otros estados contribuyen ~28% de la superficie sembrada. En las zafras 2012-2018, la superficie sembrada/cosechada del cultivo en Tamaulipas es ~28,759 ha, con un promedio de molienda anual ~1.89 millones de toneladas de caña (Conadesuca, 2018). Las principales regiones productoras de caña en esta entidad federativa son El Mante, Xicoténcatl, los cuales aportan un 57% de la producción, mientras que las regiones como Gómez Farías, Ocampo, González, Antigua y Nuevo Morelos aportan el 43%. Referente a rendimiento, durante las zafras 2012-2018, el rendimiento promedio nacional fue de 70 t ha<sup>-1</sup>. Mientras que a nivel estatal el rendimiento de caña molederas fue 66 t ha<sup>-1</sup>, el cual está por debajo del promedio nacional.

En México, existen alrededor de 3,000 variedades, las cuales cientos de ellas han sido generadas en el país y ~1,900 variedades provienen de diferentes países. Particularmente, la estación de hibridación en Rosario Izapa, Chiapas resguarda 2,768 variedades de caña de azúcar de las cuales 810 son mexicanas y 1,923 extranjeras (CIDCA, 2018). En los últimos 60 años, ~150 variedades han sido liberados, esto equivale a 2.5 variedades por año. A pesar de estas numerosas variedades disponibles en México (Aguilar-Rivera, 2012), las variedades CP 72-2086, Mex 69-290 y Mex 79-431 son los genotipos que actualmente predominan en las zonas cañeras en el país y conjuntan alrededor de 74% de la superficie sembrada (Senties-Herrera y Gómez-Merino, 2014; Milanés-Ramos *et al.*, 2010). ¡Varias preguntas que resaltan sobre esta situación! Carencia de una plataforma sólida abierta de información, coordinación deficiente sobre evaluaciones de variedades y transferencia de tecnología insuficiente en caña de azúcar. Por otro lado, quizás estas tres variedades aún son rentables para el productor, aunque estos genotipos tengan incidencia de plagas y enfermedades.

Particularmente en las zonas cañeras de Tamaulipas, además de las tres variedades mencionadas, los genotipos ATEMex 96-40, Mex 91-917 (Mora y Gómez, 2010), Mex 91-589, Mex 98-13, Mex 95-25, Mex 96-60, Mex 96-52 y Mex 95-59 están siendo sembradas en forma semicomercial y comercialen los últimos años (Maldonado-Almanza *et al.*, 2017). Sin embargo, la adaptación de estas variedades difiere entre localidades y sistemas de producción. Por lo tanto, es necesario continuar con la evaluación de variedades relativamente nuevas de caña de azúcar. Además, es prioritario crear un convenio entre instituciones de investigación e ingenios azucareros, una plataforma sólida abierta de información y fortalecer la transferencia de tecnología de caña de azúcar. El objetivo de esta investigación fue identificar variedades de caña de azúcar con potencial de crecimiento superior al genotipo CP 72-2086.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación fue realizado en las condiciones edafoclimáticas del Campo Experimental del Ingenio El Mante (Localidad 1) y Campo Experimental Las Huastecas INIFAP (Localidad 2). La colección de genotipos de caña de azúcar está compuesta por híbridos, variedades promisorias, semicomerciales y comerciales nacionales e internacionales (Tabla 1).

La mayoría de las variedades han sido evaluadas por distintos investigadores usando la metodología revisado por Zhang *et al.* (2014). Tradicionalmente, la siembra de caña es por medio de segmentos de cañas maduras (semillas) con una longitud aproximada de 60 cm las cuales contienen entre 4 y 6 yemas. Para esta siembra convencional, es necesario disponer entre 12 y 14 toneladas (t) de semilla ha<sup>-1</sup>. El uso de plántulas de semillero es un método relativamente nuevo y consiste en germinar yemas individuales en charolas/germinadoras con sustrato (Jain *et al.*, 2010; Naik *et al.*, 2013; Galal, 2016). Para esta investigación, el uso de plántulas de semillero fue adoptado. Las plantas fueron producidas en condiciones de invernadero y trasplantadas a mediados de abril 2018. En la localidad 1, la modalidad de riego fue rodado mientras que en la localidad 2 fue riego por goteo. El manejo del cultivo fue de acuerdo al paquete tecnológico actualizado y experiencia del personal involucrado de la investigación.

**Tabla 1.** Híbridos y variedades nacionales e internacionales de caña de azúcar.

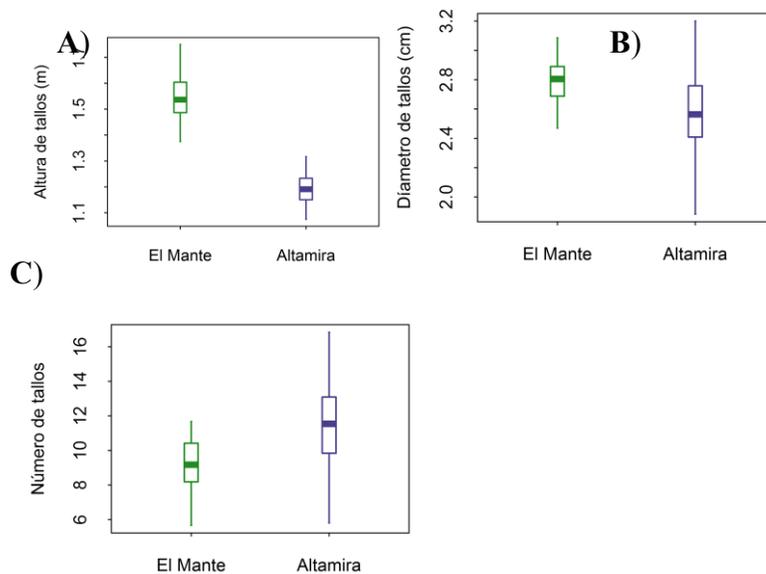
Híbridos de caña de azúcar				
CL 47-143 x CO 453	CP 52-68 x CO 453	Mex 55-131 x Mex 75-1632	Mex 57-1285 x Mex 57-473	PR 87-2078 x NA 63-90
Mex 59-658 x CO-453	Mex 60-1418 x Mex 75-17-05	LCP 81-10 x POJ 221	CP-29-116 x Mex-69-1426	-
Variedades de caña de azúcar semicomercial				
ColMex 00- 217	EMex 00-29	EMex 01-21	EMex 01-323	EMex 02-05
EMex 02- 59	EMex 03-198	EMex 05-222	IMMex 98-13	IMMex 95-25
Variedades de caña de azúcar comercial				
ColMex 94- 49	ColMex 95-1413	RB 85-5113	ColMex 98-12	RB 84-5257
ColMex 00- 228	ColMex 98-19	ColMex 98-100	ColMex 01-04	ColMex 95-27
Mex 95-03	Mex 95-59	Mex 96-60	CP 72-2086	CP 88-1165
XMEX 91- 917	ATEMex 96-40	Co 290	LCP 84-385	Mex 68-P-23
Mex 79-431	-	-	-	-

**NOTA:** las semillas de los híbridos fueron obtenidos del centro de investigación y desarrollo de la caña de azúcar (CIDCA) y evaluadas parcialmente en el INIFAP-Colima y campo experimental Las Huastecas INIFAP. Mientras que las variedades fueron obtenidas de centros regionales experimentales de INIFAP-Colima, El Estribo, San Luis Potosí, e ingenio El Mante, Tamaulipas. En cada centro regional experimental (CER), las variedades han pasado por las fases cepa, surco, multiplicación I, II, III, parcela, adaptación, evaluación agroindustrial y prueba semicomercial.

Para analizar el efecto localidad, variedad e interacción localidad x variedad, los datos fueron analizados conforme a un diseño completamente al azar con arreglo factorial con 6 repeticiones, los cuales están constituidos por cepas individuales. Cuando hubo efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ) entre localidades, variedades o su interacción, se procedió a aplicar la prueba de medias de Tukey  $P \leq 0.05$ . Para cuantificar la asociación promedio de los fenotipos entre localidades, una matriz de correlación fue generada usando corrplot library, pairwise Pearson, en R (versión 3.5.1). Las correlaciones de Pearson fueron declaradas estadísticamente si  $P$ -valor fue  $< 1\%$  con coeficientes de correlación ( $> 0.5$  para correlación positiva y  $< -0.5$  para correlación negativa). Los análisis estadísticos fueron conducidos mediante Statistical Analysis System (SAS 9.3) y R (SAS Institute, 2011; R Development Core Team, 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variedad CP 72-2086 es una variedad comercial predominante sembrada en México. Por lo tanto, este genotipo fue considerado como referencia para seleccionar variedades para la región cañera de Tamaulipas. En las dos localidades, los fenotipos altura y diámetro de tallos molederos de la variedad comercial CP 72-2086 fueron en promedio 1.3 m y 2.7 cm, respectivamente. Mientras que el promedio de número de tallos molederos del genotipo comercial fue de 14. Los análisis estadísticos mostraron que la altura, diámetro y número de tallos fueron significativamente diferentes entre localidades (Figura 1A-C) y variedades (Figuras no mostradas). Sin embargo, el fenotipo número de tallos fue únicamente significativo en la interacción localidad x variedad (Tabla 2). De acuerdo a las variables evaluadas, la variedad CP 72-2086 fue alcanzada por 6 genotipos EMex 01-21, Co 290, Mex 95-03, ColMex 00-228, EMex 05-222 e híbrido CP 52-68 x CO 453 (Figura 2).

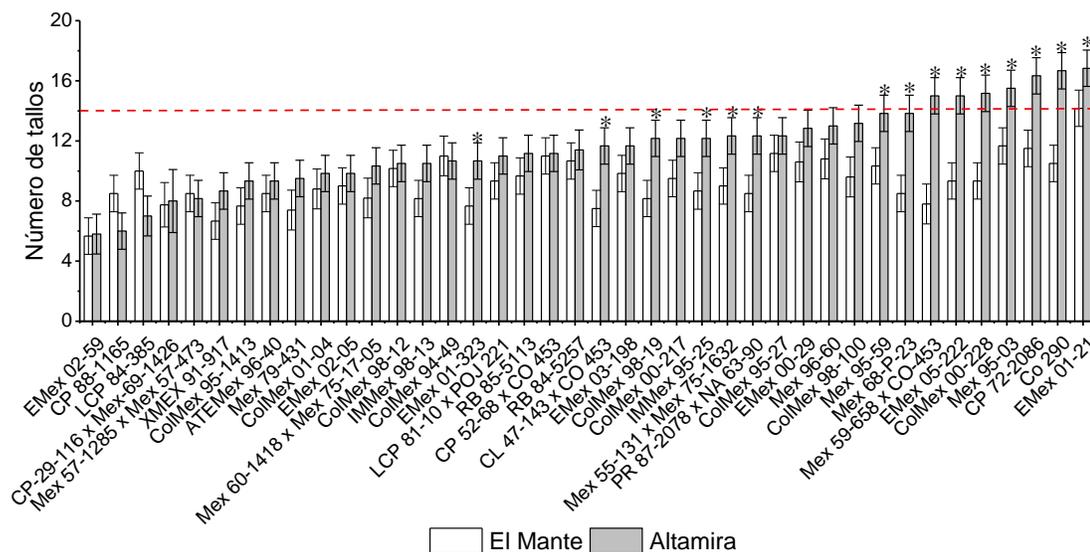


**Figura 1.** Altura (A), diámetro (B) y número de tallos (C) de 40 variedades de caña de azúcar en dos localidades.

**Tabla 2.** Cuadrados medios, valores de F y probabilidad de error (P) resultantes de los análisis de varianza del diseño completamente al azar con arreglo factorial.

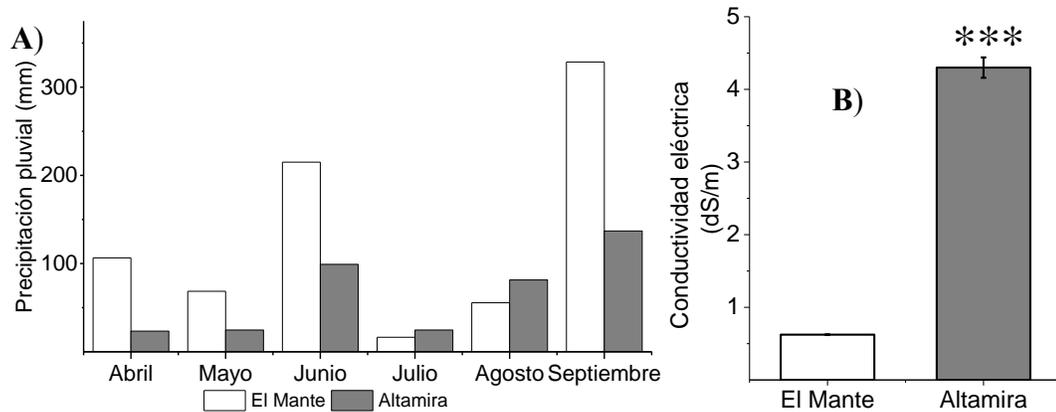
Fuente de variación	gl	Cuadrados medios	F-valor	P-valor
Localidad (L)	1	600.66 ****	68.41	< 0.0001
Variedades (V)	39	43.23 ****	4.92	< 0.0001
Interacción L x V	39	542.51 *	1.58	0.017
Residual	383	13.91		

**NOTA:** \*\*\* Significativo a 0.0001 de nivel de probabilidad, \*significativo a 0.05 de nivel de probabilidad, grados de libertad (gl)

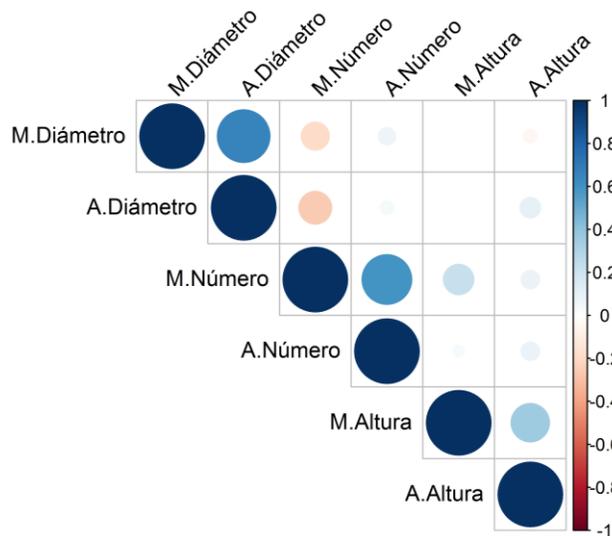


**Figura 2.** Número de tallos molederos de híbridos y variedades de caña de azúcar en dos localidades.

La línea punteada roja indica el promedio de 14 tallos molederos de la variedad comercial CP 72-2086. Los asteriscos indican diferencia significativa entre localidades para el fenotipo número de tallos. La genética de las variedades respondió diferente en cada localidad debido a las diferentes condiciones edafoclimáticas y sistemas de producción (Figura 3). Sin embargo, analizando los valores promedios de altura, diámetro y número de tallos de las variedades de caña de azúcar, existe una correlación positiva entre localidades para los fenotipos diámetro y número de tallos (Figura 4). Es decir, en términos relativos, varios genotipos identificados en El Mante están asociados con los genotipos de Altamira. Es importante mencionar que estos no son resultados finales, la evaluación de rendimiento y contenido de azúcares en grados Brix serán evaluados al final del ciclo del cultivo.



**Figura 3.** Distribución de precipitación pluvial registrado en dos localidades durante el periodo evaluación de 40 variedades de caña de azúcar (A). Conductividad eléctrica (CE) de agua de riego en dos localidades (B).



**Figura 4.** Correlación de matriz entre componentes de rendimiento de caña de azúcar. Correlaciones positivas y negativas están coloreadas en azul y rojo, respectivamente. Las abreviaciones son las siguientes: altura (M.Altura), diámetro (M.Diámetro) y número (M.Número) de tallos en la localidad El Mante, altura (A.Altura), diámetro (A.Diámetro) y número (A.Número) de tallos en la localidad Altamira.

## CONCLUSIÓN

Los resultados preliminares de la investigación mostraron que el número tallos molederos fue significativamente diferente entre variedades, localidades e interacción localidad x variedad. Los resultados preliminares muestran que existen genotipos con potencial de producción superior a

la variedad CP 72 20-86. En términos relativos, existe una asociación entre las mejores variedades identificadas en El Mante y Altamira.

## REFERENCIAS

- Aguilar-Rivera, N. (2012). The Mexican sugarcane industry: overview, constraints, current status and long-term trends. *Sugar Tech* 14(3): 207-222.
- Amalraj, V. A., Balasundaram, N. (2006). On the taxonomy of the members of 'Saccharum complex'. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53(1): 35-41.
- Conadesuca (2018). 5° Informe estadístico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en México. (Ed C. N. p. e. D. S. d. I. C. d. Azúca).
- FAO (2017). Statistical Database.
- Galal, M. O. A. (2016). A new technique for planting sugarcane in Egypt. *IIOAB JOURNAL* 7(4): 15-21.
- Jain, R., Solomon, S., Shrivastava, A. K., Chandra, A. (2010). Sugarcane bud chips: A promising seed material. *Sugar Tech* 12(1): 67-69.
- Maldonado-Almanza, J. J., Reyes-Hernández, J., Vega-Vázquez, C. & Aguilar-Acevedo, E. M. (2017). Variedades prometedoras en el 2017 para renovar el campo cañero en los ingenios de Tamaulipas.
- Milanes-Ramos, N., Ruvalcaba, V. E., Caredo, M. B., Barahona, P. O. (2010). Effects of location and time of harvest on yields of the three main sugarcane varieties in Mexico. In *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol*, Vol. 27, 1-10.
- Ming, R., Liu, S.-C., Moore, P. H., Irvine, J. E., Paterson, A. H. (2001). QTL analysis in a complex autopolyploid: genetic control of sugar content in sugarcane. *Genome Research* 11(12): 2075-2084.
- Mora, R. L., Gómez, L. G. (2010). El desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar en el área de influencia del ingenio central progreso, S.A de C.V.
- Naik, R., Annamalai, S. J. K., Nair, N. V., Prasad, N. R. (2013). Studies on Mechanisation of Planting of Sugarcane Bud Chip Settlings Raised in Protrays. *Sugar Tech* 15(1): 27-35.
- R Development Core Team (2016). A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*.
- SAS Institute, I. (2011). SAS 9.3. Software. SAS Institute, Inc. Cary, NC.
- Sentíes-Herrera, H., Gómez-Merino, F. (2014). Caña de azúcar
- Zhang, J., Nagai, C., Yu, Q., Pan, Y.-B., Ayala-Silva, T., Schnell, R. J., Comstock, J. C., Arumuganathan, A. K., Ming, R. (2012). Genome size variation in three *Saccharum* species. *Euphytica* 185(3): 511-519.
- Zhang, J., Zhou, M., Walsh, J., Zhu, L., Chen, Y., Ming, R. J. S. p., biochemistry,, functional biology. Ames, I. J. W., Sons (2014). Sugarcane genetics and genomics. 623-643.

---

# Deducción y control de las condiciones climatológicas al interior de una casa sombra mediante simulaciones térmicas en Loma Bonita, Oaxaca

Deduction and control of climatological conditions inside a greenhouse by means of thermal simulation in Loma Bonita, Oaxaca

GABRIELA DÍAZ FÉLIX<sup>A</sup>, JOSÉ ANTONIO YAMTZECA<sup>A</sup>, CÉSAR GARCÍA-ARELLANO<sup>A\*</sup>

*<sup>A</sup>Instituto de Agroingeniería, Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita  
Av. Ferrocarril s/n, CD. Universitaria, Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 68400*

*\*Corresponding author: rasecgarella@hotmail.com*

---

## RESUMEN

En este trabajo se realizaron simulaciones mediante Trnsys para determinar las condiciones climatológicas durante diferentes estaciones del año al interior de una casa sombra en la localidad de Loma Bonita, Oaxaca, México, con la finalidad de que el análisis del efecto de renovación de aire ofrezca información que permita optimizar su manejo. Las simulaciones muestran que las renovaciones de aire adecuadas para mantener las condiciones climatológicas de la casa sombra son 30 r/h, 40% menos que las mencionadas por diversa literatura. Se obtiene además la cantidad de energía requerida y el monto de inversión para dos configuraciones mecánicas de ventilación.

## INTRODUCCIÓN

La baja cuenca del Papaloapan, ofrece un suelo rico y fértil para el cultivo de diferentes especies. La región de Loma Bonita se caracteriza por ser el municipio a nivel nacional con mayor producción de piña (Hernández et al., 2015), además se cultivan grandes extensiones de pastos, caña de azúcar, maíz y limón agrio (INEGI, 2005). Las condiciones climatológicas de la región son propicias para extender una variedad de cultivos que fomenten el desarrollo agrícola de la zona.

Los principales problemas a los que se enfrentan los productores y agricultores de la región, son proteger los cultivos de las plagas y evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas (Juárez et al., 2011; Moreno et al., 2011), una alternativa a estos problemas es el uso de espacios de cultivo controlados. En nuestro país se ha incrementado la tasa de cultivos en ambientes protegidos principalmente mediante el uso de invernaderos y casas sombras (Van 't Ooster et al., 2008).

Sin embargo, en la región de Loma Bonita Oaxaca, el uso de este tipo de sistemas no es habitual debido a que las condiciones climatológicas de la región favorecen a un aumento considerable en la temperatura y humedad al interior de los invernaderos durante gran parte del año, provocando estrés en los cultivos. Al ser estructuras sencillas y de bajo costo sin medios de ventilación, el control climático al interior se reduce solo a la apertura y cierre de las ventanas laterales o cenitales en caso de existir. Además, el material antiáfidos de las mallas son un obstáculo más a considerar para el flujo de aire que pueda ingresar (Li et al., 2018; Arellano et al., 2011; Valera et al., 2006).

En invernaderos tradicionales, el método de ventilación natural es el más utilizado para reducir la temperatura al interior (Romero-Gomez et al., 2008; Flores y Villarreal, 2014; Misra y Ghosh, 2018). Sin embargo, la región de Loma Bonita presenta un promedio de velocidad anual muy bajo ( $0.65 \text{ ms}^{-1}$ ) que aunado a diversos factores reducen la eficiencia de los invernaderos y es necesario recurrir a dispositivos mecánicos de ventilación que permitan reducir el excedente de calor sensible, mejorar la transpiración de la planta y en general tener un mayor control en las temperaturas sobre todo en la época más cálida del año (Baeza et al., 2014; Thipe, 2017; Misra y Ghosh, 2018). La ventilación forzada mediante dispositivos mecánicos propicia además que el campo de temperatura y humedad sea mucho más homogéneo que mediante la ventilación natural (Kittas et al., 2001). En la presente investigación, se determinó el número de renovaciones de aire necesarios para mantener las condiciones adecuadas para los cultivos de la región, así como los equipos mecánicos adecuados y la cantidad de energía necesaria para este fin, así es posible proponer una opción sustentable del acondicionamiento del espacio (energía solar).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó para una casa sombra en la cual se cultivan chile soledad, jitomate, chile habanero y pepino ubicada en la Universidad del Papaloapan, campus Loma bonita, ubicado en el municipio de Loma Bonita Oaxaca, México, en las coordenadas geográficas  $18^{\circ} 05' 52.8''$  latitud norte y  $95^{\circ} 53' 46.8$  longitud oeste. Tiene una longitud de 30m de largo, 10m de ancho y una altura promedio de 5m. Los materiales de la cubierta son malla sombra de tipo agrícola con reducción de la radiación solar al 70% color negro y en los laterales malla antiáfidos de 40 X 25 hilos por pulgada cuadrada.

Se realizaron mediciones climatológicas de octubre a diciembre del año 2017 al interior de la casa sombra mediante un sensor de temperatura y humedad marca Spectrum® modelo A1610 y se registraron los datos cada diez minutos; las variables climatológicas se registraron en el área central del invernadero. Las condiciones climáticas al exterior fueron registradas cada hora mediante una estación meteorológica automática Vantage Pro2 de la marca Davis®, durante todo el año 2017. Se realizaron simulaciones térmicas por medio del software Trnsys 16® para determinar las condiciones de temperatura y humedad al interior de la casa sombra durante el 2017. En las simulaciones se incluyó la base de datos Meteororm del mismo año de la ciudad de Loma Bonita y se incluyeron las características físicas y térmicas de los materiales usados en la construcción de la casa sombra (conductividad, capacidad térmica, densidad y espesores), así como la temperatura y humedad ambiente registradas en la localidad el 1 de enero como condiciones iniciales para las simulaciones.

Los datos registrados al interior de la casa sombra, fueron comparados con los datos obtenidos en Trnsys para validar las simulaciones, se consideró la humedad relativa dentro de la casa sombra y la del simulador como tratamientos y cada respuesta como una repetición, se utilizó así una prueba de medias de Tukey. Para la validación, se eligió la semana del 4 al 10 de octubre, ya que durante este periodo se observó un elevado porcentaje de humedad relativa ambiente, considerando estos días como uno de los periodos más extremos de humedad a remover; además se observó estabilidad en los datos climatológicos. Una vez realizada la validación, se propusieron nuevas simulaciones en Trnsys en las cuales se incluyó la opción de ventilación mecánica para encontrar el número adecuado de renovaciones de aire por hora en función de las condiciones climatológicas de la región. Se utilizaron valores de 0.2 hasta 90 renovaciones de aire por hora. Con el número adecuado de renovaciones de aire, se extrapolaron las simulaciones a otros periodos del año, así se eligieron, la semana en la cual se registró el día más caluroso del año, la semana que presenta la temperatura y humedad relativa más elevada en conjunto y la semana que presenta el día con la temperatura ambiente más baja del año.

## **RESULTADOS**

### **Validación de las condiciones climatológicas internas**

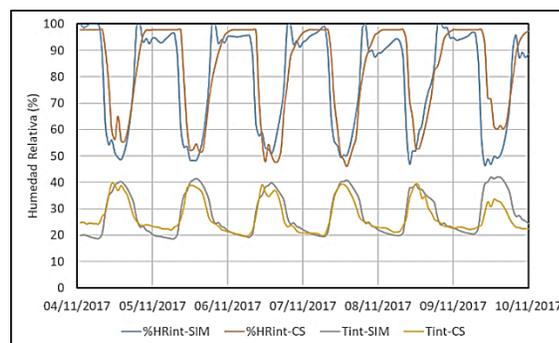
La fig. 1, presenta la validación de los datos obtenidos por la simulación en Trnsys en contraste con los datos experimentales obtenidos al interior de la casa sombra durante el periodo de prueba; mediante una prueba de medias se determinó que se requiere una DMS de 4.3; de acuerdo a la tabla no existen diferencias entre ambos. De igual forma se analizó una comparación del comportamiento de la humedad relativa exterior medida a través de la EMA Vantage Pro2 Davis con el desarrollo de la humedad relativa exterior generada por el simulador y la base de datos climatológica, no se observaron diferencias significativas, por lo que el modelo se considera adecuado.

**Tabla 1.** Medias de HR (%) en el interior de la casa sombra

Situación	Humedad relativa (%)
Casa sombra	79.317 a
Simulación	82.332 a

Con  $\alpha \leq 0.05$ , medias con la misma letra no representa diferencia significativa (DMS=4.3295)

La literatura reporta que las renovaciones por hora para un invernadero deben ser entre 40 y 60 renovaciones para climas tropicales (Flores-Velázquez et al., 2011; Villagrán et al, 2012), sin embargo, de las simulaciones y mediante un análisis estadístico de los resultados, se concluye que el número de renovaciones por hora para mantener al interior las condiciones climáticas semejantes al exterior son de 10 a 30 renovaciones ya que no existe diferencia significativa en la variable de humedad relativa interna (tabla 2); de igual forma se observó una diferencia máxima de 4°C al interior con respecto a la temperatura externa. Para este análisis se utilizaron 30 r/h para las extrapolaciones en cada época del año, renovaciones por arriba de esta cantidad incrementan la humedad interna y por debajo de ésta, incrementan la temperatura al interior de la casa sombra.



**Figura 1.** Validación de la temperatura y humedad relativa interna de la casa sombra mediante datos experimentales reales.

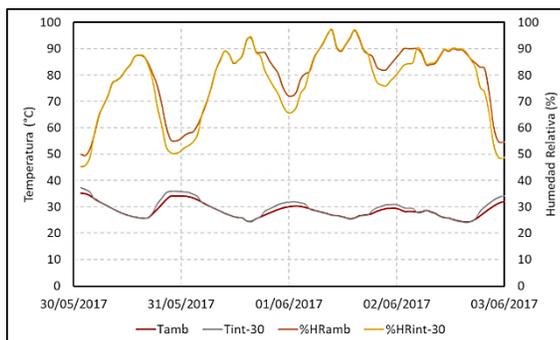
### Comparación entre tratamientos

**Tabla 2.** Validación estadística del número de renovaciones de aire al interior de la casa sombra

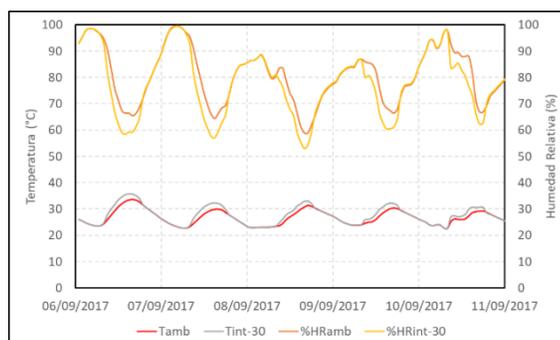
Renovaciones de aire	Humedad relativa (%)
Amb.	80.2a
90	79.4a
40	78.4a
30	77.9b
10	75.3b

Con  $\alpha \leq 0.05$ , medias con la misma letra no representa diferencia significativa (DMS=4.4027)

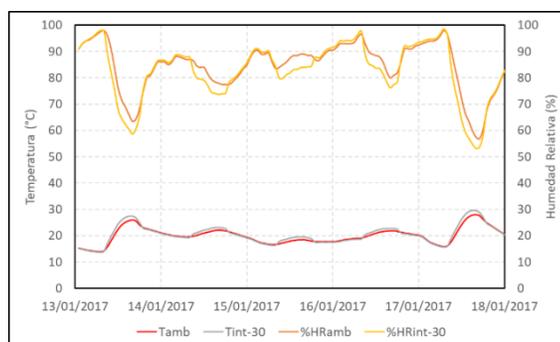
Las figs. 2, 3, 4 muestran los resultados de la simulación a 30 r/h, extrapolados para diferentes periodos del año.



**Figura 2.** Comportamiento de la temperatura y humedad relativa al interior de la casa sombra, durante la época más calurosa del año.



**Figura 3.** Comportamiento de la temperatura y humedad relativa al interior de la casa sombra, durante la época más calurosa y húmeda del año.



**Figura 4.** Comportamiento de la temperatura y humedad relativa al interior de la casa sombra, durante la época más fría año.

### Cálculo del caudal de ventilación

Los resultados mostrados en las Figuras 2 a 4, se obtuvieron considerando un número de renovaciones de aire mediante convección forzada por un ventilador mecánico. Así fue posible determinar el tipo de dispositivo adecuado para mantener el control de la temperatura y

humedad interna, así como la energía y la inversión necesaria para este fin. La región de Loma Bonita se caracteriza además por un elevado índice de radiación solar durante prácticamente todo el año, alcanzando los 800 W/m<sup>2</sup> durante la época de primavera y verano, por lo que una opción a considerar para la ventilación del invernadero es mediante el uso de paneles solares para alimentación de ventilación.

$$\begin{aligned} \text{Caudal de aire de ventilación} &= \text{Volumen casa sombra (m}^3\text{) X no. de renovaciones (r/h)} \\ &= 1275 \text{ (m}^3\text{) X 30 r/h} = \mathbf{38250 \text{ m}^3\text{/h}} \end{aligned}$$

Las Tablas 3 y 4 presentan las características de caudal de aire y mecánicas necesarias de los equipos ventiladores para mantener las condiciones internas de temperatura y humedad, así como la cantidad de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del uso de cada configuración.

**Tabla 3.** Características técnicas de los equipos mecánicos (con datos de fabricante [www.ventdepot.com](http://www.ventdepot.com))

Fuente de energía	Caudal a descarga libre (m <sup>3</sup> /h)	∅ aspas (pulg)	RPM	Voltaje (V)	HP	Unidades requeridas	Costo (\$M.N.)
Electricidad	27095	49	400	220	3/4	2	10,426.8
Solar	2805	12	1000	24 d.c.		14	83,451.2

El consumo anual de energía (kWh) se obtiene mediante el producto de la potencia de cada equipo (kW) y el tiempo anual de operación del mismo (h/año); para este estudio se consideró el costo del kW como \$3.50 M.N. La cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> se calcula mediante el factor de emisión de 0.582 ton de CO<sub>2</sub>/MWh (CRE, 2017)

**Tabla 4.** Consumo de energía y costos anuales

Fuente de energía	Consumo (kW)	Consumo anual (kWh)	Costo anual (\$M.N.)	CO <sub>2</sub> emitido (kg)
Electricidad	2.684	23,511.8	82,291.4	13,683.4
Solar (motor y panel)	0.476	4,169.7	0.0	0.0

## CONCLUSIONES

Las condiciones climatológicas de Loma Bonita, Oaxaca, no permiten el correcto uso de invernaderos o casas sombra sin el adecuado control de la temperatura y humedad interna. Se realizaron simulaciones térmicas para determinar el número adecuado de renovaciones de aire para mantener las condiciones internas de temperatura y humedad relativa sin diferencias significativas con el exterior, éstas fueron 30 r/h. Las simulaciones térmicas permitieron extrapolar las condiciones climatológicas internas para diferentes estaciones del año, figs. 2 a

4, obteniendo durante la etapa más fría una diferencia promedio de 2.2°C por arriba de la temperatura ambiente y de 5% por debajo de la humedad ambiente para las horas más cálidas del día; para la época más calurosa del año los resultados presentan una diferencia de 1.7°C para la temperatura y de 10% para la humedad; finalmente para la estación calurosa y con una alta humedad se encontraron diferencias de 2.5°C y 12% respectivamente. Mantener las condiciones climatológicas internas de temperatura y humedad relativa en la casa sombra, implica el uso de dispositivos mecánicos que pueden ser operados con energía eléctrica de la red o mediante el uso de energía solar. Aunque el costo de inversión inicial para equipos solares de ventilación es 80% mayor, se debe considerar el costo de energía eléctrica para el caso convencional de conexión a la red eléctrica, el cual durante el primer año de operación asemejaría a la inversión inicial solar. Además, la cantidad de energía eléctrica demandada de la red eléctrica involucra una emisión de 13.6 toneladas de CO<sub>2</sub> enviadas a la atmósfera.

## REFERENCIAS

- Arellano G., Valera M., Urrestarazu G., Quezada M., Murguía L. Zermeño G. (2011). Ventilación natural y forzada de invernaderos tipo Almería y su relación con el rendimiento de tomate. *Terra Latinoamericana*, 29, 379-386.
- Baeza R., Montero I., Pérez P., Bailey J., López H., Gázquez G. (2014). Avances en el estudio de la ventilación natural. *Cajamar*. Recuperado de [www.publicacionescajamar.es](http://www.publicacionescajamar.es)
- Comisión reguladora de energía. Factor de emisión del Sector Eléctrico Nacional, 2017. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene> (Consultado el 12 de octubre de 2018).
- Flores V., Villarreal G. (2014). Diseño de un sistema de ventilación forzada para un invernadero cenital usando CFD. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (2).
- Flores-Velázquez, J., Mejía-Saenz, E., Montero-Camacho, J. I., Rojano, A. (2011). Numerical analysis of the inner climate in a mechanically ventilated greenhouse with three spans. *Agrociencia*. 45: 545-560. <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825936150> (Consultado el 12 de octubre de 2018).
- INEGI, (2005.) Cuaderno Estadístico Municipal, Loma Bonita Oaxaca. Disponible en:
- Juárez L., Bugarín M., Castro B., Sánchez M., Cruz C., Juárez R., Alejo S., Balois M. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*, 3 (8).
- Kittas, C.; Bartzanas, T. and Jaffrin, A. 2001. Greenhouse evaporative cooling: measurements and data analysis. *Trans. ASAE*. 44(3):683-689.
- Li G, Tang L., Zhang X., Dong J., and Xiao M. (2018) Factors affecting greenhouse microclimate and its regulating techniques: A review. *Earth and Environmental Science*, 167.
- Misra D., Ghosh S. (2018). Evaporative cooling technologies for greenhouses: a comprehensive review. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 20(1).
- Moreno R., Aguilar D., Luévano G. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Quinta Época*, 29.

- Romero-Gomez, P., I. L. Lopez-Cruz, and C. Y. Choi. (2008). Analysis of greenhouse natural ventilation under the environmental conditions of central Mexico. *Trans. ASABE* 51: 1753-1761.
- Thipe L. (2014). Comparative analysis of two greenhouse microclimates in the sub-humid climate of South Africa (Tesis de maestría). College of Agriculture, Engineering and Science, Pietermaritzburg, Africa.
- Valera, D. L., A. J. Álvarez, and F. D. Molina. (2006). Aerodynamic analysis of several insect screens used in greenhouses. *Span. J. Agric. Res.* 4: 273-279.
- Van 'T Ooster, A., E. Heuvelink, V. M. Loaiza M., and E. J. Van Henten. (2008). Technical solutions to prevent heat stress induced crop growth reduction for three climatic regions in Mexico. *Acta Hortic.* 801: 1251-1258.
- Villagrán, E. A., Gil, R., Acuña, J. F., Bojacá, C. R. (2012). Optimization of ventilation and its effect on the microclimate of Colombian multi-span greenhouse. *Agronomía Colombiana.* 30 (2). 282-288.
- [www.ventdepot.com](http://www.ventdepot.com) (Consultado el 12 de octubre de 2018).

---

# Expresión de genes PR en hojas de plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculadas con *Nacobbus aberrans*

Expression of genes pr in leaves of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) inoculated with *Nacobbus aberrans*

ALDO GUADALUPE BUSTAMANTE-ORTÍZ<sup>1</sup>, ERNESTINA VALADEZ MOCTEZUMA<sup>2\*</sup>, ANSELMO DE JESÚS CABRERA HIDALGO<sup>3</sup>, NAHÚM MARBAN MENDOZA<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Maestría en Protección Vegetal, <sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, <sup>3</sup>Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Edo. de México, C. P. 56230 <sup>1</sup>Ext. 6180. <sup>2</sup>Ext. 6438. <sup>3</sup>Ext. 5356

\*Corresponding author: evaladez@chapingo.mx

---

## RESUMEN

El jitomate es de las hortalizas más importantes en el mundo. Con frecuencia su rendimiento se afecta debido a problemas fitosanitarios, entre ellos plagas y enfermedades. *Nacobbus aberrans* es un fitoparásito de importancia agrícola con la capacidad de inducir alteraciones génicas en sus hospedantes en respuesta a mecanismos de defensa. La presente investigación tuvo como objetivo determinar la expresión genética de proteínas relacionadas a patogénesis (PR) en tejido foliar durante la interacción juveniles J2 de *N. aberrans* – jitomate. Los tratamientos fueron plántulas de jitomate cv Rio Grande inoculadas con 1200 juveniles; los controles consistieron de plantas sin inoculación. Se recolectaron hojas a los 2, 7, 14, 21 y 28 días después de la inoculación (DDI) de las cuales se extrajo RNA; se sintetizó cDNA y se amplificaron los genes PR PAL, PR42, PR52, GLU, POX con PCR punto final. Los datos obtenidos, mostraron que la expresión de todos los genes PR indicaron una mayor actividad principalmente durante los días 7-21 DDI en todas las muestras; sin embargo, también se observó una ligera actividad de éstos en tejido no infectado, sugiriendo actividad basal de los mismos. Los resultados obtenidos confirman la activación de los genes para las proteínas Fenilalanina amonio liasa Glucanasas y Quitinasas, pero para el gen de la proteína Peroxidasa no hubo expresión.

**Palabras claves:** PCR, Proteínas relacionadas a la patogenicidad, Hojas.

## ABSTRACT

The tomato is of the most important vegetables in the world. Frequently, their production is affected due to phytosanitary problems among them plagues and diseases. *Nacobbus aberrans* is a phytoparasite of agricultural importance to the ability to induce gene alterations in its hosts in response to defense mechanisms. The goal of the present investigation was to determine the genetic expression of proteins related to pathogenesis (PR) in leaf tissue during the interaction youths J2 of *N. aberrans*-tomato. The treatments were seedlings of tomato CV Rio Grande inoculated with 1200 youth; the controls consisted of plants without inoculation. Leaves were collected at 2, 7, 14, 21 and 28 days after inoculation (DDI) from which RNA was extracted; cDNA was synthesized and PR PAL, PR42, PR52, GLU, POX genes were amplified with end point PCR. The obtained data showed that the expression to all PR genes evaluated, indicated a higher activity, mainly during days 7-21 DDI in all the samples; however, a slight activity of these was also observed in non-infected tissue, suggesting basal activity thereof. The results obtained confirm the activation of the genes for the protein's Phenylalanine ammonia lyase, Glucanases and Chitinases, but for the Peroxidase protein gene, there was no expression.

**Key words:** PCR, proteins related to the pathogenicity, Leaf.

## INTRODUCCIÓN

En México, el tomate es una de las especies hortícolas con gran trascendencia, se producen 2,320,109 ton y un consumo per cápita de 14.66 kg año<sup>-1</sup>, se exportan 1,560,000 ton y se importan 209,000 ton de tomate rojo fresco (FAOSTAT, 2014; SIAP, 2014). Sin embargo, el rendimiento se reduce año tras año debido a que constantemente, las plantas son afectadas por problemas fitosanitarios (Jones *et al.*, 2013). Dentro de estos los nematodos fitopatógenos, causan pérdidas anuales estimadas en 8.8 a 14.6%, es decir alrededor de 157 millones de dólares anuales en el mundo (Nicol *et al.*, 2011). *Nacobbus aberrans* es un nematodo polífago de más de 18 familias botánicas provocando hasta el 80% de pérdidas en la producción (Villa-Briones *et al.*, 2008), posee una alta capacidad reproductiva ya que una hembra puede producir de 37 a 833 huevos (Manzanilla-López *et al.*, 2002), además de tener la capacidad de inducir la formación de sitios especializados de alimentación, células gigantes o sincitios (Goverse *et al.*, 2000). Estas alteraciones metabólicas y estructurales dan resultado a cambios en la expresión génica, provocando una respuesta lenta y débil de los mecanismos de defensa de la planta, adelgazamiento de paredes celulares, crecimiento y división celular exclusiva (Gheysen y Fenoll, 2002). Las plantas han desarrollado un amplio repertorio de respuestas físicas, químicas y moleculares; mismas que les permite de manera temprana reconocer, detener y contrarrestar la infecciones Heath (2000). Claro ejemplo es la inducción de algunas proteínas relacionadas con la patogénesis (PRs) (Van Loon, 1997). Williamson y Gleason, 2003 demostraron que infecciones por nematodos enquistadores y agalladores inducen a una sobreexpresión de genes codificadores de enzimas degradadoras de pared celular del

hospedante. Normalmente, la cuantificación de genes se realiza con la técnica de PCR tiempo real, que permite determinar con precisión el número de moléculas de interés presentes en la muestra. En esta investigación, solamente se realizó una estimación cualitativa de la expresión de los diferentes genes PR evaluados; para lo cual, se trataron de considerar las mismas cantidades de tejido vegetal, de RNA y de cDNA, para amplificar los genes PR con PCR; así mismo, se consideraron los mismos volúmenes para separar los amplicones en los geles. Todas estas etapas se hicieron con el mayor cuidado con la idea de lograr observar de forma cualitativa la diferencia en expresión de los genes, a través del grosor de las bandas observadas en los geles de acrilamida utilizados. Siendo está una alternativa para sustituir momentáneamente lo que se debe hacer con PCR-tiempo real.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material Vegetal.** Se utilizó el genotipo de jitomate Río Grande (*Solanum lycopersicum* L.) por ser uno de los más susceptibles al nematodo. Se inocularon 15,000 huevos y 1200 juveniles del segundo estado de *N. aberrans*. Las plantas se mantuvieron en condiciones de invernadero ( $28 \pm 3^\circ\text{C}$ , 13 horas de luz y 40% de humedad relativa en promedio) durante 28 días. Las plantas control fueron plantas sin inocular.

**Inoculación y muestreo.** Se cortaron hojas de las plantas inoculadas a los 2, 7, 14, 21 y 28 días después de la inoculación (DDI) para la detección de genes de proteínas relacionadas a la patogénesis.

**Extracción de RNA total y síntesis de cDNA.** Se extrajo RNA total de la parte aérea de cada tratamiento por separado a partir de 100 mg de tejido fresco usando el protocolo de extracción de RNA (Maxwell® 16 Total RNA Purification Kit PROMEGA). La síntesis de DNA complementario (cDNA) constó de dos pasos 1) en un tubo Eppendorf se incubaron 10  $\mu\text{L}$  de RNA total con 1  $\mu\text{L}$  de Oligo dT<sub>18</sub> (Promega®) en un volumen final de 12  $\mu\text{L}$ , se aforó con agua libre de nucleasas (ALN) durante 5 min a 65 °C. 2) se añadieron 4  $\mu\text{L}$  de Buffer de Reaction (5X), 1  $\mu\text{L}$  de RiboLock RNase Inhibitor (20 U/ $\mu\text{L}$ ), 2  $\mu\text{L}$  de dNTP Mix (10 mM), 1  $\mu\text{L}$  de RevertAid M-MuLV RT (200 U/ $\mu\text{L}$ ), la mezcla se incubó 60 min a 42 °C y después 5 min a 70 °C durante 5 min en un termoblock Labnet D-1200.

**Determinación y cuantificación de la calidad de RNA y cDNA.** Para corroborar la calidad e integridad del material génico extraído y sintetizado se realizó un gel de acrilamida 8%. Mientras que la cuantificación fue por espectrofotometría con absorbancia de luz UV a una longitud de onda de 260 nm y 230 nm en un Espectrofotómetro NanoDrop® (ND 1000 V.3.5.2 Thermo Scientific, USA) utilizando 2  $\mu\text{L}$  de la muestra stock en ambos casos.

**Amplificación de los genes codificadores de proteínas relacionadas a patogénesis.** La PCR se realizó para el cDNA de hojas infectadas y controles en un volumen final de 25  $\mu\text{L}$ , conteniendo 5  $\mu\text{L}$  Taq buffer 5X (Promega®), 2.5  $\mu\text{L}$  MgCl<sub>2</sub> (1mM), 5  $\mu\text{L}$  dNTPs (1mM), 2.5  $\mu\text{L}$  de cada primer 12.5 pM), 0.3  $\mu\text{L}$  Taq DNA polimerasa (5U/ $\mu\text{L}$ ) (Promega®), 5  $\mu\text{L}$  cDNA y 2.2  $\mu\text{L}$  agua HPLC. Las condiciones de termociclaje (MaxyGene Thermal Cycler (Applied Biosystem, USA) fueron las siguientes: un primer ciclo de pre-desnaturalización a 94 °C durante

5 min, seguido de 35 ciclos de amplificación [1 min a 94 °C para desnaturalización, 1 min a 55 °C para alineamiento y 1:30 min a 72 °C para extensión] concluyendo con un ciclo final a 72 °C durante 5 min para la extensión final.

**Separación de fragmentos.** Los productos de PCR punto final se visualizaron en geles de poliacrilamida al 8 % en una cámara dual C.B.S. (Scientific CO® modelo MVG-216-33) con una fuente de poder E-C Apparatus Vorporations®, EC-105. El gel se documentó con una cámara fotográfica Nikon COOLPIX S2700 y un transiluminador de luz blanca (Scorpion Scientific). Se realizaron un total de 3 repeticiones de cada muestra con los 5 primers. El tamaño de los amplicones obtenidos se estimó por comparación con los marcadores de peso molecular o ladder de 100 pb y 1 kb (Invitrogen).

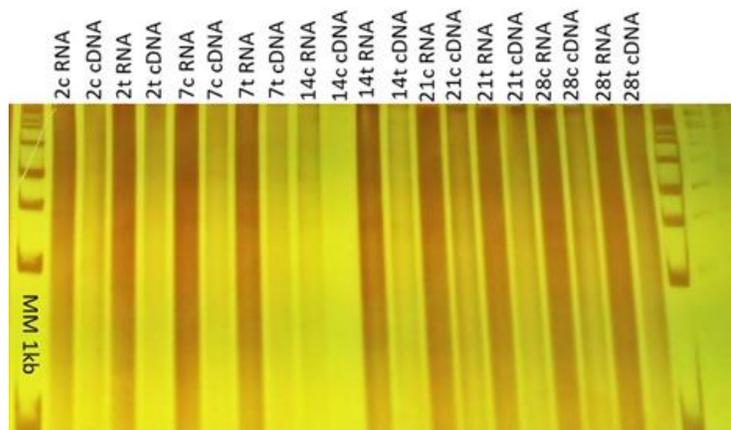
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los genes PR se detectan tanto en plantas infectadas como no infectadas, pero con diferentes niveles de expresión, constituyendo una barrera natural inicial para evitar la proliferación del patógeno (Chang *et al.*, 2002). Silvar (2008) menciona a la compatibilidad patógeno-hospedante en función del grado de coordinación entre las defensas y expresión de genes codificantes de metabolitos inhibidores de patógenos. A través de electroforesis en geles de poliacrilamida al 8% (acrilamida: bis-acrilamida, 29:1) se separaron los fragmentos obtenidos mediante PCR punto final, ya que de acuerdo con Valadez-Moctezuma y Kahl (2000), si se emplea esta concentración, se pueden observar fácilmente fragmentos que se encuentran en un rango de 200 pb a 2.5 kb. El proceso de inducción de producción de PRs debe verse como sistémico, ya que ellas no solo se acumulan en el sitio de localización del patógeno, sino también en partes no inoculadas de la planta, por lo que conocer los cambios metabólicos inducidos por *N. aberrants* puede ayudar a comprender el fenómeno de pérdida o inhibición de la resistencia.

**Calidad de RNA y cDNA.** La cantidad de RNA y de cDNA obtenida fue suficiente para permitir llevar a cabo las amplificaciones mediante PCR punto final. Los valores registrados con el NanoDrop (ND-1000) fueron de alrededor de 41.3 ng  $\mu\text{L}^{-1}$  para la concentración de RNA (A230/280) y 2599.3 ng  $\mu\text{L}^{-1}$  para cDNA (A260/280). Puede notarse en Figura 1, la presencia de barridos de mayor intensidad a los carriles correspondientes al RNA, esto debido al alto número de transcritos de genes distribuidos.

### **Análisis de la Expresión de PAL, P42, GLU, POX, P52.**

A manera de resumen se hace mención la presencia o ausencia de las bandas esperadas de estas enzimas para muestras de hojas en la interacción *Nacobbus aberrants*- jitomate (Tabla 1).



**Figura 1.** Calidad de RNA y cDNA del material vegetal. C: Control. T: Tratamiento. MM: Marcador Molecular 1000 pares de base.

**Tabla 1.** Presencia-ausencia de las proteínas relacionadas a patogénesis en muestras de hojas.

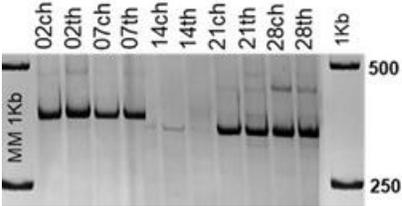
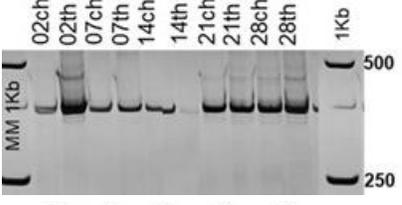
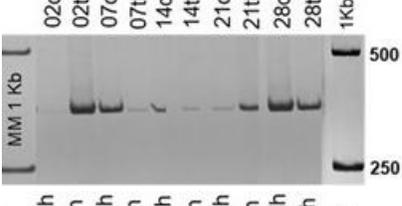
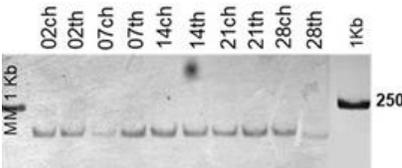
Genes	02	07	14	21	28	02	07	14	21	28
	C	C	C	C	C	T	T	T	T	T
PAL	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓
P42	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GLU	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
POX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P52	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Donde los números representan los días después de la inoculación, T: Tratamiento, C: Control, PAL: Fenilalanina Amonio Liasa, P42: Quitinasa, GLU: Glucanasa, POX: Peroxidasa, P52: Thaumatina.

Los niveles de la actividad de la enzima Fenilalanina Amonio Liasa PAL (amplicón de 385 **pb**), la cual es inducida tempranamente en respuestas resistente a otros patógenos, también aumentan en plantas de tomate resistentes después de la infección con el nematodo (Moroz *et al.*, 1996). Nuestros resultados son congruentes con la aseveración anterior, se observó un decremento en la concentración a los 14 DDI, tanto en las plantas control como en las tratadas, esto por la alta tasa de concentración del nematodo y su actividad.

El amplicón para el gen de la glucanasa (325 **pb**) y de la quitinasa (376 **pb**) refieren a proteínas PRs que tienen una función importante en la defensa contra patógenos a través de la liberación de fragmentos de glucanos de la pared celular del patógeno o la planta, las cuales funcionan como elicitores, activando otras respuestas de defensa de la planta (Takeuchi *et al.*, 1990). En la presente investigación se encontró que el gen de quitinasa se expresó constantemente en las plantas inoculadas; por otro lado, el transcrito de glucanasa se manifestó en los extremos del experimento es decir en las primeras etapas y la última con mayor expresión.

La expresión del transcrito del gen POX y la actividad de peroxidasas (amplicón de 255pb) se incrementa como resultado de la invasión del patógeno (Van Loon *et al.*, 2006), las peroxidasas aportan resistencia al acumular O<sub>2</sub> creando un ambiente toxico, además de reforzar las paredes celulares depositando polímeros que forman una barrera física (Passardi *et al.*, 2005). En hojas no se detectó expresión de POX debido a que las hojas estaban muy jóvenes y como menciona Cuervo *et al.*, (2009), la inducción de la actividad de peroxidasas está asociada a la lignificación, siendo parte de los mecanismos asociados a defensa a nivel del tallo.

Primers	Electroforesis	Tamaño de peso molecular esperado
<b>PAL2</b> <b>Fenilalanina Amonio Liasa</b>		385 pb
<b>PR-42</b> <b>Quitinasas</b>		376 pb
<b>GLU</b> <b>Glucanasas</b>		325 pb
<b>POX</b> <b>Peroxidasa</b>		255 pb
<b>PR-52</b> <b>Thaumatina</b>		220 pb

Electroforesis para el amplicón de los genes de interés relacionados a patogénesis. Donde los números representan los días de muestreo, los carriles de los extremos marcadores de pesos molecular específico de 1000pb C: control, T: Tratamiento.

Finalmente, la PR52 (amplificón de 220pb) que corresponde a la proteína Taumatina, se expresó en cada una de las muestras de hoja, esta ganancia de sobre expresión podría dar un margen de expresión mayor cuando las plantas se encuentren en campo sujetas a diferentes tipos de estrés, ya que tanto los factores bióticos como abióticos estimulan de manera natural las rutas principales de defensa de la planta. Estudios relacionados a esta proteína fueron reportados por (Duplessis *et al.*, 2009); estos autores reportaron estudios basados en transcriptoma que revelaron la reprogramación transcripcional en hojas de álamo infectadas por *Melampsora spp.*, incluida la regulación positiva de muchas proteínas PR.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos confirman la activación de los genes para las proteínas Fenilalanina amonio liasa, glucanasas, quitinasas y taumatina, incrementando visualmente los niveles de expresión en plantas inoculadas por el nematodo. No se observaron efectos en el sistema antioxidantes (procesos oxidativos) que indujeran la acumulación de peroxidasas en hojas al estar en pleno desarrollo. El contenido de PR en los tejidos de las plantas sanas es insignificante, expresándose solo en ciertos estados del desarrollo de las mismas.

## REFERENCIAS

- Chang, Julie; Baltz, Rachel; Schmett, C. y Beffa, R. (2002). Downregulation of a pathogen responsive tobacco UDP-GLC: Phenylpropanoid glucosyl transferase reduces scopolignin glucosidase accumulation. *Plant Cell*. 14: 1093-1107.
- Cuervo, D., Martínez, S., Ardila, H., & Higuera, B. (2009). Inducción diferencial de la enzima peroxidasa y su relación con lignificación en los mecanismos de defensa del clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) durante su interacción con *Fusarium oxysporum* f. sp. *Dianthi*. *Revista Colombiana de Química*, 38 (3), 379-393. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/13626/36576>
- Duplessis S, Mayor I, Martín F, Séguin A. (2009). Interacciones de álamo y patógeno: Perspectivas de Populus Genoma Análisis a gran escala de familias de genes de resistencia y defensa y perfil de expresión génica. *Crit Rev Plant Sci*. 28: 309-334. doi: 10.1080 / 07352680903241063.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics. (2014). Producción mundial de tomate rojo. Recuperado de la red: 23 <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Fecha de consulta 01/03/2017.
- Gheysen, G. and C. Fenoll. (2002). Gene expression in nematode feeding sites. *Annual Review of Phytopathology*. 40: 191-219.
- Goverse, A.J. A. Engler, J. Verhees, S.V. der-Krol, J. Helder, and G. Gheysen. (2000). Cell cycle activation by plant parasitic nematodes. *Plant Molecular Biology*. 43: 147-761.
- Heath, M.C. (2000). Nonhost resistance and nonspecific plant defenses. *Current Opinion in Plant Biology*. 3: 315-319 p.

- Jones J. T., A. Haegeman, E. G. J. Danchin, H. S. Gaur, J. Helder, M G. K. Jones, T Kikuchi, R. Manzanilla-López, J. E. Palomares-Rius, W. M. L. Wesemael y R. N. Perry. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 14(9):946-961.
- Manzanilla-López, R.H., M.A. Costilla, M. Doucet, J. Frnaco, R.N. Inserra, P.S. Lehman, V. I. Cid del Prado, R.M. Suza, and K. Evans. (2002). The genus *Nacobbus* Thorne and Allen, 1994 (Nematoda: Pratylenchidae): systematics, distribution, biology and management. *Nematropica* 32:149-227.
- Moroz Valerie W y Husseyb RS. (1996). Nematode Pathogenesis and Resistance in Plants. *The Plant Cell*.1735-1745.
- Nicol, J.M., S.J. Turner, D.L. Coyne, L.D. Nijs, S. Hockland and Z.T. Maafi. (2011). Current Nematode Threats to World Agriculture. In: *Genomics and Molecular Genetics of Plant Nematode Interactions*. Eds. Jones J, Gheysen G & Fenoll C, Springer pp 21–43.
- Passardi F, Cosio C, Penel C, Dunand C (2005). Peroxidases have more functions than army knife. *Plant Cell Rep.* 24: 255-265.
- Cuervo, D., Martínez, S., Ardila, H., & Higuera, B. (2009). Inducción diferencial de la enzima peroxidasa y su relación con lignificación en los mecanismos de defensa del clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) durante su interacción con *Fusarium oxysporum* f. sp. *Dianthi*. *Revista Colombiana de Química*, 38 (3), 379-393.  
Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/13626/36576>
- SIAP “Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera”. (2014). Avance de Siembras y Cosechas, Resumen nacional por cultivo. Recuperado de [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do). Fecha de consulta: 01/03/2017.
- Silvar, C., Merino, F., and Diaz, J. (2008). Differential activation of defense-related genes in susceptible and resistant pepper cultivars infected with *Phitophthora capsisi*, *Journal of Plant Physiology*, 165:1120-1124.
- Takeuchi, Y., Yoshikawa, M., Takeba, G., Kunisuke, T., Shibata, D., and Horino, O. (1990). Molecular cloning and ethylene induction of mRNA encoding a phytoalexin elicitor-releasing factor,  $\beta$ -1, 3-endoglucanase, in soybean. *Plant Physiology* 93:673-682.
- Valadez-Moctezuma, E.; Kahl, G. (2000). Huellas de ADN en genomas de plantas (teoría y protocolos de laboratorio). Mundi-Prensa. México, D. F., México. 147 p.
- Van Loon L.C., Rep M., Pieterse, C.M.J. (2006). Significance of inducible defense-related proteins in infected plants. *Annu. Rev. Phytopathol.* 44: 135-162.
- Van Loon, L.C. (1997). Induced resistance in plants and the role of pathogenesis related proteins. *European Journal of Plant Pathology.* 103: 753-765.
- Villa-Briones, A., E. Zavaleta-Mejía, M. Vargas-Hernández, O. Gómez-Rodríguez y S. Ramírez-Alarcón. (2008). Incorporación de vermicomposta para el manejo de *Nacobbus aberrans* en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Chapingo. Serie horticultura* 14(3):249-255.México.

Williamson, V. M., and C. A. Gleason. (2003). Plant-nematodes interactions. *Current Opinion in Plant Biology* 6:327-333.



---

## Evaluación de sustratos endémicos en la germinación, crecimiento y desarrollo de plántulas de cacahuate (*Arachis hypogaea*)

Evaluation of endemic substrates in the germination, growth and development of peanut seedlings (*Arachis hypogaea*)

EMANUEL PÉREZ LÓPEZ\*, MERCEDES MURAIRA SOTO, ROBERTO PANUNCIO MORA SOLÍS, MARISOL SANTIAGO LUCAS, JOSÉ GUADALUPE CISNEROS DE LOS ÁNGELES.

*TecNM® Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan. Avenida Tecnológico No. 21, Ejido San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca.*

*\*Corresponding author: genial24@msn.com*

---

### RESUMEN

El presente proyecto evalúa el mejor sustrato para germinación y crecimiento de plántulas de cacahuate (*Arachis hypogaea*), bajo la hipótesis de que las compostas son mejores para la germinación que la fibra de coco. Se desarrolló en el semillero del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan (ITCP) en el periodo de julio a agosto de 2018. Para la germinación se utilizaron charolas copperblock de unicel con 200 cavidades, tres sustratos: fibra de coco (FC), composta de cachaza (CC) y sustrato suelo-lombricomposta 50/50 (SL) y semillas de cacahuate colectadas en las comunidades de San Antonio Abad, Oaxaca (a) y San Andrés Tuxtla, Veracruz (t). Se empleó un diseño experimental en bloques estratificados con cinco repeticiones por muestra, en condiciones climáticas idénticas. Las variables a medir fueron: porcentaje de germinación en cada sustrato a los 7 días después de la siembra (dds), altura y grosor del tallo de las plántulas a los 7, 14 y 21 dds. Los resultados mostraron una mayor germinación en la semilla (100% en t y 45% en a), mayor altura (7.48 cm en t y 3.74 cm en a) y ganancia del grosor del tallo (0.43 cm en t y 0.20 cm en a) en CC, seguidas por el sustrato SL en germinación (80% en t y 30% en a), altura (5.30 cm en t y 3.62 cm en a) y grosor del tallo (0.34 en t y 0.20 cm en a), finalizando con la FC en germinación (0% en t y 0% en a), altura (0 cm en t y 0 cm en a) y grosor del tallo (0 cm en t y 0 cm en a). Las medias de germinación, altura y grosor del tallo de las plántulas entre los tratamientos presentaron diferencias significativas, calculados en la prueba DMS en InfoStat® versión Libre 2016.

**Palabras clave:** plántulas, composta de cachaza, fibra de coco, suelo-lombricomposta.

## ABSTRACT

The present project evaluates the best substrate for germination and growth of peanut seedlings (*Arachis hypogaea*), with the hypothesis that compost is better for germination processes than coconut fiber. It was developed in the seedbed of the Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan (ITCP) in the period from July to August 2018. For the germination, copperblock trays of unicol with 200 cavities were used, three substrates: coconut fiber (FC), filter cake compost (CC) and substrate soil-lombricomposta 50/50 (SL) and peanut seeds collected in the communities of San Antonio Abad, Oaxaca (a) and San Andrés Tuxtla, Veracruz (t). Was used an experimental design in stratified blocks with five repetitions per sample, in identical climatic conditions. The variables to be measured were: percentage of germination in Each substrate 7 days after sowing (dds), height and thickness of the stem of the seedlings at 7, 14 and 21 dds. The results showed greater germination in the seed (100% in t and 45% in a), higher height (7.48 cm in t and 3.74 cm in a) and gain in stem thickness (0.43 cm in t and 0.20 cm in a) in CC, followed by the substrate SL in germination (80% in t and 30% in a), height (5.30 cm in t and 3.62 cm in a) and stem thickness (0.34 in t and 0.20 cm in a), ending with the FC in germination (0% in t and 0% in a), height (0 cm in t and 0 cm in a) and stem thickness (0 cm in t and 0 cm in a). The means of germination, height and thickness of the stem of the seedlings between the treatments showed significant differences, calculated in the DMS test in InfoStat® Free version 2016.

**Key words:** seedlings, filter cake compost, coconut fiber, soil-vermicompost.

## INTRODUCCIÓN

El cacahuete es reconocido como un cultivo leguminoso importante a lo largo de América, África y Asia, donde es cultivado para su consumo local y comercio internacional, como alimento o como producto oleaginoso (Oliveros, 2013). Para 2017, se tuvieron 59,324.23 ha sembradas en todo el país, generando una producción de 99,465.31 toneladas, proporcionando un rendimiento promedio de 1,700 kg.ha<sup>-1</sup>, creciendo significativamente la tasa de rendimiento por ha, comparado con 2001, siendo Sinaloa, Chiapas, Chihuahua, Puebla, San Luis Potosí y Oaxaca los principales productores (SIAP, 2018).

La utilización de un sustrato que, proporcione las condiciones fisicoquímicas y nutrientes necesarios para el inicio del desarrollo garantiza una producción significativa (Pérez *et al.*, 2017), por lo que se evaluó los resultados de germinación, altura y grosor del tallo de plántulas de cacahuete en tres sustratos endémicos y de fácil acceso en la región del Papaloapan: fibra de coco, composta de cachaza y una mezcla de suelo-lombricomposta (50/50). El cuidado para la germinación de semillas asegura la obtención de plántulas vigorosas, mismas que reducen la pérdida de plantas después del trasplante. Parte fundamental del proceso de germinación es la correcta utilización de sustratos (Pérez *et al.*, 2017), es por ello que se deben utilizar sustratos adecuados para obtener una alta tasa de germinación. La vermicomposta es una eco-tecnología

sencilla para la producción intensiva de abono orgánico que trae consigo numerosos beneficios tanto para las actividades agrícolas como para la protección ambiental, ya que contribuye a disminuir los residuos orgánicos (Cavazos y Muraira, 2016). Félix-Herrán *et al* (2010) menciona que las propiedades de la lombricomposta son: pH de 7.5, humedad de 6.2%, capacidad de retención de agua en mL de H<sub>2</sub>O×100g de composta<sup>-1</sup>es de 28.1 y su porcentaje de materia orgánica es de 30.64. Un sustrato que se utiliza para la germinación de plántulas es la fibra de coco, que es un subproducto de la industria coprera, que se genera después de que el mesocarpo fibroso del coco ha sido procesado, las fibras de coco mexicanas presentan una densidad media de 0.09 g/m<sup>-3</sup>, capacidad de retención de agua con un valor medio de 63%, capacidad de aireación media 32%, agua fácilmente disponible de un 25% (Pérez *et al*, 2017).

En el proceso de fabricación de azúcar de caña se generan subproductos industriales entre los cuales se encuentra el bagazo, la cachaza y la ceniza; los cuales son considerados residuos sólidos e impurezas del proceso productivo. No obstante, es posible convertir los residuos orgánicos provenientes de la molienda en abonos orgánicos para uso en la agricultura mediante la técnica del compostaje (López *et al*, 2017). López *et al* (2017) determinaron que la cachaza de caña de azúcar presenta 0.25 g/m<sup>-3</sup> de densidad aparente, un promedio de 8.0 de pH, una capacidad de retención de agua del 50%, capacidad de aireación media en valores de 40% y 0.81 (1:5 µs/m) de conductividad eléctrica. En nuestro país la semilla de cacahuate es consumida en diversas formas: tostada, salada o dulce, de manera directa o procesada. También se extrae su aceite para la elaboración de margarinas, la pasta tiene una enorme demanda para la preparación de alimentos balanceados por su alto contenido proteico (28- 30 %) y el alto contenido de aceites (50 % en promedio). Por lo anterior, es considerado entre las semillas más nutritivas y con un alto aporte de energía. Se reporta que en general el cacahuate tiene un contenido promedio de proteínas del 28.5 % y de lípidos 46.3 % en la almendra (Tabla 1) (Oliveros, 2013).

**Tabla 1.** Composición química promedio de la semilla de *Arachis*.

CONCEPTO	% PESO SECO
Humedad	5.0
Proteína	28.5
Lípidos	46.3
Fibra cruda	2.8
Extracto Libre de Nitrógeno	13.3
Cenizas	2.9
Azúcares reducidos	0.2
Azúcares disacáridos	4.5
Almidón	4.0
Pentosas	2.5

Fuente: Oliveros, 2013.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el semillero del invernadero principal del área de Agricultura Protegida del ITCP, situado en Avenida Tecnológico, No. 21, ejido San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca, en el periodo de Julio a Agosto de 2018. La fase del proyecto consistió en identificar el mejor sustrato para la germinación de plántulas de cacahuete, así como el crecimiento en altura y grosor de la planta (medido con un vernier marca Wolfox, modelo WF9725), siendo utilizados: FC donada y recaudada de puestos comerciales en Tuxtepec, Oaxaca; CC donada por el Ingenio Adolfo López Mateos, perteneciente Grupo PIASA; sustrato SL50/50, elaborada en el Instituto, la lombricomposta fue proporcionada por el área de agricultura orgánica y el suelo utilizada fue colectada en el área del vivero.

La FC fue tratada como sugiere Pérez *et al.* (2017), la CC se mantuvo embolsada y se esterilizó en una autoclave Felisa, modelo. FE-396, durante 15 minutos a una presión de 15 libras; mientras que la SL fue colocada ya mezclada en un recipiente de 100 litros y desinfectada mediante la aplicación de ANIBAC® a razón de la etiqueta del productor: 0.5 litros/25-50 litros de agua; aplicando 5 litros de la mezcla y dejando reposar por 3 días. Se desinfectó la charola con una solución de hipoclorito de sodio al 8%, realizando el lavado de la misma en tres ocasiones con su respectivo enjuague, se dejó secar y al día siguiente se marcaron y llenaron las charolas con fibra de coco, composta y sustrato, colocando una semilla de cacahuete por orificio a una profundidad de 5 mm. El diseño experimental empleado para la germinación fue bloques estratificados con cinco repeticiones en cada uno, puesto que se estudiaron los dos factores (procedencia de la semilla) en cada tipo de sustrato (tres sustratos diferentes). Las evaluaciones fueron a los 7, 14 y 21 días después de la siembra, para la emergencia, grosor y altura de la plántula. Los puntos de referencia fueron la base del tallo y el ápice caulinar.

## RESULTADOS

La Tabla 1 muestra el porcentaje de germinación de plántulas en los sustratos con sus variantes. La letra minúscula hace referencia al origen de la semilla (t: Tuxtla, a: Abad). La Tabla 2 muestra la información de la media de altura a los 7, 14 y 21 dds. La Tabla 3 proporciona las medias de medición del grosor del tallo a los 7, 14 y 21 dds.

**Tabla 1.** Porcentaje de germinación de semillas de cacahuete a 7 dds en diferentes sustratos

Tratamiento	Porcentaje de Germinación (%)
CCt	100
CCa	45
SLt	80
SLa	30
FCt	0
FCa	0

**Tabla 2.** Media de altura de plántulas de cacahuete.

Tratamiento	Media	Datos	Clasificación
FCa	0.0	5	A
FCt	0.0	5	A
SLa	3.62	5	B
CCa	3.74	5	B
SLt	5.30	5	B C
CCt	7.48	5	C

Nota: Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente iguales ( $p>0.05$ ).

**Tabla 3.** Media de grosor (diámetro) del tallo de plántulas de cacahuete.

Tratamiento	Media	Datos	Clasificación
FCa	0.0	5	A
FCt	0.0	5	A
SLa	0.20	5	B
CCa	0.20	5	B
SLt	0.34	5	B C
CCt	0.43	5	C

Nota: Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente iguales ( $p>0.05$ ).

## CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, con base en el análisis estadístico DMS ( $p>0.05$ ), se concluye que la CC dio mejores resultados en la germinación de plántulas, ganancia de altura y grosor del tallo con respecto a los otros dos sustratos utilizados, por lo que la hipótesis planteada se acepta.

## AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México® y al Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan por el espacio para el establecimiento del proyecto, al C. Joel Ramírez Zacarías de la comunidad de San Antonio Abad, Oaxaca. Al C. Reynaldo Martínez Ortiz por la aportación de semillas.

## REFERENCIAS

- Cavazos Arizpe, E. y Muraira Soto, M. (2016). *Residuos orgánicos regionales para la producción de lombricomposta en la Cuenca del Papaloapan. Ingeniantes*, 30-33.
- Félix-Herrán, J. A., Serrato-Flores, R., Armenta-Bojorquez, A. D., Rodríguez-Quiroz, G., Martínez-Ruiz, R., Azpiroz-Rivero, H. S., Olalde-Portugal, V. (2010). *Propiedades*

*microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. Ra Ximhai.* 105-113.

López Bravo, E., Andrade Rivera, A. J., Herrera Suárez, M., González Cueto, O., García de la Figal Costales, A. (2017). *Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. Centro Agrícola.* 49-55.

Oliveros González, M. T. (2013). *Respuestas morfogénicas in vitro y diversidad genética en cuatro razas de cacahuete (Arachis hypogaea L.).* Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.

Pérez López, E., Pacheco Toledo, S. A., & Fuentes Peralta, J. M. (2017). *Valoración de sustratos en germinación de semillas de tomate (Lycopersicon esculentum) en la Región del Papaloapan. 100CIA TEC,* 19-20.

SIAP. (2018). *gob.mx.* Recuperado el 08 de Octubre de 2018, de SIAP: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

---

# INCIDENCIA DE *Botrytis cinerea* EN RACIMOS DE JITOMATE BAJO CASA SOMBRA Y CAMPO ABIERTO

ANTONIO-LUIS M.C., DOMÍNGUEZ-CRISANTO C., PALACIOS-TORRES R.E.\*, RAMÍREZ-SEAÑEZ A.R., HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ H., DÍAZ-FÉLIX G., YAM-TZEC J.

*Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Ingeniería Agrícola Tropical, Av. Ferrocarril, Cd. Universitaria, Loma Bonita Oaxaca.*  
*Corresponding author: rogeliopalaci57@hotmail.com*

---

## RESUMEN

Se comparó la incidencia de *Botrytis cinerea* en el híbrido de jitomate SUN 7705 bajo dos condiciones: campo abierto y casa sombra. El muestreo se realizó en 12 plantas seleccionadas completamente al azar, durante el muestreo se tomó datos en los racimos florales sobre la cantidad de botones y flores afectadas por *B. cinerea*. Se realizó una prueba de medias mediante el programa InfoStat. Este hongo mostró una mayor incidencia en condiciones de casa sombra, en comparación con campo abierto a finales del mes de noviembre y a la mitad del mes diciembre. La temperatura en estos meses en casa sombra se mantuvo en promedio de 20° C, mientras que la humedad relativa mantuvo un promedio superior a 90 %, lo cual favoreció la presencia de la enfermedad. Mientras en campo abierto la incidencia fue menor, ya que las temperaturas no superaban los 25 °C y la humedad se mantenía por debajo del 90 %.

**Palabras clave:** *Botrytis cinerea*, incidencia, temperatura, humedad relativa

## ABSTRACT

The Presence of *Botrytis cinerea* in the tomato hybrid SUN 7705 was compared under two conditions: (open field and shaded house with 70% mesh). Samplings were carried out in 12 plants selected randomly. During sampling, data was taken in the floral clusters on the number of buttons and flowers affected by *B. cinerea*. A test was performed using the InfoStat program. This fungus showed a higher presence in shaded house conditions, compared to open field at the end of November and the middle of December. The temperature in these months in the shade houses remained on average of 20 ° C, while the relative humidity maintained an average above 90% humidity, which favored the presence of the disease. While in open field the presence was lower, since the temperatures did not exceed 25 °C and the humidity remained below 90%.

**Key words:** *Botrytis cinerea*, incidence, temperature, relative humidity

## INTRODUCCION

México es uno de los principales exportadores de jitomate, ocupando el décimo lugar a nivel mundial, en cuanto a superficie sembrada (FIRA, 2017). El SIAP (2018) reporta una producción de 1,452,058 toneladas a nivel nacional con una superficie sembrada de 23,177 ha de riego y temporal, obteniendo rendimientos de 63 t ha<sup>-1</sup> esto hasta el mes de septiembre del mismo año. Los estados con mayor producción son: Sinaloa (23.3 %), San Luis potosí (10.9 %), Michoacán (7.5%), Jalisco (6.2%) y Zacatecas (6.0 %). El estado de Oaxaca solo aporta un 0.3% a la producción nacional. De acuerdo con el FIRA (2017), el desarrollo de tecnologías como invernaderos y estructuras de protección a los cultivos, ha aumentado el volumen de producción de jitomate hasta en un 59.6 % del volumen total de producción.. La temperatura y humedad relativa también juegan un papel importante en este tipo de aspectos, pues una alta humedad relativa propicia las enfermedades fungosas (Sandoval, 2004). El moho gris *Botrytis cinerea* es un fitopatógeno que se encuentra altamente distribuido a nivel mundial, las condiciones favorables de desarrollo son temperaturas entre los 20-24 °C y humedad relativa arriba del 90% (Sandoval, 2004). Este es uno de los fitopatógenos con mayor importancia debido a su capacidad de infección, ya que puede llegar a afectar a más de 200 plantas distintas (Koike y Bolda, 2016). Esta enfermedad tiene mayor presencia en invernaderos, es favorecida por las temperaturas cálidas y humedad relativa alta y puede afectar principalmente flores, hojas y tallos (INIA, 2017). La producción de jitomate en áreas como campo o incluso en áreas protegidas no queda exenta de patógenos, si no existe suficiente aireación, incluso si no se hace un adecuado manejo de podas de hojas lo que conlleva a una mala circulación de aire en las plantas, esta situación ocasiona que patógenos como *B. cinerea* o incluso otro tipo de hongo tenga las condiciones adecuadas para su desarrollo. El presente trabajo se realizó con el fin de comparar la incidencia que tiene *B. cinerea* en los racimos florales del cultivo de jitomate, en dos diferentes condiciones de producción con respecto a la temperatura y humedad relativa durante el periodo de floración en los cuatro primeros racimos florales.

## MATERIALES Y METODOS

Se establecieron dos experimentos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con el híbrido Sun 7705. La investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, ubicada en Loma Bonita en la región del Papaloapan en el estado de Oaxaca con coordenadas de 95° 53' longitud oeste y 18° 06' latitud norte, a una altura de 30 m.s.n.m. El Clima es cálido húmedo (Am) con abundantes lluvias en verano (García, 2004). La temperatura promedio es de 25 °C, con una precipitación promedio anual de 1845 mm (H. Ayuntamiento Constitucional de Loma Bonita, 2008).

Se empleó una casa sombra de dos aguas de un túnel (10 m x 30 m) con un área de 300 m<sup>2</sup>, estructura constituida por PTR de acero galvanizado desmontable cal. 14 G90. La malla sombra fue de 70 % negra y a los costados con malla anti-áfidos. El segundo experimento se desarrolló

en condiciones de campo abierto, para cada evaluación se utilizaron 42 m<sup>2</sup>. La siembra se realizó en charolas de unicel de 200 cavidades, utilizando peat-moss como sustrato de germinación. Se aplicó un riego diariamente, a partir de los 12 días después de la siembra se comenzó a realizar la fertilización, usando la solución nutritiva propuesta por Steiner al 50% (Steiner, 1984). El trasplante se llevó a cabo a los 30 días después de la siembra, además se realizó una aplicación de una solución de captan (2 g), imidacloprid (2 ml) y aminoácidos (3 ml) para prevenir problemas fitosanitarios. Para la fertilización se aplicó riegos tres veces al día, a las 8:00 am, 12:00 pm y 4:00 pm aplicando 333 L, utilizando la solución Steiner al 50%, 75% y 100% de concentración, según la etapa fenológica del cultivo de jitomate (Steiner, 1984). Durante el muestreo se tomaron 12 plantas completamente al azar, las cuales se observaron con el fin de detectar la presencia de la enfermedad, los muestreos se realizaron cada 15 días, donde se contabilizaron la cantidad de flores y botones florales con presencia de *B. cinerea*. Después de la obtención de los datos se realizó un análisis de varianza y prueba de medias de Tukey ( $P \geq 0.05$ ) mediante el programa InfoStat para determinar la incidencia de la enfermedad, además se graficó la incidencia en las dos condiciones de producción.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del cultivo se observó que mientras la humedad relativa se mantuvo en promedio por encima del 90 % la presencia de *B. cinerea* fue superior en los racimos florales, al disminuir la temperatura y la humedad relativa se presentó un ligero descenso de la presencia de la enfermedad en las estructuras reproductoras del jitomate. De acuerdo a Salas (2003), si la humedad relativa dentro de un invernadero se presenta al 100% es favorable para el desarrollo de esta enfermedad, mientras que humedad relativa menor a 80% la desfavorece.

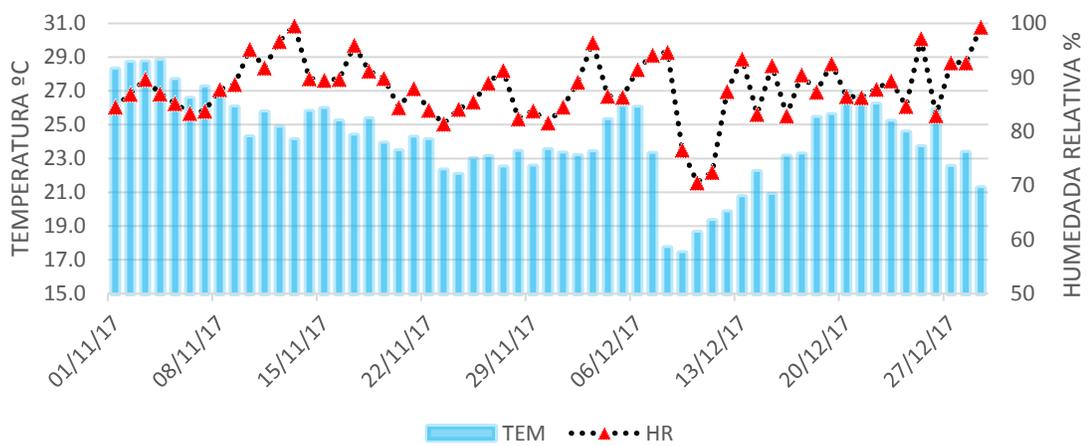
Con respecto a la incidencia de la enfermedad en condiciones de campo abierto, el promedio de botones y/o flores por racimo fue menor (Tabla 1), sin embargo, la presencia de daño en racimos florales en el mes de diciembre se incrementó por la presencia de humedad relativa cercana al 90 %, además de temperaturas más frescas. Salas y Sánchez (2006) indican que la incidencia de *B. cinerea* en flores en invernadero aumentó cuando se presentó humedad relativa superior al 90%. Esto explica porque la menor incidencia de la enfermedad sobre las estructuras florales del jitomate fue en campo abierto, ya que en promedio se presentó una humedad relativa menor que en casa sombra.

*B. cinerea* se presenta atacando varios órganos de la planta de jitomate (INIA, 2017). Sin embargo, en lugares donde existen condiciones de temperaturas y humedad relativa altas esta enfermedad por alguna circunstancia prefiere a la flor y botones florales (Palacios, Observación personal<sup>1</sup>). Esta situación provoca que el rendimiento disminuya. Así que, si nos enfocamos en estudiar esta enfermedad, junto con un adecuado manejo en este sistema de cultivo, podemos obtener rendimientos adecuados. Ya que prácticamente esta enfermedad se presenta muy similar en casa sombra y campo abierto.

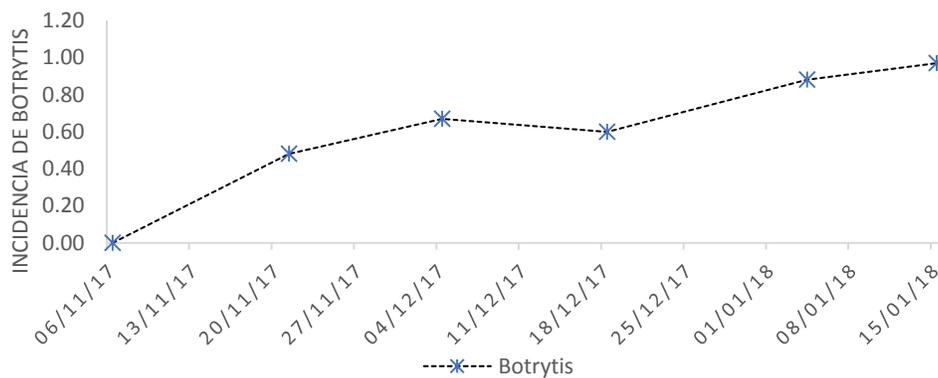
**Tabla 1.** Medias de flores y/o botones florales con presencia de *B. cinerea* en condiciones de casa sombra y campo abierto.

Tratamiento	06/Nov/2017	21/Nov/2017	04/Dic/2017	18/Dic/2017	04/Ene/2017	15/Ene/2018
CAS	0.00	0.48 <sup>a</sup>	0.67 <sup>a</sup>	0.60	0.88	0.97
CAB	0.00	0.05 <sup>b</sup>	0.10 <sup>b</sup>	0.71	0.59	0.96
E.E.	0.00	0.21	0.66	1.04	1.18	1.53

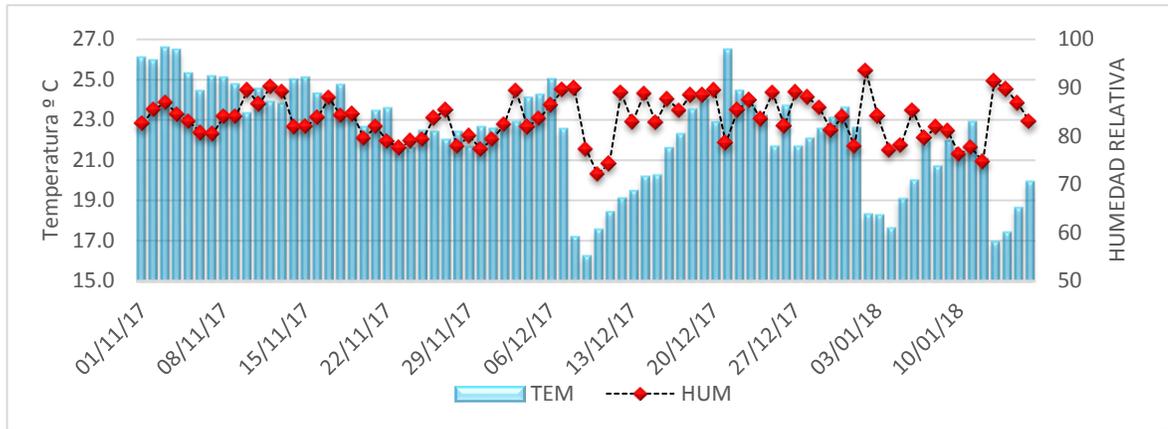
CAS=Casa sombra CAB=Campo abierto. EE: Error experimental. Medias que se encuentran en la misma columna con diferente literal muestran diferencias según Tukey ( $P \geq 0.05$ ).



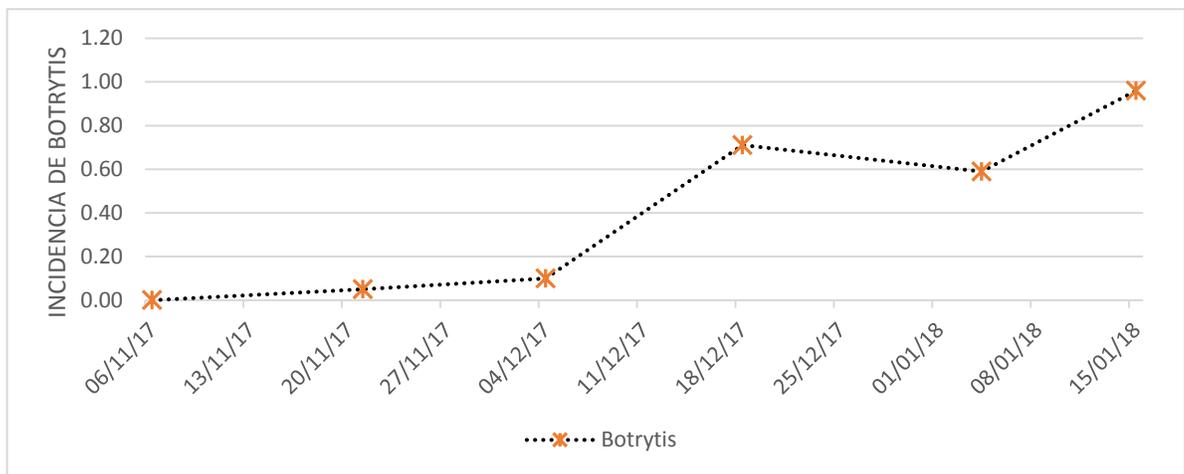
**Figura 1.** Promedios diarios de temperatura y humedad relativa en condiciones de casa sombra.



**Figura 2.** Promedio de flores y/o botones en racimos con presencia de *Botrytis cinerea* en jitomate en casa sombra.



**Figura 3.** Promedios diarios de temperatura y humedad relativa en condiciones a campo abierto



**Figura 4.** Promedio de flores y/o botones en racimos con presencia de *Botrytis cinerea* en jitomate a campo abierto.

## CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad relativa juegan un papel importante para la presencia de esta enfermedad. La presencia del patógeno *B.cinerea* tiene un mayor desarrollo en condiciones de casa sombra.

## REFERENCIAS

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2017. Panorama Agroalimentario, Tomate Rojo. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial, México. 24 p. Página de consulta: <https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=65310>. Consultado (28/octubre/2018).

- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, D.F. Serie de libros, Num. 6, 91 p. Página de consulta: [http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo\\_siglo21/serie\\_lib/modific\\_al\\_sis.pdf](http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf). Consultado (20/Octubre/2018).
- H. Ayuntamiento Constitucional de Loma Bonita, Oaxaca, (2008). Plan de Desarrollo 2008-2010, Oaxaca, 113 p. Página de consulta: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/fichaOrdenamiento.php?idArchivo=46349&ambito=>. Consultado (21/octubre/2018)
- Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). (2017). Pudrición gris- moho gris en Tomate. Sanidad Vegetal. Ficha técnica 40. 2 p. Página de Consulta: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/FichasTecnicasSanidadVegetal/Ficha%2040%20Pudricion%20gris%20-%20Moho%20gris%20en%20tomate.pdf>. Consultado (21/Octubre/2018)
- Koike S.T. y Bolda M. (2016). El moho gris o pudrición de la fresa: Guía de producción, Comisión de la Fresa de California, Publicación 13, 6 p. Página de Consulta: <https://ucanr.edu/blogs/fresamora/blogfiles/37849.pdf>. Consultado (20/Octubre/2018)
- Salas B. W. (2003). Evaluación de control biológico y otras opciones de manejo de enfermedades de chile y tomate cultivado bajo techo, con énfasis en *Botrytis cinerea*. Tesis de Maestría en ciencias. Escuela de Posgraduados del CATIE, 69p.
- Salas B. W y V. Sánchez G. (2006). Avances en el control biológico de *Botrytis cinerea* en chile y tomate cultivados bajo techo. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 78: 56-62
- Sandoval B.C. (2004). Manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos, Manual técnico, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), 53 p.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIA). (2017). Avance de siembras y cosechas, Resumen Nacional Estado de tomate, página de internet: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do;jsessionid=9C8457A0EB321D1B2936B2E144EA07F5](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do;jsessionid=9C8457A0EB321D1B2936B2E144EA07F5). Consultado el 19/Octubre/2018.

---

# BIOTECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS PARA EL SIGLO XXI. REVISIÓN

## REPRODUCTIVE BIOTECHNOLOGIES FOR THE XXI CENTURY. REVIEW

JULIO RAMÓN UGALDE

*Centro de Selección y Reproducción Ovina (CeSyRO) Instituto Tecnológico de Conkal (ITC). División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). km 16.3 Antigua Carretera Mérida, Motul. CP. 97345, Conkal, Yucatán.  
E.mail: julio.ramon@itconkal.edu.mx*

---

### RESUMEN

La biotecnología reproductiva comprende una serie de técnicas encaminadas a la producción y preservación de los animales domésticos y aquellos en vías de extinción o extintos. El propósito de este trabajo es realizar una breve reseña de cómo evolucionó en el tiempo y sus posibilidades de aplicación y desarrollo en un futuro inmediato.

**Palabras clave:** Biotecnología, reproducción, animales domésticos.

### ABSTRACT

Reproductive biotechnology comprises a series of techniques designed for the production and preservation of domestic animals and those that are endangered or extinct. The purpose of this work is to provide a brief review of how it evolved over time and its potential application and development in the immediate future.

**Key words:** Biotechnology, reproduction, domestic animals.

### INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo tecnológico y la globalización no han sido de todo favorables al desarrollo de las capacidades propias de los países en desarrollo, como es el caso de la mayoría de los países iberoamericanos, sin embargo el nivel de desarrollo científico y tecnológico de un país es medido, entre otras cosas, por sus recursos destinados a investigaciones y recursos humanos, siendo cada vez más importante orientar los sistemas de ciencia y tecnología hacia las necesidades de las poblaciones, facilitando la viabilidad práctica de la innovación tecnológica. Para ello, las producciones científicas y tecnológicas de la región deben estar

encaminadas a la percepción de los problemas de las sociedades a las que pertenecen, conformando leyes donde el desarrollo científico y tecnológico se manifieste como un factor de apoyo imprescindible para fortalecer la economía y el desarrollo, siendo esta la tendencia general en este campo.

En el desarrollo de biotécnicas tanto de conservación como de preservación de las especies tanto animales como vegetales, la biotecnología contribuye al empleo sostenible de la diversidad biológica y su preservación, aunado a un interés económico, principalmente a nivel de los animales domésticos con la finalidad de aumentar la productividad de los mismos, ante la creciente demanda de productos de origen animal. En este sentido, todos los procesos productivos incorporan elementos de calidad en términos de eficiencia reproductiva, haciéndolos más competitivos frente a otras alternativas de producción. Por tanto, de todas las biotécnicas reproductivas desarrolladas hasta el momento, en este apartado se abordaran tan solo algunas y su contribución histórica, siendo todas ellas aplicables a los ovinos.

## ESTADO DEL ARTE

La biotecnología de la reproducción es un conjunto de técnicas que van desde la inseminación artificial hasta la clonación, todas ellas encaminadas a aumentar la eficiencia reproductiva de los animales. En sí mismas, son herramientas útiles para aplicar otras técnicas más modernas como la transgénesis. La producción de embriones *in vivo* dio paso a la producción de embriones *in vitro*, y en su aplicación se incluyeron como herramientas la inseminación artificial y la transferencia de embriones.

Actualmente se observa una disminución de la variabilidad genética de las especies domésticas debido al ritmo de explotación al que han sido sometidas, así mismo, razas en peligro de extinción e incluso ya extinguidas, están siendo ahora contempladas dentro de los programas de reproducción asistida, a fin de intentar y lograr su resurrección como lo es el caso del “Bucardo” en España (Folch *et al.*, 2009) o el “lobo de Tasmania” en Nueva Zelanda (Miller *et al.*, 2009). En los animales domésticos, varias de estas técnicas están siendo aplicadas de manera sistemática logrando resultados aceptables. En los programas de mejoramiento genético, el control de genes productivos y su difusión mediante estas técnicas ha permitido incrementar la producción y la calidad de los productos, sin embargo, estos incrementos van aunados a un decremento de la vida útil, por ello, en la utilización de estas técnicas modernas de reproducción asistida existen componentes a considerar desde el punto de vista económico y ético.

Las biotecnologías reproductivas según Palma (2001) se distinguen de las técnicas génicas porque no alteran el genoma del animal. Las técnicas génicas o transgénicas se ocupan de los genes en particular. De este modo, a manera de resumen histórico, se podría decir que la biotecnología de la reproducción desde su origen tiene cinco generaciones (Thibier, 1990):

Primera (1908): Inseminación artificial; Segunda (1970): Control hormonal, transferencia de embriones, congelación y división; Tercera (1980): Sexado de embriones y espermatozoides, producción *in vitro* de embriones; Cuarta (1990): Clonación con células somáticas; Quinta (2000): Transgénesis.

En la primera generación, la principal motivación en el desarrollo de la inseminación artificial no radicó en la posibilidad de aumentar la productividad, sino en el control sanitario que se podía lograr a través de ella, si bien es cierto que existía el riesgo que de no tomarse las precauciones necesarias, esta sería una herramienta de difusión de enfermedades, ya sea de origen infeccioso o hereditario. No obstante, por año son actualmente inseminadas aproximadamente 80 millones de hembras.

Durante la segunda generación, el control de la reproducción a través del control hormonal permitió por un lado acortar el anoestro posparto y por otro, el reinicio de la actividad reproductiva. El conocimiento del rol endocrino de las hormonas ayudó a desarrollar programas de estimuló superovulatorio y transferencia embrionaria, haciendo mucho más efectivo el uso de la inseminación artificial, concentrando los nacimientos y haciendo lotes más homogéneos. Estas biotecnologías alcanzaron su máximo desarrollo a comienzos de 1980 con una generación anual de 739,502 embriones de los cuales 227,742 corresponden a Europa (AETE, 2000). A partir de este año, la tercera generación de biotécnicas de la reproducción enfoca su desarrollo en el sexado de embriones y espermatozoides y la producción de embriones *in vitro*. Prácticamente motivados por aspectos económicos, pues la producción de embriones *in vivo* resulta con costos más altos que cuando se producen embriones *in vitro*, donde el material prácticamente es recolectado directamente de animales en matadero. Paralelo a estas técnicas se desarrollaron programas de conservación de gametos, lo que permitió una rápida difusión de este material debido a la facilidad de transporte aunado a su bajo precio respecto al de animales *in vivo*. Así mismo, se incorporaron técnicas de duplicación embrionaria a fin de aumentar la rentabilidad de un tratamiento de estímulo superovulatorio. Sin embargo, no es hasta ahora que comienza a tener una aplicación más sistemática.

Para la cuarta generación, las técnicas antes desarrolladas sirvieron como herramientas para la clonación, que es una biotecnología que permite la producción asexual de un individuo idéntico al material nuclear con que se generó (Palma, 2001). El nacimiento del primer clon mamífero, originado de una célula adulta diferenciada (Wilmot, 1997), marco el punto de partida hacia un futuro donde la clonación está siendo usada para la producción de animales transgénicos. Sin embargo, éticamente está siendo cuestionada por las implicaciones morales que puede tener en la medicina humana.

Finalmente, el mundo actual utiliza todas estas herramientas en lo que llamamos biotecnologías reproductivas de quinta generación. Aquí la transgénesis y el gene farming o producción industrial de proteínas con individuos vivos, se basan en la transferencia de ADN en una célula

receptora y la posterior integración y construcción de ese ADN en el genoma del organismo, de tal modo que si la construcción génica se integra en el genoma del animal y expresa su función, se denomina a este “transgénico”, y a la proteína codificada por el animal transgénico, se la denomina “producto transgénico” (Palma, 2001).

Actualmente, estos son algunos ejemplos de cómo distintos países utilizan la biotécnica de ovulación múltiple y transferencia de embriones en ovinos, a fin de lograr objetivos específicos:

- Disminución de la cantidad de grasa de la canal (UK)
- Aumento de la proteína en la leche (Francia)
- Aumento de la prolificidad (España)
- Aumento de la fecundidad (Sudáfrica)
- Disminución del diámetro de la fibra de la lana (NZ)
- Exportación de genética selecta (Australia y NZ)
- Multiplicación de animales de alto valor (México)

## CONCLUSIÓN

El avance cualitativo y cuantitativo de las biotécnicas reproductivas desde 1908, ponen de manifiesto la voluntad del hombre por desarrollar técnicas que permitan garantizar el manejo de genes a favor de la producción y la sanidad de los animales domésticos y aquellos en vías de extinción, todo con el único fin de ampliar la gama de conocimientos comerciales en un mundo globalizado tendiente a mejorar la calidad de vida de los seres que residimos en este sitio común al que llamamos “Tierra”.

## REFERENCIAS

- AETE. 2000. Proceedings of the Scientific Meetings of the European Association of Embryo Transfer. pp 145.
- FAO. 1998. Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans: Management of small populations at risk. FAO, Rome, Italy
- Folch, J., M.J. Cocero, P. Chesné, J.L. Alabart, V. Domínguez, Y. Cognié, A. Roche A. Fernández-Arias, J.I. Martí, P. Sánchez, E. Echegoyen, J.F. Beckers, A.S. Bonastre AS y X. Vignon. 2009. First birth of an animal from an extinct subspecies (*Capra pyrenaica pyrenaica*) by cloning. *Theriogenology* 71(6):1026-1034.
- Hammond, K. 1998. Development of the global strategy for the management of farm animal genetic resource. In “proceedings 6th world congress of genetic applied to the livestock production” Armidale, Australia. 28: pp 43-50.
- López, M. J.R.; Martínez R. y Salinas G. 1999. El cerdo pelón mexicano. Antecedentes y perspectivas. *Ciencia y cultura Latinoamericana*, S.A de C.V. México. pp 19-21.
- Miller, W., D.I. Drautz, J.E. Janecka, A.M. Lesk, A. Ratan, L.P. Tomsho, M. Packard, Y. Zhang, L.R. McClellan, J. Qi, F. Zhao, M.T. Gilbert, L. Dalén, J.L. Arsuaga, P.G. Ericson, D.H.

- Huson, K.M. Helgen, W.J. Murphy, A. Götherström y S.C. Schuster. 2009. The mitochondrial genome sequence of the Tasmanian tiger (*Thylacinus cynocephalus*). *Genome Research* 19(2):213-220.
- Palma, G.A. 2001. Biotecnología de la reproducción. En: Biotecnología de la reproducción. Ed. INTA. Argentina. pp 1-19.
- Thibier, M. 1990. Nem technologies en cattle reproduction Proceedings of 7 th FAVA Congress, Pattaya Thailand. pp 512-524.
- Wilmot I, Schnieke AE, McWhir J, Kind AJ, and KH Campbell. 1997. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature* 378, 810-813.

---

# CRIANZA DE BECERROS EN EL TRÓPICO

MVZ/ MC ALBINO MATEOS ROMO

*Gerente técnico*  
AGROVETMARKET ANIMAL HEALTH-MÉXICO  
albino.mateos@agrovvetmarket.com.mx

---

## INTRODUCCIÓN

La región tropical mexicana es la de mayor potencial para mantener los hatos de cría bovina del país y para contribuir a la nutrición de las comunidades más pobres y aisladas con la producción local de leche y carne. En México, las áreas tropicales, clasificadas como Trópico Seco (TS) y Trópico Húmedo (TH) son alrededor de 24 y 32 millones de hectáreas, respectivamente, y de estas se utilizan para pastoreo más de 23 millones, que se estima producen alrededor del 80 % del forraje de temporal para pastoreo del país y que son las que tienen, con mucho, el mayor potencial para aumentar aun su producción de alimentos para herbívoros. Las regiones tropicales se han consolidado como la zona de mayor producción ganadera, pues en ella se ubica el 37.1% del inventario nacional y es la de mayor expansión, fundamentalmente en el Golfo de México y en el sureste del país.

## ETAPA DE CRIANZA

Es una etapa fundamental en la producción bovina en los trópicos que va desde el nacimiento hasta el destete, ya que de aquí salen los becerros destinados a la engorda, sementales y becerras para reemplazos. Debe ser un sistema a bajo costo, con dos aspectos fundamentales, el nutricional y el sanitario.

Los parámetros productivos en los sistemas de producción bovina en el trópico en México son bajos lo que ocasiona bajo desempeño productivo y generalmente son los siguientes:

- a). - Destetes a los 8-9 meses de edad, con pesos promedios de 160-170 kg, ganancias diarias de peso (gdp) de 360-400 g y mortalidades de más del 7%.
- b). - Por eso los machos llegan al peso de mercado a los 450 kg y 3 años
- c). - Y las hembras tiene su primera preñez a los 24 meses de edad, 350 kg de peso y su primer parto de más de 33 meses de edad.

## CUIDADOS ANTES DEL NACIMIENTO (VACA)

Se deben de evitar crías débiles y con bajo peso al nacimiento.

### **Manejo:**

Hay que considerar que hay un acelerado crecimiento del feto 60 días antes del parto. Por lo que, si no se realiza el proceso de secado en la vaca, provoca un desbalance nutricional por lo

que hay una cría con bajo peso al nacer y hay merma en la producción de leche en la siguiente lactación.

El secado de la vaca se hace a los 7 meses de gestación o cuando produzca menos de 2 litros/día. El producto recomendado en esta etapa es **CEFA SEC® (Cefalexina, Neomicina, Cloxacilina, Benzatínica, Vitamina A)**.

Una vez hecho esto se lleva a la vaca gestante a un potrero pequeño, accesible, exclusivo y en buen estado, denominado "paridero", ahí se recomienda que se quede hasta el quinto día después del parto.

La vaca antes del parto deberá ganar el siguiente peso en 60 días, aproximadamente 56 kilogramos (40 del feto, 7 de la placenta y 9 del líquido amniótico). Por lo tanto, se recomienda suplementar con un concentrado que contenga de 16 a 18% de proteína cruda y 2.5 de energía metabolizable (Megacalorías/kg), suministrar el concentrado de 1 a 2 kg/vaca/día. Se recomienda bacterinizar antes del parto contra las enfermedades bacterianas más comunes en la región/rancho entre las más comunes son, complejo clostridial, *Histophilus. somni*, Leptospirosis, Pasteurelisis (*M. haemolytica*). Vacunar contra enfermedades virales como Rinotraqueitis Infecciosa Bovina, Diarrea Viral Bovina, Virus Respiratorio Sincitial Bovino, Parainfluenza. También es importante desparasitar internamente con endectocidas, en este periodo sobre todo en vacas en producción de leche por los amplios días de retiro de estos productos, se recomienda (**BOVIMEC LA®**, **BOVIMEC 3.15%®** o **DECTOMEC®**).

Externamente contra garrapata y mosca, según el producto que estén utilizando en el rancho. Se recomienda desparasitar contra coccidia, en el alimento para evitar la "diarrea negra" tanto en la vaca como al becerro. A las 2 o 4 semanas antes del parto, aplicar un fosforo orgánico de alta actividad metabólica como el Catofos **B9+B12®** (Butofosfan+acidofólico+cianocobalamna) más minerales quelatados de alta absorción **Fertimin Se (Fósforo, Selenio, Manganeso, Zinc, Yodo, Cobalto)** que van a prevenir en los posparto problemas metabólicos, quistes ováricos, hipocalcemia y retención de placenta.

## PARTO

### Generalidades

Si es en forma normal, no intervenir. Verificar el tamaño de la cría, puede haber problemas en novillonas o cuando el padre del becerro es de tamaño grande. Se ayudará si el becerro está en mala posición o si la talla del becerro es grande NO USAR CABALLO, NI TRACTOR, para la extracción. Tener cuidado si la vaca tiene mala condición física o está débil. Si el personal de campo va a realizar hacer labores obstétricas usar el equipo de protección adecuado.

### **Etapas del parto**

En el inicio de las contracciones del miometrio hay eliminación del bloqueo de la progesterona al proceso de parto, se presentan contracciones del miometrio y hay dilatación cervical, esta etapa tiene una duración de 2 a 6 horas.

Signos. -Edema vulvar, salida del tapón mucoso, relajación del ligamento sacro-iliaco, dilatación de cérvix y canal pélvico.

**Expulsión del feto.** -Se requieren contracciones musculares fuertes del miometrio y de los músculos abdominales, la expulsión del feto dura de 30 a 60 minutos.

**Signos.** - Hay aumento en la frecuencia e intensidad de las contracciones, se presenta un incremento de la tensión interna del útero, hay ruptura del saco alantoideo, entonces el feto atraviesa el cérvix, las pezuñas delanteras y cabeza llegan a apertura vulvar entonces el tórax atraviesa canal pélvico, sale el becerro.

**La expulsión de las membranas fetales.** -Dura de 6 a 12 horas, si pasa de este tiempo se considera retención de placenta.

## **MANEJO AL MOMENTO DEL NACIMIENTO DEL BECERRO**

Una vez que haya nacido el becerro cerciorarse que no haya membranas fetales y líquido cubriendo las fosas nasales.

Si hay respiración anormal, colocar al becerro en decúbito costal para oprimir y relajar las costillas en forma rítmica.

Hay que asegurar que mame la mayor cantidad de calostro casi inmediatamente y que lo tome por 5 días.

Desinfectar el ombligo.

La inflamación del ombligo ocasiona infección en el recién nacido con inflamación de articulaciones y/o diarreas, también se puede presentar "Tétanos".

## **CALOSTRO**

Es el primer producto de la glándula mamaria. El becerro debe consumir casi inmediatamente, mínimo el 10% de su peso vivo. El becerro recién nacido es agammaglobulinémico al parto.

Esto es por el tipo de placentación que tiene la vaca que es sindesmocorial (7 capas).

La absorción de calostro por tiempo de vida es como sigue:

100% al nacer

50% a las 6 horas después del parto.

25% a las 12 horas después del parto.

5% a las 18 horas después del parto.

El calostro tiene una elevada concentración de proteínas, más que la leche, principalmente inmunoglobulinas (IgG, IgM e IgA). Contiene sustancias bacteriostáticas y bactericidas. El componente celular es una cantidad significativa de macrófagos y linfocitos

Las inmunoglobulinas no son digeridas en el abomaso durante las primeras 20 horas de vida porque no se producen enzimas proteolíticas y el calostro contiene un potente inhibidor de la tripsina.

Una buena nutrición de la madre es esencial para tener un buen calostro. Evitar estrés para lograr una buena inmunidad. Vacunar y/o bacterinizar a la vaca entre los 7 y 8 meses de gestación produce un calostro rico en Ig G vacunales. Se necesita el periodo seco para acumular una buena cantidad de calostro en la ubre.

En lo posible tener calostro congelado con un mínimo de 6g/dl de IgG, al descongelarlo hacerlo con baño maría y proporcionarlo con un biberón limpio.

## **MANEJO DESPUÉS DEL NACIMIENTO**

El becerro recién nacido se pasa con su madre a la pradera donde es el "paridero" ahí van a estar por espacio de 3-5 días.

Actividades recomendadas durante la primera semana de vida

- Pesar al becerro
- Identificación (Tatuaje y/o arete). En la oreja derecha el número de la madre y en la izquierda el progresivo del rancho.
- Descornado
- Quitar tetas supernumerarias en las hembras
- Abrir registro.

## **TIPOS DE CRIANZA EN EL TRÓPICO**

### **Tradicional**

La vaca es "apoyada" con el becerro para la bajada de la leche.

Se ordeñan 3 o 4 cuartos y se le deja un cuarto o a veces solo la leche residual.

Se envía junto con la madre durante 6-8 horas para seguir amamantándose y el "arreo" o separación se hace después de este tiempo.

El becerro se mantiene en un corral con agua y forraje a libertad a veces hay concentrado y sal mineral de mala calidad.

### **Artificial**

Los becerros son alimentados a partir del segundo o tercer día de edad con leche o un buen sustituto de leche 2 veces por día (2 litros en la mañana y 2 litros en la tarde).

Hay experiencias de ganancias diarias de peso (GDP) de 500 a 600g.

Las vacas presentan mejor condición corporal y además reinician su actividad ovárica posparto con mayor rapidez.

Los destetes se realizan a los 60 días con un peso de 87 a 90 kg.

Los becerros salen a pastorear a praderas de buena calidad nutritiva y reciben cantidades controladas de complementos alimenticios de alta calidad

### **Amamantamiento restringido**

Se basa en tres aspectos fundamentales:

- a).- Reducir el consumo de leche a medida que el becerro crece.
- b).- Realizar un destete a corta edad.
- c).- Utilizar un suplemento concentrado de alta calidad.

El programa de alimentación va acompañado con un buen manejo de las praderas con área de suplementación alimenticia.

Entre más temprano consuman forraje y alimento suplementado su desarrollo ruminal será más adecuado.

Se considera que el becerro es totalmente dependiente de la leche en sus dos o tres primeras semanas de vida. A los 4 meses su sistema digestivo rumiante es completamente maduro. Esta conversión depende del tipo de alimentación (pasto y concentrado) que se le esté dando al becerro.

Por esto aproximadamente a las 10 o 12 semanas de edad la leche suministrada en mamila o mediante amamantamiento restringido es un estímulo eficaz para el cierre de la "gotera esofágica".

## **ALIMENTACIÓN DE LOS BECERROS DURANTE LA CRIANZA**

### **Alimentación con forrajes verdes**

Como sabemos los pastos en el trópico tienen baja energía metabolizable en general de 1.5 a 1.8Mcal/kg de Materia Seca, y también baja concentración de Proteína cruda.

Estos deben de proveer a los becerros del 70% de los requerimientos de proteína. Por lo que además de ser tiernos deben tener de 8-10% de proteína.

En términos prácticos un becerro debe de consumir el 7% de su peso vivo en forraje verde

### **Alimentación con complementos alimenticios**

Deben ser alimentos concentrados ricos en proteína y energía.

Suministrar en forma práctica, eficiente y con ingredientes de calidad para reducir el consumo diario de leche y así se puede obtener una mayor ganancia de peso.

El concentrado debe de ser de buena calidad ya que un becerro de 50 kg con una ganancia diaria de peso de 500g necesita 198 g de proteína cruda/día, si un litro de leche (en general) proporciona 35 gramos de proteína cruda, por lo tanto, necesita 5.6 litros de leche/día.

Hay que considerar los siguientes aspectos en cuanto al concentrado a suministrar:

- Económico
- Que contenga un mínimo de 16% de PC
- Sea altamente digestible (mínimo 90%)
- Sea seco (máximo 10% de humedad)
- No abusar en el suministro diario.
- Se recomienda además lo siguiente:
- Lotificar a los animales por edad o peso de los becerros
- En forma práctica suministrar el 1% del peso vivo del becerro.
- Además de cuidar la relación Ca: P, administrar sales minerales con micromineralesquelatados.

El becerro es un rumiante eficiente en el aprovechamiento de alimentos concentrados, porque su sistema digestivo es muy parecido al de un animal mono gástrico, como se muestra en la siguiente tabla.

TIPO DE GANADO	CANTIDAD DE GRANO REQUERIDO PARA GDP DE 1 Kg/DÍA	PRECIO APROXIMADO DEL CONCENTRADO
BECERRO		
LACTANTE	1.5 Kg	\$30/Kg
VACA DE CRÍA	4.5 Kg	\$27/Kg

Fuente: con datos calculados mediante los modelos del nrc

Por lo que es más rentable suplementar directamente al becerro que a la vaca para que lo amamante

## PROGRAMA DE MEDICINA PREVENTIVA

Consumo de calostro

Desinfección del ombligo

Aplicación de **MODIVITASAN®** 1 ml vía Intramuscular al nacimiento repetir cada mes hasta el destete, también en este momento se puede aplicar 5 ml por 7 días de **VETONIC CON NUCLEOTIDOS®**, vía oral para reforzar el sistema inmune y un óptimo desarrollo del sistema digestivo del becerro recién nacido.

Desparasitación interna, empezar al mes de edad y repetir cada 45 días hasta el destete. Con un bencimidazol (Febendazol) que es el **FBZ al 12.5% con minerales® (Se. Co. Zn)**. Si hay presencia de *Fasciola hepática* aplicar **Trivantel** (Triclabendazol 15%) o **Triverfen 22.2%® (Febendazol, Triclabendazol, Ivermectina)**.

En la lactancia es difícil que haya carga parasitaria importante. Se ha demostrado que 2 tomas de leche limitan el establecimiento de nematodos en el TGI debido a la alcalinización presente. Por esto los animales más afectados son animales de 4-18 meses.

Desparasitación externa, según el producto que usan en el rancho, bañar cuando tenga 20 o más garrapatas/ becerro, para mantener estabilidad enzootica de Babesiosis y Anaplasmosis. Desparasitación externa. Es difícil que los becerros lactantes se enfermen de Babesiosis (Piroplasmosis) y Anaplasmosis necesitan una cierta infestación para adquirir inmunidad y mantener una estabilidad enzootica.

Por lo anterior bañar de acuerdo a carga de garrapata 10-20/animal.  
Usar un compuesto químico cada año no rotar muy seguido.

## VACUNACIONES Y/O BACTERINIZACIONES

EDAD DE APLICACIÓN	ENFERMEDAD	TIPO DE BIOLÓGICO	OBSERVACIONES
2-4 Meses	Pasteurelisis neumónica	Bacterina/leucotoxide	Refuerzo en primovacuna. Anual. Ante desfos.
3 Meses	Complejo Clostridial	Bacterina 8 vías/toxide	Refuerzo en primovacuna. Semestral.
3-6 Meses	Histofilosis	Bacterina	Refuerzo en primovacuna. Semestral.
3 Meses	Brucelosis	RB 51	
2 Meses	IBR, DVB, VRSB, PI3	VM-VVM	Intercambiar
4 Meses	Rabia	VV	Anual

## REFERENCIAS

- Heriberto Román Ponce *et al.* Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Centro de Investigación Regional Golfo-centro. Libro Técnico 23. Veracruz, Veracruz. 2009.
- Información técnica "Día del ganadero". Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Libro Técnico Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. CONACYT. Primera Edición 2015.

---

# Minimizando los impactos ambientales: por una dieta sustentable para animales

## Minimizing environmental impacts: for a sustainable animal diet

NADIA ALEJANDRA SÁNCHEZ GUERRA<sup>1,2</sup>, LIZBETH E. ROBLES JIMÉNEZ<sup>2</sup>, OCTAVIO CASTELÁN ORTEGA<sup>2</sup>, JORGE OSORIO AVALOS, MANUEL GONZÁLEZ RONQUILLO<sup>2\*</sup>

*<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Carretera Victoria-Mante, Km 5, 87000, Cd. Victoria, Tamaulipas, México; <sup>2</sup> Departamento de Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, 50000, Toluca, México.*

*\*Corresponding author: [mrg@uaemex.mx](mailto:mrg@uaemex.mx)*

---

### RESUMEN

El uso de indicadores en dietas sustentables para animales (StAnD), nos permite evaluar de manera sostenible el impacto que tiene una dieta en el medio ambiente, bajo la perspectiva de los tres pilares de la sustentabilidad (personas, planeta y economía), en este apartado se presentan algunos indicadores que contemplan el planeta, como son minimizar la contaminación ambiental (minimizando la contaminación del agua, y el Nitrógeno), asimismo la conservación de recursos no renovables (minimizando la huella de carbono y el no uso de cereales en las dietas para animales que compiten con la alimentación humana), derivado de este estudio se muestra que el exceso de nitrógeno y fósforo en la dieta repercuten en una mayor excreción del mismo al medio ambiente y por consiguiente una eutrofización y contaminación del agua. Asimismo, la suplementación de concentrado (uso de cereales) por litro producido de leche en vacas de doble propósito en pastoreo no tuvo un efecto en el incremento en la producción lechera, sin embargo, se registraron mayores producciones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O con las dietas que presentaron mayores cantidades de concentrado, por lo cual es conveniente analizar la utilización de concentrado en vacas en pastoreo a pequeña escala bajo condiciones de trópico, con la finalidad de minimizar las excreciones de CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>.

**Palabras clave:** Vacas lecheras, Pastoreo, Sustentabilidad.

### ABSTRACT

The use of indicators in sustainable animal diets (StAnD), allows us to evaluate in a sustainable way the impact that an animal diet has on the environment, from the perspective of the three pillars of sustainability (people, planet and profitability), in this document we present some indicators that contemplate the planet impact in minimizing environmental pollution (i.e

minimizing water pollution, and nitrogen), as well as the conservation of non-renewable resources (i.e. minimizing the carbon footprint and not using cereals in the diets for animals that compete with human feeding), derived from this study shows that the excess of nitrogen and phosphorus in the diet have an impact on its greater excretion into the environment and therefore eutrophication and water pollution. Likewise, concentrate supplementation (use of cereals) per liter of milk produced in dual-purpose grazing cows did not have an effect on the increase in milk production, however, higher production of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O was registered with the diets presented greater amounts of concentrate, which is why it is convenient to analyze the use of concentrate in small-scale grazing cows under tropical conditions, in order to minimize the excretions of CH<sub>4</sub> and NO<sub>2</sub>.

**Key words:** Dairy cows, Rain forest, Grazing, Sustainability.

## INTRODUCCIÓN

El aumento en la población mundial está reduciendo las áreas cultivables y productivas para las zonas ganaderas, en consecuencia el suministro de alimentos podría verse afectado en las próximas décadas. El departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (2017) estima que para el año 2050 la población alcanzará 9.800 millones de habitantes, por lo que la principal vertiente de esta situación es la intensificación de la producción alimenticia tanto vegetal como cárnica, ya que se requerirá aproximadamente un 70% más de alimentos para ese año en comparación con lo presentado en el año 2000 (Bruinsma, 2009). Sin embargo, el impacto ambiental que el planeta puede tolerar tiene sus limitantes, por lo que en la actualidad nos enfrentamos a la necesidad de producir más sin causar daños negativos al medio ambiente. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en conjunto con expertos internacionales desarrollaron el concepto de "Dietas sustentables para animales" (StAnD), con la finalidad de promover la sostenibilidad del sector ganadero, el cual se basa en tres dimensiones de sostenibilidad: Planeta, Personas y Economía, además de integrar la importancia del uso eficiente de los recursos naturales, la protección al medio ambiente, los beneficios socioculturales, la ética y responsabilidad, así como diversos criterios para ofrecer productos económicamente viables y seguros para la alimentación. Dicho concepto toma en cuenta todas las etapas de producción, desde la producción y uso de los piensos, así como la cadena de transporte, almacenamiento, comercialización y consumo de los alimentos. Para ello se desarrollaron 32 elementos, que se consideraron importantes para evaluar la sostenibilidad de una dieta: sostenibilidad ambiental (Planeta), económica (Beneficio) y social (Personas) (Makkar y Ankers, 2014; FAO, 2014). Actualmente los sistemas de producción convencionales requieren de mayores insumos de energía, tierra, productos químicos y agua, los cuales son cada vez más escasos (Preston, 2009), por lo que en la presente se habla acerca del deterioro del medio ambiente a causa de la producción ganadera (leche y carne), tomando en cuenta parámetros para minimizar los efectos negativos causados al planeta debido a dicha producción, delimitando los puntos establecidos en la dimensión que habla sobre el Planeta.

## **DIMENSIONES, TEMAS Y ELEMENTOS DE LA STAND**

Es bien sabido que los costos de producción se ven elevados por los gastos representados hacia la alimentación animal (hasta un 70%); además este parámetro afectará la productividad, el estado de salud y bienestar del mismo, por lo que es de vital importancia el desarrollar técnicas que ayuden a disminuir los costos de producción sin deteriorar el estado de salud del individuo, además de que éste produzca efectos negativos en el medio que lo rodea (Shimada, 2017)

El término "Dietas sustentables para animales" (StAnD), se refiere a la integración de varios elementos para propiciar que la dieta sea saludable y adecuada, respetuosa con el medio ambiente, accesible a la población y que reduzca el impacto negativo al medio ambiente.

Los temas de dimensión enfocada al planeta consideraron: minimizar la contaminación ambiental, conservar recursos no renovables y proteger las tierras y la biodiversidad. Para la dimensión de personas, los temas fueron: respetar las nociones éticas, cumplir con los requisitos socioculturales y mejorar el desarrollo humano. Y para la dimensión de economía fueron: eficiencia económica, viabilidad económica e independencia económica.

Siendo la sostenibilidad del medio ambiente un principio importante para una gestión responsable se ha considerado los temas de la dimensión del planeta para identificar factores que ayuden a reducir los costos ambientales de producir y utilizar una dieta animal (Tabla 1).

## **PLANETA**

La ganadería ocupa 78% de la tierra agrícola en el planeta, a medida que el sector ganadero se desarrolla, sus requerimientos de tierra crecen y el sector sufre una transición geográfica que involucra cambios en la intensidad del uso de la tierra y en los patrones de distribución geográfica. A su vez, se reconoce que las actividades ganaderas son un factor clave para el cambio climático (Pérez-Espejo, 2008). Datos expuestos por la FAO (2017) relacionan a la ganadería como la responsable del 14,5% de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero; por lo que el considerar los elementos planteados por las StAnD podría apoyar en la disminución de los factores adversos y con ello poder producir productos sustentables.

Tomando en cuenta los temas mencionados en la dimensión de planeta (Tabla 1) nos enfocaremos a los elementos 1, 3 y 7 para dar alternativas que apoyen a reducir los niveles de contaminación en el medio.

**Tabla 1.** Temas y elementos de la Dimensión del Planeta en las “Dietas sostenibles para animales “(StAnD).

<b>Dimensión</b>	<b>Temas</b>	<b>No.</b>	<b>Elementos</b>
Planeta	Minimizar la contaminación ambiental	1	<b>StAnD debe minimizar la contaminación del agua</b>
		2	StAnD debe minimizar la contaminación del aire
		3	<b>StAnD debe minimizar la interrupción del ciclo global de N</b>
		4	StAnD debe reutilizar el desperdicio de alimentos en dietas animales
	Conservación de recursos no renovables.	5	StAnD debe usar un mínimo de agua
		6	StAnD debe usar un mínimo de energía
		7	<b>StAnD debe dejar una mínima huella de carbono</b>
	Protección de la tierra y la biodiversidad	8	StAnD no se deben usar ingredientes de consumo humano para piensos
		9	StAnD debe utilizar preferentemente recursos de alimentación locales
		10	StAnD debe mejorar la resiliencia del sistema de producción ganadera
		11	StAnD debe respetar la diversidad paisajística y el valor estético del lugar
		12	StAnD no debe conducir a la deforestación y degradación de la tierra
		13	StAnD se debe minimizar la tierra cultivable para producir ingredientes

### **MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA, MINIMIZANDO LAS EXCRECIONES DE FÓSFORO**

La utilización de minerales en la dieta de los animales es de vital importancia, ya que si en alguna de las etapas de producción del animal se ve deficiente de ellos se podrán suscitar trastornos en el desarrollo normal de individuo. El fósforo (P) es un macromineral esencial que debe ser administrado en la dieta; sin embargo la administración del mismo deberá ser realizada de forma prudente ya que dicho mineral se excreta al medio ambiente. En el caso del P a mayor porcentaje de inclusión en la dieta, mayor será el porcentaje de excreción; mismo que al excretarse podría provocar daños en el medio ambiente, principalmente si este se dirige hacia cuerpos de agua, pudiendo causar procesos de eutrofización.

Se define como eutrófico al aumento de nutrientes en un cuerpo de agua, principalmente nitrógeno (N) y fósforo (P), aunque se han encontrado otros minerales como Sílice (Si), Potasio (K), Calcio (Ca), Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn), mismo que puede ocurrir de manera natural o por intervención humana, siendo éste último el de mayor incidencia (Chapa-Balcorta y Guerrero-Arenas, 2010).

Algunas de las causas de eutrofización antropogénica son las descargas de aguas residuales depositadas en los afluentes de agua, provenientes principalmente de la ganadería, así como el uso indiscriminado de fertilizantes y la deforestación y erosión de los suelos agrícolas, debido a que al no poder penetrar las capas del suelo los nutrientes se escurren hacia los afluentes de agua en las épocas de lluvia (RAP-AL. 2010., Moreno-Franco et al., 2010).

Este aumento en la concentración de nutrientes producirá cambios físicos, químicos y biológicos que incrementarán la producción de algas y plantas en exceso que reducirán la calidad del agua, provocando un aumento en la turbidez de la misma y el agotamiento del oxígeno disuelto (OD), por lo que si este problema persiste pudiera provocar la muerte de los organismos aerobios y por consiguiente la acidificación del agua por los gases desprendidos (amonio, sulfuro y metano) (Chapa-Balcorta y Guerrero-Arenas, 2010).

En un estudio anterior (Sanchez Guerra et al. 2018) se determinaron los porcentajes de absorción y excreción de P al medio ambiente en ovinos (Tabla 2), en el que se muestran las excreciones de P excretado al medio ambiente (12.9 a 97.0% de excreción según el consumo).

Por lo que al formular las dietas se deben tomar en cuenta todos los valores requeridos por el animal, según su especie y finalidad zootécnica, sin embargo, al momento de la formulación de raciones se suele suplementar con pre mezclas minerales que contienen mayores concentraciones de P u otros minerales, mismos que no serán aprovechados por el animal, por lo que se debe de tener cuidado al momento de la formulación de dietas, ya que normalmente pensamos en deficiencia de minerales, pero no en un exceso de los mismos, procurando no administrar una sobre dosis de dicho elemento ya que como se comprobó a mayor inclusión en la dieta, mayores porcentajes de excreción.

## **MINIMIZAR LAS EXCRECIONES DE NITRÓGENO**

Algunos estudios (Pacheco y Waghorn ,2008) informan que en vacas lecheras la excreción de nitrógeno es de hasta un 72%, el cual se elimina principalmente por las heces y la orina. En 12 vacas F1 ( $\frac{1}{2}$  *Bos taurus* -  $\frac{1}{2}$  *Bos indicus*) se evaluó el nivel de concentrado (0, 150, 300 y 450 g MS/litro de leche producida). Los resultados mostraron que se eliminó mayor cantidad de N por la orina (Tabla 3), Castillo et al. (2001) mencionan que cuando hay consumos superiores a 400 g N/d, la excreción aumenta exponencialmente en la orina, mientras que por la leche y las heces disminuye linealmente. Olmos y Broderick, (2006) mencionan que cualquier aumento superior

a 16.5% de PC en la dieta, la pérdida del nitrógeno se genera por medio de la orina, aumentándose el volumen de orina de 17.3 a 21.7 L/d en respuesta a una mayor suplementación.

**Tabla 2.** Consumo, excreción (g/d) y eficiencia (%) de utilización de fósforo en ovinos

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PV, kg	23.00	50.00	39.43	8.97
CMS, kg /d	0.54	1.84	1.002	0.26
P Ingerido (g/d)	1.45	7.47	3.91	1.82
P fecal	0.56	6.54	2.20	1.45
P orina	0.0046	1.93	0.28	0.47
P excretado total	0.58	6.69	2.49	1.71
P retenido	0.07	5.49	1.42	1.35
Eficiencia (%)	2.95	87.13	35.35	25.50
% P excreta al medio ambiente	12.87	97.05	64.65	25.50

**Tabla 3.** Consumo de N (g/d) y Digestibilidad aparente del N en vacas F1 lactantes alimentadas en pastoreo y suplementadas con niveles crecientes concentrado

Variable <sup>s</sup>	Tratamiento				EEM	Significancia		
	0.00	0.15	0.30	0.45		Tratamiento	Lineal	Cuadrático
N consumido, g/d	219.16 <sup>c</sup>	230.32 <sup>bc</sup>	237.03 <sup>b</sup>	282.38 <sup>a</sup>	4.20	0.0001	0.0004	0.0628
N excretado g/d	199.54 <sup>b</sup>	204.62 <sup>b</sup>	207.34 <sup>b</sup>	237.75 <sup>a</sup>	6.74	0.0014	0.0047	0.0693
Heces, g N/d	60.56 <sup>b</sup>	64.22 <sup>b</sup>	66.48 <sup>b</sup>	80.08 <sup>a</sup>	1.25	0.0001	0.0002	0.0617
Orina, g N/d	138.98 <sup>b</sup>	140.40 <sup>b</sup>	140.85 <sup>b</sup>	157.68 <sup>a</sup>	1.56	0.0106	0.0298	0.0769
Leche, gN/d	32.40	31.34	26.53	38.16	3.39	0.1380	0.8900	0.0711
Balance, g N/d	-12.78 <sup>b</sup>	-5.64 <sup>b</sup>	3.16 <sup>a</sup>	6.47 <sup>a</sup>	1.54	0.0001	0.0001	0.7343
Fecal N/N consumido (%)	27.60 <sup>d</sup>	27.90 <sup>c</sup>	28.07 <sup>b</sup>	28.33 <sup>a</sup>	0.003	0.0001	0.0001	0.5781
Urinario N/N consumido (%)	63.42 <sup>a</sup>	61.02 <sup>b</sup>	59.47 <sup>b</sup>	56.12 <sup>c</sup>	0.010	0.0001	0.0001	0.1548
Leche N/N consumido (%)	14.85	13.46	11.09	13.17	1.08	0.1288	0.0721	0.1205
Excretado N/N consumido (%)	27.60 <sup>d</sup>	27.90 <sup>c</sup>	28.07 <sup>b</sup>	28.33 <sup>a</sup>	0.02	0.0001	0.0001	0.4966

## MINIMIZAR LA HUELLA DEL CARBONO: MINIMIZAR EMISIONES DE METANO, ÓXIDO NITROSO Y DIÓXIDO DE CARBONO

La producción animal ha sido identificado como una importante fuente de gases de efecto invernadero, estimándose en producción global de 5.335 Mt de CO<sub>2</sub> equivalente por año (Rotz, 2017) y representando alrededor del 18% de las emisiones antropogénicas (Steinfeld et al., 2006). La producción de leche aporta con un total de 1,969 Mt de CO<sub>2</sub> eq, incluyendo las

actividades de deforestación, procesamiento de leche, producción de leche y producción de carne tanto de engorda como de animales de desecho (FAO, 2010).

Al igual que en el resto de los sistemas de producción con animales rumiantes, las principales fuentes de gases de efecto invernadero desde granjas lecheras corresponden al CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, los cuales provienen de la fermentación entérica, almacenamiento y manejo de estiércol, así como la producción de cultivos y pastizales. En este aspecto, la alimentación animal juega un papel importante en la sostenibilidad de los sistemas de producción pecuarios al condicionar las emisiones de gases de efecto invernadero (Makkar, 2013). El 40% de la producción de leche en México, se basa en vacas F1 del trópico y normalmente se suplementan con concentrados (SAGARPA, 2016), sin embargo, debe de evaluarse el efecto de la producción de leche con la suplementación de concentrado y el impacto medioambiental provocado. Se realizó un estudio para evaluar el nivel de concentrado (0, 150, 300 y 450 g MS/litro de leche producida) en 12 vacas F1 ( $\frac{1}{2}$  *Bos taurus* -  $\frac{1}{2}$  *Bos indicus*), y estimar la emisión de los gases de metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir del Tier II (IPCC, 2006) (Tabla 4).

La suplementación de concentrado por litro producido de leche en vacas de doble propósito en pastoreo no tuvo un efecto en el incremento en la producción lechera, además de no modificar su composición química, sin embargo se registraron mayores producciones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O con las dietas que presentaron mayores cantidades de concentrado, por lo cual es conveniente analizar la utilización de concentrado en vacas en pastoreo a pequeña escala ya que el uso de grandes cantidades de concentrado, no incrementa la producción láctea incrementando los costos de producción de leche.

**Tabla 4.** Consumo de materia seca, producción de leche y producción de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> en vacas lecheras híbridas F1 en pastos suplementados con diferentes niveles de concentrado en zonas tropicales húmedas.

Variable	Tratamiento				EEM	Significancia		
	0.00	0.15	0.30	0.45		Tratamiento	Lineal	Cuadrático
Peso vivo <sup>0.75</sup>	108.5	107.6	109.1	109.9	0.39	0.7403	0.5910	0.7401
CMS g/kg PV <sup>0.75</sup>	117.9	117.1	113.5	122.3	2.15	0.3509	0.8967	0.1332
Leche corregida, 3.5%, Kg	8.5	8.2	7.2	10.3	0.93	0.1575	0.7316	0.0702
GE ingerida (MJ/d)	212.7 <sup>b</sup>	217.2 <sup>b</sup>	219.3 <sup>b</sup>	251.9 <sup>a</sup>	2.86	0.0001	0.0093	0.0682
CH <sub>4</sub> L/d	546.7 <sup>b</sup>	558.2 <sup>b</sup>	563.5 <sup>b</sup>	647.5 <sup>a</sup>	7.35	0.0001	0.0093	0.0682
CH <sub>4</sub> g /vaca/d	390.5 <sup>b</sup>	398.7 <sup>b</sup>	402.5 <sup>b</sup>	462.5 <sup>a</sup>	5.25	0.0001	0.0093	0.0682
CH <sub>4</sub> g /Kg leche, 3.5%	46.7	51.7	59.4	50.1	4.09	0.1815	0.1861	0.0888
CH <sub>4</sub> g / Kg MS	30.6 <sup>d</sup>	31.7 <sup>c</sup>	32.6 <sup>b</sup>	34.4 <sup>a</sup>	0.19	0.0001	0.0001	0.1104
N <sub>2</sub> O g / vaca /d	61.1 <sup>c</sup>	67.4 <sup>b</sup>	69.3 <sup>b</sup>	82.6 <sup>a</sup>	1.23	0.0001	0.0004	0.0628
CO <sub>2</sub> eq/kg leche 3.5%	2.3	2.6	3.1	2.6	0.200	0.0895	0.0548	0.0887

Consumo de materia seca (CMS, g/kg PV<sup>0.75</sup>), Metano (CH<sub>4</sub>), Energía bruta ingerida (GE), Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

## CONCLUSION

El uso de indicadores en dietas sustentables para animales nos permite evaluar de manera sostenible el impacto que tiene una dieta en el medio ambiente, exceso de nitrógeno y fósforo en la dieta repercuten en una mayor excreción del mismo al medio ambiente y por consiguiente una eutrofización y contaminación del agua. Así mismo la suplementación de concentrado por litro producido de leche en vacas de doble propósito en pastoreo no tuvo un efecto en el incremento en la producción lechera, sin embargo se registraron mayores producciones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O con las dietas que presentaron mayores cantidades de concentrado, por lo cual es conveniente analizar la utilización de concentrado en vacas en pastoreo a pequeña escala bajo condiciones de trópico.

## AGRADECIMIENTOS

La MVZ. Nadia A. Sánchez Guerra y la M en C. Lizbeth E. Robles Jiménez, fueron beneficiadas con una beca CONACYT durante sus estudios de Especialidad en Producción Ovina y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Autónoma del Estado de México, respectivamente. Este proyecto fue financiado por UAEM 4335/2017.

## REFERENCIAS

- Castillo, A. R., E. Kebreab, D. E. Beever, and J. France. 2001. A review of efficiency of nitrogen utilization in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. *J. Anim. Feed Sci.* 9:1–32
- Bruinsma J. 2009. By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? FAO Expert meeting on how to feed the world in 2050, 24–26 June 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy: <http://www.fao.org/3/a-ak971e.pdf>
- Chapa-Balcorta, C., y Guerrero-Arenas, R. 2010. Eutrofización: Abundancia que mata. *Revista Como ves* 134,. 22-25.
- FAO. 2010. Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Animal Production and Health Division. 98 pp.
- FAO. 2014. Towards a Concept of Sustainable Animal Diets. By Makkar H., and Ankers, P. (Eds) Report based on the collated results of a survey of stakeholder views. FAO Animal Production and Health reports No.7. FAO, Rome, Italy.
- FAO, 2017. El trabajo de la FAO sobre el cambio climático. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático 2017, 8 p. <http://www.fao.org/3/a-i8037s.pdf>
- IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japan.

- Makkar H., and Ankers, P. 2014. Towards sustainable animal diets: A survey-based study. *Animal Feed Science and Technology*. 198: 309-322.
- Makkar, H.P.S. 2013. Towards sustainable animal diets. In *Proceedings of the FAO Symposium optimization of feed use efficiency in ruminant production systems*. Vol. 16. pp. 67–74. Rome. FAO. 121 pp.
- Moreno-Franco, D.P., Quintero-Manzano, J., y López-Cuevas, A., 2010. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Revista ContactoS* 78, 25–33.
- Olmos, J.J and Broderich, G.A. 2006. Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows. *J.Dairy Sci.* 89:1704-1712.
- ONU. 2017. La población mundial aumentará en 1.000 millones para 2030. Nueva York, E.U.: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>
- Pacheco, D., and G. C. Waghorn. 2008. Dietary nitrogen-definitions, digestion, excretion and consequences of excess for grazing ruminants. *Proc. N. Z. Grassl. Assoc.* 70:107–116.
- Pérez-Espejo R. 2008. El lado oscuro de la ganadería, *Prob. Des, México*, v. 39, n. 154, p. 217-227
- Preston, T.R. 2009. Environmentally sustainable production of food, feed and fuel from natural resources in the tropics. *Trop. Anim. Health Prod.* 41, 1071-80.
- RAP-AL. 2010. Contaminación y eutrofización del agua: Impactos del modelo de agricultura industrial., RAP-AL, Montevideo, Uruguay.
- Shimada A. 2017. *Nutrición Animal*, 4ª edición, Trillas, México, 390 p.
- Rotz, C. A. 2017. Modeling greenhouse gas emissions from dairy farms. *Journal of Dairy Science*.
- SAGARPA- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2016. Escenario base 09-18. Proyecciones para el sector agropecuario de México. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Escenariobase09.pdf>
- Sánchez Guerra N.A, Robles Jimenez L.E, Castelan Ortega O, Gonzalez Ronquillo M. 2018. Efecto en la absorción y excreción de fósforo en dietas para ovejas: Hacia una dieta sustentable. III Congreso internacional y VII seminario en producción animal y desarrollo rural sustentable. 3-5 Octubre. Universidad Michoacana.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. 2006. *Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options*. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.



---

# Ciclo estral y programas de inseminación artificial en ganado lechero en sistemas intensivos

JOEL HERNÁNDEZ CERÓN

*Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
jhc@unam.mx*

---

## INTRODUCCIÓN

Una de las mayores aspiraciones de los fisiólogos de la reproducción bovina de los años 60 era desarrollar un método que permitiera la inseminación artificial sin la detección previa del estro. Con el advenimiento de la PGF2 $\alpha$  en los años 70, los investigadores pensaron que ese momento había llegado; sin embargo, no fue así porque había mucha variación entre en la inyección de la PGF2 $\alpha$  y la presentación del estro, por tanto la fertilidad cuando se inseminaba a tiempo fijo era baja. Con el uso de la ecografía transrectal en la segunda mitad de década de los 80, se caracterizó la dinámica folicular y se descubrió que el tiempo de presentación del estro, y en consecuencia el momento de la ovulación, dependía de la etapa de la oleada folicular en que se inyectaba la PGF2 $\alpha$ . Se concluyó que la única manera de reducir la variación en la presentación del estro era mediante la sincronización del desarrollo folicular, para que al momento de la inyección de la PGF2 $\alpha$  hubiera un folículo con las mismas características en todas las vacas tratadas.

En los años 90 se desarrollaron programas que facilitaron la sincronización de las oleadas foliculares, lo cual dio origen a los programas de sincronización de la ovulación e inseminación a tiempo fijo (IATF), que conocemos actualmente. En este artículo se revisarán las bases y las características de los programas de sincronización e inseminación en el ganado lechero en sistemas de manejo intensivo.

## DESARROLLO FOLICULAR EN LA VACA

La hembra bovina nace con aproximadamente 200 mil folículos, de los cuales muy pocos se activan e inician su crecimiento, y la mayor parte de ellos sufre atresia en diferentes etapas del desarrollo (Erickson 1966; Lucy 2007). Al nacimiento, los folículos están en la fase más elemental y se conocen como folículos primordiales. Posteriormente estos folículos se activan y se transforman en folículos primarios y secundarios; hasta este momento los folículos no tienen antro (etapa preantral) y su desarrollo es independiente de las gonadotropinas (LH y FSH). Cuando los folículos forman el antro se conocen como folículos terciarios y su desarrollo es dependiente de las gonadotropinas (etapa antral) (Hyttel *et al.*, 1997).

El crecimiento folicular en la etapa antral ocurre en forma de oleadas y cada oleada comienza con un aumento en los niveles de FSH, lo cual promueve el crecimiento de un grupo de cinco a ocho folículos (~4 mm de diámetro); este proceso es conocido como reclutamiento (Ahmad *et al.*, 1997). Posteriormente, un solo folículo continúa creciendo (folículo dominante), lo que provoca un aumento en las concentraciones de estradiol  $17\beta$  e inhibina y una disminución en las concentraciones de FSH y atresia de los folículos subordinados, pues ellos dependen totalmente de esta hormona, mientras que el folículo dominante continúa su desarrollo estimulado por la LH (Lucy 2007). El folículo dominante perdura de cuatro a seis días y si no llega a ovular, sufre atresia. Después de la atresia del folículo dominante bajan los niveles de estrógenos e inhibina, se observa un incremento de las concentraciones de FSH y se inicia una nueva oleada folicular. Durante el ciclo estral se presentan de dos a tres oleadas foliculares (Ahmad *et al.*, 1997, Jaiswal *et al.*, 2004; Lucy 2007). El folículo dominante que está presente cuando el cuerpo lúteo sufre regresión, continúa su desarrollo en respuesta al incremento de la frecuencia de secreción de la LH; posteriormente, se desencadena el pico preovulatorio de LH, lo cual provoca la ovulación.

## REGRESIÓN DEL CUERPO LÚTEO Y OVULACIÓN

En los rumiantes, el útero regula la vida media del cuerpo lúteo mediante la secreción de la prostaglandina  $F2\alpha$  ( $PGF2\alpha$ ); así, cuando la gestación no se establece, el endometrio secreta  $PGF2\alpha$  para destruir el cuerpo lúteo y con ello genera una nueva oportunidad de concepción. La  $PGF2\alpha$  llega al ovario a través de una vía sanguínea local, lo cual evita su degradación en los pulmones. Dicha vía está constituida por el plexo útero-ovárico. Esta red de vasos sanguíneos permite el paso de la  $PGF2\alpha$  de la vena uterina a la arteria ovárica (McCracken *et al.*, 1999). El mecanismo por el cual la  $PGF2\alpha$  atraviesa las paredes de los vasos sanguíneos no está claro; durante años se resumía todo a un mecanismo de contracorriente, sin embargo, puede ser regulado por una proteína transportadora de la  $PGF2\alpha$ . En las vacas con la patología del desarrollo conocida como aplasia segmentaria, en la cual no se desarrolla un cuerno uterino, presentan un cuerpo lúteo persistente cuando la ovulación ocurre del lado donde no hay cuerno uterino.

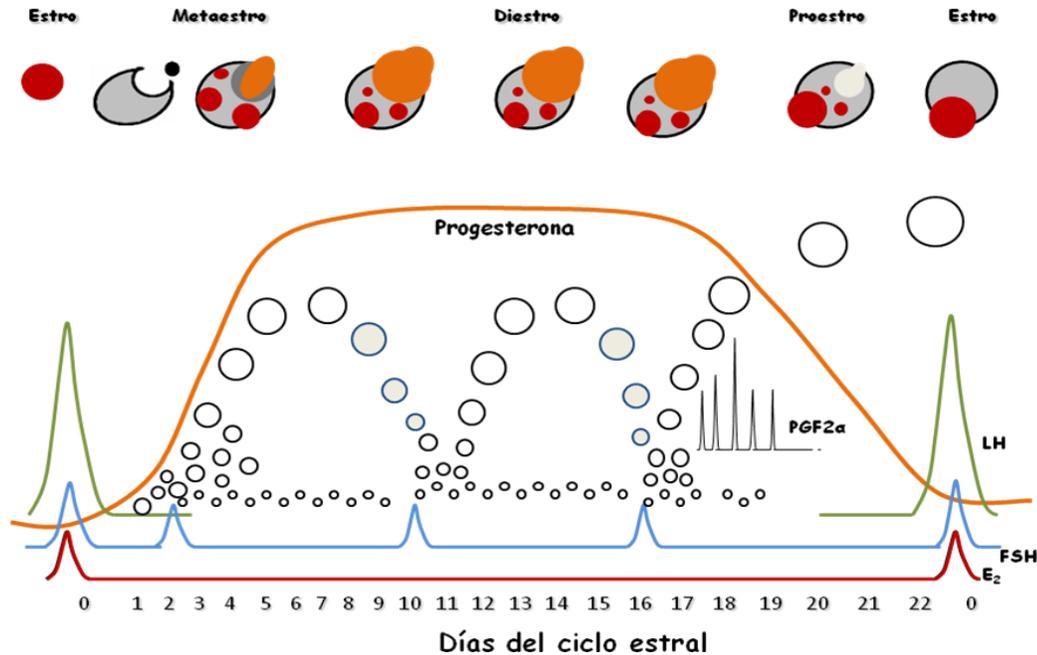
Durante el diestro, la progesterona inhibe la síntesis de la  $PGF2\alpha$  mediante la supresión de la formación de receptores para estradiol tanto en el hipotálamo como en el endometrio. Al final del diestro, después de un periodo de 12 a 14 días de exposición a progesterona, los receptores para esta hormona se agotan (downregulation), lo cual promueve la síntesis de receptores para estradiol. El estradiol producido en el folículo dominante estimula la síntesis de receptores para oxitocina en el endometrio. Al mismo tiempo, por la acción del estradiol en el hipotálamo se activa la secreción de oxitocina. La oxitocina, tanto de origen hipotalámico como lúteo, desencadena la secreción de  $PGF2\alpha$ . Para provocar la luteólisis, la  $PGF2\alpha$  se debe secretar en episodios (pulsos) con intervalos de seis a ocho horas, requiriéndose de cinco a seis

episodios para destruir al cuerpo lúteo (McCracken *et al.*, 1999). Si la  $\text{PGF2}\alpha$  no sigue este patrón de secreción, fracasará la luteólisis. Además de la  $\text{PGF2}\alpha$  de origen uterino, el cuerpo lúteo también produce  $\text{PGF2}\alpha$ , la cual aumenta el efecto luteolítico. La falta de sensibilidad a la  $\text{PGF2}\alpha$  que se observa en los cuerpos lúteos inmaduros (primeros cinco días después de la ovulación) obedece a que en este periodo el cuerpo lúteo todavía no produce  $\text{PGF2}\alpha$  (Smith y Meidan 2014).

Después de la luteólisis los niveles de progesterona llegan a niveles basales, lo cual permite el incremento de la frecuencia de secreción pulsátil de la LH, con lo cual el folículo dominante continúa su maduración para convertirse en folículo ovulatorio (McCracken *et al.*, 1999). En un ciclo estral, el tiempo que transcurre entre la luteólisis y la presentación del estro es muy constante entre las vacas debido a la poca variación que hay en las características del folículo dominante al momento de la luteólisis. Por el contrario, cuando se induce la luteólisis con  $\text{PGF2}\alpha$  en un programa de campo, las vacas están en diferentes días del diestro, lo cual determina que haya vacas con folículos en diferentes etapas de desarrollo. En este contexto, el periodo comprendido de la luteólisis a la presentación del estro, es muy variable. Así, una vaca con un folículo maduro (diestro temprano) al momento de la administración de la  $\text{PGF2}\alpha$  tardará menos tiempo en presentar el estro que una vaca que tiene folículos en las primeras etapas de desarrollo (diestro medio) (Diskin *et al.*, 2002).

El único camino para reducir la variación en el tiempo de presentación del estro en las vacas tratadas con  $\text{PGF2}\alpha$ , es minimizando la variación de la etapa del desarrollo de los folículos al momento de la inyección de la  $\text{PGF2}\alpha$  (Weems *et al.*, 2008).

Después de la inyección de una dosis luteolítica de  $\text{PGF2}\alpha$ , naturales o sintéticas, las concentraciones de progesterona alcanzaron niveles basales entre 24 y 36 horas. Alrededor de cinco por ciento de las vacas con cuerpos lúteos funcionales no sufren regresión lútea, por causas desconocidas. Además, en los primeros cinco días el cuerpo lúteo no es susceptible al efecto luteolítico de la  $\text{PGF2}\alpha$  (McCracken *et al.*, 1999; El-Zarkouny *et al.*, 2004).



**Figura 1.** Ciclo estral de la vaca. Se muestran los principales cambios ováricos y hormonales en las diferentes etapas.

## SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN E INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO

Se han desarrollado tratamientos que promueven la homogeneización de la población folicular entre las vacas. Después de la ovulación en un ciclo estral bajan las concentraciones de las hormonas inhibitoras de la secreción de la FSH (inhibina y estradiol) y se observa un incremento de esta hormona, el cual provoca el reclutamiento folicular y con ello el inicio de la primera oleada folicular. Entre los días 6 y 7 después del pico preovulatorio de LH se observa en todas las vacas un folículo dominante de características muy similares. La inducción de la ovulación de los folículos dominantes con la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) provoca el inicio sincronizado de una nueva oleada folicular, tal y como ocurre después de la ovulación en el ciclo estral normal (Pursley *et al.*, 1995). Entre 36 y 48 horas después de la inyección de GnRH comienza la nueva oleada folicular. Cabe recordar que la GnRH ocasiona una secreción de LH parecida a preovulatoria, la cual provoca la ovulación y/o luteinización del folículo dominante (Diskin *et al.*, 2002). También se puede provocar la atresia del folículo dominante mediante la administración de estradiol o progesterona, hormonas que disminuyen la frecuencia de los pulsos de LH, condición que induce la atresia del folículo dominante y el inicio de una nueva oleada folicular (Diskin *et al.*, 2002).

En los programas de sincronización en inseminación a tiempo fijo (Ovsynch o IATF) las vacas se sincronizan con PGF<sub>2</sub>α (presincronización) cada 14 días, a partir del día 30 o 40 posparto, con el propósito de que al momento de iniciar la sincronización de la ovulación estén en el

diestro temprano (Gumen *et al.*, 2012). La sincronización de la ovulación inicia 12 días después de la última inyección de PGF2 $\alpha$ ; comienza con la inyección de GnRH (día cero), seguida de la inyección de PGF2 $\alpha$  (día siete); posteriormente se administra la segunda dosis de GnRH (día nueve) y se insemina 16 horas después (Pursley *et al.*, 1995). La primera inyección de GnRH induce la ovulación o la luteinización de los folículos  $\geq 8$  mm de diámetro, iniciándose una nueva oleada folicular, condición similar a la observada después de la ovulación espontánea. Dado que la primera inyección de GnRH se realiza en el diestro temprano, al momento de la inyección de PGF2 $\alpha$ , las vacas continúan en diestro y la mayoría de ellas tiene un folículo con un grado de desarrollo similar. La segunda inyección de GnRH induce la ovulación del folículo dominante, la cual está sincronizada con el momento de la inseminación (figura 1). Se han desarrollado diversas variantes del programa original; en las figuras 3 a 5 se muestran algunas de ellas.

La presincronización con inyecciones sistemáticas de PGF2 $\alpha$  antes de la primera inyección de GnRH es necesaria para alcanzar resultados óptimos. Si las vacas no entran al programa de presincronización y reciben la primera inyección de GnRH en cualquier día del diestro, es probable que algunas no tengan cuerpo lúteo y muestren estro antes de la segunda inyección de GnRH (Gumen *et al.*, 2012).

## IATF Y FERTILIDAD

La proporción de vacas gestantes del total inseminado (PC) es similar entre las vacas inseminadas a estro observado y las inseminadas a tiempo fijo (Bisinotto y Santos 2012). Sin embargo, la diferencia de fertilidad en estos programas radica en la tasa de preñez (TP), es decir, en la proporción de vacas gestantes del total elegible para inseminarse en un periodo equivalente a la duración de un ciclo estral (21 días). La tasa de preñez es mayor en los programas de IATF que en los programas de inseminación a estro observado. Esto obedece a que en los programas de inseminación a estro observado se insemina alrededor de 50% de las vacas (eficiencia en la detección de estros de 50%), mientras que en la IATF se insemina al 100% de las vacas elegibles, lo que arroja una mayor TP. De esta forma, si el PC es de 30% y la eficiencia en la detección de estros es de 50%, la TP será de 15%. En el programa de IATF con el mismo PC (30%), pero inseminando todas las vacas (eficiencia en la detección de estros de 100%), la TP será de 30%. De acuerdo con estos números el programa de IATF ofrece en doble de TP que los programas tradicionales basados en la detección del estro. Esta diferencia en la TP y el costo de los hormonales deben considerarse, en cada caso particular, para elegir el mejor programa.

## FACTORES DE VARIACIÓN EN LA RESPUESTA A LOS PROGRAMAS DE IATF

### **Ciclicidad**

Los mejores resultados en los programas de IATF se consiguen cuando las vacas tratadas están ciclando. En muchos hatos lecheros el programa reproductivo se basa en la inyección sistemática de PGF2 $\alpha$  cada 14 días a partir del día 30 posparto, inseminando en el estro detectado después de la segunda o tercera inyección de PGF2 $\alpha$ . Cuando las vacas no muestran estro en estas dos oportunidades, las someten a un protocolo de IATF. De esta manera, una alta proporción de las vacas enroladas en los programas de IATF están en anestro, por lo tanto el programa ofrece resultados pobres; no obstante, es una opción para intentar preñar a estos animales. Para las vacas anéstricas los programas de IATF se complementan con la utilización de un dispositivo liberador de progesterona, el cual permanece *in situ* entre la primera inyección de GnRH y la PGF2 $\alpha$  (Wiltbank *et al.*, 2011; Figura 2).

### **Concentraciones sanguíneas de progesterona**

Las vacas lecheras de alta producción presentan concentraciones séricas subnormales de progesterona, debido a que tienen una tasa elevada de eliminación de las hormonas esteroides por vía hepática (Sangsritavong *et al.*, 2002; Vasconcelos *et al.* 2003). Las concentraciones subnormales de progesterona provocan periodos de dominancia folicular más largos que conllevan a una disminución de la competencia de los ovocitos y a anomalías del desarrollo embrionario (Revah y Butler, 1996; Wiltbank *et al.*, 2006). Además, los bajos niveles séricos de progesterona se asocian con el incremento de los partos gemelares (Lopez *et al.*, 2005). Wiltbank *et al.*, (2011), observaron que el incremento de las concentraciones séricas de progesterona antes de la IATF aumenta el porcentaje de concepción, disminuye las pérdidas de gestaciones entre el día 29 al 57 posinseminación y reduce la incidencia de ovulación múltiple. Asimismo, se ha observado que la fertilidad es mayor cuando la fase de crecimiento y maduración del folículo ovulatorio ocurre en presencia de concentraciones altas de progesterona (Bisinotto *et al.* 2010; Rivera *et al.* 2011).

### **Día del ciclo estral**

Para que la oleada folicular se sincronice y el programa de IATF genere buenos resultados, es necesario que después de la primera inyección de GnRH ovule el folículo dominante. El tratamiento con GnRH, en las vacas que están en diferentes días del ciclo estral, induce la ovulación entre 50 y 70% de las vacas (Pursley *et al.*, 1995; Bisinotto y Santos 2012). La mayor respuesta ovulatoria se logra cuando el tratamiento se realiza entre los días 6 a 7 del ciclo estral (Wiltbank *et al.*, 2006). Con el propósito de que las vacas reciban la primera inyección de GnRH en dichos días, es necesario que estén enroladas en un programa de presincronización. Es prudente reiterar que si se inicia un programa de IATF en animales que estén en diferentes etapas del diestro (temprano, medio o tardío) los resultados serán pobres.

### **Luteólisis**

El tiempo que transcurre entre la inducción de la ovulación del folículo dominante con GnRH y la inducción de la luteólisis con PGF2 $\alpha$ , es suficiente para que el cuerpo lúteo formado por la inyección de GnRH sea sensible a la PGF2 $\alpha$  (cuerpo lúteo entre los días 6 y 7) (Nascimento et al., 2014). No obstante, algunas ineficiencias del programa se atribuyen a la regresión incompleta del cuerpo lúteo. Este problema es más relevante cuando el tiempo que transcurre entre la inyección de GnRH y la PGF2 $\alpha$  es de cinco días. En estos últimos programas se aconseja la repetición de la PGF2 $\alpha$  24 horas después (Wiltbank et al., 2011). No obstante, la administración de una segunda dosis PGF2 $\alpha$  con 24 horas de intervalo en los programas básicos de IATF no aporta resultados significativos de fertilidad.

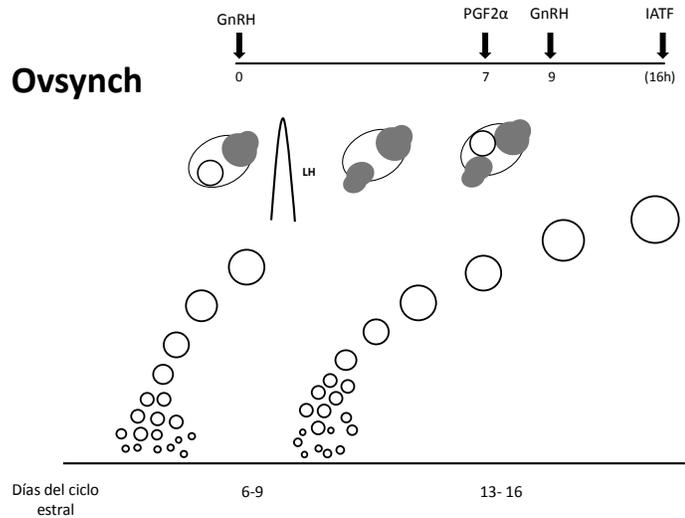
### **Infecciones uterinas**

En el ganado lechero las infecciones uterinas alargan el periodo del parto a la concepción, disminuyen el porcentaje de concepción al primer servicio, reducen la tasa de vacas inseminadas y alargan el periodo del parto a la primera ovulación (Lima et al., 2013). Dentro de las patologías uterinas descritas están la metritis puerperal, metritis, endometritis y recientemente se ha diagnosticado casos de endometritis subclínica (ES). La endometritis subclínica afecta entre 20 y 50% de las vacas y disminuye la fertilidad en el primer servicio. En las vacas que padecen endometritis subclínica y son enroladas a los programas de IATF en el primer servicio posparto (Lima et al., 2013), se observa una reducción del porcentaje de concepción [gestaciones en el día 60 (sanas= 40% vs ES= 25)] y se incrementa la pérdida de gestaciones entre el día 32 y 60 de preñez [sanas= 9.6% vs ES=44%).

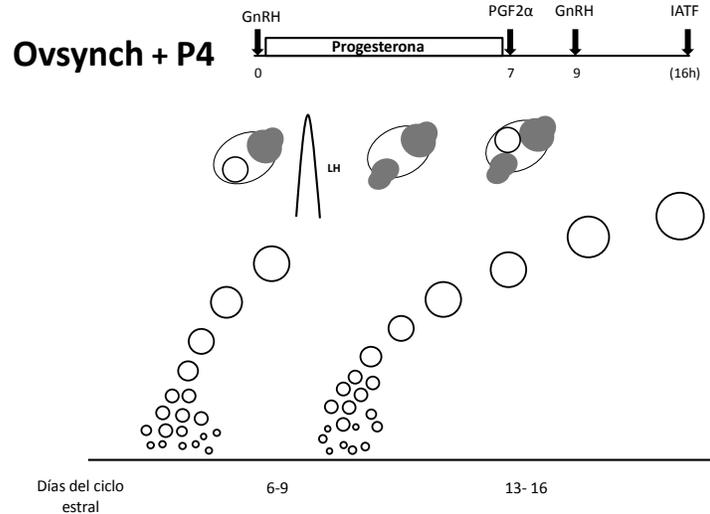
### **Manejo**

El crecimiento de los hatos lecheros ha agudizado los problemas relacionados con el manejo del personal. Por la naturaleza del manejo de los hatos lecheros en sistemas intensivos, trabajar en un establo no es un empleo atractivo. Los establos requieren personal que trabaje en horarios no convencionales, con pocos días de descanso y con salarios y prestaciones limitados. Lo anterior ha generado alta movilidad de los trabajadores; muchos toman el trabajo mientras surge una mejor oportunidad.

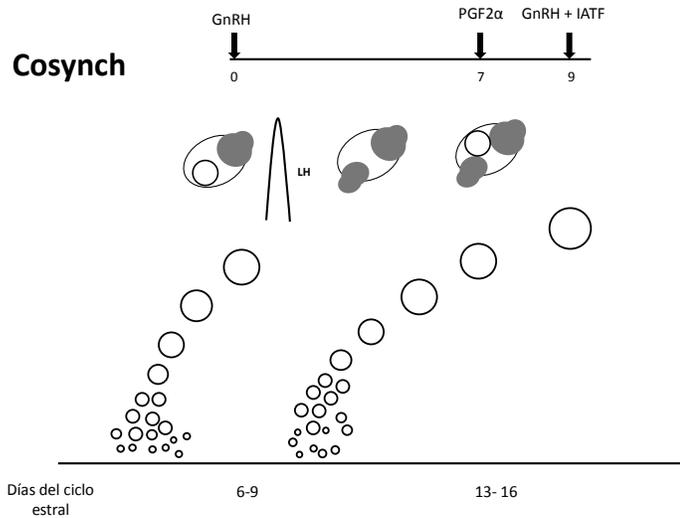
Por otra parte, los programas de IATF requieren de inyecciones sistemáticas de las hormonas en horarios muy específicos, generalmente se manejan varios grupos de animales que están en diferentes lotes, ya que cada semana se enrolan nuevas vacas al programa. En este contexto, el riesgo de error en la administración de los tratamientos es alto. Todos los clínicos de la reproducción que estén leyendo este artículo deben tener diversas experiencias de errores en la administración de los tratamientos. En mi opinión este es el factor que más afecta los resultados de los programas de IATF. Por este motivo, antes de iniciar un programa de IATF se debe asegurar que el personal aplicará correctamente los tratamientos. En hatos pequeños algunos clínicos optan por aplicar ellos mismos los hormonales, con mejores resultados.



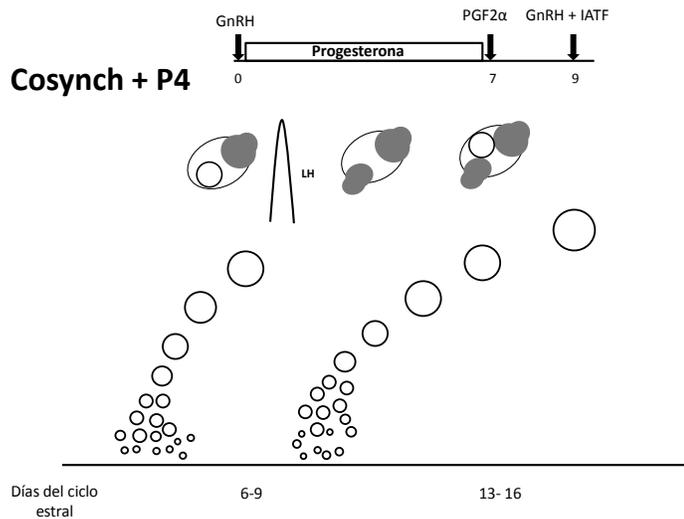
**Figura 1.** Representación esquemática de la sincronización de la ovulación con el programa Ovsynch: día 0 primera inyección de GnRH (induce la ovulación o luteinización del folículo dominante, inicio de una nueva oleada folicular); día 7 inyección de PGF2α (Luteólisis del CL), día 9 segunda inyección de GnRH (induce la ovulación del folículo dominante), inseminación a tiempo fijo a las 16 h de la última inyección (Día 10).



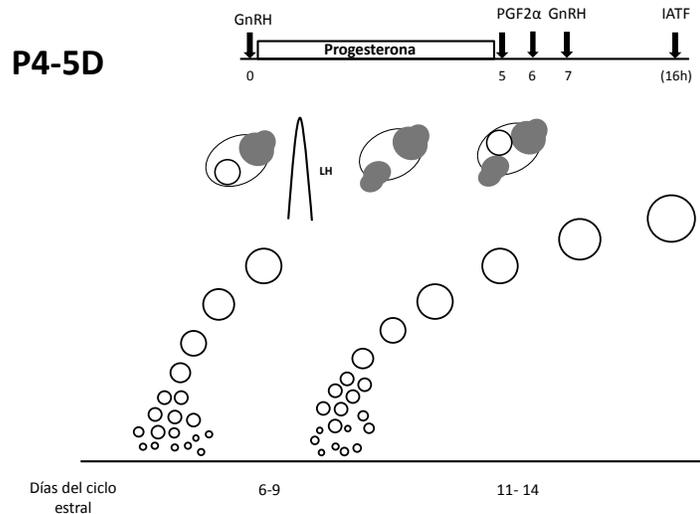
**Figura 2.** Variante del programa Ovsynch utilizado en vacas anéstricas. Este programa incluye la inserción intravaginal de un dispositivo liberador de progesterona, el cual permanece *in situ* entre la primera inyección de GnRH y la PGF2α.



**Figura 3.** Cosynch; variante del programa Ovsynch en donde la inseminación artificial se hace al momento de la segunda inyección de GnRH. El tiempo que transcurre entre la aplicación de la PGF2α y la segunda dosis de GnRH puede ser de 48 o 72 horas.



**Figura 4.** Variante del Cosynch en el cual se utiliza un dispositivo intravaginal liberador de progesterona, entre la primera inyección de GnRH y la PGF2α.



**Figura 5.** Esta es una variante programa Ovsynch, en la cual se reduce el intervalo entre la primera GnRH y la PGF2α de siete a cinco días. En el día 0, se administra la primera inyección de GnRH y se inserta en la vagina un dispositivo liberador de progesterona; día 5, se retira el dispositivo intravaginal liberador de progesterona y se inyecta una PGF2α; día 6, se aplica una segunda dosis de PGF2α; día 7, se inyecta la segunda dosis de GnRH; 16 h después se insemina a tiempo fijo (día 8).

## REFERENCIAS

- Ahmad Nasim, Townsend E. C., Dailey R. A., Inskeep E. K. Relationships of Hormonal Patterns and Fertility to Occurrence of Two or Three Waves of Ovarian Follicles, Before and After Breeding, in Beef Cows and Heifers. *Anim. Reprod. Sci* 1997; 49:13-28
- Anderson, L.H., Day, M.L. Acute progesterone administration regresses persistent dominant follicles and improves fertility of cattle in which estrus was synchronized with melengestrol acetate. *J Anim. Sci.* 1994; 72:2955-2961.
- Bisinotto R.S., Chebel R.C., Santos JEP. Follicular wave of the ovulatory follicle and not cyclic status influences fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2010; 93:3578–3587.
- Bisinotto R. S., Santos J. E. P. The Use of Endocrine Treatment to Improve Pregnancy Rates in Cattle. *Reproduction, Fertility and Development* 2012; 24:258-266.
- Cerri, R.L., Chebel, R.C., Rivera, F., Narciso, C.D., Oliveira, R.A., Amstalden, M., Baez-Sandoval, G.M., Oliveira, L.J., Thatcher, W.W., Santos, J.E. Concentration of progesterone during the development of the ovulatory follicle: II. Ovarian and uterine responses. *J. Dairy Sci.* 2011; 94, 3352–3365.
- Colazo, M.G., Dourey, A., Rajamahendran, R., Ambrose, D.J. Progesterone supplementation before timed AI increased ovulation synchrony and pregnancy per AI, and supplementation after timed AI reduced pregnancy losses in lactating dairy cows. *Theriogenology* 2013; 79, 833-841.

- Diskin M. G., Austin E. J., Roche J. F. Exogenous Hormonal Manipulation of Ovarian in Cattle. *Domestic Animal Endocrinology* 2002; 23:211-228.
- El-Zarkouny, S.Z., Cartmill, J.A., Hensley, B.A., Stevenson, J.S. Pregnancy in Dairy Cows After Synchronized Ovulation Regimens With or Without Presynchronization and Progesterone. *J Dairy Sci.* 2004; 87, 1024–1037.
- Erickson B. H., Development and Senescence of the Postnatal Bovine Ovary. *J. Anim. Sci.* 1966; 25:800-805.
- Gumen A., Keskin A., Yilmazbas-Macitoglu G., Karakaya E., Alkan A., Okut H., Wiltbank M. C. Effect of Presynchronization Strategy Before Ovsynch on Fertility and First Service in Lactating Dairy Cows. *Theriogenology* 2012; 78:1830-1838.
- Hyttel P., Fair T., Callesen H., Greve T. Oocyte Growth, Capacitation and Final Maturation in Cattle. *Theriogenology* 1997; 47:23-32.
- Jaiswal R. S., Singh J. and Adams G. P. Developmental Pattern of Small Antral Follicles in the Bovine Ovary. *Biol. Reprod.* 2004; 71:1244-1251.
- Jaiswal R. S., Singh J., Marshall L., Adams G. P. Repeatability of 2-Wave and 3-Wave Patterns of Ovarian Follicular Development During the Bovine Estrous Cycle. *Theriogenology* 2009; 72:81-90.
- Lima, J.R., Rivera, F.A., Narciso, C.D., Oliveira, R., Chebel, R.C., Santos, J.E. Effect of increasing amounts of supplemental progesterone in a timed artificial insemination protocol on fertility of lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 2009; 92, 5436-446.
- Lima FS, Bisinotto RS, Ribeiro ES, Greco LF, Ayres H, Favoreto MG, Carvalho MR, Galvão KN, Santos JE. Effects of 1 or 2 treatments with prostaglandin F<sub>2</sub>α on subclinical endometritis and fertility in lactating dairy cows inseminated by timed artificial insemination. *J Dairy Sci* 2013; 96:6480-6488.
- Lopez, H., R. Sartori, and M. C. Wiltbank. Reproductive hormones and follicular growth during development of one or multiple dominant follicles in cattle. *Biol. Reprod.* 2005; 72:788–795.
- Lucy M. C. The Bovine Dominant Ovarian Follicle. *J. Anim. Sci.* 2007; 85:E89-E99.
- Mata, C.F.A., Hernández-Ceron, J., González, P.E. 2001. Efecto de norgestomet inyectado sobre los folículos dominantes persistentes y la formación del cuerpo lúteo en vacas sincronizadas con implantes de norgestomet. *Vet. Méx.* 32, 19-25.
- McCracken J. A., Custer E. E., Lamsa J. C., Luteolysis: A Neuroendocrine-Mediated Event. *Physiol. Rev.* 1999;79:263-323.
- Nascimento AB, Souza AH, Keskin A, Sartori R, Wiltbank MC. Lack of complete regression of the Day 5 corpus luteum after one or two doses of PGF<sub>2</sub>α in nonlactating Holstein cows. *Theriogenology* 2014;81: 389–395.
- Pursley J. R., Mee M. O., Wiltbank M. C. Synchronization of Ovulation in Dairy Cows Using PGF<sub>2</sub>α and GnRH. *Theriogenology* 1995; 44:915-923.
- Pursley J. R., Bello N. M. Ovulation Synchronization Strategies in Dairy Cattle Using PGF<sub>2</sub>α and GnRH

- Revah, I., Butler W.R. 1996. Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes. *J. Reprod. Fertil.* 106, 39–47.
- Sangsrivong, S., Combs, D.K., Sartori, R., Armentano, L.E., Wiltbank, M.C. 2002. High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17beta in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85, 2831-2842.
- Santos J. E. P., Narciso C. D., Rivera F., Thatcher W. W., Chebel R. C. Effect of reducing the period of follicle dominance in a timed artificial insemination protocol on reproduction of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2010; 93 :2976–2988.
- Smith George W., Meidan Rina. Review Article: Ever-changing Cell Interactions During the Lifespan of the Corpus Luteum: Relevance to Luteal Regression. *Rep. Bio.* 2014; 100: No of pages 8.
- Sterry R. A., Jardon P. W., Fricke P. M. Effect of Timing of Cosynch of Fertility of Lactating Holstein Cows After First Postpartum and Resynch Timed-AI Services. *Theriogenology* 2007; 67:1211-1216.
- Vasconcelos, J.L., Sangsrivong, S., Tsai, S.J., Wiltbank, M.C. 2003. Acute reduction in serum progesterone concentrations after feed intake in dairy cows. *Theriogenology* 60, 795-807.
- Weems C. W., Weems Y. S., Randel R. D. Prostaglandins and Reproduction in Female Farm Animals. *Vet. J.* 2006; 171:206-228.
- Wiltbank, M., Lopez, H., Sartori, R., Sangsrivong, S., Gümen, A. 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 65, 17-29.
- Wiltbank, M.C., Sartori, R., Herlihy, M.M., Vasconcelos, J.L., Nascimento, A.B., Souza, A.H., Ayres, H., Cunha, A.P., Keskin, A., Guenther, J.N., Gumen. A. 2011. Managing the dominant follicle in lactating dairy cows. *Theriogenology* 76, 1568-1582.

---

# Reflexiones sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas explotadas bajo condiciones tropicales

CARLOS S. GALINA

*Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,  
Departamento de Reproducción  
cgalina@unam.mx*

---

## INTRODUCCIÓN

El pronto reinicio de la actividad ovárica posparto es uno de los problemas más acentuados en la ganadería del trópico, varios estudios han demostrado que el anestro posparto puede ser tan prolongado como 100 días (Anta y cols 1989, Abeygunawardena y Dematawewa 2004), En una revisión sobre el tema Galina y Arthur (1989) concluyeron que factores como la raza del animal, la condición corporal al parto, la época del año en que ocurría este evento y el estímulo de succión producido en la madre por la cría eran los ítems más importantes que afectaban el reinicio de la actividad ovárica posparto.

## RAZA Y NÚMERO DE PARTO

Hay varios estudios que han demostrado que la raza del animal juega un papel muy importante en el reinicio de la actividad ovárica posparto y este efecto esta en relación directa con la habilidad de mantener la condición corporal durante el amamantamiento de la cría. Así, razas como la Gyr o la Indobrasil tienden a perder más peso que razas como la Brahman, Nelore o Guzerat, existen pocos estudios que hagan un ensayo experimental donde se comparen las diferentes razas indicas en condiciones similares de manejo, sin embargo, se ha demostrado que las crías de madres Cebú succionan a la madre con menos frecuencia conforme van creciendo, pero su duración es similar a las vacas europeas (Reinhardt and Reinhardt, 1981, Orihuela 1990). Lo que, si es evidente en todas las razas, es que las hembras de primer parto tienen una mayor dificultad en controlar su peso pues sufren de eventos estresantes como son el parir y lactar donde todavía no tienen experiencia previa. Este efecto es más marcado cuando las hembras de primer parto se mezclan con multíparas pues a los factores anteriores hay que agregarles la competencia por alimento que generalmente favorece a las hembras adultas (Maquivar and Galina 2010). Por todos estos factores no es sorprendente que la vaca de primer parto tenga la peor eficiencia reproductiva del hato, la cual ha sido reportada desde hace mucho tiempo (Plasse 1983). Es necesario que se realice mayor investigación sobre el manejo de la vaca de primer parto; en un estudio retrospectivo, Enríquez de la Fuente et al., (1993)

encontraron que solamente el 5% de las hijas de las vacas de primer parto se mantenían como hembras reproductoras cuando tenían oportunidad de ingresar al hato reproductivo, si esta apreciación es correcta, resulta poco rentable el utilizar hembras de primer parto como un semillero para producir animales de reemplazo y por ende el destino de las crías de vacas de primer parto tendrá que ser ajustado a otros menesteres que sean rentables para el productor.

## CONDICIÓN CORPORAL AL PARTO

Mucho se ha escrito sobre el efecto de una pobre condición corporal sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto (para revisión consultar Montiel y Ahuja 2005). Asimismo, un buen número de estrategias se han empleado para disminuir la pérdida de condición corporal; entre los más populares esta la suplementación alimenticia en el período posparto. La cantidad de nutrientes utilizados así como el tiempo y duración de esta suplementación hace imposible obtener una conclusión de qué régimen o en qué tiempo posparto es mejor un suplemento alimenticio sobre otro (Ahmed 2007). En general se está de acuerdo de que cualquier tipo de suplementación es mejor que dejar a los animales exclusivamente a pastoreo sobre todo si las condiciones del pasto no son las mejores. Estudios recientes han demostrado que el animal tiene que alcanzar su nadir para poder ciclar, en efecto Rubio et al., (2010) demostraron que el 85% de las vacas tienen que llegar a un fondo de pozo metabólico antes de empezar a recuperar peso y condición corporal. Por ello, la rapidez con la que los animales alcanzan su nadir dependerá de la condición corporal al parto, la cantidad y calidad del pasto y el efecto de succión de la cría. Por ende, estudios que no reportan un valor adicional en utilizar la suplementación alimenticia, pueden interpretarse de que posiblemente el grupo testigo no perdió mucho peso, los animales ciclaron rápidamente, y por consecuencia el efecto de la suplementación no fue tan aparente (Ruas et al. 2000, Rubio et al., 2010). Debido a lo anterior, diversos estudios se han avocado a monitorear los cambios de condición corporal con el fin de estimar con mayor precisión cuando ocurre el nadir en promedio en el hato para decidir si es pertinente la suplementación y qué tipo de suplemento podría ser el más conveniente (Nicholson and Sayers 1987, Chimonyo et al., 2000). En experimentos recientes (Galindo et al 2013) entre otros, han podido constatar que los indicadores tradicionales para evaluar el estado metabólico de las hembras como son condición corporal y peso, no son tan precisos cuando se les compara con la medición directa de la grasa en el dorso de la vaca utilizando el ultrasonido. Asimismo, Galindo et al., (2016) pudieron demostrar que la longitud del anestro posparto está en relación directa con el tiempo en que la hembra alcanza su NADIR. También, concluyeron que la suplementación posparto no influenciaba el reinicio de la actividad ovárica posparto. A similares conclusiones se llegaron en experimentos recientes Pérez-Torres et al., (2015) quienes, comparando un programa de pre-sincronización a los 25 días posparto con diferentes sistemas de destete, concluyeron que era posible estimular el reinicio de la actividad ovárica posparto y aumentar el número de animales a riesgo de quedar gestantes antes de los 50 días posparto independientemente del sistema de destete que se utilizará. Sin embargo, Quintans et al (2004) demostraron que con varios tratamientos hormonales y separación de la cría podían inducir a

que los animales ovularán, mas no a que continuarán con ciclos estrales regulares. Mondragón et al., (2016) utilizando la ultrasonografía de manera serial concluyeron que la separación de la cría por medio de un sistema de amamantamiento restringido, aumentaba el número de folículos mayores de 6mm en comparación al grupo testigo. En efecto, experimentos recientes Diaz et al (2017), Diaz et al., (2018) han confirmado previas investigaciones, indicando que la pérdida de la condición corporal en el último tercio de gestación incide directamente sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto. Sin embargo, son los cambios en el grosor de la grasa dorsal los que más afectan la ciclicidad; es decir puede haber vacas delgadas que reinician su actividad ovárica posparto de manera temprana, en el caso de que existe un equilibrio en el espesor de la grasa dorsal desde el último tercio de gestación hasta el posparto temprano.

Debido a la variabilidad en la respuesta a la suplementación posparto un buen número de iniciativas se han centrado en suplementar durante el último tercio de gestación (Amundson et al., 2006). Posiblemente esta estrategia sea más factible para evitar que el animal pierda peso consecuencia del crecimiento rápido y substancial de la cría en esta etapa crítica tanto como para la madre como para la cría.

### **Época del año en que ocurre el parto**

En general las hembras tienden a parir en la primavera, estudios ya antiguos han demostrado que a pesar de que las hembras están con los toros en un empadre continuo la mayor concentración de partos ocurrirá en la primavera (Willis and Wilson 1974). Debido a lo anterior, los programas reproductivos se establecen a finales de la primavera, principios del verano que generalmente coincide con el principio de la época de lluvias, en aquellas regiones donde la lluvia es estacional. El alejarse de este esquema natural implica riesgos para el productor en cuanto al éxito económico de la empresa. Existen otras dos variantes en este boceto de programa reproductivo y estas son el tiempo en el que ocurren los destetes y el último tercio de gestación de las vacas. Estos eventos generalmente se suceden en épocas desfavorables del año, ya sea por falta de precipitación pluvial o por bajas temperaturas coincidiendo con el otoño y principios del invierno.

### **Estímulo de la succión de la cría**

Este rubro es posiblemente donde se ha publicado mayor cantidad de información en los últimos 20 años, desde los primeros trabajos que demostraron que el anestro posparto no era exclusivamente producto del efecto de succión sino además de la presencia física de la cría (para revisión ver Williams et al., 1996), los investigadores han dedicado considerable cantidad de tiempo y recursos en manipular tanto el efecto del número de succiones como la forma en aplicar el estrés producido al separar la cría. Existen buenas compilaciones ilustrando varios experimentos sobre el tema (ver Quintans et 2008, 2010). En general se está de acuerdo que a mayor tiempo de succión más profundo es el anestro, por ende, la separación parcial de la cría mientras más prolongada sea, el efecto será más dramático.

Queda mucho camino por recorrer en relación a discernir el efecto multifactorial que incide en la eficiencia reproductiva de las vacas durante el posparto. Estudios históricos en las razas colombianas han demostrado que aún hace doscientos años el 50% de las vacas en un hatillo parían de manera regular. Este indicador no ha variado mucho con el paso del tiempo.

## REFERENCIAS

- Abeygunawardena H, Dematawewa CM. (2004). Pre-pubertal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. *Animal Reproduction Science.* ; 82-83:373-87
- Amundson JL, Mader TL, Rasby RJ, Hu QS. (2006). Environmental effects on pregnancy rate in beef cattle. *Journal of Animal Science*84:3415-3420.
- Ahmed L. (2007). Overview of some factors negatively affecting ovarian activity in Large Farm Animals *Global Veterinaria* 1; 53-66
- Anta E., Rivera J. A., Galina C. S., Porrás A., Zarco. (1989). Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *L. Veterinaria México* 20: 11-18
- Enríquez de la Fuente B. A., Galina C. S., Navarro R. R., Gutiérrez A. C. (1993). Estimación de la época más propicia para un empadre estacional en ganado Cebú bajo condiciones de trópico húmedo. *Avances en Investigación Agropecuaria*2: 101-114
- Díaz BR, Galina CS, Rubio I, Corro M, Pablos JLRodríguez A. Orihuela A. (2017). The metabolic status during the last trimester of pregnancy and early postpartum does not affect the resumption of ovarian activity when a combination of calf separation and a progestagen treatment is used in Brahman cows *Animal Reproduction Science* 185: 181-187
- Díaz BR, Galina CS, Rubio I, Corro M, Pablos JLRodríguez A. Orihuela A. (2018). Monitoring changes in backfat thickness and its effect on the restoration of ovarian activity and fertility in *Bos indicus* cows *Reproduction in Domestic Animals* DOI: 10.1111/rda.13136
- Chimonyo M., Kusina N.T., Hamudikuwanda H., Nyoni O. (2000). Reproductive performance and body weight changes in Draught cows in a smallholder semi-arid farming area in Zimbabwe. *Tropical Animal Health and Production* 32: 405-415
- Galina C. S., Arthur G. H. (1989). Review of cattle reproduction in the tropics. Part 3. Puerperium. *Animal Breeding Abstracts* 57: 899-910
- Galindo, J., Galina, C.S, Estrada, S., Romero, J.J., Alarcón, M., Maquivar, M. (2013). Effect of Changes in Body Weight, Body Condition and Back Fat during Last Month of Pregnancy on the Reproductive Efficiency of *Bos indicus* Cows in the Tropics of Costa Rica. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 3: 22-28
- Galindo J., Estrada S., Galina C. S., Molina R., Contreras D. A., Maquivar M. (2016). Effect of an energy supplementation, weaning and oestroussynchronisation on ovarian activity and ovulation in early postpartum primiparous *Bos indicus* cows raised in tropics of Costa Rica. *Animal Production Science* 56: 1810–1815

- Maquivar M. Galina C.S. (2010). Factors Affecting the readiness and preparation of replacement heifers in tropical breeding environments *Reproduction in Domestic Animals* 45: 937–942
- Montiel F. Ahuja C. (2005). Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Animal Reproduction Science*.85: 1-26.
- Mondragón V., Galina C.S., Rubio I., Corro M., Salmerón F. (2016). Effect of restricted suckling on the onset of follicular dynamics and body condition score in Brahman cattle raised under tropical conditions *Animal Reproduction Science* 161: 89–95
- Nicholson M. J. and Sayers A. R. (1987). Condition score and heart girth changes in Boran cattle relationships between body weight. *Tropical Animal Health and Production* 19, 115-120
- Orihuela, A., (1990). Effect of calf stimulus on the milk yield of Zebu type cattle. *Applied Animal Behavior Science* 26, 187-190
- Pérez-Torres L., Rubio I., Corro M., Cohen A., Orihuela A., Galina C.S. Pablos J.L. (2015). A pre synchronization program at early postpartum might increase the chances of *Bos indicus* cows cycling prior to 50 days regardless of the length of calf separation. *Journal of Reproduction and Development* 61: 199-203
- Quintans G., C. Viñoles, K.D. (2004). Sinclair Follicular growth and ovulation in postpartum beef cows following calf removal and GnRH treatment *Animal Reproduction Science* 80 5–14
- Quintans G., Velazco J.I., Roig G. (2008). Seminario de Actualización Técnica: Cría Vacuna Serie Técnica N° 174: INIA Treinta y Tres, Uruguay
- Quintans, G. Banchemo G., Carrquiry M., López-Mazz C., Baldi F. (2010). Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance *Animal Production Science*, 50, 931–938
- Ruas J.R.M., Alves Torres A.A., Borges L.A., Neto A.M., Valente G., Borges A.M., (2000). Efeito da Suplementação Protéica a Pasto sobre Eficiência Reprodutiva e Concentrações Sangüíneas de Colesterol, Glicose e Uréia, em Vacas Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29:2043-2050.
- Plasse D. (1981). Crossbreeding results from beef cattle in the Latin America tropics. *Animal Breeding Abstracts* 51:779-787
- Reinhardt, V., Reinhardt, A., Natural suckling performance and age of weaning in Zebu cattle (*Bos indicus*). *Journal Agricultural Science, Cambridge*. 96, 309-31.
- Rubio I., Castillo E., Soto R., Alarcón F., Murcia C., Galina C.S. (2010). Postpartum follicular development in Brahman cows under two stocking rates. *Tropical Animal Health and Production* 42:539–545.
- Williams, G.L., Gazal, O.S., Guzman Vega, G.A., Stanko, R.L., Mechanisms regulating suckling-mediated anovulation in the cow. *Animal Reproduction Science* 42, 289-297 (1996).
- Willis M.B., Wilson A. (1974). Comparative reproductive performance of Brahman and Santa Gertrudis cattle in a hot humid environment 1. Fertility and descriptive statistics *Animal Production* 18: 35-42



---

# Control de parásitos gastrointestinales resistentes a antihelmínticos en granjas ovinas

## Control of anthelmintic resistant gastrointestinal parasites in sheep farms

JUAN FELIPE DE J. TORRES ACOSTA<sup>1\*</sup>, HERVÉ HOSTE<sup>2</sup>, CARLOS A. SANDOVAL CASTRO<sup>1</sup>, JOSÉ I. CHAN PÉREZ<sup>1</sup>, PEDRO G. GONZÁLEZ PECH<sup>1</sup>, JAVIER VENTURA CORDERO<sup>1</sup>, SARAHÍ CASTAÑEDA RAMÍREZ<sup>1</sup>, MARÍA G. MANCILLA MONTELONGO<sup>1</sup>, NADIA F. OJEDA ROBERTOS<sup>3</sup>, CINTLI MARTÍNEZ ORTÍZ DE MONTELLANO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>FMVZ, Universidad Autónoma de Yucatán, Km 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, P.O 97100 Apdo, 4-11 Itzimná, Mérida, Yucatán, México. \*Autor para correspondencia.<sup>2</sup>INRA UMR 1225 Interactions Hôte Agents Pathogènes, 23 Chemin des Capelles, Toulouse, F31076, France.<sup>3</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, La Huasteca 2da, Sección, Carretera Villahermosa-Teapa, Km. 25, Centro, Tabasco C.P. 86298, México.<sup>4</sup>Depto. de Parasitología. FMVZ, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México

---

### INTRODUCCIÓN

Los nematodos gastrointestinales (NGI) son pequeños gusanos cilíndricos de diferentes especies que habitan en el interior del tracto gastrointestinal de ovinos, caprinos y otros rumiantes. Viven dentro del abomaso (*Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta*), intestino delgado (*Trichostrongylus colubriformis*, *Cooperia* spp.) e intestino grueso (*Oesophagostomum columbianum*) de ovinos y caprinos. Los animales se infectan durante el pastoreo, cuando consumen larvas L3 microscópicas que están en las hojas de plantas cercanas al excremento de ovinos y caprinos principalmente en épocas lluviosas. Los parásitos adultos viven por varias semanas a meses en el tracto digestivo de los rumiantes. Las hembras adultas liberan huevos que llegan al excremento, y en menos de 7 días salen del excremento las L3 que suben a la hierba de los alrededores. Los parásitos pueden reducir el apetito de ovinos y caprinos, y afectar su digestión y absorción de alimentos. Los animales parasitados son capaces de vivir y producir con cantidades bajas a moderadas de parásitos gracias a su sistema inmune. Sin embargo, los animales parasitados pueden tener baja ganancia de peso y producción de leche. Animales muy parasitados pueden presentar debilidad, baja condición corporal, pelo áspero y seco, edema sub-mandibular, diarrea y en casos graves pueden morir. Estas parasitosis se presentan en sistemas de pastoreo de zonas húmedas y subhúmedas de México y para su control se han utilizado los desparasitantes conocidos como antihelmínticos (AH) desde hace casi 50 años. Sin embargo, desde hace más 25 años aparecieron evidencias que sugieren

la presencia de parásitos que ya no mueren con los AH comerciales, es decir, parásitos resistentes a los AH. Esta situación ha empeorado tanto que en la actualidad es difícil encontrar un rebaño donde no existan parásitos resistentes a los AH (Sepúlveda Vázquez et al., 2017). Este trabajo tiene como objetivo dar una guía para el control de los NGI resistentes a AH en rebaños ovinos.

## **LOS DESPARASITANTES CONTRA NEMATODOS GASTROINTESTINALES (NGI)**

Existen 3 clases de AH para ovinos y caprinos. Las dosis de AH basadas en la cantidad del compuesto activo necesaria para cada kg de peso vivo del animal (PV) para los ovinos son: (a) levamisol 7.5 mg/kg PV, (b) ivermectina y moxidectina 0.2 mg/kg de PV y (c) bencimidazoles con 5 mg/kg PV. Las diferentes marcas comerciales de estas drogas tienen diferentes concentraciones del ingrediente activo, por lo tanto la cantidad de droga a aplicar a cada animal debe ser calculada para cada animal con base en la dosis mencionada, la concentración de la droga y el peso de cada animal. Es importante mencionar que hay productos comerciales que señalan dosis incorrectas para ovinos. Además, es importante resaltar que las dosis de ovinos no son adecuadas ni para caprinos ni para bovinos.

## **LOS PARÁSITOS RESISTENTES A LOS ANTIHELMÍNTICOS EN REBAÑOS OVINOS**

Una elevada frecuencia de rebaños ovinos de zonas húmedas y subhúmedas de México, en particular en los estados del golfo de México, tienen parásitos resistentes a los AH (Herrera-Manzanilla et al., 2017). Este problema es el resultado del uso excesivo de antiparasitarios en las granjas. Los productores desparasitan hasta 6 veces al año a todos los animales. Como resultado, los parásitos en estas granjas son resistentes a los AH. Es decir, no mueren cuando se desparasita a los animales. Por lo tanto, los productores pagan por el producto y la mano de obra para aplicar los AH pero los parásitos NO mueren. Es decir, el dinero se desperdicia y los parásitos siguen causando pérdidas en la producción y los signos de la parasitosis incluyendo la muerte. En muchos casos los parásitos presentan resistencia a antiparasitarios que nunca han usado en su granja. Estos parásitos pueden venir de la compra de animales en otros rebaños, que trajeron los parásitos resistentes de esas otras granjas.

## **BASES SOBRE LAS QUE CONSTRUIR EL CONTROL DE LOS NGI**

*La mayoría de las ovejas tienen pocos parásitos y solo algunas tienen muchos parásitos. Cada oveja que pastorea en una granja tiene una cantidad de parásitos que es diferente a la de sus compañeras de granja. Aproximadamente la mitad de las ovejas en todas las granjas tienen muy pocos NGI. Estas ovejas son muy resistentes y no necesitan ser desparasitadas. Aproximadamente un cuarto de las ovejas (25%) tienen cantidades medias de NGI y son capaces de tolerar esa infección sin problema para su salud. El restante 25% es el que tiene elevadas cargas de NGI y son las que pudieran beneficiarse de usar desparasitantes. Este*

pequeño porcentaje de animales es difícil de encontrar sin la ayuda de un conteo de huevos en heces (Torres-Acosta et al., 2014b).

*No es necesario desparasitar a todas las ovejas del rebaño.* Solo el 25% de ovejas con cargas elevadas de NGI pueden beneficiarse con el tratamiento contra NGI (Medina-Pérez et al., 2015). Por lo tanto podemos dejar sin desparasitar al 75% de las ovejas. Esto ayuda a economizar en el uso de la droga AH y también permite mantener en las ovejas a una población de NGI que no se exponga a los AH, lo que favorece mantener parásitos susceptibles a las drogas.

Diagnóstico de parásitos resistentes. En la actualidad el uso de AH para el control de NGI debe basarse en AH que sean eficaces en la granja. Para saber esto, los productores deben solicitar una prueba de diagnóstico de resistencia de campo en su granja. Esta se debe realizar por un grupo de investigadores bien capacitado, usando una metodología aprobada por corporaciones internacionales que permiten hacer el diagnóstico de campo en menos de un mes. Existen investigadores en diferentes Universidades y centros de investigación de México que pueden hacer este tipo de diagnóstico en estados como Estado de México, Ciudad de México, Campeche, Chiapas, Guerrero, Morelos, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán.

## **USO DE ANTIHELMÍNTICOS EN LAS GRANJAS CON PARÁSITOS RESISTENTES.**

Las pruebas de diagnóstico de resistencia puede tener varios resultados y cada uno presenta un escenario. Cuando se diagnostica que los parásitos son susceptibles, se puede usar esa droga, siempre que se cuide de no abusar de este producto para evitar generar NGI resistentes. Cuando se tienen parásitos resistentes a los AH se pueden presentar los siguientes escenarios: (a) *Parásitos resistentes a niveles moderados:* en estas granjas la proporción de parásitos que mueren con las drogas es relativamente alta con reducciones de huevos en heces cercanos o mayores al 80%, por lo que todavía se puede usar esa droga de manera selectiva. (b) *Parásitos muy resistentes a más de una clase de antihelmíntico:* En estas granjas las drogas reducen cerca del 70% los huevos de NGI. Estas drogas ya no funcionan bien por sí solas. Podría usarse el doble de su dosis normal ó combinar dos drogas como Levamisol e ivermectina ó levamisol y bencimidazol. Las combinaciones deben usar las dosis correctas de cada producto y deben usarse de manera selectiva solo en animales con altas cargas de NGI. Esta combinación debe ser evaluada al menos cada dos años. (c) *Falla total de varios productos que ya no funcionan:* en estos casos la droga ya no sirve en absoluto con reducciones entre 0% y 60%. En estas granjas es posible que esas drogas ya no funcionen ni como combinaciones de drogas. Se podría explorar la re-introducción de parásitos susceptibles de parásitos con susceptibilidad a AH. Esta opción debe basarse en L3 obtenidas de rebaños libres de enfermedades virales y bacterianas crónicas (Torres-Acosta et al., 2014a).

## MÉTODOS DE CONTROL DISPONIBLES PARA LAS GRANJAS EN MÉXICO

En los últimos 20 años se han investigado diferentes métodos alternativos de control de NGI en México (Torres-Acosta et al., 2014a). Afortunadamente existen numerosos métodos de control que pueden ser utilizados en las granjas ovinas.

*Desparasitación selectiva.* La estrategia de desparasitación selectiva dirigida (DSD) se basa en desparasitar solamente a las ovejas que realmente se puedan beneficiar de la desparasitación. Consiste en desparasitar solamente a los animales que parezcan necesitar desparasitantes. Esto se puede hacer una vez al mes aunque en algunas zonas pudiera hacerse menos frecuente. La elección de ovejas a desparasitar se realiza eligiendo a las ovejas por la cantidad de huevos por gramo de heces (>1000 HPG) que es la mejor estrategia pero requiere de microscopio y personal capacitado. Otro método más sencillo es elegir a las ovejas flacas (condición corporal < 2) o las con mucosa ocular pálida (FAMACHA® 4 o 5) (Soto-Barrientos et al., 2018). Estas metodologías han sido probadas exitosamente en granjas de diferentes estados de México, incluyendo estados de mucha humedad como Campeche, Tabasco, Tamaulipas y Yucatán (Medina-Pérez et al., 2015). La DSD permite reducir frecuencia de uso de AH en cada granja. Resultados recientes muestran que un elevado porcentaje de animales puede permanecer sin ser desparasitados (> 50% de las ovejas). Una ventaja adicional de la DSD es que las poblaciones parecen permanecer con un mismo nivel de resistencia contra AH ya que se desparasitan pocos animales. Por lo tanto, es posible prolongar la eficacia de los AH por varios años.

*Selección de animales resistentes a los NGI.* El productor que tiene identificación de sus ovejas y lleva un registro de ovejas que SI desparasitó y que NO desparasitó durante el año en el esquema de DSD, puede usar esa información para seleccionar como reproductoras a las ovejas más productivas que además solo fueron desparasitadas un máximo de una vez en el año. Los hijos de esas ovejas deben ser también más resistentes a la infección por NGI. Además, el productor puede identificar a las ovejas que necesitaron más de 2 desparasitaciones al año y evitar quedarse con los hijos de esas ovejas como futuros reproductores ya que pueden ser menos resistentes a los NGI.

*Cuarentena.* Los productores de ovinos que compran vientres y sementales compran también los parásitos que tienen dentro esos animales. Para introducir parásitos resistentes a AH se recomienda tener un corral de cuarentena donde los animales nuevos puedan permanecer por 3 días sin salir a pastorear. Al llegar a la granja, se alojan en ese corral y se les aplica un tratamiento que combinen tres productos AH de las tres clases disponibles a la dosis correcta para su peso. Se debe esperar por 3 días a que salga el excremento que contiene los huevos de los NGI que traían de la granja anterior. Al tercer día las heces deben estar libres de huevos y ya pueden pasar los animales a la granja.

*Mejora de la nutrición de las ovejas y corderos.* Este es el método más importante en el control de los NGI. Un rebaño bien alimentado tiene muy pocas ovejas con elevadas cargas de parásitos. Mientras que un rebaño mal alimentado tiene una elevada cantidad de animales muy parasitados (Hoste et al., 2016). La propuesta consiste en aportar suplementos para que los corderos en pastoreo alcancen ganancias de > 100-120 g/día. En las ovejas adultas se debe mantener una condición corporal cercana a 3 al parto y superior a 2 al destete de los corderos. Esto implica que los productores deben aportar alimento adicional (además de 8 horas de pastoreo) a las ovejas que estén en condición corporal inferior a la mencionada. Simplemente se debe ofrecer suplemento entre el parto y el destete (al menos 200 g/día) con 14% de proteína cruda (PC). Para este manejo se debe contar con comederos bien construidos o se desperdiciará este alimento en el suelo.

*Usar plantas de ramoneo.* Las plantas de ramoneo tienen follaje lejano al suelo que generalmente está limpio de larvas L3. Esto significa que los animales comerán material libre de parásitos en el potrero. Además, estas plantas generalmente tienen una cantidad mucho mayor de PC que los pastos (Torres-Acosta et al., 2012). Esto permite tener una dieta mejor balanceada en el potrero. Muchas plantas de ramoneo tienen compuestos secundarios con actividad antiparasitaria (Castañeda-Ramírez et al., 2018). Comer estas plantas ayuda a controlar los parásitos de las ovejas y cabras como demuestran estudios recientes realizados con plantas de las selvas tropicales de México (Galicia-Aguilar et al., 2012).

*Evitar sobreexplotar a las ovejas.* Las ovejas de pelo del trópico de México tienen una gran capacidad de reproducción. Si se les mantiene con un macho estas ovejas pueden tener un parto cada 8 meses. Sin embargo, los grupos de ovejas que a los 3 meses post-parto tienen mala condición corporal (< 2) no deben ser introducidas a empadre de inmediato (Hoste et al., 2016). Si el productor no puede pagar por un suplemento es mejor esperar a empadrear hasta el mes 4 post-destete. Esto implica tener intervalos entre parto de 9 meses, y no de 8 meses. Este manejo se puede hacer en casos en los que muchas ovejas tienen baja condición corporal como en la época de seca.

*Pastoreo rotacional o mixto.* En condiciones de trópico húmedo y subhúmedo, la mayoría de las larvas infectantes pueden vivir menos de 30 días. Eso significa que si un potrero que es pastoreado hoy y se dejan heces con huevos de NGI, estos huevos pasarán a larvas L3 en menos de una semana, saldrán de las heces, subirán al pasto y podrán ser infectantes por aproximadamente 25 a 30 días y mueren (Torres-Acosta et al., 2014a). Por lo tanto, dejar sin utilizar un potrero por 30 días permite tener praderas libres de NGI. Estas larvas generalmente mueren más rápido en época de secas debido a las altas temperaturas, fuerte radiación solar y desecación del suelo.

*Agujas de óxido de cobre.* Las agujas de óxido de cobre (AOC) son un producto diseñado para suplementar cobre a bovinos. Se venden en Europa, Australia y Estados Unidos para zonas

con deficiencia de cobre. En México NO tenemos zonas conocidas con deficiencia de cobre. Estas agujas se colocan dentro de cápsulas que se disuelven en el tracto de los animales (esófago) liberando las pequeñas agujas que llegan a rumen y abomaso. En abomaso se colocan en los pliegues de este órgano y se oxidan. Este óxido de cobre mata a los *Haemonchus contortus* presentes y evita que otros se establezcan al menos por 28 días (Galindo-Barboza et al., 2012). Este método puede ser una oportunidad para aquellas granjas donde existan parásitos resistentes a las 3 clases de AH comerciales. Sin embargo, se deben usar solo una vez al año y de manera selectiva ya que el cobre puede acumularse en hígado e intoxicar a los animales en caso de que se use de manera repetitiva.

*Vacunas.* En años recientes se han desarrollado varias vacunas contra nematodos. Estudios recientes realizados en zonas tropicales húmedas muestran que la vacuna Barver-vax® (Australia) contra *H. contortus* tiene una elevada eficacia reduciendo las parasitosis en un 90% de acuerdo al esquema propuesto por el fabricante. Esta estrategia pudiera venir a ser un cambio radical en el control de NGI ya que no hay algún medicamento liberado al ambiente, la carne y leche se pueden usar de inmediato después de la vacunación tiempo de retiro y los parásitos no generan resistencia contra este producto.

*Hongos nematófagos.* Este es otro producto que puede ayudar al control de los parásitos. Los hongos nematófagos como *Duddingtonia flagrans* se alimentan de las larvas L3 en las heces de los ovinos y caprinos. Para que esta estrategia funcione se ofrecen las esporas en la dieta de los ovinos y caprinos. Una gran cantidad de esporas de ese hongo salen en las heces de los animales junto con los huevos de NGI. Cuando los huevos pasan a larvas, estos hongos lo detectan y producen sus estructuras atrapadoras como redes. Las L3 quedan atrapadas en esas redes y no pueden salir del excremento (Aguilar-Marcelino et al., 2017). Este método está ya disponible en Australia. En México existe un aislado del INIFAP que pudiera funcionar en zonas húmedas y en época de lluvias.

## **INTEGRACIÓN DE ESTRATEGIAS DE CONTROL DE NGI EN REBAÑOS OVINOS**

Una vez que el productor decida que estrategias puede implementar en su granja deberá establecer sus objetivos y trabajar diariamente para entender cómo va a usar las diferentes herramientas de manera integrada (Torres-Acosta et al., 2014a). Lo anterior significa que debe usar herramientas que se complementen fácilmente, como la suplementación, la desparasitación selectiva y la selección de animales que necesitan menos tratamientos al año. Solo el trabajo diario de cada productor llevará a afinar los detalles para cumplir con sus objetivos. Esto significa que cada productor y su veterinario deberán generar sus propias experiencias en sus condiciones. El control sustentable requerirá de un trabajo a corto, mediano y largo plazo. De hecho en los animales en pastoreo será difícil que alguien pueda decir algún día que ya no necesita seguir controlando a los NGI de sus animales. Se requerirá una interacción constante entre productores, veterinarios, nutriólogos, agrónomos, etcétera. Pero el

productor debe mantener la vista en sus objetivos y no dejar de trabajar para alcanzarlos. Al fin de cuentas, los productores son los principales responsables de mantener este tipo de control basado en la integración de herramientas. Un buen esquema redundará en un mayor beneficio económico, mejora en el bienestar animal, en una mayor independencia del productor y en la sustentabilidad de su granja.

## CONCLUSIÓN

El control de NGI basado solamente en el uso regular e indiscriminado de AH a todos los animales está fallando en las granjas de México y en algunas ya no funcionan los AH. Sin embargo, hay varias estrategias disponibles para que los productores controlen los NGI de sus animales. Hay varias herramientas que si funcionan pero todavía no están disponibles en México. Los productores y veterinarios necesitarán información de la epidemiología de los NGI de diferentes zonas de México. Esa información servirá para decidir las herramientas de control de cada granja. Esto significa que cada productor podrá tomar diferentes opciones de control, y deberá ser el responsable del control de NGI en su granja. Para esto el productor deberá recibir información acerca de cómo usarlas diferentes herramientas de control de NGI. Una vez que tenga la información podrá tomar las decisiones que le parezcan adecuadas y podrá cambiarlas conforme genere su propia experiencia.

## REFERENCIAS

- Aguilar-Marcelino, L., Mendoza-de-Gives, P., Torres-Hernández, G., López-Arellano, M.E., Becerril-Pérez, C.M., Orihuela-Trujillo, A., Torres-Acosta, J.F.J., Olmedo-Juárez, A., (2017). Consumption of nutritional pellets with *Duddingtonia flagrans* fungal chlamydospores reduces infective nematode larvae of *Haemonchus contortus* in faeces of Saint Croix lambs. *J. Helminthol.* 91, 665-671.
- Castañeda-Ramírez, G.S., Rodríguez-Labastida, M., Ortiz-Ocampo, G.I., González-Pech, P.G., Ventura-Cordero, J., Borges-Argáez, R., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Mathieu, C. (2018). An *in vitro* approach to evaluate the nutraceutical value of plant foliage against *Haemonchus contortus*. *Parasitol. Res.* <https://doi.org/10.1007/s00436-018-6107-0>
- Galicia-Aguilar, H.H., Rodríguez-González, L.A., Capetillo-Leal, C.M., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A.J., Sandoval-Castro, C.A., Torres-Acosta, J.F.J. (2012). Effect of *Havardia albicans* supplementation on feed consumption and dry matter digestibility of sheep and the biology of *Haemonchus contortus*. *Anim. Feed Sci. Technol.* 176, 178-184.
- Galindo-Barboza, A.J., Torres-Acosta, J.F.J., Cámara-Sarmiento, R., Sandoval-Castro, C.A., Aguilar-Caballero, A.J., Ojeda-Robertos, N.F., Reyes-Ramírez, R., España-España, E. (2011). Persistence of the efficacy of copper oxide wire particles against *Haemonchus contortus* in sheep. *Vet. Parasitol.* 176, 201–207.

- Herrera-Manzanilla, F.A., Ojeda-Robertos, N.F., González-Garduño, R., Cámara-Sarmiento, R., Torres-Acosta, J.F.J. (2017). Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of Mexico. *Vet. Parasitol. Reg. Stud. Rep.* 9, 29–33.
- Hoste, H., Torres-Acosta, J.F.J., Quijada, J., Chan-Pérez, I., Dakheel, M.M., Kommuru, D.S., Mueller-Harvey, I., Terrill, T.H. (2016). Interactions between nutrition and infections with *Haemonchus contortus* and related gastrointestinal nematodes in small ruminants. En: Gasser, R.B., von Samson-Himmelstjerna, G (Eds.), *Haemonchus contortus* and Haemonchosis-Past, Present and Future Trends. Elsevier LTD, pp. 239–351.
- Medina-Pérez, P., Ojeda-Robertos, N.F., Reyes-García, M.E., Cámara-Sarmiento, R., Torres-Acosta, J.F.J. (2015). Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. *Small Rumin. Res.* 127, 86–91.
- Sepúlveda-Vázquez, J., Lara-Del Rio, M.J., Quintal-Franco, J.A., Alcaraz-Romero, R.A., Vargas-Magaña, J.J., Rodríguez-Vivas, R.I., Ojeda-Chi, M., Torres-Acosta, J.F.J., Huchin-Cab, M. (2017). Resistencia a los antihelmínticos de nematodos gastrointestinales en ovinos de la península de Yucatán, México. En: Berumen-Alatorre, A.C., Ramírez-Vera, S, Chay-Canul, A.J., Casanova-Lugo, F, Cetzal-Ix, W.R. (Eds.), *Avances de la investigación sobre producción de ovinos de pelo en México*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco – Instituto Tecnológico de la Zona Maya & Instituto Tecnológico de Chiná, México, pp. 199–202.
- Soto-Barrientos, N., Chan-Pérez, J.I., España-España, E., Novelo-Chi, L.K., Palma-Ávila, I., Ceballos-Mendoza, A.C., Sarabia-Hernández, J.A., Santos-Ricalde, R.H., Cámara-Sarmiento, R., Torres-Acosta, J.F.J. (2018). Comparing body condition score and FAMACHA© to identify hair-sheep ewes with high faecal egg counts of gastrointestinal nematodes in farms under hot tropical conditions. *Small Rumin. Res.* 167, 92-99.
- Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H., Aguilar-Caballero, A.J., Cámara-Sarmiento, R., Alonso-Díaz, M.A. (2012). Nutritional manipulation of sheep and goats for the control of gastrointestinal nematodes under hot humid and subhumid tropical conditions. *Small Rumin. Res.* 103, 28-40.
- Torres-Acosta, J.F.J., González-Pech, P.G., Chan-Pérez, J.I., Sandoval-Castro, C.A., Estrada-Reyes, Z.M., Mendoza-de-Gives, P., López-Arellano, M.E. (2014a). Experiencias en el control alternativo de nematodos gastrointestinales de pequeños rumiantes domésticos en México. En: Ortega-Pierres, M.A., Morales-Montor, J., *Avances en el estudio de helmintos parásitos*. Editorial UNAM. Pp. 205-241. ISBN: 978-607-02-5624-0.
- Torres-Acosta, J.F.J., Pérez-Cruz, M., Canul-Ku, H.L., Soto-Barrientos, N., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A.J., Lozano-Argáes, I., Le-Bigot, C., Hoste, H. (2014b). Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. *Small Rumin. Res.* 121, 27–35.

---

# Morfometría de la cabeza del espermatozoide en bovinos Beefmaster, Charbray, Simbrah y Charolais

## Sperm head morphometry in Beefmaster, Charbray, Simbrah and Charoloise bulls

CARLA CONCEPCION CHALE KANTUN, ISIS BOLIO MONTES, YLEANA PRESUEL ENCALADA, ANDRES JUAREZ MEX, PERLA MARINA GALA PAREDES, HÉCTOR MAGAÑA SEVILLA\*

*Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico S/N, 97345 Mérida, Yuc.*

*\*Corresponding autor: hectorms68@hotmail.com*

---

### RESUMEN

Para determinar los parámetros morfométricos de la cabeza espermática en cuatro razas de uso frecuente en el oriente del estado de Yucatán, se evaluaron los eyaculados de cinco toros de cada raza (Beefmaster, Charbray, Simbrah y Charolais). Se realizaron frotis con eosina-nigrosina para realizar las mediciones de la cabeza espermática: Longitud (L), anchura (W), perímetro (P), área (A), elipticidad (L/W), rugosidad ( $4\pi A/P^2$ ), elongación  $(L-W)/(L+W)$  y regularidad ( $\pi LW/4A$ ). Para cada raza se realizaron 2 extensiones, y 200 espermatozoides por frotis. Se realizaron las capturas fotográficas para luego realizar las mediciones individuales con un programa de microscopía, obteniendo valores promedio de Área:  $37.6569 \pm 4.80306$ , Perímetro:  $23.9290 \pm 1.56771$ , Elongación:  $0.3152 \pm 0.0504$ , Elipticidad:  $1.9361 \pm 0.21422$  y Rugosidad:  $0.8246 \pm 0.05046$ . Los parámetros de las cuatro razas se compararon con un análisis de varianza multivariado, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre ellas ( $P > 0.05$ ).

**Palabras clave:** Cabezas espermáticas, morfometría, toros, eosina-nigrosina

### INTRODUCCIÓN

El método más preciso para valorar la fertilidad potencial de una muestra de semen es la estimación del tanto por ciento de gestaciones obtenidas tras la cubrición mediante monta natural dirigida o la inseminación artificial de una hembra (fertilidad "in vivo"). La evaluación, en condiciones de laboratorio, estima este comportamiento con una serie de parámetros espermáticos que identifican la calidad seminal de la muestra y que están relacionados en mayor o menor medida con la fertilidad. El conocimiento de la fertilidad o de la capacidad fecundante de cada toro es uno de los principales objetivos en la producción de semen bovino (Hidalgo *et al.*, 2005).

El estudio de las dimensiones de la cabeza del espermatozoide (morfométrica) ha adquirido recientemente una importancia creciente dentro de la evaluación seminal, y se están realizando innumerables esfuerzos tecnológicos con el fin de detectar esta heterogeneidad y está siendo utilizado actualmente para realizar evaluaciones seminales con mayor objetividad, debido a la relación de estas características con la fertilidad, y con la aplicación de biotecnologías como el sexado y aumenta la precisión al utilizar los sistemas CASA.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el laboratorio de reproducción del Instituto Tecnológico de Tizimín, localizado en el km. 3.5 de la Carretera Aeropuerto Cupul. Se utilizaron 20 toros, de las razas Beefmaster, Charbray, Simbrah y Charolais (n=5) establecidos en ranchos de la región, que fueron seleccionados por cumplir con las características fenotípicas y genotípicas de cada raza. Todos comenzaron su etapa como reproductores a los 15 meses de edad, tuvieron pesos oscilatorios entre 650 a 700 kg con edades que comprendieron de entre 2 a 3 años, teniendo acceso al libre pastoreo y colocados en distintos grupos. Los animales se separaron colocándolos en las mangas uno por uno, inmovilizándolos con maderas para evitar accidentes. La región ventral del abdomen y los alrededores del prepucio se limpiaron con papel higiénico y se realizó un lavado prepucial y recorte de vellos. Se limpió el recto y estimuló mediante masaje transrectal las glándulas accesorias (glándulas vesiculares y ampollas de los conductos deferentes) y se realizó la colección con electroeyaculador, y se colectó con un embudo de látex y un tubo de propileno graduado con capacidad de 12 mL para la recolección del eyaculado. Los tubos con los eyaculados se colocaron en un baño María a 37°C. Para hacer las mediciones de la cabeza de los espermatozoides, se hicieron frotis de eosina-nigrosina, con 10 µL de semen diluido 1:200 en solución salina colocados en el extremo de un portaobjetos limpio y atemperado a 37°C sobre la platina térmica. Se agregó una gota de eosina-nigrosina y se mezcló con la punta de la pipeta por aproximadamente 20 segundos, luego con la ayuda de otro portaobjetos también atemperado, se apoyó sobre el borde de la gota para que por capilaridad se distribuyera sobre el portaobjetos, se levantó y se realizó el extendido de forma firme, se dejó secar y se guardaron, para posteriormente hacer el análisis morfométrico.

Para cada raza se realizaron 2 extensiones por animal, y se capturaron 200 cabezas de espermatozoides por frotis, con microscopio óptico de contraste de fases con objetivo de inmersión de 100X, y una cámara Amscope de la serie MU de 14 MP, para realizar las medidas en el software AmscopeX, obteniendo: Perímetro (P): Longitud, en µm, Área (A): Suma, en µm<sup>2</sup>, de las áreas del grupo de píxeles que el software ha identificado como cabeza. Longitud (L): Medida en µm del eje mayor de la cabeza del espermatozoide. Anchura (W): Medida en µm del eje menor de la cabeza del espermatozoide. De estos cuatro parámetros se derivan otras más como lo son: Elongación (L-W/L+W), Elipticidad (L/W), Regularidad ( $\pi \times L \times w/4 \times A$ ) y rugosidad ( $4 \times \pi \times A / P^2$ ). Los datos se analizaron con un ANOVA multivariante y una prueba de medias de Bonferroni

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las cabezas observadas con tensión de eosina-nigrosina, se detallan en la Tabla 1 en la cual se observa la media de los parámetros medidos, de las siguientes medidas observadas se puede concluir que la mayoría estuvieron dentro de las dimensiones normales, que varían de 8 a 10  $\mu\text{m}$  de largo y de 4 a 5  $\mu\text{m}$  de ancho. Sin embargo, en las razas estudiadas existe poca información disponible sobre las características morfométricas del espermatozoide y sobre los factores que pueden afectar cambios en esta variable

**Tabla 1.** Parámetros morfométricos de la cabeza del espermatozoide en razas bovinas en el oriente del estado de Yucatán

Raza Bovina	Área		Perímetro		Largo		Ancho	
	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
Beefmaster	37.653	3.6452	24.209	1.4409	4.6760	0.45635	9.244	0.4025
r	5	4	0	7			4	9
Charbray	36.672	4.1133	23.435	1.1579	4.7555	0.45704	9.095	0.5117
	5	7	5	9			0	2
Simbrah	39.985	6.9233	24.595	2.1636	4.9485	0.58053	9.442	1.0396
	5	4	0	8			5	0
Charolais	36.316	3.0264	23.476	1.0482	4.8110	0.34082	9.069	0.5064
	0	5	5	1			5	6
Total	37.656	4.8030	23.929	1.5677	4.7978	0.46831	9.212	0.6677
	9	6	0	1			8	6
	Elongación		Elipticidad		Regularidad		Rugosidad	
Beefmaster	0.3291	0.0392	1.9899	0.1601	1,292.391	288.6808	0.809	0.0716
r		6		7	1	4	8	9
Charbray	0.3139	0.0500	1.9304	0.2245	1,260.232	275.6440	0.836	0.0381
		0		9	3	7	3	1
Simbrah	0.3111	0.0710	1.9323	0.3002	1,510.866	493.5792	0.825	0.0530
		5		4	6	5	5	6
Charolais	0.3068	0.0344	1.8918	0.1393	1,253.842	221.0830	0.826	0.0282
		2		4	1	4	9	6

Perímetro en  $\mu\text{m}$ , Área en  $\mu\text{m}^2$ , Largo en  $\mu\text{m}$ , Ancho en  $\mu\text{m}$ , Elongación  $(L-W/L+W)$ , Elipticidad  $(L/W)$ , Regularidad  $(\pi \times L \times w/4 \times A)$  y rugosidad  $(4 \times \pi \times A / P^2)$ .

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) entre las razas estudiadas. Mientras que los resultados son similares a los reportados por Garmer, (2006). Existen evidencias que demuestran las diferencias significativas entre la morfometría de la cabeza de los espermatozoides de animales *Bos indicus* y *Bos Taurus*, Estas diferencias también se han

observado entre los espermatozoides de toros de la raza Brahman y los de toros mestizos Holstein-Brahman (Nava *et al.*, 2013)

La eficacia de sistemas de análisis computarizados depende de la estandarización de una serie de variables analíticas que intervienen en el análisis (Hidalgo *et al.*, 2002) y que afectan tanto a la preparación de la muestra (lavado, fijación y tinción), captura de imágenes con microscopio bajo condiciones adecuadas de iluminación y “set up”, así como al análisis de las mismas. Todo ello en función de la especie. Además de las variaciones propias debidas al proceso de valoración, se deben añadir los errores causados por el análisis de un número insuficiente de espermatozoides o a las causadas por las posibles diferencias existentes entre los distintos sistemas de análisis de semen asistido por computadora (Verstegen *et al.*, 2002).

La elección de las condiciones en las que se realiza el análisis puede determinar cambios significativos en la morfología observada. Así, entre otras, se deben elegir adecuadamente las técnicas de tinción en función a la especie, tamaño de la muestra o los aumentos, Verstegen *et al.*, (2002) quienes evaluaron morfometría de cabezas para saber el efecto de la integridad de la cromatina, mencionan que no observaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados utilizando la tinción con azul de toluidina, sí reportaron una correlación negativa entre el nivel de descondensación de la cromatina, el área y el perímetro de la cabeza espermática. Además, observaron que las cabezas espermáticas con cromatina menos compacta tenían menor área que aquellas con cromatina normal. La eosina nigrosina, utilizada como tinción vital y estudios de morfología, ha sido utilizada para morfometría espermática en varias especies (Ambríz *et al.*, 2003)

Además, los sistemas de análisis de imagen, automatizados o no, deben discriminar entre los verdaderos espermatozoides y las células sobrepuestas o artefactos (Gravance *et al.*, 1996), para lo cual es conveniente la correcta captura de las imágenes. Diferencias en las mediciones son inherentes al proceso de fijación, cuando los espermatozoides se tiñen, al utilizar preparaciones en seco o fijándolas el citoplasma celular se deshidrata y como resultado se produce una disminución del tamaño de la cabeza espermática (Hidalgo *et al.*, 2006).

Se concluye que no hay diferencias entre la morfometría de la cabeza del espermatozoide en las razas mencionadas en las condiciones de campo de campo, mientras que utilizar los frotis de la prueba de tinción vital y morfología permiten realizar mediciones de morfometría utilizando fotografía digital y análisis de imagen.

## REFERENCIAS

- Ambriz, G.D., Contreras, M.J.L., Hernández P.O., Mercado P.E., Cervantes R.F. y Rosado, G.A. (2003). Estudio comparativo de los testículos, epidídimos, glándulas sexuales accesorias y espermatozoides en tres especies de lagomorfos (*Romerolagus diazi*, *Lepus californicus* y *Oryctolagus cuniculus*). Acta zoológica mexicana, (88), 257-269

- Garner, D.L. 2006. Flow cytometer sexing of mammalian sperm. *Theriogenology* 65 (2006) 943–957
- Gravance, C.G.; Vishwanath, R.; Pitt, C.; Casey, P.J.(1996). Computer automated morphometric analysis of bull sperm heads. *Theriogenology* 46:1205–1215.
- Hidalgo, C.O., Tamargo, C., Díez, C. (2005). Análisis del semen bovino. *Tecnología Agroalimentaria. Información ganadera.* (2) 39-43.
- Nava-Trujillo, H., Quintero-Moreno, A., Hernandez-Fernandez, A., Vilchez-Siu, V., Osorio-Melendez, C., Rubio-Guillen, J., Finol-Parra, G. (2013). Effect of chromatin integrity on bull sperm head morphometry. *Revista Científica-facultad de ciencias veterinarias*,23(1), 67-72.
- Rubio-Guillén, J.; González, D.; Garde, J.; Estesó, M.; Fernández-Santos, F.; Rodríguez- Gil, J.E. Madrid-Bury, N.; Quintero-Moreno, A. (2007). Effects of cryopreservation on bull spermatozoa distribution in morphometrically distinct subpopulations. *Reprod. Domest. Anim.* 42:354-357.
- Verstegen, J., Iguer-Ouada, M., & Onclin, K. (2002). Computer assisted semen analyzers in andrology research and veterinary practice. *Theriogenology*, 57(1), 149-179



---

# Morfometría de la cabeza del espermatozoide en ovinos Katahdin

## Sperm head morphometry in Katahdin rams

SAÚL BORGES LIZAMA, ISIS BOLIO MONTES, YLEANA PRESUEL ENCALADA, PERLA MARINA GALA PAREDES, HÉCTOR MAGAÑA SEVILLA\*

*Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico S/N, 97345 Mérida, Yuc.*

*\*Corresponding author: hectorms68@hotmail.com*

---

### RESUMEN

La morfometría de la cabeza del espermatozoide ovino está relacionada con factores importantes como fertilidad, y facilidad de sexado. Para determinar estos parámetros en ovinos Katahdin en el trópico se realizó el presente estudio. Los eyaculados de cinco ovinos Katahdin de registro fueron evaluados y teñidos con eosina-nigrosina. Los frotis fueron analizados a 100X con inmersión en aceite, las cabezas de los espermatozoides fueron fotografiadas y analizadas con software de microscopía. Se obtuvieron las medidas correspondientes a diámetro, área (A), largo (L) y ancho (W) de las cabezas espermáticas, y las medidas que se derivan de éstas: elipticidad (L/W), rugosidad:  $(4\pi A/P^2)$ , elongación  $(L-W)/(L+W)$  y regularidad  $\pi L^2W/4A$ . Los resultados se sometieron a un estudio de correlación múltiple. El tamaño promedio de las cabezas de los espermatozoides de los ovinos Katahdin es de  $32.23 + 4.03 \mu\text{m}^2$  de área,  $22.86 \mu\text{m}$  de perímetro,  $8.72 + 0.2 \mu\text{m}$  de largo y  $4.92 + 0.41 \mu\text{m}$  de ancho. Se encontraron relaciones altamente significativas entre las medidas, sin embargo, los mayores coeficientes correspondieron al perímetro en relación al área ( $r^2= 0.948$ ) y regularidad ( $r^2= 0.978$ ). La morfometría de las cabezas del espermatozoide de ovinos Katahdin es similar a lo reportado en otras razas ovinas, y las medidas más representativas son el área y el perímetro.

**Palabras clave:** diámetro, área, espermatozoide

### INTRODUCCIÓN

En el estudio básico del semen se valoran fundamentalmente los parámetros físicos, citomorfológicos y bioquímicos, relacionados con el estado hormonal, inmunológico, bacteriológico o citogenético. Cada test analiza diferentes parámetros que puedan afectar a la capacidad potencial de fertilización del macho (Álvarez, 2003). Generalmente se evalúan cinco parámetros para medir la calidad del semen: La concentración, motilidad, integridad de la membrana e integridad acrosómica, de éstas la concentración, la motilidad y la integridad de la

membrana de los espermatozoides son tal vez las más usadas rutinariamente. Utilizar análisis de imagen permite el estudio de las características de motilidad y morfometría de los espermatozoides individuales de un mismo eyaculado, dejando clara su enorme heterogeneidad (Cruz *et al.*, 2007).

Por ejemplo ha permitido describir de una manera más precisa parámetros morfométricos para describir subpoblaciones, con lo que se han confirmado viejas teorías, como la distribución poblacional de los espermatozoides dentro de un eyaculado (Núñez, 2007). También se ha correlacionado parámetros de motilidad con los de morfometría en la especie porcina (Gil *et al.*, 2009), por otro lado se ha estudiado la morfometría para predecir congelabilidad en espermatozoides epididimarios de ciervo ibérico (Ros, 2012) por todo ello, la clasificación morfométrica espermática se ha convertido en parte integral de la rutina del análisis seminal.

Los sistemas de análisis seminal asistido por computadora (CASA) han automatizado y simplificado el proceso permitiendo efectuar una valoración más precisa de los parámetros de la motilidad espermática, ya que permiten distinguir entre morfometría espermática. Estos múltiples parámetros aportados han sido analizados mediante estadística multivariante el cual resultan eficaces y relativamente simples. El objetivo del presente trabajo fue obtener los parámetros de morfometría de la cabeza del espermatozoide del ovino Katahdin, y las correlaciones entre los parámetros con software de microscopía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de reproducción SM, ubicado en el municipio de Chicxulub Pueblo, Yucatán, México. Se utilizaron cinco ovinos Katahdin de registro, de  $16 \pm 2$  meses de edad y  $45 \pm 4.3$  kg de peso. Se estimó una condición corporal de 4 en todos los animales. Al momento del estudio, se encontraban en pastoreo rotacional sobre estrella (*Cynodon nlemfluensys*) y recibían 0.5 kg de alimento comercial por animal. El método de colecta de semen fue con electroeyaculador, obteniendo por medida directa el volumen, los tubos colectores se colocaron en un baño maría a  $37^{\circ}\text{C}$ , una muestra del semen fresco se diluyó 1:1000 en glutaraldehído al 2% y se utilizó para el conteo en cámara de Neubauer para determinar la concentración. La motilidad espermática (% células vivas en movimiento progresivo) se estimó visualmente bajo varios campos del microscopio óptico y en un rango de 0-100%. Se diluyó una gota de semen puro en una gota de la tinción de eosina-nigrosina, en un vidrio de reloj atemperado, homogeneizando la muestra y haciendo un frotis en un portaobjetos. Se realizó la observación en el microscopio con el objetivo de inmersión a 1000X, y se capturaron las imágenes de las cabezas de los espermatozoides. Se realizó el estudio de la morfometría con la metodología descrita por García *et al.* (2003). Brevemente, tres personas entrenadas, en cuatro frotis independientes por animal. Cada persona midió 200 espermatozoides para minimizar los errores entre e inter observadores. Con el software para microscopía Amscope se utilizaron las imágenes obtenidas de las cabezas teñidas con eosina

nigrosina para la morfometría de la cabeza del espermatozoide (Cruz et al., 2007) realizando 8 mediciones: Longitud (L,  $\mu\text{m}$ ); Ancho (W,  $\mu\text{m}$ ); Perímetro ( $\mu\text{m}$ ); Área (A,  $\mu\text{m}^2$ ); Elipticidad (L/W); Rugosidad ( $4*\pi*A/P^2$ ),  $((L-W)/(L+W))$  y Regularidad ( $\pi*L*W/4*A$ ). Los datos obtenidos fueron analizados para estadísticos descriptivos y correlaciones entre parámetros con el programa Gnumeric para Linux.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Las medidas de las cabezas de los espermatozoides Ka

El área de los espermatozoides ovinos (Tabla 1) fueron mayores a los reportados por Johnson, (2000), empero, hay coincidencia con las medidas reportadas por Gravance *et al.*, (1998) para el largo = 8.08  $\mu\text{m}$  y el ancho = 4.80  $\mu\text{m}$ , mientras que son ligeramente menores a las que presenta Langeveldt (2016).

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos de los parámetros de morfometría de la cabeza del espermatozoide de ovinos Katahdin

Parámetro	Media	Desviación típica
Área	35.2307	4.03154
Perímetro	22.8640	1.22619
Largo	8.7206	0.52511
Ancho	4.9243	0.40682
Elipticidad	1.7801	0.15231
Rugosidad	0.8444	0.03072
Elongación	0.2785	0.03894
Regularidad	1,204.7992	274.52572

En cuanto a las correlaciones, se encontraron altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para largo, ancho y área con las demás medidas, mientras que la correlación entre perímetro y las medidas derivadas (elipticidad, rugosidad, elongación y regularidad) no fue significativa ( $P > 0.05$ ). Las correlaciones más altas se encontraron entre área y regularidad (0.978) y área y perímetro (0.948). En el análisis de imagen, cuando se realiza la medición del perímetro se genera el resultado de área, por lo que el área es una medición rápida de obtener, con implicaciones en las mediciones generales.

Las alternativas actuales para evaluar morfometría espermática con sistemas CASA y las tinciones especializadas, son de alto costo de adquisición, existen opciones de software libre como el ImageJ, que pueden realizar estas labores, sin embargo, el módulo respectivo requiere de un procesamiento anterior de la imagen, y la rutina en JAVA debe de ser adecuada por un especialista en el área, empero, el software utilizado es parte del equipamiento básico para el laboratorio de análisis seminal, con un bajo costo.

## CONCLUSIONES

El conocimiento de los parámetros de la cabeza del espermatozoide de los ovinos de razas tropicales es un parámetro importante para predecir la capacidad fecundante del borrego, y la forma de los espermatozoides juegan un importante papel en la fecundación. Utilizar fotografía digital para la obtención de los parámetros de morfometría de la cabeza con software de microscopía permite la obtención de estos parámetros a un costo menor que con sistemas CASA de alto costo. El perímetro y el área son medidas que se toman en un solo movimiento y están altamente correlacionadas entre sí, lo que la convierte en la medida de elección para comparaciones.

## REFERENCIAS

- Álvarez, L. C., (2003). Análisis integrado de morfología y movilidad espermática humana con el uso del sperm class analyzer. Tesis de doctoral en ciencias biológicas. Facultad de biología, Universidad de Valencia, 25-26p.
- Ambriz, G.D., Contreras, M.J.L., Hernández P.O., Mercado P.E., Cervantes R.F., Rosado, G.A. (2003). Estudio comparativo de los testículos, epidídimos, glándulas sexuales accesorias y espermatozoides en tres especies de lagomorfos (*Romerolagus diazi*, *Lepus californicus* y *Oryctolagus cuniculus*). Acta zoológica mexicana, (88), 257-269
- Cruz, A. (2000). Evaluación De Machos Y Diluyentes Para Semen Refrigerado En La Inseminación Artificial De Ovejas De Pelo. Tesis De Maestría En Ciencias. Instituto Tecnológico De Conkal, Conkal, Yucatán, México.
- Cruz, A. A., Cardona, D. M., Forero, M. G. (2007). Prototipo de sistema experto para la clasificación morfológica de células espermáticas en bovinos. In II Congreso Colombiano de Computación. Colombia. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Gil, M.C., García-Herreros, M, Barón, F.J., Aparicio, I.M., Santos, A.J., García-Marín, L.J. (2009). Morphometry of porcine spermatozoa and its functional significance in relation with the motility parameters in fresh semen. Theriogenology, 71:154-63.
- Gravance, C.G., Champion, Z.J., Casey, P.J., (1998). Computer-assisted sperm head morphometry analysis (ASMA) of cryopreserved ram spermatozoa. Theriogenology. 49(6): 1219–1230.
- Johnson, L.A. (2000). Sexing mammalian sperm for production of offspring: the state of the art. Animal Reproduction Science. 60–61:93–107.
- Langeveldt, J. (2016). A comparison of Merino and Dorset rams in terms of mating dexterity and sperm subpopulations characteristics (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University)., para ovinos Dorset y Merino
- Núñez-Martínez I, Morán JM, Peña FJ. (2006). Two step cluster procedure after Principal Component Analysis identifies sperm subpopulations in canine ejaculates and its relation to cryoresistance. Journal of Andrology.596-603.

Ros, S. (2012). Morfometría espermática en ciervo ibérico (*Cervus elaphus hispanicus*): implicaciones biológicas y crío-biológicas. Tesis doctoral. Universidad de castilla-la mancha. Instituto de investigación en recursos Cinegéticos. Pp 80-83.



---

# Desarrollo de embriones *in vitro* en vacas Brahmán, Nelore y Gyr bajo condiciones de trópico

## *In vitro* embryo development in Brahmán, Nelore and Gyr cows under tropical conditions

ALBERTO CUPIDO HERNÁNDEZ<sup>1</sup>, ÁLVARO LEME<sup>1</sup>, MARITZA EDITH HERNÁNDEZ FUENTES<sup>1</sup>, CARLOS LUNA-PALOMERA<sup>2</sup>, JORGE ALONSO PERALTA-TORRES<sup>2\*</sup>.

<sup>1</sup> Laboratorio de Reproducción Asistida, BIOGENETIC INC. S.A. de C.V. Blvd. Leandro Rovirosa Wade S/N, C.P. 86300. Comalcalco, Tabasco, México.

<sup>2</sup> División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Carretera Villahermosa-Teapa Km 25, R/A La Huasteca 2ª Sección, C.P. 86280, Villahermosa, Tabasco, México.

\*Corresponding author: japt83@hotmail.com

---

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el desarrollo de embriones *in vitro* en vacas de la raza Brahmán, Nelore y Gyr bajo condiciones de trópico húmedo. Se utilizaron 246 donadoras (143 Brahmán, 53 Nelore y 50 Gyr) a las cuales se realizaron aspiraciones foliculares, los ovocitos colectados fueron sometidos a maduración *in vitro* (MIV), fertilización *in vitro* (FIV) y cultivo *in vitro* (CIV). Las razas que produjeron los mayores porcentajes de embriones fueron en la Gyr y Nelore con el 60 y 55%, respectivamente ( $P=0.0001$ ), y por el contrario fue en la raza Brahmán donde se registró la menor proporción de ovocitos maduros ( $P=0.0005$ ), fertilizados ( $P=0.01$ ) y embriones producidos ( $P=0.0001$ ). En la raza Nelore se registró la mayor proporción de embriones en relación con los ovocitos viables colectados (33.57%;  $P=0.0001$ ), siendo los estadios de mórulas (20.44%;  $P=0.0001$ ) y blastocistos compactos (40.87%;  $P=0.0001$ ) los más obtenidos. Por otra parte, en la raza Brahmán se registró la mayor proporción de blastocistos expandidos (44.36%;  $P=0.0001$ ). En conclusión, la raza Gyr y Nelore produjeron la mayor proporción de embriones, pero al relacionar la producción de embriones con los ovocitos viables, fue en la raza Nelore donde se registró el mayor porcentaje de embriones los cuales se encontraron en estadio de mórula y blastocistos compacto.

**Palabras claves:** aspiración folicular, fertilización *in vitro*, ovocitos.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to assess the development of *in vitro* embryos in Brahmán, Nelore and Gyr cows under tropical conditions humid. We used 246 donors (143 Brahmán, 53 Nelore and 50 Gyr), which follicular aspirations were made, the collected oocytes were subjected to *in vitro* maturation (IVM), *in vitro* fertilization (IVF) and *in vitro* culture (IVC). The breeds that produced the highest percentages of embryos were in the Gyr and Nelore, 60 and 55%, respectively ( $P=0.0001$ ), and on the other hand was in the Brahmán breed was registered the lowest proportion of mature oocytes ( $P=0.0005$ ), fertilized ( $P=0.01$ ) and embryos produced ( $P=0.0001$ ). Nelore breed registered the highest proportion of embryos in relation with the viable oocytes collected (33.57%;  $P=0.0001$ ), being the stages of morula (20.44%;  $P=0.0001$ ) and compact blastocysts (40.87%;  $P=0.0001$ ) the most obtained. On the other hand, in Brahmán breed was recorded the highest proportion of expanded blastocyst (44.36%;  $P=0.0001$ ). In conclusion, Gyr and Nelore breed produced the highest proportion of embryos, but by linking the production of embryos with viable oocytes, was the Nelore breed that registered the highest percentage of embryos which were found in morula stage and compact blastocysts.

**Key words:** follicular aspiration, *in vitro* fertilization, oocytes.

## INTRODUCCIÓN

La fertilización *in vitro* (FIV) se ha empleado para producir una gran cantidad de embriones para programas de transferencia de embriones debido a que aumenta en el número de terneros que se pueden obtener de vacas genéticamente superiores. El proceso de producción de embriones bovinos *in vitro* se divide en tres etapas: maduración de ovocitos, fertilización de ovocitos maduros y cultivo embrionario. Estas etapas comprenden una serie de procesos fisiológicos, cada uno de los cuales condicionan el éxito o fracaso del proceso (Mucci et al., 2006).

Por otra parte, en los trópicos mexicanos predomina el ganado de tipo Cebú (*Bos indicus*) debido principalmente a su rusticidad, la resistencia a las altas temperaturas y excesiva humedad, lo que contribuye al aumento de la distribución del material genético. Por lo tanto, la producción de embriones *in vitro* y su comercialización ha mejorado notablemente en los últimos años. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el desarrollo de embriones *in vitro* en vacas de la raza Brahmán, Nelore y Gyr bajo condiciones de trópico húmedo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Reactivos y medios

Los reactivos fueron adquiridos de Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA). El medio de maduración *in vitro* (MIV) consistió de TCM-199 (Gibco-BRL, NY, USA) suplementado con 0.2 mM de piruvato de sodio, 25  $\mu$ M de bicarbonato de sodio, 0.5  $\mu$ g/ml FSH (Pluset, Hertape-Calier, Brasil), 100 IU/ml HCG (Intervet, Holland) y 1.0  $\mu$ g/ml de estradiol. El medio de

fertilización *in vitro* (FIV) consistió de albumina tiroide, lactato, piruvato (TALP) suplementado con 0.2 mM de piruvato de sodio, 3 mg de albumina sérica bovina (BSA), 25mM de bicarbonato de sodio, 13 mM de lactato de sodio y 10 µg/ml de heparina.

El medio de cultivo *in vitro* (CIV) consistió en fluido oviductal sintético (SOF) (Thompson, 1995) suplementado con 0.2 mM de glutamina, 0.34 mM de citrato de sodio, 2% MEM de aminoácidos esenciales, 0.2 mM de piruvato de sodio, 5 mg/ml de albumina sérica bovina (BSA), 2.5% de suero fetal de ternero (FCS) y suero de vaca en celo (ECS).

### **Animales y condiciones de cultivo**

El estudio se llevó a cabo en 45 ranchos del sureste de México en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Yucatán. Se realizó aspiración folicular a 246 vacas no gestantes, de las cuales 143 fueron de la raza brahmán, 53 Nelore y 50 Gyr. A las donadoras se les aplicó anestesia epidural (lidocaína 2%), posteriormente se procedió a la aspiración folicular, la cual se realizó con un ultrasonido Aloka 900 (Aloka®, Tokio, Japón) equipado con un transductor sectorial 5-MHz que contenía una guía unida a un escáner para aspirar los ovocitos que se encuentran en los folículos ováricos por medio de una bomba de vacío, el contenido se almacenó en un tubo de 50ml con 5mL de medio PBS y heparina sódica (Inhepar, Pisa, México) a 38.5 °C. Los ovocitos recolectados fueron clasificados de acuerdo al número de capas que rodean al cumulus y enviados al laboratorio en tubos de 5ml con medio de MIV, CO<sub>2</sub> a 38.5 °C. En el laboratorio, en una caja Petri de 35 × 10 mm se colocaron en gotas de 90 µl (30 ovocitos por gota) con medio de MIV, cubierto de aceite mineral y fueron incubados durante 24 h a 38.5 °C, 5% CO<sub>2</sub> y humedad a saturación.

Después de la MIV los ovocitos fueron colocados en medio FIV, seleccionados según su calidad (deben presentar un citoplasma homogéneo y un corpúsculo polar comprimido), selección de espermatozoides según la viabilidad (método de gradiente de Percoll 45-90%) y finalmente los ovocitos y espermatozoide fueron colocados en gotas de 90 µL de medio FIV cubiertas con aceite mineral durante 18-22 h. Una vez transcurrido el lapso de fertilización, los cigotos se colocaron en medios de CIV para su desarrollo durante 6 días, los embriones continuaron su división celular a llegar a mórulas y blastocistos.

### **Análisis morfológico**

Los embriones fueron observados utilizando un microscopio estereoscópico (80x) para determinar el número de embriones que se desarrollaron en estadios de mórula y blastocito de acuerdo con la clasificación de Stringfellow y Seidel (1990).

### Análisis estadístico

Las variables de respuesta se analizaron como efecto principal la raza de la donadora. Se realizó un análisis de proporción con base en el conteo total de casos exitosos para cada una de las categorías y variables estudiadas mediante PROC FREQ de SAS, 2009.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se puede observar que las razas en las cuales se produjeron los mayores porcentajes de embriones fueron en la Gyr y Nelore con el 60 y 55%, respectivamente ( $P=0.0001$ ), y por el contrario fue en la raza Brahmán donde se registró la menor proporción de ovocitos maduros ( $P=0.0005$ ), fertilizados ( $P=0.01$ ) y embriones producidos ( $P=0.0001$ ). Los resultados del presente estudio se relacionan con lo reportado por Gordon (1994), quien indica que se puede lograr aproximadamente el 40% de la producción de embriones (mórulas y blastocitos) con respecto al número inicial de ovocitos maduros. A pesar que los individuos *Bosindicus* se encuentran adaptados al trópico, en el presente estudios se demostró que existe diferencia en la producción de embriones *in vitro* entre razas cebuinas, lo que indica que se requieren más estudios sobre el tema para poder emitir una explicación al respecto.

**Tabla 1.** Porcentajes de maduración, fertilización y cultivo *in vitro* de embriones bovinos de diferente raza.

Razas	Total de donadoras	% de ovocitos maduros (MIV/OPU)	% FIV (FIV/MIV)	% de embriones (CIV/FIV)
		82.65 <sup>b</sup>	43.40 <sup>b</sup>	45.15 <sup>b</sup>
Brahmán	143	4,843/5,860	2,102/4,843	949/2,102
		81.66 <sup>b</sup>	47.26 <sup>a</sup>	60.17 <sup>a</sup>
Gyr	50	1,496/1,832	707/1,496	239/707
		86.10 <sup>a</sup>	42.77 <sup>b</sup>	55.19 <sup>a</sup>
Nelore	53	1,555/1806	665/1,555	367/665
Valor de P		0.0005	0.01	0.0001

MIV, maduración *in vitro*; FIV, fertilización *in vitro*; CIV, cultivo *in vitro*; OPU, ovum pickup.

<sup>ab</sup> Diferente literal entre líneas de la misma columna representa diferencia estadística.

En la Tabla 2 se puede observar que en la raza Nelore se registró la mayor proporción de embriones en relación con los ovocitos viables colectados (33.57%;  $P=0.0001$ ), siendo los estadios de mórulas (20.44%;  $P=0.0001$ ) y blastocistos compactos (40.87%;  $P=0.0001$ ) los más obtenidos. Por otra parte, en la raza Brahmán se registró la mayor proporción de blastocistos expandidos (44.36%;  $P=0.0001$ ). En relación con la mayor producción de embriones por parte de la raza Nelore, esta se pudiera relacionar con lo mencionado por Pontes et al. (2009), quienes indicaron que las vacas Nelore cuentan con un alto número de ovocitos, lo que parece ser una característica única. Los resultados del presente estudio confirman lo mencionado

anteriormente, pero además de la cantidad de ovocitos de esta raza, parece ser que también está relacionado con la calidad porque se obtuvieron un mayor porcentaje de embriones *in vitro*.

**Tabla 2.** Embriones bovinos producidos *in vitro* de diferentes razas.

Razas	% Embriones Embriones/ Oocitos viables	% Mórulas Mórulas/Total de embriones	% Blastocistos/Total embriones		
			Inicial	Compacto	Expandido
Brahmán	28.73 <sup>b</sup> 949/3,303	1.37 <sup>b</sup> 13/949	16.65 <sup>b</sup> 158/949	37.62 <sup>a</sup> 357/949	44.36 <sup>a</sup> 421/949
Gyr	23.68 <sup>c</sup> 239/1,009	8.30 <sup>b</sup> 20/239	36.82 <sup>a</sup> 88/239	28.87 <sup>b</sup> 69/239	25.94 <sup>b</sup> 62/239
Nelore	33.57 <sup>a</sup> 367/1,093	20.44 <sup>a</sup> 75/367	17.98 <sup>b</sup> 66/367	40.87 <sup>a</sup> 150/367	20.71 <sup>b</sup> 76/367
Valor de P	0.0001	0.0001	0.0008	0.0001	0.0001

<sup>abc</sup> Diferente literal entre líneas de la misma columna representa diferencia estadística.

## CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones del presente estudio, la raza Gyr y Nelore produjeron la mayor proporción de embriones, pero al relacionar la producción de embriones con los ovocitos viables, fue en la raza Nelore donde se registró el mayor porcentaje de embriones los cuales se encontraron en estadio de mórula y blastocistos compacto.

## REFERENCIAS

- Gordon, I. (1994). Laboratory production of cattle embryos. Use of embryos and oocytes in commercial practice and research. CAB International, University Press, Cambridge, pp. 355-441.
- Mucci, N., Aller, J.F., Kaiser, G.G., Hozbor, F., Alberio, R.H. (2006). Producción *in vitro* de embriones bovinos: suplementación de los medios de cultivo con suero. Archivos de Medicina Veterinaria. 38:97-104.
- Pontes, J.H.F., Nonato-Junior, I., Sanches, B.V., Ereno-Junior, J.C., Uvo, S., Barreiros, T.R.R., Oliveira, J.A., Hasler, J.F., Seneda, M.M. (2009). Comparison of embryo yield and pregnancy rate between *in vivo* and *in vitro* methods in the same Nelore (*Bos indicus*) donor cows. Theriogenology. 71:690-697.
- SAS (Statistical Analysis System). (2009). User's Guide: Statistics, Version 9.2th Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Stringfellow, D., Seidel, S. (1990). Manual de la Sociedad Internacional de Transferencia de Embriones, 2nd ed. Sociedad Internacional de Transferencia de Embriones, Illinois, USA. pp. 79.

Thompson, J.G. (1995). Lamb birth weight following transfer is affected by the culture system used for pre-elongation development of embryos. *Biology of Reproduction*. 53:1385-1391.

---

# Ganancia de peso de pollos para abasto alimentados con diferente nivel de inclusión de *Thitonia diversifolia*

## Weight gain of feeding chickens filled with different level of inclusion of *Thitonia diversifolia*

MARTÍN REYES GARCÍA-ESPAÑA<sup>1</sup>, ALEXIS RIVERO-MONROY<sup>1</sup>, JORGE HERNÁNDEZ-BAUTISTA<sup>1\*</sup>, HÉCTOR MAXIMINO RODRÍGUEZ-MAGADÁN<sup>1</sup>, TEODULO SALINAS-RIOS<sup>1</sup>, JORGE MORÍN-RUBIO<sup>2</sup>, SERGIO RAMÍREZ-ORDOÑES<sup>2</sup>, CYNTHIA MAGALY ANTONIO CISNEROS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca; <sup>2</sup>Universidad del Papaloapan

\*Corresponding author: [jorgeherba@hotmail.com](mailto:jorgeherba@hotmail.com)

---

### RESUMEN

*Tithonia diversifolia* (*Td*) es una planta silvestre, con alto contenido proteico, representa una opción en la alimentación animal. El objetivo de estudio fue determinar la ganancia de peso de pollos para abasto alimentados con 7.5 y 15% de *Td*. La investigación se realizó en el área avícola de la FMVZ-UABJO. Se utilizaron 75 pollos de engorda, línea Cobb 500 de tres semanas de edad, con peso promedio de 534 g. Se estableció un diseño completamente aleatorizado, con tres tratamientos y 5 repeticiones cada uno. En el tratamiento testigo los pollos no consumieron *Td*, en los tratamientos uno y dos consumieron 7.5 y 15% de *Td*. Las raciones fueron isoprotéicas e isoenergéticas (18% de PC y 3.2 Mcal de EM/kg). Se midió la ganancia diaria de peso. Los datos se sometieron a un ANOVA en un modelo completamente aleatorizado con medidas repetidas. En la etapa de finalización la ganancia de peso se redujo ( $P < 0.01$ ) en el tratamiento dos, lo que contribuyó para que en los promedios globales se detectara diferencia ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos. Los animales que consumieron *Td* al 15% presentaron el menor promedio, 0.009 kg menos que los otros dos tratamientos. Los pollos alimentados con *Td* al 7.5% presentaron un promedio similar ( $P > 0.05$ ) al testigo en los periodos de iniciación, finalización y global. Pollos para abasto alimentados con 7.5% de *Td* en la ración presentan una ganancia de peso similar a los alimentados con dietas convencionales. Adicionar 15% de *Td* en la ración reduce la ganancia diaria de peso.

**Palabras clave:** Etapas iniciación y finalización, raciones isoproteicas.

## ABSTRACT

*Tithonia diversifolia* (*Td*) is a wild plant, with high protein content, represents an option in animal feed. The objective of the study was to determine the productive performance of chickens for supply fed with 7.5 and 15% of *Td*. The research was carried out in the poultry area of the FMVZ-UABJO. We used 75 broilers, Cobb 500 line of three weeks of life, with an average weight of 534 g. A completely randomized design was established, with three treatments and 5 repetitions each. In the control treatment the chickens did not consume *Td*, in treatments one and two consumed 7.5 and 15% of *Td*. The rations were isoproteic and isoenergetic (18% PC and 3.2 Mcal EM/kg). The data of weight gain were subjected to an ANOVA in a completely randomized model with repeated measures. In the final stage, weight gain was reduced ( $P < 0.01$ ) in treatment two, which contributed to the detection of a difference ( $P < 0.05$ ) between treatments in the overall averages. The animals that consumed *Td* at 15% had the lowest average, 0.009 kg less than the other two treatments. Chickens fed with *Td* at 7.5% presented a similar average ( $P > 0.05$ ) to the control in the initiation, completion and global periods. Supply chickens fed with 7.5% of *Td* in the ration have a weight gain similar to those fed with conventional diets. Adding 15% of *Td* in the ration reduce the weight gain.

**Keywords:** initiation, completion stages, ration isoproteic.

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito pecuario, el costo de alimentación es el de mayor impacto económico (Núñez, 2017); en la avicultura, por ejemplo, la disponibilidad de granos forrajeros en el rubro de alimentación representa el 65% de los costos totales de producción de carne de pollo de engorde USDA-FAS (2018). El comportamiento del costo de alimentación es afectado por los siguientes factores, la alimentación humana, disponibilidad de insumos a nivel región, monopolio comercial y la no planeación de compras consolidadas (Botero, 2017). Es necesario buscar alternativas alimenticias que reduzcan el costo e incremento en la oferta de insumos, en términos de cantidad, variedad y calidad (Gallego et al., 2014). En la avicultura el uso de especies forrajeras son una buena opción; *Tithonia diversifolia* (*Td*) es una planta herbácea silvestre, con un alto contenido proteico (de 14.5 hasta 28.8 % de PC; Gutiérrez et al., 2017); *Td* ofrece una alta productividad de biomasa (Murgueitio et al., 2013) altos niveles de fósforo (Mejía et al., 2017) un gran volumen radicular, habilidad especial para extraer los nutrientes del suelo, amplio rango de adaptación en diferentes regiones, tolera las condiciones más pobres del suelo, es muy rústica y crece como maleza soportando así la poda a nivel del suelo y a la quema, los atributos anteriores confirman que el manejo de su cultivo es poco exigente (Rodríguez, 2017); además, tiene un rápido crecimiento, baja demanda de insumos (Castillo et al., 2016) y capacidad de restaurar el suelo (Ramírez et al., 2010).

En Oaxaca existen ecotipos de *Td* que se encuentran establecidos en diferentes condiciones agroecológicas y son una alternativa para incrementar la producción de alimentos y satisfacer

la creciente demanda en la alimentación animal; a la fecha existen reportes del *Td* que demuestran la viabilidad de su uso en rumiantes y monogástricos, se ha usado en dietas con diferentes porcentajes de inclusión, así como en otras especies como los peces y en la apicultura (Rodríguez, 2017). En pollos, se desconoce el nivel de adición óptimo en la dieta (Nieves *et al.*, 2011); sin embargo, su inclusión puede ayudar a mejorar los parámetros de producción animal bajo un enfoque ecológico (Gallego *et al.*, 2014), ofreciendo a la sociedad un producto natural. El objetivo de estudio fue determinar el desempeño productivo de pollos para abasto alimentados con 7.5 y 15 % de *Td*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el área avícola de la FMVZ-UABJO ubicada la agencia de policía de Cinco Señores, perteneciente al municipio de Oaxaca de Juárez Oaxaca, en la región de los Valles Centrales (17° 02' 53" Latitud norte y -96° 71' 22" Longitud Oeste, a 1,556 msnm; INEGI, 2018). Tuvo una duración de 47 días, 21 días de iniciación y 26 días de finalización (7 de abril a 24 de mayo del 2018). Se utilizaron 75 pollos de engorda (35 machos y 35 hembras) de la línea Cobb 500 de tres semanas de vida, con un peso promedio de 534 g. Se estableció un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y 5 repeticiones cada uno. La unidad experimental fue un corral con 5 pollos. En el tratamiento testigo (Tx0) los pollos fueron alimentados con una ración sin *Td*, los animales de los tratamientos uno (Tx1) y dos (Tx2) fueron alimentados con raciones con 7.5 y 15 % de *Td*, respectivamente. Durante todo el experimento los pollos recibieron, *ad libitum*, raciones isoprotéicas e isoenergéticas (18% de PC y 3.2 Mcal de EM/kg) elaboradas con maíz molido, heno de alfalfa molida, pasta de de, núcleo, aceite vegetal y *Td* molida (Tabla 1). El alimento consumido se determinó por diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado, las mediciones se realizaron con una báscula TOR-REY<sup>MR</sup>, con capacidad de 20 kg. Antes de la compra de los pollos se realizó un lavado con agua a chorro y con detergentes, para después realizar una desinfección con Soluvel<sup>®</sup>, a proporción de 10ml del producto en 5 litros de agua para aplicarlo con una bomba de aspersión. A la recepción cada pollo fue pesado, se le administró antibiótico utilizando tetraciclina los tres primeros días por vía oral en el bebedero, para después asignarle un corral al azar y evaluar su comportamiento. Se realizaron pesajes con una báscula digital (TORREY<sup>®</sup> modelo PCR, capacidad de 40 x 0.01 kg) con intervalos de 7 días hasta el momento de la matanza. Las variables medidas fueron ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento y conversión alimenticia.

**Tabla 1.** Composición de las raciones utilizadas en la alimentación de pollos para abasto línea genética Cobb 500

Ingredientes	% de <i>Tithonia diversifolia</i> en la ración		
	T0 (0%)	T1 (7.5%)	T2 (15%)
Maíz molido, %	63.00	62.00	55.00
Pasta de soya, %	27.60	26.00	24.00
<i>Tithonia diversifolia</i> molida, %	0	7.50	15.00
Heno de alfalfa, %	5.40	0.50	0
Aceite vegetal	2.00	2.00	4.00
Núcleo	2.00	2.00	2.00

Los datos fueron capturados en una hoja de cálculo, inmediatamente después se exportaron al programa SAS (2003), en donde se sometieron a un análisis de varianza a través de un modelo completamente aleatorizado con medidas repetidas. El efecto fijo fue el nivel de inclusión de *Td* en la ración, la covariable, el peso vivo inicial y para determinar diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre promedios se utilizó la prueba de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los promedios, con su respectivo error estándar, de gananciadiaria de peso de pollos para abasto Línea genética Cobb 500, alimentados con raciones elaboradas con diferente nivel de adición de *Td*, se puede observar que en las etapas de iniciación e intermedia el comportamiento fue similar ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos, los promedios generales fueron de 0.0476 y 0.0653 kg día<sup>-1</sup>, respectivamente; sin embargo, en la etapa de finalización la ganancia diaria de peso se redujo ( $P < 0.01$ ) drásticamente en las aves que consumieron TD al 15 %, lo que contribuyó para que en los promedios globales se detectara diferencia ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, siendo los animales que consumieron TD al 15 % los que presentaron el menor promedio, 0.009 kg menos que los otros dos tratamientos, los cuales mostraron promedios similares ( $P > 0.05$ ) entre de ellos, la misma tendencia la han reportado Betancourt *et al.*, (2017 ) quienes argumentan que la ganancia de peso por día no se vio afectada con el suministro de ensilaje de TD sola y una mezcla de ensilaje de TD con afrecho de yuca; Togun *et al.*, (2006) observaron que la ganancia diaria de peso de pollos de engorde se redujo significativamente por la inclusión de harina de forraje silvestre de girasol por encima del nivel del 10% en la ración; Buragohain (2016) y Ekeocha (2012), sugieren que el porcentaje máximo de inclusión de harina de hoja de TD en el concentrado de pollos de engorde es de 4 a 7.5 %.

**Tabla 2.** Promedios ( $\pm$ error estándar) de ganancia diaria de peso de pollos para abasto línea genética Cobb 500 alimentados con raciones elaboradas con diferente nivel de adición de *Tithonia diversifolia*

Variable	Porcentaje de <i>Tithonia diversifolia</i> en la ración			Pro b
	0%	7.5%	15%	
Ganancia de peso, kg/día				
Iniciación	0.051 $\pm$ 0.002	0.047 $\pm$ 0.001	0.045 $\pm$ 0.002	NS
Intermedio	0.066 $\pm$ 0.002	0.064 $\pm$ 0.002	0.066 $\pm$ 0.003	NS
Finalizació	0.054 $\pm$ 0.007	0.056 $\pm$ 0.006	0.023 $\pm$ 0.008	0.01
n	a	a	b	
Total	0.064 $\pm$ 0.002	0.062 $\pm$ 0.002	0.055 $\pm$ 0.002	0.02
	a	a	b	

## CONCLUSIÓN

Pollos para abasto alimentados con 7.5 % de TD en la ración presentan un desempeño productivo similar a los alimentados con dietas convencionales. Adicionar 15 % de TD en la ración disminuye la ganancia diaria de peso.

## REFERENCIAS

- Betancourt, Jaime A., Núñez, E., Luz A., Castaño, J., Gastón A. (2017). Suministro de ensilaje de *Tithoniadiversifolia* sólo o mezclado con afrecho de yuca en la dieta de pollos de engorde. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 20, pp. 203-213.
- Botero, L. J. M. (2017). Potencial de extracción y utilización de nutrientes de *Tithonia diversifolia* y su relación con el rendimiento y calidad nutricional. Tesis de doctorado. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad nacional de Colombia. Palmira, Colombia.
- Buragohain, R. (2016). Growth performance, nutrient utilization, and feed efficiency in broilers fed *Tithoniadiversifolia* leaf meal as substitute of conventional feed ingredients in Mizoram, *Veterinary World*, 9(5) :444-449.
- Castillo, R. M., Betancourt, T.B., Toral, O. C. P., Iglesias, J. M. G. (2016). Influencia de diferentes marcos de plantación en el establecimiento y la producción de *Tithoniadiversifolia*. *Pastos y Forrajes*, Vol. 39, No. 2, 89-93.
- Ekeocha, A.H. (2012). Utilization of Mexican Sunflower (*Tithonia diversifolia*, Hemsley a Gray) leaf meal on the average production cost and returns of broiler chicks. *Journal of Recent Advances in Agriculture*. 1:34-42.
- Mejía, E. D., Mahecha, L. L., Angulo, J. A. (2017). *Tithonia diversifolia*: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. *Agron. Mesoam*. 28(1):289-302. ISSN 2215-3608.

- Gallego, C. L. A., Mahecha, L. L., Angulo, A. J. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A gray en la producción de vacas lecheras. *Agron Mesoam*, 25(2):393-403.
- Gutiérrez, B. O., Savon, V. L. L., Febles, P. G. (2017). Mulberry, Moringa and *Tithonia* in animal feed, and other uses. Results in Latin America and the Caribbean. Editorial ICA/EDICA. Cuba. pp 203.
- USDA-FAS. (2018). Mexico Poultry and Products Semi-annual: Continued Growth in Poultry Sector of Mexico: 1-13.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. Fecha de actualización: 17 de abril 2018, fecha de consulta: 17 de abril de 2018. URL: <https://www.google.com.mx/maps/place/Facultad+de+Medicina+Veterinaria+y+Zootecnia+:+UABJO/@17.050106,6.7136258,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x85c7224de6c39385:0x700fe21860db596c!8m2!3d17.050106!4d-96.7114371>
- Murgueitio, E., Chará, J., Solarte, A. Uribe, F., Zapata, C. Rivera, J. (2013). Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 26: 313–316.
- Nieves, D., Terán, O., Cruz, L., Mena, M., Gutiérrez, F., Ly, J. (2011). Digestibilidad de nutrientes en follaje de Árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:309-324.
- Núñez, T. O. P. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. 4(2):93-94.
- Ramírez, U., J.R. Sanginés., J.G. Escobedo., F. Cen., J.A. Rivera., P.E. Lara. (2010). Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforest. Syst.* 80:295-302.
- Rodríguez, G. I. (2017). Potencialidades de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la alimentación animal. *Livestock Research for Rural Development*, 29(4): 1-25.
- Togun, V.A., Farinu, G.O., Olabanji, R.O. (2006). Feeding graded levels of wild sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A. Gray) meal in replacement of maize at pre-pubertal age, negatively impacts on growth and morphometric characteristics of the genitalia of Anak 2000 broiler cooks at their pubertal age. *World Appl. Sci. J.*, 1(2): 115-121.

---

## Relación entre las mediciones biométricas y el análisis de imagen digital en ovejas Pelibuey

### Relationship between biometric measurements and the digital image analysis in Pelibuey ewes

GERARDO CALVILLO-LÓPEZ<sup>1</sup>, JORGE A.TAPIA-GONZALEZ<sup>1</sup>, RICARDO GARCIA-HERRERA<sup>1</sup>, FERNANDO CASANOVA-LUGO<sup>2</sup>, ÁNGEL PIÑEIRO-VÁZQUEZ<sup>3</sup>, JORGE CANUL-SOLIS<sup>4</sup>, ALFONSO J. CHAY-CANUL<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, R/A. La Huasteca 2ª Sección, CP 86280, Villahermosa, Tabasco, México. Tel. (993) 358-1585, 142-9151, Fax: (993) 142-9150*

<sup>2</sup>*Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carr. Mérida-Xmatkuil km 15.5, CP 97100 Mérida, Yucatán, México*

<sup>3</sup>*Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Carretera Chetumal-Escárcega km. 21.5, Ejido Juan Sarabia, C.P. 77960, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México.*

<sup>4</sup>*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tizimin. Departamento de Posgrado e Investigación, final aeropuerto Cupul s/n C.P. 97700, Tizimin, Yucatán, México.*

*\*Corresponding author*

---

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la relación entre las medidas biométricas (MB) determinadas in vivo y las determinadas por AID en ovejas Pelibuey. En cada oveja, antes, se registraron las siguientes BM: 1) altura a la cruz (AC), 2) profundidad de la costilla (PC), 3) Largo del cuerpo en diagonal (LCD), y 4) largo del cuerpo (LC). Para la captura de las imágenes se utilizó una cámara digital (Sony Modelo DSLR-A200, Sony Electronics Incorporation, San Diego CA 92127, EE. UU.). La cámara tenía 10.2 mega píxeles de calidad. Se fijó una regla de metal de 30 cm en caja de manejo para ovejas y se utilizó para la calibración. La fotografía se llevó a cabo en cada animal desde la vista lateral y las imágenes se guardaron en una tarjeta flash USB, y luego se transfirieron a una PC para su procesamiento utilizando el software ImageJ versión 1.51 (<https://imagej.nih.gov/ij/index.html>). Los coeficientes de correlación entre las MB determinadas in vivo y las determinadas por AID se estimaron utilizando el procedimiento PROC CORR de SAS. Las regresiones se desarrollaron con PROC REG de SAS. Se observó que el coeficiente de correlación (r) entre las MB in vivo y las determinadas por AID varió de 0.43 LC a 0.75 para PC (P<0.05). En cuanto al coeficiente de determinación (r<sup>2</sup>) vario de 0.19 para LC

a 0.56 para PC ( $P < 0.05$ ). Las MB in vivo y las determinadas por medio de AID, presentaron una relación moderada en ovejas Pelibuey. Se deben de investigar los factores que pueden afectar la precisión y exactitud de las relaciones entre MB in vivo y las determinadas por AID.

**Palabras clave:** medidas biométricas, modelos matemáticos, predicción

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, todo el mundo está rodeado de imágenes digitales a través de sus dispositivos electrónicos (Argawal y Chand, 2017). Esto se debe en gran medida a que las últimas tecnologías, han reducido el costo de las cámaras y los teléfonos inteligentes ahora vienen adaptados con cámaras de gran capacidad como una aplicación adicional, lo hace que mucha gente tenga acceso para poder manejar este tipo de imágenes (Argawal y Chand, 2017).

Actualmente, el análisis de imágenes digitales (AID) se utiliza en muchos campos del conocimiento, como la medicina humana (Wu et al., 2017), la medicina veterinaria (Bertram y Klopffleisch, 2017) y las ciencias forenses (Argawal y Chand, 2017). Asimismo, esta tecnología se está implementando en ciertas áreas de las ciencias agrícolas para la predicción de las características y composición de la canal y productos cárnicos (Gomes et al., 2017).

Por otro lado, se ha establecido que la determinación del peso vivo (PV) es uno de los métodos más precisos para determinar el crecimiento de las ovejas (Wishart et al., 2017). Aunque se han informado varias técnicas para medir o estimar el peso corporal del ganado, el uso de básculas sigue siendo el método más preciso; pero menos preferido por los pequeños productores, porque es engorroso, requiere mucho tiempo, tiene un costo asociado de implementación, es estresante y causa una pérdida significativa de peso corporal de los animales debido a operaciones de manejo, estas pérdidas pueden llegar a representar de 1.8 a 2.9 kg o 3.5-5.6 % PVW (Wishart et al., 2017; Chay-Canul et al., 2019).

Por ello es importante desarrollar métodos alternativos y prácticos que sean de bajo costo y fáciles de implementar para la determinación del PV de los animales domésticos (Chay-Canul et al., 2019). Entre los métodos alternativos, el uso de medidas biométricas (BM) (Fonseca et al., 2017; Bautista-Díaz et al., 2017; Chay-Canul et al., 2019) y recientemente el uso AID se ha aplicado para determinar las BM y consecuentemente el PV de los animales (Ozkaya y Bozkurt 2008; Tasdemir et al., 2011; Ozkaya 2012; Gomes et al, 2017). Sin embargo, en las razas de ovinos de pelo no hay estudios bajo condiciones de campo diseñados para evaluar la relación entre el AID, las MB y PV. El objetivo de este estudio fue determinar la relación entre las BM determinadas in vivo y las determinadas por AID en ovejas Pelibuey.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Animales, dietas y manejo**

Todos los procedimientos que involucran animales se llevaron a cabo dentro de los lineamientos de las técnicas oficiales de cuidado y salud animal en México (NOM-051-ZOO-1995). Los datos de MB y las imágenes digitales de 65 de ovejas Pelibuey se utilizaron en el presente estudio. Los animales se obtuvieron de rancho "El Rodeo", ubicado a 17 ° 84 N, 92 ° 81 W; 10 msnm y 14 km de la carretera Villahermosa-Jalapa, Tabasco, México; y un promedio de temperatura anual de 28.2 ° C, y una precipitación anual de 2299.5 mm (CONAGUA, 2016). Las ovejas se agruparon en confinamiento, en corrales de edificios techados con piso de concreto y sin paredes. La dieta consistió en una ración mixta de 66% de forraje y 34% de concentrado, con una energía metabolizable estimada de 12 MJ/ kg de MS y 10% de proteína cruda (AFRC 1993). Los ingredientes e la dieta fueron granos de cereales (maíz o sorgo), harina de soja y heno de hierbas tropicales, vitaminas y minerales.

### **Mediciones de las ovejas y AID**

Con cada oveja, antes de alimentarlas, se registraron las siguientes medidas biométricas (BM) descritas por Bautista Diaz et al., (2017): 1) altura a la cruz (AC), 2) profundidad de la costilla (PC), 3) Largo del cuerpo en diagonal (LCD), y 4) largo del cuerpo (LC). Para las mediciones, se utilizó una cinta de fibra de vidrio flexible (cinta de fibra de vidrio flexible, Truper®, Truper SA de CV, San Lorenzo, México) y una forcípula de 65 cm (Haglof®). Las BM se expresaron en cm como se describe en Bautista-Diaz et al. al., 2017). Además, los animales se pesaron usando una balanza digital (Modelo EQB, Torrey, México). El peso corporal y BM se tomaron de los animales mientras estaban parados en una caja de manejo para ovejas.

Para la captura de las imágenes se utilizó una cámara digital (Sony Modelo DSLR-A200, Sony ElectronicsIncorporation, San Diego CA 92127, EE. UU.). La cámara tenía 10.2 mega píxeles de calidad. Las imágenes fueron tomadas en la mañana. Se fijó una regla de metal de 30 cm en caja de manejo para ovejas y se utilizó para la calibración según lo descrito por Ozkaya (2012). La fotografía se llevó a cabo en cada animal desde la vista lateral y las imágenes se guardaron en una tarjeta flash USB, y luego se transfirieron a una PC para su procesamiento utilizando el software ImageJ versión 1.51 (<https://imagej.nih.gov/ij/index.html>) para determinar las BM de animales. Las medidas tomadas de las imágenes se convirtieron en cm. Los parámetros lineales del perfil lateral de AC, PC, LCD, y LC se midieron utilizando las herramientas del software para AID como se describe en Ozkaya (2012).

### **Análisis estadístico**

Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el PROC MEANS of SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2010). Los coeficientes de correlación entre las variables se estimaron utilizando el procedimiento PROC CORR de SAS (SAS Ver. 9.3, 2010). Las regresiones se desarrollaron con PROC REG de SAS (SAS Ver. 9.3, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de la revisión y análisis de las imágenes se removieron 10 animales debido a que sus imágenes presentaban diversos problemas para su correcto análisis. En la Tabla 1, se presentan los valores promedio, la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV) de las medidas in vivo las determinadas por AID. Se observó que el coeficiente de correlación ( $r$ ) entre las medidas in vivo y las determinadas por AID varió de 0.43 para el largo del cuerpo (LC) a 0.75 para profundidad de la costilla (PC) ( $P < 0.05$ ). En cuanto al coeficiente de determinación ( $r^2$ ) varió de 0.19 para LC a 0.56 para PC ( $P < 0.05$ ).

**Tabla 1.** Precisión de predicción de las mediciones biométricas utilizando análisis de imágenes digitales en ovejas Pelibuey ( $n = 55$ )

Variables	Media	DE	CV	b	r	$r^2$
Altura a la cruz (AC)						
Observado	63.81	3.98	6.23	-	-	-
Predicho	59.05	3.48	5.90	0.84	0.73	0.54
Profundidad de la costilla (PC)						
Observado	34.28	5.36	15.63	-	-	-
Predicho	29.64	2.52	8.49	0.77	0.75	0.56
Largo del cuerpo (LC)						
Observado	48.67	8.01	16.47	-	-	-
Predicho	37.84	3.37	8.90	0.29	0.43	0.19
Largo del cuerpo en diagonal (LCD)						
Observado	59.60	9.29	15.59	-	-	-
Predicho	54.21	4.53	8.36	0.45	0.66	0.44

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de Variación

Sea reportado que el AID puede ser aplicado a diversas áreas de la producción animal, como puede para determinar la carne y la calidad de los productos animales, y la predicción del peso vivo y la composición corporal de BW en diferentes especies de animales (Ozkaya 2012; Gomes et al., 2017).

En el presente estudio, se pudo observar que las BM in vivo presentarían una relación moderada con las determinadas por medio del AID. En este sentido, Ozkaya (2012) informó que el AID proporcionó medidas muy cercanas y por tanto altamente relacionadas con las determinadas *in vivo* en de las terneras Holstein. Otros trabajos han informado que el AID es un sistema de medición eficaz para la determinación indirecta de peso vivo en diferentes especies animales (Bozkurt et al. 2007; Ozkaya y Bozkurt, 2008; Negretti et al. 2008). El uso del AID es una herramienta que podría ser considerado como un método indirecto, de fácil aplicación y de bajo costo para la determinación del peso vivo y composición de la canal y del cuerpo de los animales domésticos en la búsqueda del incremento de la productividad de los sistemas de producción.

## CONCLUSIÓN

Las mediciones biométricas *in vivo* y las determinadas por medio del análisis de imagen digital, presentaron una relación moderada en ovejas Pelibuey. Se deben de investigar los factores que pueden afectar la precisión y exactitud de las relaciones entre MB *in vivo* y las determinadas por AID.

## REFERENCIAS

- AFRC., (1993). Energy and Protein Requirements of Ruminants. Agricultural and Food Research Council. CAB International, Wallingford, UK, 159 pp.
- Argawal S., Chand S. (2017). Digital Image Forensic: A Brief Review. Forensic Research & Criminology International Journal. Volume 5 Issue 4 – 2017.
- Bautista-Díaz E, Salazar-Cuytun ER, Chay-Canul AJ, García-Herrera RA, Piñeiro-Vázquez AT, Magaña-Monforte JG, Tedeschi LO, Cruz-Hernández A, Gómez-Vázquez, A., (2017). Determination of carcass traits in Pelibuey ewes using biometric measurements. Small Rumin Res. 147: 115–119.
- Bertram C. A., Klopfleisch R. (2017). The Pathologist 2.0: An Update on Digital Pathology in Veterinary Medicine. 54(5):756-766
- Bozkurt Y., Aktan S., Ozkaya S. (2007). Body Weight Prediction Using Digital Image Analysis for Slaughtered Beef Cattle. Journal of Applied Animal Research. 32: 195-198.
- Bozkurt Y., Aktan S., Ozkaya, S. (2008). Digital image analysis to predict carcass weight and some carcass characteristics of beef cattle. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 3(3): 129-137.
- Chay-Canul A.J., García-Herrera R.A., Salazar-Cuytún R., Ojeda-Robertos N.F., Cruz-Hernandez A., Fonseca M.A., Canul-Solís J.R. (2019). Development and evaluation of equations to predict body weight of Pelibuey ewes using heart girth. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. En prensa
- Fernandes, H.J., Tedeschi, L.O., Paulino, M.F., Paiva, L.M., (2010). Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements. *J. Anim. Sci.* 88, 1442–1453.
- Fonseca M. A., Tedeschi L. O., Filho S. C. Valadares, De Paula N. F., Silva L. D., Sathler D. F. T., (2016). Evaluation of equations to estimate body composition in beef cattle using live, linear and standing-rib cut measurements. *Anim. Prod. Sci.* <http://dx.doi.org/10.1071/AN15312>.
- García, E., 1988. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), Instituto de Geografía, UNAM, México, DF.

- Gomes R. A., Monteiro, G. R., Assis G. J. F., Busato K. C., Ladeira M. M., Chizzotti, M. L. (2016). Technical note: Estimating body weight and body composition of beef cattle through digital image analysis. *Journal of Animal Science*. 94(12). 5414-5422.
- Negretti P., Bianconi G., Bartocci S., Terramocia S., Verna, M. (2008). Determination of live weight and body condition score in lactating Mediterranean buffalo by Visual Image Analysis. *Livestock Science*. 113(1): 1-7.
- Negretti, P., Bianconi, G., Finzi, A. (2007). Visual image analysis to estimate morphological and weight measurements in rabbits. *World Rabbit Science*. 15(1): 37-41.
- Ozkaya S. (2012). Accuracy of body measurements using digital image analysis in female Holstein calves. *Animal Production Science*. 52(10), 917-920.
- Ozkaya S., Bozkurt, Y. (2008). The relationship of parameters of body measures and body weight by using digital image analysis in pre-slaughter cattle. *ArchivfurTierzucht*. 51(2): 120-128.
- Ozkaya, S. (2013). The prediction of live weight from body measurements on female Holstein calves by digital image analysis. *The Journal of Agricultural Science*. 151(04), 570-576.
- SAS 9.3 Software. (2010). Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Tasdemir, S., Urkmez, A., Inal, S. (2011). Determination of body measurements on the Holstein cows using digital image analysis and estimation of live weight with regression analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*. 76(2): 189-197.
- Wu, T., Gaw, N., Xu, Y., Li, J., Wang, L., Fu, Y., .Patel, B. (2017). Quantitative Imaging System for Cancer Diagnosis and Treatment Planning: An Interdisciplinary Approach. In *Leading Developments from INFORMS Communities* (pp. 153-177).INFORMS.

---

## Relación entre el peso vivo y peso vivo vacío en corderos lactantes Pelibuey y Katahdin

### Relationship between body weight and empty body weight in Pelibuey and Katahdin suckling lambs

JUAN CAMPOS-HERVERT<sup>1</sup>, OSCAR E. CRUZ SANCHEZ<sup>1</sup>, EMMANUEL BAUTISTA DIAZ<sup>1</sup>, ROSARIO SALAZAR-CUYTUN<sup>2</sup>, NADIA F. OJEDA ROBERTOS<sup>1</sup>, RICARDO A. GARCIA-HERRERA<sup>1</sup>, JORGE R. CANUL SOLIS<sup>3</sup>, ALFONSO J. CHAY-CANUL<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Division Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carr. Villahermosa-Teapa, km 25, CP 86280. Villahermosa, Tabasco, México.*

<sup>2</sup>*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Carr. Mérida-Xmatkuil km 15.5, CP 97100 Mérida, Yucatán, México*

<sup>3</sup>*Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tizimín. Departamento de Posgrado e Investigación, final aeropuerto Cupul s/n C.P. 97700, Tizimín, Yucatán, México.*

*\*Corresponding author: aljuch@hotmail.com*

---

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el PV al sacrificio (PVS) y el PV vacío (PVV) y desarrollar ecuaciones para estimar el PVV en corderos de pelo lactantes de diferente genotipo (Pelibuey, Katahdin), sexo (machos y hembras) y tipo de parto (simple o doble). El experimento fue conducido con 66 corderos, 39 Pelibuey y 27 Katahdin, 37 machos y 29 hembras; 30 de parto simple y 36 de parto doble. Las relaciones entre el PVS y el PVV se estimaron mediante modelos de regresión utilizando PROC REG y coeficientes de correlación entre variables mediante el PROC CORR del SAS. Adicionalmente, se probaron los efectos del genotipo, sexo y tipo de parto por medio del PROC GLM del SAS. El coeficiente de correlación entre el PVS y el PV fue de 0.98 ( $P < 0.001$ ). En cuanto a la relación entre estas variables se observó que el genotipo y sexo no tuvieron efecto ( $P > 0.05$ ); sin embargo el tipo de parto sí tuvo influencia ( $P < 0.05$ ). Pero al comparar las pendientes de las ecuaciones para animales de parto simple y doble estas fueron similares ( $P > 0.001$ ). Por lo que se fijó una sola para los animales sin tener en cuenta los efectos de genotipo, sexo y tipo de parto. Además, como el intercepto de esta ecuación no fue significativa, se ajustó una regresión lineal a través del origen:  $PVV = 0.89 (\pm 0.003^{**}) \times PVS$  ( $R^2 = 0.98$ ,  $CME = 0.119$ ,  $DER = 0.345$ , y  $n = 66$ ). El presente estudio

indica peso del contenido gastrointestinal correspondió al 11% de PVS de los corderos de pelo lactantes. El genotipo, sexo y el tipo de parto no presentaron efecto sobre esta proporción.

**Palabras clave:** corderos de pelo; peso vivo vacío; requerimientos; regiones tropicales.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the relationship between BW at slaughter (SBW) and empty BW (EBW) and develop equations to estimate EBW in suckling hair lambs from different genotype (Pelibuey, Katahdin), sex (males and females) and litter size (single or double). The experiment was conducted with 66 lambs, 39 Pelibuey and 27 Katahdin, 37 males and 29 females; 30 of single birth and 36 of double birth. The relationships between the SBW and EBW were estimated using regression models using PROC REG and correlation coefficients between variables using the PROC CORR of the SAS. In addition, the effects of the genotype, sex and litter size were tested through the PROC GLM of the SAS. The correlation coefficient between the SBW and EBW was 0.98 ( $P < 0.001$ ). Regarding the relationship between these variables, it was observed that the genotype and sex had no effect ( $P > 0.05$ ); however, the litter size did have influence ( $P < 0.05$ ). However, when comparing the slopes of the equations for animals from single and double lambing they were similar ( $P > 0.001$ ). So only one equation was fixed without taking into account the effects of genotype, sex and litter size. Because the intercept of this equation was not significant, a linear regression was adjusted through the origin:  $EBW = 0.89 (\pm 0.003^{**}) \times SBW$  ( $R^2 = 0.98$ ,  $MSE = 0.119$ ,  $RSD = 0.345$  and  $n = 66$ ). The present study indicates weight of gastrointestinal content corresponded to 11% of SBW of suckling hair lambs. The genotype, sex and litter size had no effect on this proportion.

**Keywords:** hair lambs; empty body weight; sheep requirements; tropical regions.

## INTRODUCCIÓN

Diversos autores coinciden en que los ovinos de pelo no han recibido la misma atención de investigación comparado con los ovinos de zonas templadas (Chay-Canul et al., 2011, Duarte-Vera et al., 2012; Chay-Canul, 2014; Chay-Canul et al., 2016). Por lo que sus necesidades nutricionales de energía y proteína se desconocen o existen estudios y conclusiones contradictorias (Chay-Canul et al., 2016).

En este sentido, se ha establecido que el primer paso en la determinación de los requerimientos nutricionales de los rumiantes es la conversión del PV al PV vacío (PVV); sin embargo, el PVV es el equivalente del PV menos el peso del contenido del tracto gastrointestinal (TGI) y para esto es necesario el sacrificio de los animales y el pesaje y lavado del TGI animales (Marcondes et al. 2010; Chay-Canul et al., 2016). Por ello, la determinación del PVV es complicada y laboriosa, por esta razón, se han desarrollado algunas ecuaciones de regresión para estimar el PVV a partir del PV de los animales próximos a sacrificio. En el caso de los ovinos de pelo, en

la literatura, las ecuaciones de predicción para estimar el PVV son pocos (Chay-Canul et al., 2016).

Por otro lado, los modelos nutricionales actuales, como el CNCPS-S y el SRNS, se renuevan de forma continua, pero no se dispone de datos actualizados para algunos de los parámetros requeridos por estos modelos para predecir el comportamiento productivos de las principales razas de ovinos de pelo que se explotan en la región tropical de Latinoamérica (Cannas et al., 2006; Tedeschi et al., 2010; Chay-Canul et al., 2014, 2016). En la caso de los ovinos de pelo, en la literatura las ecuaciones de predicción para estimar el PVV son escasos (Chay-Canul et al., 2016). Por ello, es necesario seguir con experimentos en donde se pueda determinar el PVV y con estos datos construir ecuaciones de predicción que permita predecir el PVV de los ovinos de pelo en diferentes estados fisiológicos en el trópico.

Se ha informado que la relación del PVV y el PV puede verse afectada por diversos factores, incluidos los efectos del contenido de fibra de la dieta, el nivel de concentrado, el estado fisiológico, el nivel de producción y la madurez (Chay-Canul et al 2014; 2016; Campos et al 2017). Para el caso particular de corderos lactantes, existe poca información con respecto a las ecuaciones de predicción para estimar el PVV (Chay-Canul, 2014; Campos et al 2017). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el PV al sacrificio (PVS) y el PV vacío (PVV) para desarrollar ecuaciones para estimar el PVV en corderos de pelo lactantes de diferentes genotipos (Pelibuey, Katahdin), sexo (machos y hembras) y tipo de parto (simple o doble).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del experimento**

El estudio se llevó a cabo en el rancho "El Rodeo", localizado a 17° 84' LN y 92° 81' LO, en el municipio de Villahermosa, Tabasco, México. El clima en la región es trópico húmedo, con una temperatura promedio de 27° C y precipitaciones pluviales de 2550 mm anuales (CONAGUA, 2016).

### **Animales y manejo experimental**

El experimento fue conducido con 66 corderos, 39 Pelibuey y 27 Katahdin, 37 machos y 29 hembras; 30 de parto simple y 36 de parto doble. Los corderos se alojaron en corrales individuales con sus respectivas madres, donde permanecieron hasta el día 56 post-parto (destete). Las corraletas estaban dentro de una galera techada sin paredes y con piso de cemento, equipadas con bebedero y un comedero diseñado para que las crías no tuvieran acceso al alimento de la madre. Las crías, fueron identificadas al parto y su alimentación dependió del consumo de la leche provista por la oveja. Diariamente se supervisó que las crías consumieran leche, y cuando se observó alguna trasijada, se sujetaba la oveja para que la cría se amamantara. Los corderos fueron destetados a los 56 días post-parto.

### Sacrificio de los animales

Los corderos fueron sacrificados de acuerdo a las normas oficiales mexicanas NOM-08-ZOO, NOM-09-ZOO y NOM-033-ZOO. Antes del sacrificio, los animales fueron dietados de alimento por un periodo de 24 horas y se registró el peso vivo al sacrificio (PVS). Después del sacrificio, la canal fue pesada (peso canal caliente, PCC) y la parte no canal (sangre, intestinos llenos y vacíos, corazón, hígado, vesícula biliar, grasa, cabeza, piel y patas). La canal se enfrió por un periodo de 24 h a 1°C. Posteriormente, la canal completa se pesó de nuevo (peso canal fría, PCF), y se dividió por la línea media dorsal en dos partes.

La grasa interna se agrupó como, grasa pélvica (alrededor de los riñones y región pélvica), y alrededor del tracto gastrointestinal (omental y mesentérico). El tracto gastrointestinal (TGI), se pesó lleno y vacío. El peso vivo vacío (PVV) se calculó como el PVS menos el contenido del TGI. Se registró el peso de los desperdicios (piel, cabeza, patas, cola, grasa interna, ubre y sangre).

### Análisis estadístico

Las relaciones entre el PVS y el PVV se estimaron mediante modelos de regresión utilizando PROC REG de SAS (SAS Ver. 9.00, 2002), y los coeficientes de correlación entre variables mediante el procedimiento PROC CORR de SAS (SAS Ver. 9.00, 2002). Adicionalmente, se probaron los efectos del genotipo, sexo y tipo de parto por medio del PROC GLM del SAS.

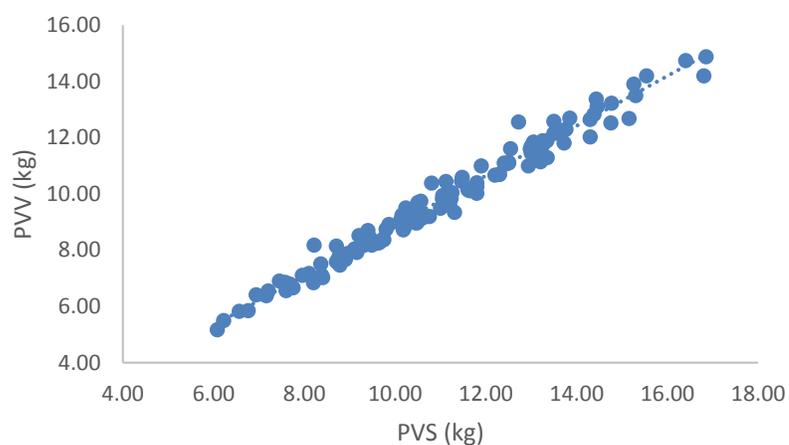
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedio, máximos, mínimos y el promedio del PVS y el PVV se muestran en la Tabla 1. El coeficiente de correlación en el PVS y el PV fue de 0.98 ( $P < 0.001$ ). En cuanto a la relación entre el PVS y el PVV se observó que el genotipo y sexo no tuvieron efecto ( $P > 0.05$ ); sin embargo el tipo de parto sí tuvo influencia ( $P < 0.05$ ). Pero al comparar las pendientes de las ecuaciones para animales de parto simple y doble estas fueron similares ( $P > 0.001$ ). Por lo que se fijó una sola para los animales sin tener en cuenta los efectos de genotipo, sexo y tipo de parto. Además, como el intercepto de esta ecuación no fue significativa, se ajustó una regresión lineal a través del origen:  $PVV = 0.89 (\pm 0.003^{**}) \times PVS$  ( $R^2 = 0.98$ , CME = 0.119, DER = 0.345, y  $n = 67$ ) (Figura 1). Cannas et al. (2004) describen al PVV como:  $PVV = 0.851PVS$  (kg) para ovinos de diferentes razas. Por su parte, Chay-Canul et al. (2016) encontraron que el contenido del TGI fue 10 % del PVS y por lo tanto el PVV representó un 90 % del PVS en animales machos; también reportaron que la PVS/PVV fue en promedio de 1.23 para los machos. Con respecto a las hembras, en ovejas Pelibuey adultas en diferentes estados fisiológicos, el peso del contenido del TGI fue aproximadamente un 19 % de PVS y que la relación PVS/PVV fue en promedio 1.22 para ovejas. En el presente trabajo esta relación fue de 1.12. En el estudio de Campos et al. (2017) en cabritos, concluyeron que el sexo no afecta la relación entre el PVV y el PVS; sin embargo, reportan que modelos para predecir el PVV a partir del PV, dependen del tipo de dieta y del genotipo.

**Tabla 1.** Valores promedio, máximos y mínimos del PVS y PVV en corderos de pelo de diferente genotipo.

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo	DE
<i>Peibuey</i>					
PVS	39	10.54	6.06	16.85	2.51
PVV	39	9.45	5.18	14.88	2.30
<i>Katahdin</i>					
PVS	27	11.11	6.22	15.15	2.68
PVV	27	9.91	5.51	13.37	2.40

PVS: Peso vivo al sacrificio; PVV: Peso vivo vacío; DE: Desviación estándar



**Figura 1.** Relación entre el PVS y el PVV en corderos de pelo lactantes de diferente sexo y tipo de parto.  $PVV = 0.89 (\pm 0.003^{**}) \times PVS$  ( $R^2 = 0.98$ ,  $CME = 0.119$ ,  $DER = 0.345$ , y  $n = 67$ ).

## CONCLUSIÓN

El presente estudio indica peso del contenido gastrointestinal correspondió al 11% de PVS de los corderos de pelo lactantes. El genotipo, sexo y el tipo se parto no presentaron efecto sobre esta proporción.

## REFERENCIAS

Campos, L. M., Almeida, A. K., Biagioli, B., Resende, K. T., Teixeira, I. A. M. A. (2017). Predicting empty body weight in growing goats: a meta-analytic approach. *Small Ruminant Research* 155: 45–50.

- Cannas, A., Tedeschi, L. O., Fox D. G., Pell, A. N., Van Soest, P. J., (2004). A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.* 82, 149-169.
- Cannas, A.; Tedeschi, L. O.; Atzori, A. S.; Fox, D. G., (2006). Prediction of energy requirement for growing sheep with the Cornell Net Carbohydrate and Protein System, in: Kebreab, E., Dijkstra, J., Bannink, A., Gerrits, W.J.J., France, J. (Eds), *Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals. Modelling Approaches*. CABI Publishing, Wallingford, UK. pp. 99-113.
- Chay-Canul AJ, Espinoza-Hernández JC, Ayala-Burgos AJ, Magaña-Monforte JG, Aguilar-Pérez CF, Chizzotti ML, Tedeschi LO, Ku-Vera JC. (2014). Relationship of empty body weight with shrunken body weight and carcass weights in adult Pelibuey ewes at different physiological states. *Small Rumin Res* 117:10-14.
- Chay-Canul AJ, Magaña-Monforte JG, Chizzotti ML, Piñeiro-Vázquez AT, Canul-Solís, JR, Ayala-Burgos AJ, Ku-Vera JC, Tedeschi LO. (2016). Energy requirements of hair sheep in the tropical regions of Latin America. *Review. Rev Mex Cienc Pecu* 7(1):105-125.
- Duarte-Vera, F., Sandoval-Castro, C. A., Sarmiento-Franco, L. A., Tedeschi, L. O., Santos-Ricalde, R., (2012). Energy and protein requirements of growing Pelibuey sheep under tropical conditions estimated from a literature database analyses. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 15, 97-103.
- Marcondes, M. I., Paulino, P. V. R., Valadares-Filho, S. de C., Gionbelli, M. P., Silva, L. F. C., (2010). Prediction of body and carcass chemical composition of purebred and crossbred Nellore cattle, in: Valadares-Filho, S. de C., Marcondes, M. I., Chizzotti, M. L., Paulino, P. V. R., (Eds.), *Nutrient requirements of Zebu beef cattle*, BR. Corte. 2nd Edition. Federal University of Vicosa, MG; UFV, DZO, Brazil, pp. 61-79.
- Owens, F. N., Gill, D. R., Secrits, D. S., Coleman, S. W., (1995). Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 73, 3152-3172.
- SAS. (2002). Institute Inc., SAS/STAT. Software, Ver. 9.00, Cary, NC 27512-8000. USA.
- Tedeschi, L. O., Cannas, A., Fox, D. G., (2010). A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. *Small Rumin. Res.* 89, 174-184.

---

# Predicción del peso vivo en novillas cruzadas a través del perímetro torácico

## Prediction of body weight of crossbred heifers using the hearth girt

RAFAEL A. MÉNDEZ-RAMÍREZ<sup>1</sup>, OSCAR ELIAS CRUZ-SANCHEZ<sup>1</sup>, ALFONSO J. CHAY-CANUL <sup>\*1</sup>, VÍCTOR MEZA-VILLALVAZO<sup>2</sup>, JORGE R. CANUL SOLIS<sup>3</sup>, MARCO A. RAMIREZ-BAUTISTA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Division Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carr. Villahermosa-Teapa, km 25, CP 86280. Villahermosa, Tabasco, México.*

<sup>2</sup>*Laboratorio de Biotecnología Animal, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan, Tuxtepec, Oaxaca, México,* <sup>3</sup>*Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tizimin. Departamento de Posgrado e Investigación, final aeropuerto Cupul s/n C.P. 97700, Tizimín, Yucatán, México,* <sup>4</sup>*Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Chiná, Calle 11 entre 22 y 28, colonia centro, C.P. 24050, Chiná, Campeche, México.*

*Corresponding author: aljuch@hotmail.com*

---

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el peso vivo (PV) y el perímetro torácico (PT) en novillas (n=400) cruzadas, criadas bajo condiciones de trópico húmedo en México. La relación entre el PV y PT se estimó mediante un modelo de regresión no lineal. El PV varió de 105.00 a 695 kg, mientras que el PT varió de 111.00 a 209.00 cm. El coeficiente de correlación entre el PV y el PT fue de 0.98 (P<0.001). La ecuación fue PV (kg): 0.0001 ( $\pm 0.0001^{***}$ ) $\times$ PT<sup>2.9487</sup> ( $\pm 0.03^{***}$ ) (P < 0.0001, r<sup>2</sup> = 0.98, CME = 454.78, DER = 21.32 y n = 388). La desviación estándar residual (DER, kg) representó el 6 % del PV promedio. La medición del PT puede representar una opción para estimar el PV de novillas de reemplazo.

**Palabras clave:** Peso vivo, medidas biométricas, novillas tropicales

### ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the relationship between body weight (BW) and hearth girt (HG) in crossed heifers (n = 400), reared under humid tropical conditions in Mexico. The relationship between BW and HG was estimated using a non-linear regression model. The BW varied from 105.00 to 695 kg, while the HG varied from 111.00 to 209.00 cm. The correlation coefficient between the PV and the PT was 0.98 (P < 0.001). The equation was

BW (kg):  $0.0001 (\pm 0.0001^{***}) \times HG^{2.9487} (\pm 0.03^{***})$  ( $P < 0.0001$ ,  $r^2 = 0.98$ ,  $MSE = 454.78$ ,  $RSD = 21.32$  and  $n = 388$ ). The residual standard deviation (DER, kg) represented 6% of the average BW. The measurement of HG may represent an option to estimate the BW of replacement heifers.

**Keywords:** Live weight, biometric measurements, tropical heifers

## INTRODUCCIÓN

El monitoreo del crecimiento de las novillas de reemplazo es una actividad importante para el temprano logro del peso meta para el primer servicio y subsecuentemente el primer parto sin poner en riesgo el comportamiento reproductivo posterior (Bretschneider et al., 2014; Heinrichset al., 2017b; Herrera-López et al., 2018). Aunque existen varias técnicas para medir o estimar el peso corporal de los animales; se ha reportado que el pesaje, aunque es el método más exacto, es menos preferido por los productores porque es complicado, lento, costoso de implementar y estresante para los animales (Wangchuket al., 2017). Por ello, se han desarrollado métodos alternos, de bajo costo y prácticos para los pequeños ganaderos (Oliveira et al., 2013; Bretschneider et al., 2014; Pérez-Hernández et al., 2017; Herrera-López et al., 2018).

Algunas medidas biométricas (MB) corporales como el perímetro torácico (PT), el ancho de cadera (AC), largo del cuerpo (LC), altura a la cruz (ALC) y altura al anca (AA), han sido reportadas como buenas estimadoras del PV en novillas (Heinrichset al., 1992; Reis et al., 2008; Bretschneider et al., 2014; Lukuyuet al., 2016; Pérez-Hernández et al., 2017; López-Herrera et al., 2018). Entre estas MB, el PT se correlaciona altamente con el PV de diversas especies de animales domésticos y por tanto, se utiliza con más frecuencia (Heinrichset al., 1992; Oliveira et al., 2013; Heinrichset al., 2017ab).

Sin embargo, en zonas tropicales, para novillas de reemplazo con diferente grados de encaste de razas europeas y cebuinas no se han desarrollado estudios para verificar la relación que existe entre el PV y el PT (Oliveira et al. 2013; Franco et al. 2017). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue desarrollar un modelo de predicción del PV mediante el uso del PT de novillas de reemplazo cruzadas, mantenidas en condiciones de trópico húmedo en el sureste de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Registro de los datos, sitio de estudio, animales y manejo

Los datos del perímetro torácico (PT) y el peso vivo (PV) se registraron en 400 novillas de reemplazo cruzadas (*Bos taurus* × *Bos indicus*) de Sardo negro, Suizo Americano, Simmental y Brahman, con diferente grado de encaste. Las novillas tenían una edad de entre tres y 24 meses y se mantenían en pastoreo en praderas de pasto estrella (*Cynodonlemfuensis*) y de pasto húmedicola (*Brachiaria humidicola*) y no fueron suplementadas. Los animales incluidos en

el presente estudio pertenecían a cuatro unidades de producción ubicados en los estados de Tabasco y Chiapas.

En cada novilla se registró el peso vivo (PV) por medio de una báscula digital y el perímetro torácico (PT) se midió con la ayuda de una cinta flexible de fibra de vidrio (Truper®, Truper S.A. de C.V., San Lorenzo, México).

### Análisis estadístico

La relación entre el PV y el PT fue estimado por medio de un modelo de regresión no lineal utilizando el PROC NLIN del SAS (SAS Ver. 9.3, 2010). El coeficiente de correlación ( $r$ ) entre las variables se determinó por medio del PROC CORR del SAS (SAS Ver. 9.3, 2010). Los datos outliers fueron detectados graficando los residuales estudentizados contra los valores predichos por la ecuación. Los datos fueron eliminados si el residual estudentizado estaba fuera del rango de -2.5 a 2.5. La bondad del ajuste de la regresión fue evaluada por la raíz del cuadrado medio del error (RCME) y el  $r^2$  (coeficiente de determinación).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios ( $\pm$ DE) y mínimos y máximos del PV y el PT de las novillas se muestran en la Tabla 1. El PV varió de 105.00 a 695.00 kg, mientras que el PT varió de 111.00 a 209.00 cm. El coeficiente de correlación ( $r$ ) entre el PV y el PT fue de 0.98 ( $P < 0.001$ ). La ecuación de predicción fue: PV (kg):  $0.0001 (\pm 0.0001^{***}) \times PT^{2.9487 (\pm 0.03^{***})}$  ( $P < 0.0001$ ,  $r^2 = 0.98$ , CME = 454.78, DER = 21.32 y  $n = 388$ ). La desviación estándar residual (DER, kg) representó el 6 % del PV promedio (Figura 1).

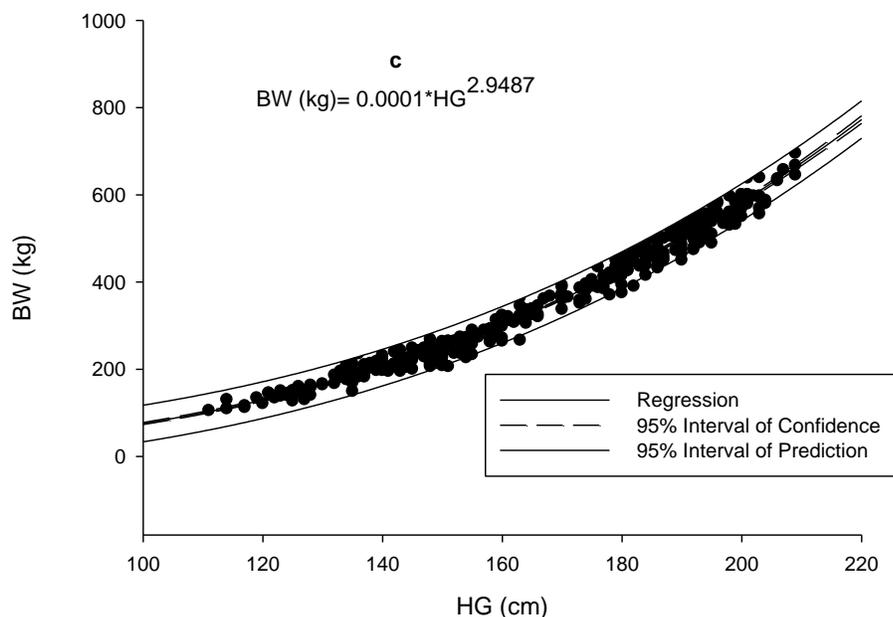
**Tabla 1.** Valores mínimos y máximo del peso vivo (kg) y el perímetro torácico (PT) de novillas de reemplazo.

Variable	Descripción	Media	DE	Mínimo	Máximo
<i>Desarrollo (n= 400)</i>					
PV	Peso vivo (kg)	373.41	151.07	105.00	695.00
PT	Perímetro torácico (cm)	166.84	24.90	111.00	209.50

## DISCUSIÓN

Para la predicción del PV en novillas y vacas se han utilizado diferentes MB como el perímetro torácico (PT), largo del cuerpo (LC), y altura a la cruz (ALTC) y a la cadera (ALTCAD) y en menor medida el ancho de cadera (AC), (Reis *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2013; Mota *et al.*, 2013; Franco *et al.* 2017). Reis *et al.* (2008) reportan que la precisión de la estimación del PV utilizando MB, pueden ser afectadas por la raza, edad, tamaño corporal, condición corporal y estado fisiológico. Heinrichs *et al.*, (2017a) recientemente reportaron que en los Estados Unidos, la estimación del PV de novillas Holstein a través de la medida del PT es necesaria para muchas

fincas que no cuentan con balanzas para el pesaje de animales. Así mismo mencionan que el uso de este método data desde hace 25 años y que esta relación ha sido confiable en el tiempo. En 1992, Heinrichs *et al.*, (1992) reportaron unas ecuaciones de predicción del PV en novillas Holstein utilizando el PT como predictor. Recientemente, basado en este concepto, Oliveira et al. (2013) desarrollaron una ecuación utilizando el PT para estimar el PV BW para novillas Holstein-Zebu cruzadas en Brasil.



**Figura 1.** La ecuación de predicción del PV a través del perímetro torácico en novillas cruzadas: PV (kg):  $0.0001 (\pm 0.0001^{***}) \times PT^{2.9487 (\pm 0.03^{***})}$  ( $P < 0.0001$ ,  $r^2 = 0.98$ , CME = 454.78, DER = 21.32 y  $n = 388$ ).

En el presente experimento, la ecuación fue PV (kg):  $0.0001 (\pm 0.0001^{***}) \times PT^{2.9487 (\pm 0.03^{***})}$  ( $P < 0.0001$ ,  $r^2 = 0.98$ , CME = 454.78, DER = 21.32 y  $n = 388$ ). La DER (kg) representó el 6 % del PV promedio. Otros autores al utilizar otras MB para estimar el PV de vacas lecheras en sistemas de bajos insumos en Senegal, reportaron que la  $r^2$  vario de 0.77 a 0.94; así mismo reportaron que la DER de los modelos desarrollados correspondió del 9.4 al 12.33% (29.27 a 39.24 kg) el PV promedio de animales (Tebugé *et al.* 2016). También, Bretschneider *et al.* (2014) encontraron que la DER de su modelo correspondió al 5.8% (15.95 kg) del peso vivo promedio. Por otro lado, en el presente estudio se utilizó una ecuación de tipo exponencial para predecir el PV a partir del PT ( $Y = aX^b$ ), las cual explicaba el 98% de la variación del PV. Otros autores como Heinrichs *et al.* (1992) han reportado el uso de ecuaciones cuadráticas, mientras que otros algunos Oliveira *et al.* (2013) también han reportado el uso de ecuaciones de tipo exponencial. Por lo que es importante evaluar otro tipo de ecuaciones y al mismo tiempo se requiere que dichos modelos sean evaluados utilizando un conjunto de datos independientes, lo que

contribuiría a su plena aceptación y recomendación; este aspecto ha sido comprobado en los trabajos reportados por Oliveira *et al.* (2013) y recientemente por Herrera-López *et al.* (2018).

## CONCLUSIÓN

El PT permite predecir con una alta precisión el PV en novillas cruzadas de reemplazo mantenidas bajo condiciones de trópico húmedo.

## REFERENCIAS

- Bretschneider, G., Cuatrin, A., Arias, D., Vottero, D. (2014). Estimation of body weight by an indirect measurement method in developing replacement Holstein heifers raised on pasture. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 46: 439-443.
- Franco, M.O., Marcondes, M.I., Campos, J.M.S., Freitas, D.R., Detmann, E., Valadares-Filho, S. C. 2017. Evaluation of body weight prediction Equations in growing heifers. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 39, 201-206.
- Heinrichs AJ, Erb HN, Rogers GW, Cooper JB, Jones CM (2007). Variability in Holstein heifer heart-girth measurements and comparison of prediction equations for live weight. *Preventive Veterinary Medicine* 78: 333-338.
- Heinrichs AJ, Heinrichs BS, Jones CM, Erickson PS, Kalscheur KF, Nennich TD, Heins BJ, Cardoso FC (2017a). Short communication: Verifying Holstein heifer heart girth to body weight prediction equations. *Journal of Dairy Science* 100: 8451-8454. DOI: [10.3168/jds.2016-12496](https://doi.org/10.3168/jds.2016-12496).
- Heinrichs AJ, Rogers GW, Cooper JB (1992). Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. *Journal of Dairy Science* 75: 3576-3581.
- Heinrichs, A. J., Zanton, G. I., Lascano, G. J., Jones, C. M. (2017b). A 100-Year Review: A century of dairy heifer research. *Journal of Dairy Science*, 100 (12), 10173-10188.
- Herrera-López S., García-Herrera R., Chay-Canul A. J., González-Ronquillo M., Macías-Cruz U., Díaz-Echeverría V. F., Casanova-Lugo F., Piñeiro-Vázquez A. (2018). Desarrollo y evaluación de una ecuación para predecir el peso vivo en novillas cruzadas usando el ancho de cadera. *ITEA (en prensa)*, Vol. xx, 1-10
- Lukuyu, M.N., Gibson, J.P., Savage, D.B., Duncan, A.J., Mujibi, F.D.N., Okeyo, A.M. (2016). Use of body linear measurements to estimate liveweight of crossbred dairy cattle in smallholder farms in Kenya. *SpringerPlus*. 5:63. doi:10.1186/s40064-016-1698-3
- Mota, D.A., Berchielli, T.T., Canesin R.C., Rosa, B.L., Ribeiro, A.F., Brandt, H.V. (2013). Nutrient intake, productive performance and body measurements of dairy heifers fed with different sources of protein. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 35 (3): 273-279.
- Oliveira A.S., Abreu D.C., Fonseca M.A., Antoniassi PMB (2013). Short communication: Development and evaluation of predictive models of body weight for crossbred Holstein-Zebu dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 96: 6697-6702.

- Pérez-Hernández, F., García-Herrera, R., Salazar-Cuytun, R., Cruz-Sánchez, O., Piñeiro-Vázquez, A., Casanova-Lugo, F., Magaña-Monforte, J., Chay-Canul, A. (2017). Uso del ancho de cadera para estimar el peso vivo en novillas tropicales de reemplazo. Sometido a Revista Agroproductividad.
- Reis, G. L., Albuquerque, F. H. M. A. R., Valente, B. D., Martins, G. A., Teodoro, R. L., Ferreira, M. B. D., Madalena, F. E. (2008). Predição do peso vivo a partir de medidas corporais em animais mestiços Holandês/Gir. *Ciência Rural*. 38: 778-783.
- SAS 9.3 Software. (2010). Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Tebug, S. F., Missohou, A., Sabi, S. S., Juga, J., Poole, E.J., Tapio, M., Marshall, K. (2016). Using body measurements to estimate live weight of dairy cattle in low-input systems in Senegal. *Journal of Applied Animal Research*. DOI: 10.1080/09712119.2016.1262265
- Wangchuk, K., Wangdi, J., Mindu, M. (2017). Comparison and reliability of techniques to estimate live cattle body weight, *Journal of Applied Animal Research*, DOI: 10.1080/09712119.2017.1302876

---

# Diversidad microbiana del metagenoma ruminal y sus cambios por el consumo de aditivos de levaduras

## Microbial diversity of the ruminal metagenome and its changes by intake yeast additives

NOHEMÍ G. CORTÉS LÓPEZ<sup>1</sup>, DANIEL DÍAZ PLASCENCIA<sup>1</sup>, RAMÓN A. BATISTA GARCÍA<sup>2</sup>, SONIA DÁVILA RAMOS<sup>2</sup>, HUGO CASTELÁN SÁNCHEZ<sup>2</sup>, PERLA L. ORDOÑEZ BAQUERA<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico R. Almada Km 1, C.P. 31453, Chihuahua, Chihuahua, México, <sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigación en Dinámica Celular, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, C.P. 62209, Cuernavaca, Morelos, México

\*Corresponding author: plordonez@uach.mx

---

### RESUMEN

La digestibilidad del alimento en los rumiantes se lleva a cabo por microorganismos del rumen y para mejorarla se han utilizado aditivos (antibióticos, probióticos, prebióticos, enzimas, aceites esenciales y compuestos nitrogenados) en las dietas. El uso de LEBAS® en rumiantes ha mostrado mayor producción de AGV y nitrógeno amoniacal, y disminución del ácido láctico, sin embargo, no se han caracterizado los cambios del microbioma ruminal por efecto de este aditivo. Muchas especies de microorganismos ruminales no se han identificado a pesar de clasificarlos con el gen 16S rDNA. Tampoco se ha realizado un análisis metagenómico a partir de secuenciación masiva en rumen bovino con dietas adicionadas con levaduras. El objetivo de este estudio fue analizar la diversidad microbiana ruminal en bovinos suplementados con levaduras, para determinar los cambios del microbioma mediante el uso de secuenciación masiva y bioinformática. Se utilizaron cuatro bovinos alimentados con una dieta basal suplementados con levaduras, T0: control, T1: 150 mL de LEBAS®, T2: 300 mL de LEBAS® y T3: DiamondV. La extracción de ADN de las muestras de líquido ruminal se realizó con el kit QIAamp DNA Stool (QIAGEN) y se secuenció en la plataforma MiSeq de Illumina. Se obtuvo 7,692,309 de secuencias, solo 1,043,601 se utilizaron para la clasificación taxonómica. Se clasificaron 6,953 secuencias, 4,311 secuencias se clasificaron en bacterias y arqueas, y 2,642 secuencias se clasificaron en hongos, protozoarios y virus. T2 y T3 tuvieron una reducción de *Methanobacteria* con respecto al T0 indicando una posible reducción en la producción de metano en el rumen. Se obtuvo un mayor número de secuencias clasificadas de *Prevotella* en

T3 con respecto al T0, mostrando un posible aumento de la digestibilidad del almidón en el rumen. Se observó que al utilizar levaduras disminuyeron las secuencias de microorganismos metanogénicos y posiblemente mejoró la digestibilidad del almidón.

**Palabras clave:** digestibilidad, microbioma ruminal, secuenciación masiva.

## ABSTRACT

Feed digestibility in ruminants is performed by rumen microorganisms and to improve the digestibility of the feed additives (antibiotics, probiotics, prebiotics, enzymes, essential oils and nitrogen compounds) they have been used in diets. With the use of LEBAS® has shown higher production of AGV and ammoniacal nitrogen, and decreased lactic acid, however, the changes of ruminal microbiome have not been characterized due to use of this additive. Many species of ruminal microorganisms have not been identified despite classifying the 16S rDNA gene. Neither has a metagenomic analysis been performed from the high throughput sequencing in bovine rumen with use of diets with yeasts. The aim of this study was to analyze the diversity of ruminal microbiome with yeast additives fed cattle, to determine changes in the composition of the microbiome through the use high throughput sequencing and bioinformatics analysis. Four cattle fed a basal diet supplemented with yeast were used, T0: control, T1: 150 mL of LEBAS®, T2: 300 mL of LEBAS® and T3: Diamond V. DNA extraction from samples of ruminal fluid was performed using the QIAamp DNA Stool Kit QIAGEN and DNA was sequenced in MiSeq Illumina platform. 7,692,309 sequences were obtained, only 1,043,601 were used for taxonomic classification. 6,953 sequences were classified, of which 4,311 sequences into bacteria and archaea were classified, and 2,642 sequences into fungi, protozoa and viruses were classified. T2 and T3 had a reduction of *Methanobacteria* with respect to the T0, indicating a possible reduction in methane production of rumen. A greater number of sequences classified from *Prevotella* in the T3 with respect to the T0 was obtained, which indicates a possible increase in the digestibility of starch in the rumen. Which was observed that when using yeast were decreased sequences methanogenic microorganisms and possibly improved starch digestibility.

**Key words:** digestibility, ruminal microbiome, high throughput sequencing.

## INTRODUCCIÓN

El rumen contiene un consorcio de microorganismos que albergan el complejo sistema de degradación de alimentos fibrosos. Los procesos requeridos para degradar la pared celular de los forrajes se lleva a cabo por diferentes microorganismos en los que predominan las bacterias, protozoarios, arqueas, hongos y la aparición asociada de bacteriófagos (Hespellet *et al.*, 1997; Berg *et al.*, 2012; Rosset *et al.*, 2013). La microbiota ruminal funciona como un sistema de conversión de la biomasa de la pared celular de los forrajes a proteína microbiana, ácidos grasos volátiles (AGV) y gases (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>). Los AGV y la proteína microbiana se absorben en el rumen y en el intestino delgado para ser transportados por torrente sanguíneo al hígado y a los tejidos (músculo, glándula mamaria, tejido adiposo); y los gases son eliminados por

eructación (Brulc *et al.*, 2009). La variación de la población de microorganismos en el rumen es de gran interés por su importancia económica y su impacto ambiental debido a la eficiencia en la conversión alimenticia y a las emisiones de metano (Ross *et al.*, 2012). Para mejorar la digestibilidad de los forrajes se han utilizado aditivos (antibióticos, probióticos, prebióticos, enzimas, aceites esenciales, ácidos orgánicos y compuestos nitrogenados) en las dietas de los rumiantes observando un aumento en la eficiencia alimenticia y en la concentración del ácido propiónico, y una disminución en la producción de metano y ácido láctico (Lesmeister *et al.*, 2005). Se ha desarrollado un aditivo de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces lactis* e *Issatchenkia orientalis*) obtenido de la fermentación en estado sólido del bagazo de manzana (Díaz-Plascencia *et al.*, 2011; Díaz-Plascencia *et al.*, 2013). Se ha observado que estas levaduras benéficas activas (LEBAS®) incrementan la digestibilidad de la fibra, la producción de AGV, disminuyen la concentración de ácido láctico y mantienen un pH ruminal cercano a 7 (Mancillas *et al.*, 2013).

El análisis de la microbiota del rumen históricamente no ha logrado correlacionar las diferencias en poblaciones bacterianas, función o filogenia con respuestas significativas en la producción de leche y carne en el animal (McCannet *et al.*, 2014). Los métodos basados en el análisis de ADN se encuentran en la mayoría de las investigaciones sobre las comunidades microbianas del rumen, ya que los métodos dependientes del cultivo solo detectan alrededor del 11% de las especies presentes en el rumen (Fernando *et al.*, 2010). Mediante PCR (Reacción en cadena de la Polimerasa) se ha amplificado el gen 16S rDNA en el metagenoma ruminal considerándolo como el mejor marcador taxonómico para estudiar las relaciones filogenéticas de los microorganismos, debido a que es un marcador universal que está compuesto por dominios altamente conservados y variables (Frey *et al.*, 2010; Patwardhan *et al.*, 2014). El gen 16S rDNA se ha aislado a partir de cultivos bacterianos, con lo que se ha logrado clasificar familias y géneros de bacterias. Las secuencias del gen 16S rDNA reportadas en las bases de datos se han utilizado para clasificar bacterias y arqueas de muestras metagenómicas, pero no se logran clasificar de forma adecuada algunas secuencias. Este problema también se presenta al clasificar secuencias obtenidas de la secuenciación masiva. Debido a esta problemática se requiere de un método automatizado que formalice la relación entre la distancia evolutiva y el potencial funcional en todo el metagenoma, que justifique la variación en el número de copia del gen marcador y recapture con precisión los hallazgos de la secuenciación metagenómica.

En los análisis de diversidad microbiana de metagenomas de rumen se sigue utilizando el gen 16S rDNA como marcador molecular para clasificar las secuencias. Estos estudios metagenómicos basados en evaluar los efectos de las dietas que reducen el metano y determinar la diversidad microbiana han utilizado el gen 16S rDNA para clasificar las secuencias de estas muestras (Ross *et al.*, 2012; Ross *et al.*, 2013). Un estudio más reciente del análisis del microbioma de rumen utilizó secuencias de genomas aislados en muestras de líquido ruminal y heces, las cuales se clasificaron de acuerdo con el gen 16S rDNA, comparándolas con metagenomas de suelos y heces de humanos (Seshadri *et al.*, 2018). Debido a que no se ha

podido clasificar de forma más amplia el microbioma ruminal, se ha propuesto el uso de la secuenciación masiva que permita la identificación más amplia de la diversidad microbiana del rumen, dado que no es necesario el aislamiento de microorganismos en el laboratorio, ni la amplificación de marcadores moleculares con lo que se obtiene una gran cantidad de información. El objetivo de este estudio fue realizar un análisis de la diversidad microbiana del microbioma ruminal a partir de la secuenciación masiva de ADN metagenómico con el uso de herramientas bioinformáticas en bovinos alimentados con aditivos de levaduras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua y en el Centro de Investigación en Dinámica Celular de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Se utilizaron cuatro bovinos fistulados en el saco dorsal del rumen, alimentados con una dieta basal formulada con maíz rolado, heno de avena, heno de alfalfa, melaza, semilla de algodón, grano seco de destilería, minerales, bicarbonato de sodio y bicarbonato de calcio. El tiempo de adaptación para la dieta fue de 30 días, posteriormente se suministrarán los aditivos de levaduras a la dieta durante cuatro periodos de 15 días cada uno y la toma de muestras de líquido ruminal para el análisis metagenómico se realizó en el día 14. Para evaluar el efecto de las levaduras como aditivo en la dieta se realizaron cuatro tratamientos, un T0: control (dieta sin aditivo), T1: LEBAS® 150 (dieta más 150 mL de LEBAS® por kilogramo de alimento), T2: LEBAS® 300 (dieta más 300 mL de LEBAS® por kilogramo de alimento) y T3: aditivo liofilizado Diamond V (dieta más 12 g de un aditivo liofilizado diarios en el alimento).

Las muestras de líquido ruminal que se obtuvieron en el día 14 de cada periodo se utilizaron para el análisis de diversidad microbiana. La extracción de ADN de las muestras de líquido ruminal se realizó con el kit QIAamp DNA Stool de QIAGEN. Las muestras de ADN metagenómico se prepararon utilizando el kit Nextera® XT Library Prep de Illumina y se secuenciaron en la plataforma MiSeq de Illumina. Las secuencias obtenidas se analizaron mediante programas bioinformáticos. Para analizar la calidad de las secuencias se utilizó el programa FastQC, se seleccionaron las secuencias de mejor calidad, se descartaron las secuencias del genoma bovino y de los genomas de las plantas que consumieron los animales en su dieta. Las secuencias no mapeadas en estos genomas se utilizaron para hacer una clasificación taxonómica utilizando el programa Kraken y mediante la librería Pavian en R se realizó la visualización de los datos. Se construyó una base de datos de bovino, plantas, bacterias, arqueas, hongos, protozoarios y virus que fueron descargadas de las bases de datos de NCBI (National Center for Biotechnology Information).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron muestras de líquido ruminal de 3 animales en los 4 periodos, se secuenciaron 12 muestras de ADN metagenómico. Se obtuvieron 7,692,309 secuencias, solo 1,043,601 secuencias son de calidad entre 20 y 40 de acuerdo con el índice Phred, las cuales se utilizaron para la clasificación taxonómica. Se clasificaron 6,953 secuencias (0.66%) en total, de las cuales 4,311 secuencias (62%) se clasificaron en bacterias y arqueas, y 2,642 secuencias (38%) se clasificaron en hongos, protozoarios y virus. Estos resultados fueron parecidos a los que obtuvieron Ross *et al.* (2012), utilizaron 11 muestras de líquido ruminal de 3 vacas para realizar un perfil metagenómico del rumen bovino a partir de muestras de heces y de líquido ruminal, obtuvieron 6 millones de secuencias y utilizaron 1 millón de secuencias para clasificarlas.

Para observar el cambio en el microbioma ruminal por el uso de levaduras se clasificaron las secuencias por tratamientos, en promedio el 1% de las secuencias se clasificaron en bacterias y arqueas y el 0.6% en hongos, protozoarios y virus. Los tratamientos T2 y T3 tuvieron una reducción de la clase de *Methanobacteria* (22 y 10 secuencias respectivamente) con respecto al T0 (25 secuencias), mientras que el tratamiento T1 tuvo un aumento (41 secuencias), lo que puede indicar que se redujo la producción de metano en el rumen utilizando los tratamientos T2 y T3. Con respecto a la familia *Saccharomycetaceae*, en el tratamiento T2 se observaron más secuencias clasificadas (71 secuencias) con respecto al T0 (27 secuencias), mientras que los tratamientos T1 y T3 se clasificaron 60 secuencias, estas secuencias pudieran ser las que consumieron dentro de la diera y levaduras propias del microbioma ruminal que ayudaron a mejorar la digestibilidad del alimento. Comparando los resultados obtenidos mediante el uso de levaduras, en este estudio se observó un aumento del género *Prevotella*, una bacteria que secreta enzimas amilolíticas (Rojo-Rubio *et al.*, 2007), se obtuvieron más secuencias clasificadas de *Prevotella ruminicola* en el tratamiento T3 (147 secuencias) con respecto al T0 (23 secuencias), mientras que en los tratamientos T1 y T2 se clasificaron 82 y 47 secuencias respectivamente, lo cual demuestra que existe un posible aumento de la digestibilidad del almidón en el rumen. En el estudio que realizaron Pinloche *et al.* (2013) mediante secuenciación del gen 16S rRNA de las bacterias de rumen bovino alimentado con una levadura probiótica, observaron una disminución en el género *Prevotella*.

## CONCLUSIÓN

La utilización de levaduras como probióticos produjo una disminución de secuencias de microorganismos metanogénicos y un aumento en las bacterias del género *Prevotella*. Este estudio es un primer análisis de diversidad microbiana del rumen bovino utilizando probióticos de levaduras en la dieta, al mismo tiempo se completará con el análisis de AGV y de digestibilidad.

## AGRADECIMIENTOS

A CONACyT y a PRODEP por el financiamiento de esta investigación.

## REFERENCIAS

- Berg, M.M.E., Yeoman, C.J., Chia, N., Tringe, S.G., Angly, F.E., Edwards, R.A., Flint, H.J., Lamed, R., Bayer, E.A., White, B. A. (2012). Phage-bacteria relationships and CRISPR elements revealed by a metagenomic survey of the rumen microbiome. *Environmental Microbiology* 14:207–227.
- Brulc, J.M., Antonopoulos, D.A., Berg, M.M.E., Wilson, M.K., Yannarell, A.C., Dinsdale, E.A., Edwards, R.E., Frank, E.D., Emerson, J.B., Wacklin, P., Coutinho, P.M., Henrissat, B., Nelson, K.E., White, B. A. (2009). Gene-centric metagenomics of the fiber-adherent bovine rumen microbiome reveals forage specific glycoside hydrolases. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106:1948–1953.
- Díaz-Plascencia, D., Rodríguez-Muela, C., Mancillas-Flores, P., Angulo, C., Salvador, F., Ruíz, O., Rubio, H.O., Mena, S., Elías, A. (2011). Desarrollo de un inoculo con diferentes sustratos mediante fermentación sólida sumergida. *Revista Electronica de Veterinaria*. 12:1–10.
- Díaz-Plascencia, D., Rodríguez-Muela, C., Mancillas-Flores, P., Corral, G., Salvador, F., Duran, L., La, O. (2013). Producción de gas *in vitro* de una ración para vaca lechera suplementada con levaduras aisladas de subproductos de manzana. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47:165-169.
- Fernando, S.C., Purvis, H.T., Najar, F.Z., Sukharnikov, L.O., Krehbiel, C.R., Nagaraja, T.G., Roe, B.A., De Silva, U. (2010). Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high-grain diet. *Applied and Environmental Microbiology*. 76:7482–7490.
- Frey, J.C., Pell, A.N., Berthiaume, R., Lapierre, H., Lee, S., Ha, J.K., Mendell, J.E., Angert, E.R. (2010). Comparative studies of microbial populations in the rumen, duodenum, ileum and faeces of lactating dairy cows. *Journal of Applied Microbiology*. 108:1982–1993.
- Hespell, R.B., O'Bryan, P.J., Moniruzzaman, M., Bothast, R. J. (1997). Hydrolysis by commercial enzyme mixtures of AFEX-treated corn fiber and isolated xylans. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 62:87–97.
- Lesmeister, K.E., Heinrichs, A.J., Gabler, M.T. (2004). Effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 88:1832–1839.
- Mancillas, F.P.F., Rodríguez, M.C., Díaz, P.D., Arzola, A.C., Grado, A.J.A., Corral, F.G., Castillo, C.Y. (2013). Digestibilidad *in vitro* de dietas para becerros en crecimiento adicionadas con inóculo de levaduras y bagazo de manzana fermentado. *Revista Bio Ciencias*. 2:189–199.

- Mccann, J.C., Wickersham, T.A., Loor, J.J. (2014). High-throughput methods redefine the rumen microbiome and its relationship with nutrition and metabolism. *Bioinformatics and Biology Insights*. 8:109–125.
- Patwardhan, A., Samit, R., Roy, A. (2014). Molecular Markers in Phylogenetic Studies-A Review. *Journal of Phylogenetics & Evolutionary Biology*. 2:1–9.
- Pinloche, E., McEwan, N., Marden, J.P., Bayourthe, C., Auclair, E., Newbold, C.J. (2013). The effects of a probiotic yeast on the bacterial diversity and population structure in the rumen of cattle. *PLoS ONE*. 8:e67824.
- Ross, E.M., Moate, P.J., Bath, C.R., Davidson, S.E., Sawbridge, T.I., Guthridge, K.M., Cocks, B.G., Hayes, B.J. (2012). High throughput whole rumen metagenome profiling using untargeted massively parallel sequencing. *BMC Genetics*. 13:53.
- Ross, E.M., Moate, P.J., Marett, L., Cocks, B.G., Hayes, B.J. (2013). Investigating the effect of two methane-mitigating diets on the rumen microbiome using massively parallel sequencing. *Journal of Dairy Science*. 96:1–17.
- Seshadri, R., Leahy, S.C., Attwood, G.T., Teh, K.H., Lambie, S.C., Cookson, A.L., Eloë-Fadrosh, E.A., Pavlopoulos, G.A., Hadjithomas, M., Varghese, N.J., Paez-Espino, D., Hungate1000 project collaborators, Kelly, W.J. (2018). Cultivation and sequencing of rumen microbiome members from the Hungate1000 Collection. *Nature Biotechnology*. 36:359–367.



---

## Contenido proteico de residuos de pescadería tratados con dos métodos de conservación

### Protein content of fish residues treated with two conservation methods

ANA MARÍA HERNÁNDEZ MEDINA<sup>1\*</sup>, JORGE HERNÁNDEZ BAUTISTA<sup>2</sup>, HÉCTOR MAXIMINO RODRÍGUEZ MAGADÁN<sup>2</sup>, RODOLFO BENIGNO DE LOS SANTOS ROMERO<sup>3</sup>, MARÍA ISABEL PÉREZ LEÓN<sup>3</sup>, GERARDO RODRÍGUEZ ORTIZ<sup>3</sup>, AMÓS PALACIOS ORTIZ<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Estudiante de la Maestría en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca; <sup>2</sup>Profesor-investigador Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca; <sup>3</sup>Profesor-Investigador Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.*

*\*Corresponding author: anam\_herme@outlook.com*

---

#### RESUMEN

El objetivo de estudio fue determinar el contenido de proteína cruda (PC) de la harina de los residuos orgánicos (carnaza) de pescadería de tres especies de pescado, Atún (*Thunnusalbacares*), Pez vela (*Istiophorusplatypterus*), Dorado (*Coryphaenahippurus*) sometidos a diferente tratamiento, unquímico (ácido sulfúrico), un tratamiento biológico (agua de mar). Se muestrearon a los días 7, 11 y 15 de deshidratación, se efectuó análisis químico proximal de PC. Los datos se sometieron a análisis de varianza a través de un modelo completamente aleatorizado teniendo como efectos fijos el tratamiento (agua de mar y ácido sulfúrico), la especie de pescado (Atún, Vela y Dorado) y los días de muestreo (7, 11 y 15 días) y las interacciones de interés biológico (Tratamiento\*especie, tratamiento\*días de muestreo y especie\*días de muestreo). Para determinar diferencia ( $P < 0.05$ ) entre promedios se utilizó la prueba de cuadrados mínimos. El porcentaje de proteína fue afectado ( $P < 0.05$ ) por la interacción especie\*días de muestreo y por el efecto fijo tratamiento. Los tratamientos mostraron diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre promedios 56.54 % con agua de mar y 57.75 % con ácido sulfúrico, sin considerar la especie. Se observó una clara tendencia ( $P < 0.05$ ) a disminuir el contenido de proteína conforme aumentan los días de deshidratado. El contenido proteico de la harina de residuos de pescadería mejora cuando es tratada con ácido sulfúrico. La harina proveniente de pez vela es la que menor contenido proteico; sin embargo, durante el proceso de deshidratación mantiene el porcentaje de proteína cruda; lo contrario ocurre con los residuos provenientes de Dorado y Atún, que presentan los mejores niveles de proteína al inicio, pero después de los once días de deshidratación el porcentaje de proteína se reduce significativamente.

**Palabras clave:** Residuos orgánicos, harina, proteína.

## ABSTRACT

The objective of the study was to determine the crude protein (CP) content of the flour of the organic waste (carnaza) of fishmongers of three fish species, Tuna (*Thunnusalbacares*), Sailfish (*Istiophorusplatypterus*), Dorado (*Coryphaenahippurus*) subjected to different treatment, a chemical (sulfuric acid), a biological treatment (sea water) and converted into flour. They were sampled on days 7, 11 and 15 of dehydration, homogenizing the samples at the end to obtain a single repetition of each mixture, chemical analysis was performed proximal PC. The data obtained were analyzed based on basic descriptive statistics. The percentages of the flour of fishmonger fish waste numerically if they had nutritional difference referring to the time of dehydration, presenting percentage averages of: 58.89, 57.51, 55.89; 54.58, 57.0, 54.53; 60.4, 59.8, 54.7 for tuna, dorado, sailfish, day 7, 11 and 15, respectively. Regarding the treatments, statistical difference was shown in the averages of: 56.54 and 57.75 seawater and sulfuric acid, respectively, without considering the species. With the percentage of protein obtained, it can be classified as a protein ingredient for animal feed being used in integral diets or food concentrates, decreasing the cost of food and improving the environment, since important volumes of waste are generated on a daily basis, contamination focus when these are discarded without any treatment, the use of this waste avoids the environmental contamination that is caused when discarding them in the bodies of water and in the soil.

**Keywords:** Organic waste, flour, protein.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional obliga el aumento en la demanda de alimentos para consumo humano y, a la búsqueda y estudio de alimentos no convencionales para consumo animal, ya que actualmente se tiene una gama limitada de materias primas. La proteína es el nutriente más limitante en la nutrición; de hecho, el costo del insumo lo determina el nivel de proteína que posee. La proteína de origen animal ha sido considerada superior a la de origen vegetal debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales y a que algunas proteínas vegetales necesitan procesarse adecuadamente para mejorar su valor nutritivo (Rubio y Molina, 2016).

En cada región existen ingredientes que contienen un porcentaje de proteína considerable y que son poco aprovechados debido a que se desconoce su composición química y su valor nutritivo (proteínas, energía, minerales, fibra y vitaminas), conocer estos dos últimos aspectos es básico para incluirlos en dietas para animales (FEDNA, 2010; Rodríguez, 2014).

La industria de la harina y aceite de pescado tuvo sus orígenes en el norte de Europa y Norteamérica, al inicio del siglo XIX, basada en los excedentes de captura de arenque en las pescaderías costeras. El residuo fue utilizado originalmente como fertilizante, pero desde el inicio del siglo XX se ha utilizado para la alimentación animal (Ruiter, 1995). El proceso de producción industrial de la harina de pescado tiene las siguientes fases: cocción, prensado, secado y molienda (Windsor y Barlow, 1983; FAO, 1986; Díaz, 1996; Ortiz, 2003); una

desventaja es que se realiza con maquinaria especializada costosa; sin embargo, existen alternativas de aprovechamiento sustentable desde el punto de vista económico y biológico (Santana-Delgado *et al.*, 2008). Los residuos de pescado convertidos en ensilado abaratan los costos en la alimentación. Existen dos procesos de fermentación, el anaerobio (ensilado biológico) y el de acidificación directa (ensilado químico) (Díaz, 2004; Llanes *et al.*, 2007). Spanopoulos-Hernández *et al.* (2010) refieren que las condiciones microbiológicas de los ensilados indican que la fermentación de estos desechos es inocua y puedan emplearse como insumos en dietas para alimentación animal. El presente estudio propone la obtención de harinas de residuos de pescadería, a través de un proceso artesanal que consiste, en probar la eficiencia de dos tipos de fermentación (química y biológica) y la deshidratación con equipos solares. El aprovechamiento adecuado de estos residuos en la alimentación animal toma relevancia ya que de esta forma los animales no compiten con el humano, sobre todo en el consumo de oleaginosas (Salazar *et al.*, 1997). El objetivo de estudio fue determinar el efecto del método de conservación en el contenido proteico de la harina de residuos de pescadería de tres especies.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los residuos de pescadería fueron obtenidos de establecimientos dedicados al fileteado y comercialización de productos pesqueros en la bahía de Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca, ubicado a 15°39' latitud Norte, 96°29'30" longitud Oeste, y a 20 msnm (INEGI, 2017), los análisis nutrimentales se desarrollaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, Cinco Señores, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, localizada en los 17°02'53" latitud Norte, 96°71'22" longitud Oeste y a 1556 msnm (INEGI, 2018). Los residuos de pescado se obtuvieron en fresco el mismo día que fueron procesados, se disminuyó el tamaño de partícula triturándolos mecánicamente, inmediatamente fueron sometidos a un tratamiento químico con ácido sulfúrico (pureza al 98 %, 1.5 kg de ácido sulfúrico para 50 kg de residuos) y a un tratamiento biológico con agua de mar (al 50%, 5 litros de agua de mar por cada 10 kg de residuos, en el indicado de obtener una inmersión completa de los residuos), ambos tuvieron una duración de 24 h. Posteriormente, el material tratado, se distribuyó uniformemente en deshidratadores solares durante 15 días, inmediatamente después se convirtió en harina con un molino de martillos. Durante el proceso de deshidratado se realizaron muestreos los días 7, 11 y 15, se obtuvieron 9 réplicas por cada tratamiento. El contenido proteico se evaluó conforme a la AOAC (1995), FAO (1993) y Morfin (1997). De los datos obtenidos se generaron estadísticas descriptivas básicas, como media y error estándar; además se sometieron a un análisis de varianza a través de un modelo completamente aleatorizado teniendo como efectos fijos el tratamiento (agua de mar y ácido sulfúrico), la especie de pescado (Atún, Vela y Dorado) y los días de muestreo (7, 11 y 15 días); también se estudiaron las interacciones dobles de interés biológico (Tratamiento\*especie, tratamiento\*días de muestreo y especie\*días de muestreo). Para

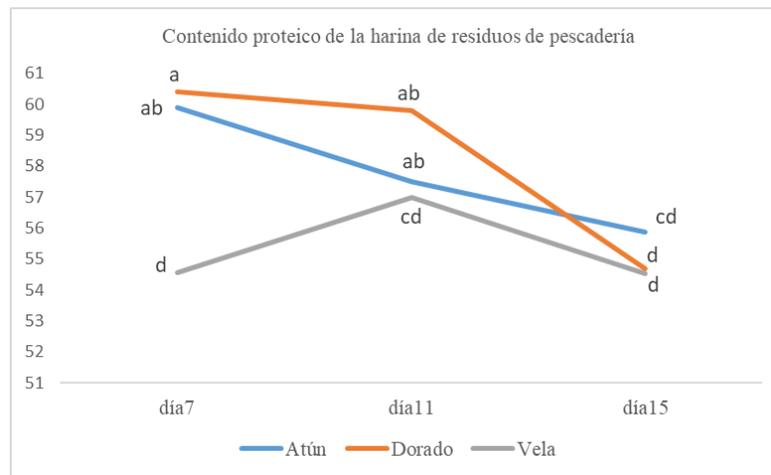
determinar diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre promedios se utilizó la prueba de cuadrados mínimos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

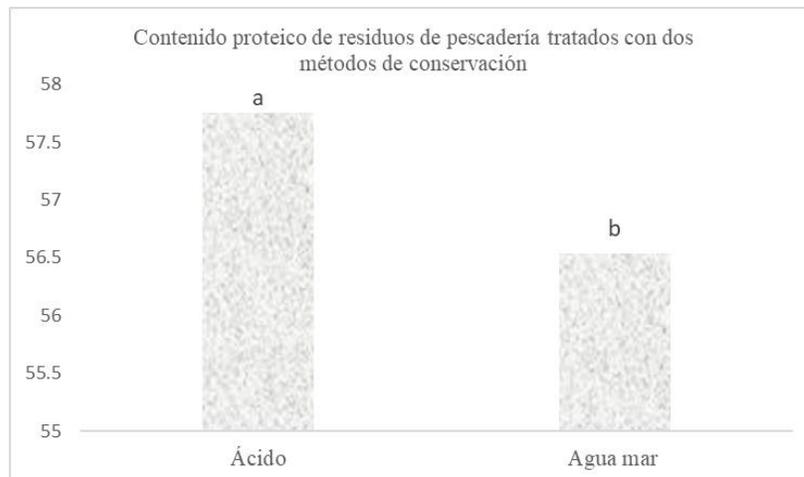
El porcentaje de proteína fue afectado ( $P < 0.05$ ) por la interacción especie\*días de muestreo y por el efecto fijo tratamiento. En la Figura 1 se presentan los promedios de proteína de los residuos de pescadería, convertidos en harina 7, 11 y 15 días de deshidratación. Se observó una clara tendencia ( $P < 0.05$ ) a disminuir el contenido de proteína conforme aumentan los días de deshidratado, en las tres especies; no obstante, se mostró una variación en el comportamiento entre especies. Los residuos, de pez vela, fueron los que presentaron un promedio similar (en los tres tiempos de deshidratado). El dorado y Atún presentaron promedios de proteína similares ( $P < 0.05$ ) en los dos primeros tiempos de deshidratación; sin embargo, en la medición a los 15 días los promedios descendieron significativamente ( $P < 0.05$ ) en ambas especies. Esta tendencia se puede atribuir a una desnaturalización de las proteínas por alta temperatura de deshidratado por exposición al sol lo que conlleva. Zaldívar (2002) reporta que harina de pescado, posee un alto contenido proteico que varía del 65 al 75 % dependiendo de la especie de pescado con la que se elabora, sin embargo; Cabello (1994) menciona que las harinas que provienen del uso de desperdicios de pescado contienen baja concentración de proteína debido a que durante su proceso incluyen pocos pescados enteros lo que afecta el aporte proteico de la harina; es por ello que se recomienda utilizar especies de bajo valor comercial para fortalecer la mezcla. El mismo autor argumenta que en algunas empresas la temperatura a la que somete la materia prima es muy elevada y se expone a ella por más tiempo de lo debido, lo que conlleva a la desnaturalización de proteínas. Spanopoulos *et al.*, (2010) mencionan que las diferencias en contenido de proteína y lípidos pueden deberse a la especie, estación del año y el estado de madurez del pez.

En la Figura 2 se observan resultados en cuanto a los tratamientos utilizados independientemente de la especie que se trabaje, los residuos tratados con ácido presentaron mayor ( $P < 0.05$ ) contenido proteico a diferencia de cuando se empleó agua de mar. La FAO (1999) reporta que los tratamientos con altas concentraciones salinas o calor pueden ocasionar desnaturalización proteica. Bello (1994) analizó el ensilado con ácido sulfúrico y fórmico a partir de 27 especies de pescados enteros, frescos y molidos, encerrados por 15 días, obteniendo un porcentaje de 16.7 % en proteínas; así mismo menciona que este producto una vez secado presentó niveles de proteína comparables a la harina de pescado, se puede observar que en este estudio la mezcla con tratamiento químico fue deshidratado es por ello que el porcentaje de proteína es elevado a comparación del material húmedo, aunado a esto se agregaque el componente trabajado fue carnaza; por lo que Teijón *et al.*, (2001) mencionaron que existen escleroproteínas, que constituyen los tejidos de sostén del organismo de los vertebrados que son: colágeno, (piel, hueso, tendones, cartilagos, dientes, vasos sanguíneos) elastina (vasos

sanguíneos y ligamentos) y queratinas (piel y escamas), esto puede explicar el contenido de proteína obtenido.



**Figura 1.** Contenido proteico de la harina de residuos de pesquería (carnaza) en tres especies de pescado a diferente tiempo de deshidratado.



**Figura 2.** Contenido proteico de residuos de pesquería (carnaza) tratados con ácido sulfúrico y agua de mar.

## CONCLUSIÓN

El contenido proteico de la harina de residuos de pesquería mejora cuando es tratada con ácido sulfúrico. La harina proveniente de pez vela es la que menor contenido proteico; sin embargo, durante el proceso de deshidratación mantiene el porcentaje de proteína cruda; lo contrario ocurre con los residuos provenientes de Dorado y Atún, que presentan los mejores niveles de proteína al inicio, pero después de los once días de deshidratación el porcentaje de proteína se reduce significativamente.

## REFERENCIAS

- AOAC. (1998). Official Methods of Analysis, 16th Edition, Association of Official Analytical Chemists, AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- Cabello A. (1994). Aprovechamiento de la sardina para la elaboración de productos no tradicionales. I Taller CECOTUP sobre utilización de los recursos pesqueros. pp.4.
- Cabello A., A. García., B. Figueroa., Y. Higuera, O. Vallenilla. (2013). Calidad físico-química de la harina de pescado venezolana. Rev. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 25 N° 4:414-422.
- Díaz, A. N. (1996). Elaboración de harina de pescado de alta calidad. Curso de operación, producción con calidad. Concepción, Chile. pp.36.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1986). La producción de harina y aceite de pescado. FAO: División de la Industria Pesquera. Boletín No. 142. Rev. 1. pp 63.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1993). Manual de control de calidad de los alimentos. El laboratorio de control de los alimentos. Alimentación y nutrición. Rev.1 14/1 Roma, Italia.
- FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). (2010). Fecha de consulta: 15 de septiembre del 2015. URL: <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. Fecha de actualización: 17 de abril de (2018). Fecha de consulta: 23 de agosto 2018. <http://www.inegi.org.mx/>.
- Morfín L.L. (1997). Manual de laboratorio de bromatología. UNAM. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, División de Ciencias Pecuarias. p.p. 97, 98, 102, 106, 111, 114, 116.
- Ortiz, S.D. (2003). Elaboración de harina de pescado. Tesis de licenciatura en tecnología de los alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- Rodríguez, R. E. (2014). Evaluación de Rendimiento y Calidad de ocho Híbridos de Maíz de alto Potencial Forrajero. Tesis de Ingeniería. División de Carreras Agronómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México.
- Rubio, L. A y E. Molina. (2016). Las leguminosas en alimentación animal. Arbor, 192 (779): a315. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3005>.
- Ruiter A. (1995). Fish and fishery products composition, nutritive properties and stability. In Schmidtdorff, W. ed. Fish meal and fish oil-not by-products, pp. 347–376. United Kingdom: Biddles Limited.
- Salazar G. G., et al. (1997). Uso de los desechos de origen animal en México. Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal.

- Santana-Delgado, H., Ávila, E., Sotelo, A. (2008). Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. *Animal Feed Science and Technology* 141:129-140.
- Spanopoulos H. M., J.T. Ponce, G. Barba, J.R. Ruelas, M.R. Tiznado, C. Hernández y K. Shirai. (2010). Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado de atún aleta amarilla (*Thunnusalbacares*) y del fileteado de tilapia (*Oreochromis* sp), para la alimentación de especies acuícolas. *Rev. Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 9, No. 2.
- Windsor, M. y Barlow, S. (1983). Introducción a los subproductos de lapesquería. Editorial Acribia S. A., Zaragoza, España. pp. 1-139.



---

# Proteína cruda y pH en subproductos de naranja deshidratada y ensilada a diferentes tiempos

## Crude protein and pH in dehydrated and silage Orange by-products at different times

BENITO IRVINGUZMÁN-JIMÉNEZ<sup>1</sup>, TEÓDULO SALINAS-RÍOS <sup>2</sup>, JORGE HERNÁNDEZ-BAUTISTA <sup>2</sup>, AMOS PALACIOS-ORTIZ <sup>2</sup>, HÉCTOR RODRÍGUEZ- MAGADÁN <sup>2</sup>, CUAHUTEMOC NAVA-CUELLAR <sup>3</sup>.

*<sup>1</sup> Estudiante de la Maestría en Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, <sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, <sup>3</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.*

*Corresponding author: benito\_gj@hotmail.com*

---

### RESUMEN

El alto costo de los insumos para la alimentación de los animales ha ocasionado la necesidad de utilizar subproductos como alimentos alternativos, el uso de desechos de naranja es una alternativa económica y a la vez ecológica. El objetivo del presente trabajo fue comparar el pH y proteína cruda (PC) en los desechos de naranja en: fresco, deshidratado al sol y ensilado a diferente tiempo. Se trabajó en la FMVZ-UABJO con subproductos de naranja recolectados en juguerías de la ciudad de Oaxaca en tres tratamientos, los cuales quedaron constituidos como fresco, deshidratado y ensilado a diferente tiempo (7, 14, 21, 28, 35 y 42 días). Los análisis de pH y PC se desarrollaron en el laboratorio de nutrición animal de la misma facultad. En el análisis estadístico se utilizó un modelo completamente aleatorizado. Se realizó la prueba de medias de cuadrados mínimos a una significancia  $\alpha = 0.05$ . Los resultados muestran que el pH al momento de ensilar fue de 2.89, se incrementó a 3.05 en los primeros 7 días de ensilado y llegó a 3.54 en el día 14. Del día 14 al 49, no existió diferencia ( $P > 0.05$ ). Correspondiente a proteína se encontró un mayor valor en el subproducto que no fue deshidratado ( $P < 0.05$ ) y similar ( $P < 0.05$ ) a los días 21 y 42 de ensilado. El valor de proteína en materia seca (MS) del subproducto fresco fue de 5.6. Durante el proceso de ensilaje no existió una estabilización clara de PC, ya que tendió a subir y bajar. Se concluye que el pH en el proceso de ensilaje se estabiliza a partir del día 14; mientras que la proteína es mayor en desechos de naranja fresca, disminuye cuando es deshidratada y no existe una estabilidad durante el proceso de ensilaje.

**Palabras clave:** cítrico, desechos, ensilado, juguerías.

## ABSTRACT

High cost of animal food supply has caused the need to use by-products as alternative food. Orange waste is an alternative and ecological solution. The objective was to compare the Orange waste pH and crude protein (CP) in: fresh, sun dehydrated and silage at different time. The experiment was made on FMVZ-UABJO with by-products from Oaxaca city juice Sellers, using three different treatments: fresh, dehydrated and silage at different time (7, 14, 21, 28, 35 and 42 days). pH and CP analysis were made in animal nutrition laboratory. Statistic analysis was made using a completely randomized model, minimum squares mean was performed with a  $\alpha = 0.05$  significance. Results showed silage pH was 2.89 and increased to 3.05 during first 7 days reaching 3.54 at day 14. There was no difference ( $P > 0.05$ ) from 14 to 49 silage days. CP had a higher value in the non dehydrated byproduct ( $P < 0.05$ ) and a similar value between 21 and 42 silage days. Dry matter protein (DM) value of the fresh by-product was 5.6. There was not a good CP stabilization during silage process, because it fluctuates. It concludes that silage processes stabilize pH until 14 day; crude protein is higher in fresh Orange byproducts, decreases by dehydration process and there is not stability during silage process.

**Keywords:** citric, waste, silage, juice seller

## INTRODUCCIÓN

La naranja es un cítrico que es ampliamente consumida en diferentes formas. Los dos mayores productores de cítricos son Brasil (21.4%) y Estados Unidos (12.5%), FAO (2017). En México se tiene sembrado 335,425.69 hectáreas; Veracruz es el principal productor con el 44.5 % de la producción nacional; el segundo Tamaulipas con 14.5% y San Luis Potosí el tercero con 8%; Oaxaca ocupa el décimo lugar, SIAP (2018). En la producción animal la aportación de vitamina C en la dieta resulta en una excelente fuente de electrones; por lo consiguiente puede disminuir la reactividad de los radicales libres (especies reactivas del oxígeno), McDowell (2002). Debido a la gran cantidad de desechos que se producen al extraerle el jugo, en ocasiones se genera un problema ambiental. Por otra parte, en la ganadería un gran problema son los altos costos de los insumos destinados a la elaboración dietas. Para mitigar el problema se han utilizado los desechos de naranja para la alimentación de rumiantes, especialmente en épocas de escasez de forraje, Hernández *et al.* (2012); sin embargo, la producción de naranja es estacional y por lo tanto el desecho también, lo que ocasiona la necesidad de conservación de dichos desechos, pudiéndose cambiar su estado nutricional. El ensilado de maíz es una práctica común en la agricultura, ya que ofrece la posibilidad de asegurar alimentos durante épocas de alta producción para conservarlos para su empleo futuro, especialmente en períodos de escasez, Araiza-Rosales *et al.* (2013), y contribuye a resolver el problema que plantea la estacionalidad de la producción forrajera, frente a requerimientos animales de relativa constancia, Villa *et al.* (2010). Por su alto contenido de agua y su potencial contaminante del ambiente los subproductos de naranja provocan problemas a nivel de las plantas industriales y negocios dedicados a la extracción del jugo, pero ofrece una oportunidad de alimentación suplementaria

para rumiantes. El principal aporte nutricional de los desechos de juguería lo constituyen los carbohidratos solubles (azúcares simples) y estructurales (hemicelulosas, celulosas y pectinas) fácilmente fermentables en rumen, que promueven la formación de ácidos propiónico y acético, al mismo tiempo el material posee una baja concentración proteica, Melo-Camacho *et al.* (2017). El objetivo del presente trabajo fue comparar el pH y proteína cruda (PC) en los desechos de naranjas frescos, sometidos a ensilaje en diferente tiempo y deshidratado al sol.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El estudio se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca; localizada en las coordenadas 17°04' de latitud norte y 96°43' de longitud oeste a una altura de 1,550 msnm, en la parte central del estado perteneciente a la región de Valles Centrales INAFED, (2017). Se recolectó desechos de naranjas en juguerías de la ciudad de Oaxaca.

### Diseño experimental

Se recolectó desechos de naranjas durante 7 días, durante los últimos días de agosto y primeros días de septiembre del 2017, en juguerías de la ciudad de Oaxaca donde solamente le extraen el jugo a la naranja. Para reducir el tamaño del subproducto se utilizó una picadora de motor usando una criba de 18 mm de diámetro y una vez homogenizada se tomó una muestra de 4 kg y se deshidrató en un desecador solar a 45°C durante 4 días; otra muestra de 500 g se metió en una estufa a 35 °C por 48 horas. El resto se ensiló en 7 microsilos de botes de plástico con capacidad de 4 kg. Este procedimiento se realizó durante los 7 días. Los tratamientos quedaron constituidos como subproducto de naranja: fresco, deshidrato y ensilado a diferentes tiempos (7, 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días). Al destape de los silos para la determinación de pH se tomaron 50 g de parte inferior, central e inferior del silo, para posteriormente mezclarse; así como 500 g para la cuantificación de PC, los cuales fueron guardados en la estufa para su deshidratación; el destapado de los botes se realizó diario cumpliendo el tiempo indicado.

### pH

Para la medición de pH en la naranja fresca y ensilada se pesaron 50 g de muestra los cuales fueron depositados en un vaso de licuadora, se le agregó 100 ml de agua destilada, fue licuado durante 5 minutos y posteriormente se filtró para obtener el extracto el cual fue depositado en un vaso de precipitado y se tomó la lectura de pH con un potenciómetro (Thermo Scientific, modelo Orion 3 Star).

### Proteína cruda (PC)

Para la determinación de PC se tomaron las muestras y se molieron en un molino Willy, se utilizó una criba de 2 mm; se pesaron 0.5 g de muestra la cual se realizó por el método de microkjendahl. Al término de la destilación, el cálculo del % de nitrógeno se realizó por la fórmula

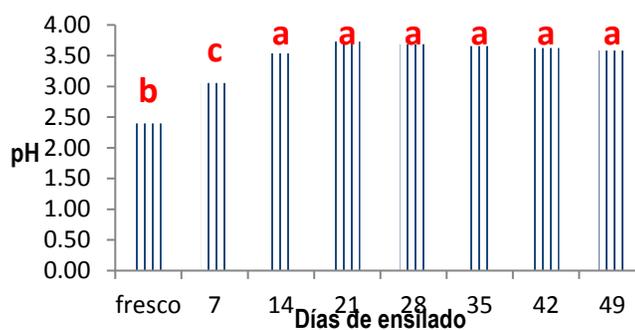
siguiente: mililitros gastados de ácido sulfúrico al 0.1 N, por la normalidad del ácido sulfúrico, por la constante de 1.4 entre el peso de la muestra; y para calcular el porcentaje de PC se multiplicó el % de nitrógeno obtenido por un factor de conversión AOAC, (2017).

### Análisis estadístico

Los datos recabados se ordenaron en una hoja del programa Excel, para posteriormente analizarlos en el programa SAS 9.0 por un modelo completamente al aleatorizado, el efecto fijo fue los días de ensilado y las pruebas de medias a través de cuadrados mínimos a una significancia  $\alpha = 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

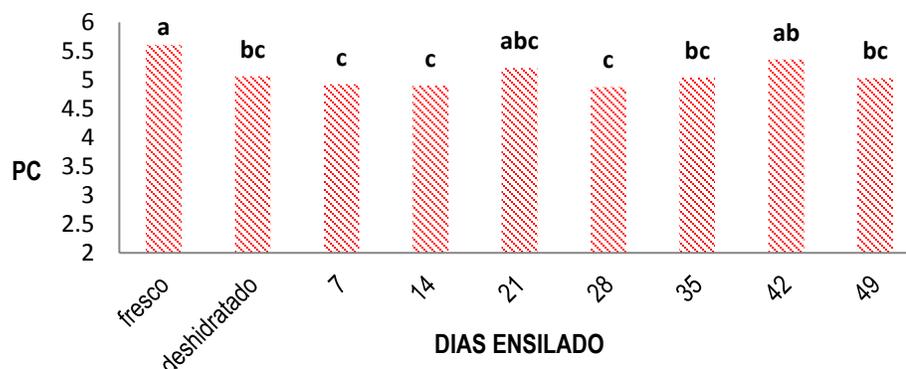
El pH al momento de ensilar fue de 2.89, se incrementó ( $P < 0.05$ ) a 3.05 en los primeros 7 días de ensilado y llegó a 3.54 en el día 14. Del día 14 al 49, no existió diferencia ( $P > 0.05$ ) (Figura 1). Lo que podría indicar que existió una estabilización de la fase anaerobia de la fermentación a partir del día 14. Melo-Camacho *et al.* (2017) reporta que en el ensilaje de naranja se obtiene un pH de 3.33 a 4.2 a los 21 días de ensilaje, valor muy similar al encontrado en el presente estudio. El pH de ensilado de naranja se incrementó, caso contrario al ensilado de maíz que se disminuye durante el proceso debido a la producción de ácido láctico, Chilson *et al.* (2016). El pH de 3 a 4 durante el ensilado es señal que las bacterias lácticas llevan a cabo una buena fermentación en condiciones de anaerobiosis, Ruiz *et al.* (2006).



**Figura 1.** Comportamiento del pH en subproductos de naranja fresca y ensilada a diferentes tiempos.

En la determinación de PC se encontró un mayor valor en el subproducto que no fue deshidratado ( $P < 0.05$ ) y similar ( $P < 0.05$ ) a los días 21 y 42 de ensilado (Figura 2). El valor de proteína en materia seca (MS) del subproducto fresco fue de 5.6. Durante el proceso de ensilaje no existió una estabilización clara de PC, ya que tendió a subir y bajar. Martínez *et al.* (2010) reportaron que la cáscara de naranja contiene en promedio 7.71% de PC, valores superiores a los encontrados en el presente estudio. El descenso de PC en el deshidratado puede deberse a la alta temperatura dentro del deshidratador. La proteólisis es la destrucción de la PC y este

se disminuye a medida que el medio se acidifica, y se detiene cuando el pH desciende, incluso en buenos ensilados, Cañeque y Sancha (1998).



**Figura 2.** Comportamiento de proteína cruda en subproductos de naranja fresca y ensilada a diferentes tiempos.

## CONCLUSIÓN

Los análisis realizados a los subproductos de naranja indican que el pH en el proceso de ensilaje se estabiliza a partir del día 14; mientras que la proteína cruda es mayor en subproducto fresco y disminuye cuando es deshidratada, no teniendo una estabilidad durante el proceso de ensilaje.

## REFERENCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2017). Official methods of analysis Ass. Off. Anal. Chem. 20 th Ed. Arlington, VA.
- Araiza-Rosales E., Delgado-Licon E., Carrete-Carreón F., Medrano-Roldán H., Solís-Soto A., Murillo-Ortiz M. y Haubi-Segura, C. (2013). Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17 (2): 79-96.
- Cañeque M. V. y Sacha S. J. (1998). *Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes*. Ediciones Mundi-Prensa Madrid Barcelona. p. 1- 260.
- Chilson J. M., Rezamand P., Drewnoski, Price W. y Hunt C. W. (2016). Effect of homofermentative lactic acid bacteria and exogenous hydrolytic enzymes on the ensiling characteristics and rumen degradability of alfalfa and corn silages. *The Professional Animal Scientist*, 32:598–604.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. (2017). *Citrus Fruit - Fresh and Processed Statistical Bulletin 2016*. <http://www.fao.org/3/a-i8092e.pdf>
- Hernández J., Rojo R., Salem A. Z. M., Mirzaei F., González A., Vázquez J. (2012). Influence of different levels of dried citrus pulp on in vitro ruminal fermentation kinetics of total mixed ration in goat rumen inocula. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 21:458–467

- INAFED. Secretaria de Gobernación (MÉXICO). Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2017). <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/municipios/20067a.html>.
- Martínez M. J., Chongo G. B., Jordán V. H., Hernández S. N., Fontes M. D., Lezcano M. Y. y Cubillas L. N. (2008). Características nutritivas de los hollejos húmedos de naranja. (*Citrus sinensis* cv. Valencia) mantenidos en estibas. *Téc Pecu Méx*, 46(2):183-193
- McDowell Lee R. (2002). Recent Advances in Minerals and Vitamins on Nutrition of Lactating Cows. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1: 8-19.
- Melo-Camacho E. P., Bermúdez-Loaiza J. A. y Estrada-Álvarez J. (2017). Ensilaje de naranjas enteras (*Citrus sinensis*) como suplemento para alimentación de rumiantes. *Veterinaria y Zootecnia*, 11(1): enero-junio.
- Ruiz O., Beltrán R., Salvador, F, Rubio H., Grado A. y Castillo Y. 2006. Valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40 (1): 91-96.
- SIAP. (2018). Cierre de la producción agrícola 1980-2017. Anuario estadístico de la producción agrícola. Disponible en <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>.
- Villa A. F., Meléndez A. P., Carulla J. E., Pabón M. L. y Cárdenas E. A. (2010). Estudio microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos ecorregiones de Colombia. *Rev Colomb Cienc Pecu*, 23:65-77.

---

# Efecto de la densidad de plantas y época del año en el rendimiento y composición química del pasto guinea (*Megathyrsus maximus*, Jacq.) cv. Mombaza

## Effect of plant density and season on yield and chemical composition of guinea grass (*Megathyrsus maximus*) cv. Mombasa

SERGIO RAMÍREZ ORDOÑES\*<sup>1</sup>, JOSÉ A. RUEDA BARRIENTOS<sup>1</sup>, CARLOS I. MEDEL CONTRERAS<sup>1</sup>, JORGE HERNÁNDEZ BAUTISTA<sup>2</sup>, VÍCTOR M. MEZA VILLALVAZO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Papaloapan (UNPA), Instituto de Ciencias Agropecuarias. Loma Bonita, Oaxaca, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO), FMVZ. Oaxaca, Oaxaca, México

\*Corresponding author: sramirez\_28@hotmail.com

---

### RESUMEN

El rendimiento y calidad del forraje de gramíneas tropicales está influenciado por factores como la densidad de siembra y la época del año. En la unidad experimental de la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca, se evaluaron cinco densidades de siembra: al voleo, 25, 50, 75 y 100 cm de distancia entre líneas y tres épocas del año (nortes, secas y lluvias) en el rendimiento y composición química del pasto Guinea cv. Mombaza. El diseño fue en bloques completos al azar con arreglo factorial 5 x 3 con cuatro repeticiones. El muestreo se hizo en tres fechas, de noviembre de 2015 a julio de 2016, correspondientes a las tres épocas del año. El rendimiento de pasto Guinea cv. Mombaza fue mayor ( $p < 0.05$ ) en la época de nortes (1060 kg), intermedio ( $p < 0.05$ ) en lluvias (825 kg) y menor ( $p < 0.05$ ) en secas (381 kg MS ha<sup>-1</sup>). Ocurrió un efecto de interacción entre densidad x época ( $p = 0.009$ ) para rendimiento de forraje. El contenido de proteína cruda aumentó al reducir la densidad y fue mayor ( $p < 0.05$ ) en la época de secas (10.5 %). Las fracciones de fibra tendieron a aumentar al reducir la densidad y en la época de secas se presentó el menor ( $p < 0.05$ ) contenido, así como mayor digestibilidad y consumo de materia seca ( $p < 0.05$ ). Basado en estos resultados, se recomienda establecer el pasto Guinea cv. Mombaza a una distancia entre líneas de 75 cm para obtener un óptimo rendimiento y calidad del forraje.

**Palabras clave:** *Panicum maximum*, calidad, ensilaje, forraje, gramíneas tropicales, rendimiento de semilla.

## ABSTRACT

Yield and quality of tropical grasses fodder is influenced by factors like sowing density and season of the year. In the experimental unit of the Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca, five plant densities were evaluated: broadcasting seeds, 25, 50, 75 and 100 cm of row spacing and three seasons (cold, dry and rainy seasons) on yield and chemical composition of fodder Guinea grass cv. Mombasa. A completely randomized block design with 4 replicates, in a 5 x 3 factorial arrangement, was used. Sampling was carried out on three dates, from November 2015 to July 2016, corresponding to the three seasons. The fodder yield of Guinea grass cv. Mombasa was higher ( $p < 0.05$ ) in cold (1060 kg), medium ( $p < 0.05$ ) in rainy (825 kg) and lower ( $p < 0.05$ ) in dry season (381 kg DM ha<sup>-1</sup>). There was an interaction effect between density x season ( $p = 0.009$ ) for fodder yield. Crude protein content increased when density was reduced and it was higher ( $p < 0.05$ ) in dry season (10.5%). Fiber fractions tended to increase when density was reduced. During dry season occurred the lowest ( $p < 0.05$ ) fiber content, the highest digestibility and highest dry matter intake ( $p < 0.05$ ). Based on these results, it is recommended to establish the Guinea grass cv. Mombasa at 75 cm row spacing to produce optimal yield and quality fodder.

**Key words:** *Panicum maximum*, quality, silage, forage, tropical grasses, seed yield.

## INTRODUCCIÓN

La alimentación de rumiantes en el trópico está basada en el pastoreo de gramíneas nativas e introducidas. En estas regiones de México se encuentran aproximadamente el 31.5 % de los bovinos, el 14.0 % de los ovinos y el 13.4 % de los caprinos del inventario nacional (Román, 1981). Los pastos introducidos del género *Megathyrsus*, son especies forrajeras de suma importancia para el trópico de México (Quero *et al.*, 2015). Son gramíneas perennes que forman macollos, crecen muy bien en alturas entre 0 y 1500 msnm, precipitaciones entre 1000 y 3500 mm por año, y altas temperaturas. Su producción alcanza entre 10 y 30 ton de MS ha<sup>-1</sup> por año y se adaptan a suelos de mediana a buena fertilidad, son tolerantes a la sequía (7 a 8 meses) y de excelente aceptación por el ganado (Álvarez *et al.*, 2016). Para su establecimiento se requiere de 8 a 10 kg ha<sup>-1</sup> de semilla, se encuentran dentro de las variedades tropicales que muestran mejor calidad nutritiva del forraje con un contenido de proteína cruda de 10 a 14 % y una digestibilidad de la materia seca de hasta 70 %. La variedad Mombaza, sobresale en rendimiento de biomasa y calidad del forraje y junto con las demás variedades del género *Megathyrsus* el 80 % de la planta son hojas (Muñoz y Rodríguez, 2013). En el trópico de México se ha reportado que el pasto Guinea cosechado a 28 d de rebrote presentó 22.5 % de MS, 7.4 % de PC, 69.3 % de FDN, 6.2 % de lignina (% de la FDN) y 50 a 64 % de digestibilidad de la materia seca (Ortega *et al.*, 2009); otros reportaron 26.0, 8.1, 67.2, 40.7, 2.5 y 12.5 % de MS, PC, FDN, FDA, lignina y cenizas, respectivamente (Juárez *et al.*, 2009). Sin embargo, el rendimiento y la composición química se ven afectados por diversos factores, como la densidad de siembra y las variaciones estacionales. En un estudio, Juárez *et al.* (2009) reportaron un

efecto significativo de época del año (lluvias, nortes, secas) sobre el rendimiento y composición química del pasto Guinea y otras gramíneas tropicales y concluyeron que la mejor composición química fue en lluvias tempranas (junio-julio) seguido de la época de invierno (enero-febrero) y la peor composición química se presentó en las épocas de secas (abril-mayo) y lluvias tardías (agosto-septiembre). Por su parte, Wilaipon *et al.* (2000) y Pereira *et al.* (2012) reportaron que aumentar la densidad de plantas usualmente se incrementa la producción de biomasa; sin embargo, se desconoce su composición química. El objetivo del estudio fue conocer el rendimiento y composición química del forraje del pasto Guinea cv. Mombaza establecido a cinco densidades de planta y cosechado a 30 días de rebrote en tres épocas del año.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en condiciones de temporal en el campo experimental de la Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita, Oaxaca. Las coordenadas geográficas son 18° 06' 06" LN y 95° 53' 48" LO a 33 msnm. El clima es cálido húmedo, con lluvias abundantes en verano (Am). La precipitación promedio anual es de 1845 mm y la temperatura promedio de 24 °C (García, 2004). El suelo es de textura arena migajosa y pH de 3.68. Los datos climatológicos registrados en cada periodo de evaluación, se presentan en la Tabla siguiente:

**Tabla 1.** Temperatura, humedad relativa (HR) y precipitación total ocurridas en Loma Bonita, Oaxaca, durante las tres épocas de muestreo.

Época	Temperatura (°C)			HR (%)	Precipitación (mm)
	Max.	Min.	Prom.		
Nortes (09/Oct-17/Nov)	29.6	22.1	25.5	90.2	383
Secas (20/Feb-21/Mar)	29.9	19.5	24.9	83.2	19
Lluvias (21/Jun-21/Jul)	32.7	23.6	27.9	86.4	320

El material genético fue el pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*, Jacq.) cv. Mombaza. La densidad de siembra consistió de cinco distancias entre surcos: al voleo, 25 cm, 50 cm, 75 cm y 100 cm, con distancia entre plantas de 25 cm. En total fueron 20 parcelas de 4 x 3 m cada una. El periodo de evaluación fue de noviembre de 2015 a julio de 2016. El corte (muestreo) del forraje se hizo a una altura de cinco centímetros y se hizo a 39, 30 y 30 d después de un corte de uniformidad para las épocas del año; nortes (17 de noviembre), secas (21 de marzo) y lluvias (21 de julio). El diseño de tratamientos fue en bloques completos al azar con arreglo factorial 5 x 3 con cuatro repeticiones.

En cada época, se evaluó el contenido de materia seca (MS %) del forraje, el rendimiento de materia seca por hectárea (RMS, kg MS ha<sup>-1</sup>), el contenido en base a materia seca de proteína

cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina detergente ácido (LDA) y, se calcularon el consumo (CMS) y la digestibilidad de la materia seca (DMS). Para determinar el MS % y el RMS se cortó un área de 1 m<sup>2</sup>, se pesó el forraje cosechado y se tomaron cuatro submuestras de material verde que fueron pesadas, secadas (65 °C/48 h) y vueltas a pesar; con estos datos se calculó el MS % y el RMS. Para determinar la composición química, las cuatro submuestras fueron mezcladas y molidas a 1 mm en un molino Wiley (Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, PA). A la muestra molida se le determinó: la materia seca absoluta (105 °C/12 h), la materia orgánica y cenizas (550 °C/3 h), el contenido de PC (% de N x 6.25) y, secuencialmente, la FDN, FDA y LDA (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 72 %) en el analizador de fibras Ankom200 usando bolsas filtro F57 con tamaño de poro de 25 µm (Ankom Corp. Faiorport, NY). Para el cálculo del CMS se usó la ecuación CMS, % = 120/% FDN, que estima el consumo como porcentaje del peso vivo, mientras que la DMS se calculó mediante DMS, % = 88.9 - (0.779 x % FDA) (Moore y Undersander, 2002).

Los datos de cada variable fueron sometidos a un análisis de varianza bajo un diseño de bloques completos al azar con el procedimiento GLM del SAS, considerando los efectos de densidad, época y su interacción como fijos y el bloque como aleatorio. La comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 5 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación total fue muy similar en la época de nortes y lluvias, mientras que en la época de secas solo se registraron 19 mm, de hecho esta eventualidad ocurrió en el día del muestreo (21/Mar) por lo que se considera que en este periodo no hubo precipitación. En el periodo de nortes hubo 63 mm más que en periodo de lluvias debido a que el periodo fue más largo (39 vs. 30 d) (Tabla 1). En el periodo de lluvias, la distribución de la precipitación fue más uniforme, contraria al periodo de nortes donde en un solo día (19/Oct.) ocurrió el 34 % de la precipitación.

El efecto de la densidad y época del año en las variables evaluadas se muestran en la Tabla 2. Las variables MS (%), PC y LDA presentaron efecto de densidad y época. La variable RMS mostró efecto de interacción densidad x época ( $p=0.009$ ), mientras que el resto de las variables solo mostraron efecto de época.

El contenido promedio de MS fue de 24.2 % y fue menor en la densidad 100 cm. El contenido de MS fue mayor en el CMS presentaron mismo comportamiento que las fibras por efecto de época del año (Tabla 3). En la época de secas se observó mayor digestibilidad y consumo de materia seca, atribuido al menor contenido de FDA y FDN en el forraje, respectivamente. En su estudio Arroquy *et al.* (2014) reportaron 60.8 % de DMS y Fernandes *et al.* (2014) 62.8 %, valores similares a los obtenidos en este estudio.

**Tabla 2.** Resultados de la prueba tipo 3 de efectos fijos del PROC GLM del SAS para las variables MS (%), RMS (kg ha<sup>-1</sup>), contenido de PC, FDN, FDA, LDA y digestibilidad (DMS) y consumo de materia seca (CMS) para el pasto Guinea cv. Mombaza establecido a cinco densidades de planta y evaluado en tres épocas del año.

Fuente de variación	g. l.	MS (%)	RMS	PC	FDN	FDA	LDA	DMS	CMS
Densidad	4	**	***	***	NS	NS	**	NS	NS
Época	2	***	***	***	***	***	***	***	***
Densidad*época	8	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS

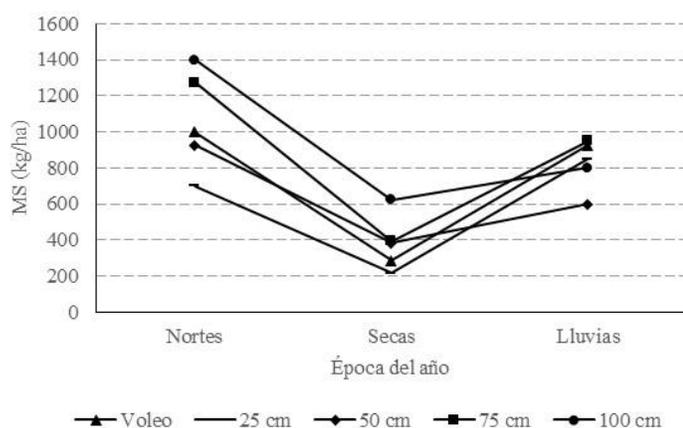
NS = no significativo; \* ≤0.05; \*\* ≤0.01; \*\*\* ≤0.001.

**Tabla 3.** Medias porcentuales de la composición química, digestibilidad (DMS) y consumo de materia seca (CMS) del pasto Guinea cv. Mombaza establecido a cinco densidades de plantas y cosechado en tres épocas del año.

Tratamiento	MS	PC	FDN	FDA	LDA	DMS	CMS <sup>†</sup>
----- Densidad -----							
Voleo	24.9 <sup>a</sup>	9.1 <sup>b</sup>	66.9	34.5	3.0 <sup>ab</sup>	62.0	1.8
25 cm	25.0 <sup>a</sup>	9.1 <sup>b</sup>	66.6	34.8	2.6 <sup>b</sup>	61.8	1.8
50 cm	24.6 <sup>a</sup>	9.3 <sup>b</sup>	66.1	34.6	3.4 <sup>a</sup>	61.9	1.8
75 cm	23.9 <sup>ab</sup>	9.8 <sup>ab</sup>	67.1	35.3	3.5 <sup>a</sup>	61.4	1.8
100 cm	22.8 <sup>b</sup>	10.4 <sup>a</sup>	67.4	35.7	3.3 <sup>a</sup>	61.1	1.8
----- Época del año -----							
Nortes	20.9 <sup>c</sup>	9.4 <sup>b</sup>	68.5 <sup>a</sup>	36.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>b</sup>	60.6 <sup>b</sup>	1.8 <sup>b</sup>
Secas	27.1 <sup>a</sup>	10.5 <sup>a</sup>	63.5 <sup>b</sup>	31.3 <sup>b</sup>	2.2 <sup>c</sup>	64.5 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>
Lluvias	24.8 <sup>b</sup>	8.7 <sup>c</sup>	68.5 <sup>a</sup>	37.3 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	59.8 <sup>b</sup>	1.8 <sup>b</sup>

Medias dentro de una columna, seguidas de la misma letra, no son significativamente diferentes a un valor p≤0.05.

†Consumo porcentual en base al peso vivo del animal.



**Figura 1.** Efecto de interacción entre densidad y época del año sobre el rendimiento de forraje (RMS, kg MS ha<sup>-1</sup>) de pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*) cv. Mombaza establecido bajo temporal en Loma Bonita, Oaxaca.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El rendimiento de forraje del pasto Mombaza fue mayor en las densidades 100 y 75 cm y fue mayor en la época de nortes y menor en la época de secas. Hubo mayor rendimiento en la época de nortes con la densidad 100 cm, mientras que en época de lluvias fue con 75 cm y al voleo. El contenido de proteína cruda se incrementó al reducir la densidad y fue mayor en la época de secas. Las fracciones de fibra tendieron a incrementarse al reducir la densidad y en la época de secas se presentó el menor contenido de fibra, así como mayor digestibilidad y consumo de materia seca. Basado en estos resultados, se recomienda establecer el pasto Mombaza a una distancia entre líneas de 75 cm para obtener un óptimo rendimiento y calidad del forraje.

## REFERENCIAS

- Álvarez, P. G. R., Vargas, B. J. C., Franco, C. F. J., Álvarez, P. P. E., Samaniego, A. M. C., Moreno, M. P. A., Chacón, M. E., García, M. A. R., Arana, M. R. S. y Ramírez, R. J. L. (2016). Rendimiento y calidad del pasto *Megathyrsus maximus* fertilizado con residuos líquidos de cerdo. REDVET. 17:1-9.
- Arroquy, J. I., Camacchione, M. V., Colombatto, D. y Kunst, C. Jr. (2014). Chemical composition and *in vitro* ruminal degradation of hay and silage from tropical grasses. Canadian Journal of Animal Science. 94:705-715.
- Fernandes, F. D., Ramos, A. K. B., Jank, L., Carvalho, M. A., Martha Jr., G. B. y Braga, G. J. (2014). Forage yield and nutritive value of *Panicum maximum* genotypes in the Brazilian savannah. Scientia Agricola. 71:23-29.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppel. Instituto Nacional de Geografía. UNAM-México, DF. 90 p.
- Juárez, L. F. I., Barradas, L. H. V. y López, J. (2009). Alimentación de bovinos en el sistema de doble propósito en el trópico. En: Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Comps. Román, P. H., Ortega, R. L., Hernández, A. L., Díaz, A. E., Espinosa, G. J. A., Núñez, H. G., Vera, A. H. R., Medina, C. M. y Ruiz, L. F. J. (2009). Libro Técnico Núm. 22. INIFAP-CIRGOC. Veracruz, México. 355 p.
- Moore, E. J. y Undersander, D. J. (2002). Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. Proc. Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville, FL. January 10-11. p. 16-31.
- Muñoz, G. F. y Rodríguez, D. R. (2013). Manejo de cultivos forrajeros. 1ª Ed. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México-ICAMEX. SEDAGRO. Metepec, Estado de México.
- Ortega, R. L., Enríquez, Q. J. F. y López, G. I. (2009). Producción sustentable de forrajes tropicales. En: Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Comps. Román, P. H., Ortega, R. L., Hernández, A. L., Díaz, A. E., Espinosa, G. J. A., Núñez,

- H. G., Vera, A. H. R., Medina, C. M. y Ruiz, L. F. J. (2009). Libro Técnico Núm. 22. INIFAP-CIRGOC. Veracruz, México. 355 p.
- Patiño, P. R. M., Gómez, S. R. y Navarro, M. O. A. (2018). Nutritional quality of Mombasa and Tanzania (*Megathyrsus maximus*, Jacq.) managed at different frequencies and cutting heights in Sucre, Colombia. *Rev. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 13:17-30.
- Pereira, V. V., Fonseca, D. M., Martuscello, J. A., Cecon, P. R., Santos, M. B. y Braz, T. G. (2012). Biomass accumulation in Mombasa guineagrass plants under different levels of nitrogen supply and plant densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41:1118-1126.
- Quero, A. R., Enríquez, J. F., Bolaños, E. D. y Villanueva, J. F. (2015). Forrajes y pastoreo en México Tropical. En: Estado del Arte sobre Investigación e Innovación Tecnológica en Ganadería Bovina Tropical. 1ª Ed. 2015. REDGATRO-CONACyT, Libro Técnico. 272 p.
- Román, P. H. (1981). Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. *Ciencia Veterinaria*. 3:393-431.
- Rusdy, M. (2014). Dry matter yield and nutritional quality of *Panicum maximum*-*Centrosema pubescens* mixtures at different plant proportions and cutting intervals. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 3:2231-2241.
- Wilaipon, B., Boonpakdee, W., Wilaipon, N. y Saingarm, Y. (2000). Influence of row spacing on yield of guinea grass. *Kaen Kaset*. Disponible: [www.agris.fao.org](http://www.agris.fao.org). Consultado: Agosto 23, 2018.



---

# Crecimiento de pasto guinea *megathyrsus maximum* cv. Mombaza en función de diferentes dosis de fertilización

MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ<sup>1\*</sup>, YALESBEIDY VALENZUELA HARO<sup>2</sup>, GLADIS MORALES TERÁN<sup>1</sup>, SAÚL HERNÁNDEZ SÁNCHEZ<sup>2</sup>, ÁNGEL RAFAEL MURILLO HERNÁNDEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Zootecnia. Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita. Av. Ferrocarril s/n. Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 56230. Tel. 281 87 29230 Ext. 230,

<sup>2</sup>Estudiante de la Licenciatura en Zootecnia. Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita. Av. Ferrocarril s/n. Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 56230. Tel. 281 87 29230 Ext. 230.

\*Corresponding author

---

## RESUMEN

El presente trabajo se enfocó en estudiar la dinámica de crecimiento del pasto *Megathyrsus maximum* cv. Mombaza, en condiciones de clima tropical húmedo. Para ello, en Julio de 2018, se estableció un lote experimental en la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Oaxaca. La siembra del material vegetativo de pasto mombazase hizo en forma asexual, previa apertura de cepas de 40 cm de profundidad por 20 cm de ancho. Quince días después del pleno establecimiento y aparición de brotes se hizo un corte de uniformidad a 15 cm de altura y se procedió a aplicar ocho tratamientos de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio: T1=00-00-00, T2=100-00-00, T3=140-20-00, T4=180-40-20, T5=200-00-00, T6=240-40-20, T7=260-60-40, T8=300-00-00 que se dosificaron a partir de urea (46-00-00), fosfato diamónico (18-46-00) y cloruro de potasio (00-00-60). Las variables de respuesta fueron: la altura de la planta (cm), número de plantas por m<sup>2</sup>, materia seca (kg ha<sup>-1</sup>) y contenido de clorofila usando el determinador de clorofila SPAD-502. Los resultados sugieren que la fertilización con la fórmula 140-20-00 mejoran la altura de la planta y que el contenido de clorofila se mejora utilizando la fórmula 260-60-40.

**Palabras clave:** Pastos tropicales, Banco de forraje, Cuenca del Papaloapan.

## ABSTRACT

The present work focused on studying the dynamic growth of *Megathyrsus maximum* cv. Mombaza, in humid tropical weather conditions. To this end, in July 2018, an experimental lot was established at the Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita in Oaxaca, Mexico. The sowing of the vegetative material of guinea grass was done in asexual form, after opening

of strains of 40 cm of depth by 20 cm of width. Fifteen days after the full establishment and emergence of shoots, a uniformity cut was made at 15 cm height. In this sense eight fertilization treatments with nitrogen, phosphorus and potassium were applied: T1 = 00-00-00, T2 = 100-00-00, T3 = 140-20-00, T4 = 180-40-20, T5 = 200-00-00, T6 = 240-40-20, T7 = 260-60-40, T8 = 300-00-00 which were dosed from urea (46-00-00), diammonium phosphate (18-46-00) and potassium chloride (00-00-60). The response variables were: the plant height (cm), number of plants per m<sup>2</sup>, dry matter (kg ha<sup>-1</sup>) and chlorophyll content using the chlorophyll meter SPAD-502. The results suggest that fertilization with the formula 140-20-00 improves the plant height and that the chlorophyll content is improved using the formula 260-60-40.

**Key words:** Tropical grasses, Forage Bank, Cuenca del Papaloapan.

## INTRODUCCIÓN

El pasto Guinea (*Megathyrsus maximum*) es originario de África (Ramírez et al., 2011), encontrándose en la actualidad en zonas tropicales y subtropicales donde se aprovecha para alimentar ganado rumiante por su forma de rebrote, tamaño de lámina foliar, relación hoja:tallo y gran producción de biomasa palatable (Patiño et al., 2018). Su contenido nutrimental asciende a 21.2% de materia seca, 11.6% de proteína cruda, 41.1% fibra detergente ácido, 68.6% fibra detergente neutro, 1.63% de grasa, además contiene cenizas (13.4%), calcio (0.29%) y fósforo (0.26%) (Molina et al., 2015).

No obstante lo anterior, deberán tomarse en cuenta algunos aspectos importantes para adoptar este tipo de pastos, entre ellos se encuentra una marcada estacionalidad en su acumulación de biomasa como resultado de variaciones de clima durante el año, la productividad y valor nutritivo son mayores en lluvias con relación a la época de sequía, en la cual es baja la disponibilidad de forraje, disminuyendo su calidad, afectando la producción animal (Costa y da Cruz, 1994).

En México la superficie ocupada por el pasto guinea ha variado como resultado de su adaptación al medio, mal manejo, poca tolerancia a plagas y enfermedades, lenta recuperación después del pastoreo por animales y crecimiento estacional (Valles et al., 1995). Para mejorar la productividad del pasto mombaza, ya sea para utilizarse como banco de forraje o pastoreo es necesario elaborar un plan de manejo que considere la nutrición por medio de la fertilización. En este sentido, Cerdas y Vallejo (2011) indicaron que es recomendable fertilizar un forraje para incrementar el contenido de proteína, digestibilidad, altura de planta, relación hoja:tallo y mayor producción de biomasa, de ahí que hicieron un ensayo en Costa Rica con pasto Tanzania (*Megathyrsus maximum* cv. Tanzania) y recomendaron usar urea como fuente de nitrógeno, a dosis anuales de 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup>, durante la época lluviosa.

En la Baja Cuenca del Papaloapan son escasos los esfuerzos tendientes a determinar cómo influye la fertilización sobre la dinámica de crecimiento del pasto *Megathyrsus maximum* cv.

Mombaza es por ello que el presente estudio se enfoca en definir el efecto de la fertilización sobre componentes morfológicos del pasto guinea.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio

El ensayo se efectuó en terrenos de La Posta Zootécnica de la Universidad del Papaloapan en Loma Bonita, Oaxaca. El Municipio se ubica a 18° 06' LN, 95° 53' LW a 25 msnm, reportándose un 81.7% del territorio con clima Am que se describe como cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, siendo la temperatura promedio de 25 °C con precipitaciones promedio de 1845.2 mm. Los suelos dominantes son acrisol de textura fina y arenosol de textura gruesa (INEGI, 2005).

### Material vegetal y establecimiento

En el año 2017 se estableció una pradera de pasto mombaza *Megathyrsus máximum*, el cual se sembró con material vegetativo de forma asexual, previa apertura de cepas de 40 cm de profundidad por 20 cm de ancho. El 14 de Junio de 2018 se trazaron 24 unidades experimentales para aplicar los tratamientos de fertilización en estudio. Posteriormente 15 días después (13 de Julio) se hizo un corte de uniformidad a 15 cm del suelo y a partir del 31 de Julio se iniciaron los muestreos del crecimiento del pasto con frecuencia semanal.

### Tratamientos y diseño experimental

Se aplicaron al pasto guinea ocho tratamientos de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio: T1=00-00-00, T2=100-00-00, T3=140-20-00, T4=180-40-20, T5=200-00-00, T6=240-40-20, T7=260-60-40, T8=300-00-00 que se dosificaron a partir de urea (46-00-00), fosfato diamónico (18-46-00) y cloruro de potasio (00-00-60). El diseño experimental fue completamente al azar con ocho tratamientos (dosis de fertilización) y tres repeticiones que se aplicaron a unidades experimentales de 3 m de largo por 2 de ancho, siendo cada unidad experimental de 6 m<sup>2</sup>, a partir de las cuales en la parte central de cada parcela se hicieron las determinaciones de crecimiento.

### Variables de respuesta

Las variables de respuesta fueron: la altura de la planta (cm) que se midió desde el nivel del suelo hasta la parte superior de la planta con sus hojas extendidas, se contó el número de plantas por m<sup>2</sup>, biomasa en fresco (kg ha<sup>-1</sup>) se pesó en una báscula digital con capacidad de 5 kg con un margen de error de 1 g, producción de materia seca (kg) a partir de una muestra de 200 g del forraje fresco de cada parcela se colocó en estufa por 72 horas en donde se eliminó el agua hasta que la muestra alcanzó un peso constante, contenido de clorofila se obtuvo usando el SPAD-502 de Minolta<sup>(MR)</sup>.

### **Análisis estadístico de la información**

El análisis de la información se hizo teniendo como base el diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos de fertilización y tres repeticiones mediante el modelo  $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$ , donde  $Y_{ij}$  es la variable de respuesta,  $\mu$  es la media general del experimento,  $T_i$  es el efecto de los tratamientos de fertilización y  $E_{ij}$  es el error experimental.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Del análisis de comparación de medias por Tukey ( $P \leq 0.05$ ) se encontró en el pasto *Megathyrus maximum* que la altura de la planta fue estadísticamente diferente, producto de las dosis de fertilización que se aplicaron. La mayor altura de planta se encontró en los tratamientos con fertilización, superando en todos los casos al tratamiento testigo. Las mayores alturas de planta ocurrieron cuando se aplicó las dosis de fertilización más altas (Tabla 1). En un estudio realizado en pasto guinea cv. Tanzania se midió el efecto de la aplicación de nitrógeno y se concluyó que el mayor rendimiento de semilla se logró con la aplicación de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> (Joaquín et al., 2009).

El número de plantas totales por metro cuadrado no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de fertilización que se evaluaron, lo cual indica que el número de plantas presentes en cada tratamiento no incidió en otras variables que se estudiaron. La producción de pigmento medido con el determinador de clorofila SPAD-502 de Minolta indicó que la fertilización utilizando solamente nitrógeno o en combinación nitrógeno con fósforo y potasio superaron en rendimiento al testigo sin fertilización (Tabla 2). La fertilización con la dosis 260-60-40 fue la que aportó una mejor coloración verde intenso en campo, lo que se explica porque es una fórmula ternaria que permite tener un muy buen balance en los tres macronutrientes que aporta, además de que fue la que aportó el mayor rendimiento de materia seca (Tabla 2).

Hare et al. (2015), sugirieron que en el pasto mombaza durante la estación húmeda es recomendable aplicar 60 kg de Nitrógeno por hectárea cada 40-45 días para alcanzar rendimientos de materia seca de 8 a 12 t ha<sup>-1</sup>, un porcentaje de hoja de 68-70% y concentraciones de proteína en hoja superiores a 7%. A su vez Fortes et al., (2014) efectuaron un ensayo en Cuba con pasto mombaza durante la época de lluvias, estimaron una producción de materia seca de 7.6 a 10.2 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente en dos años de evaluación, y una proporción de hoja de 75.5% y de tallo de 24.5%.

**Tabla 1.** Comparación de medias por Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para altura de planta (APL) y número de plantas por m<sup>2</sup> (PL) en pasto Guinea (*Megathyrus maximum*) en cinco fechas de muestreo. Loma Bonita Oaxaca, México. 2018.

Tratamiento	ALP1	AP2	AP3	AP4	AP5	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5
00-00-00	81.2 <sup>a</sup>	85.2 <sup>b</sup>	91.4 <sup>c</sup>	96.7 <sup>b</sup>	115.0 <sup>b</sup>	458.7 <sup>a</sup>	218.7 <sup>a</sup>	218.7 <sup>a</sup>	217.3 <sup>a</sup>	330.7 <sup>a</sup>
100-00-00	99.6 <sup>a</sup>	137.0 <sup>a</sup>	180.4 <sup>a</sup>	137.5 <sup>a</sup>	143.4 <sup>ab</sup>	366.7 <sup>a</sup>	320.0 <sup>a</sup>	366.7 <sup>a</sup>	294.7 <sup>a</sup>	237.3 <sup>a</sup>
200-00-00	106.9 <sup>a</sup>	147.0 <sup>a</sup>	139.0 <sup>b</sup>	146.2 <sup>a</sup>	175.2 <sup>a</sup>	568.0 <sup>a</sup>	288.0 <sup>a</sup>	386.7 <sup>a</sup>	300.0 <sup>a</sup>	382.7 <sup>a</sup>
300-00-00	99.9 <sup>a</sup>	136.2 <sup>a</sup>	142.0 <sup>ab</sup>	158.3 <sup>a</sup>	151.4 <sup>ab</sup>	412.0 <sup>a</sup>	320.0 <sup>a</sup>	305.3 <sup>a</sup>	302.7 <sup>a</sup>	382.7 <sup>a</sup>
140-20-00	114.1 <sup>a</sup>	157.0 <sup>a</sup>	162.9 <sup>ab</sup>	150.2 <sup>a</sup>	166.0 <sup>ab</sup>	424.0 <sup>a</sup>	344.0 <sup>a</sup>	257.3 <sup>a</sup>	314.7 <sup>a</sup>	549.3 <sup>a</sup>
180-40-20	116.7 <sup>a</sup>	154.5 <sup>a</sup>	148.6 <sup>ab</sup>	137.0 <sup>a</sup>	133.3 <sup>ab</sup>	750.7 <sup>a</sup>	340.0 <sup>a</sup>	313.3 <sup>a</sup>	338.0 <sup>a</sup>	472.0 <sup>a</sup>
240-40-20	116.1 <sup>a</sup>	143.4 <sup>a</sup>	150.2 <sup>ab</sup>	150.2 <sup>a</sup>	171.5 <sup>a</sup>	613.3 <sup>a</sup>	276.0 <sup>a</sup>	269.3 <sup>a</sup>	370.7 <sup>a</sup>	401.3 <sup>a</sup>
260-60-40	106.2 <sup>a</sup>	146.8 <sup>a</sup>	159.6 <sup>ab</sup>	148.3 <sup>a</sup>	160.4 <sup>ab</sup>	392.0 <sup>a</sup>	386.7 <sup>a</sup>	349.3 <sup>a</sup>	392.0 <sup>a</sup>	446.7 <sup>a</sup>
DMS	40.2	30.0	40.1	37.4	54.9	466.5	239.1	222.6	265.2	488.0

DMS: Diferencia mínima significativa.

**Tabla 2.** Comparación de medias por Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para clorofila (CF) y peso seco (PS) en pasto Guinea (*Megathyrus maximum*) en cinco fechas de muestreo. Loma Bonita Oaxaca, México. 2018.

Tratamiento	CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5
00-00-00	26.8 <sup>b</sup>	29.3 <sup>b</sup>	34.7 <sup>a</sup>	42.3 <sup>a</sup>	33.0 <sup>c</sup>	960.0 <sup>b</sup>	1227.0 <sup>b</sup>	1459.0 <sup>b</sup>	4121.0 <sup>b</sup>	2066.0 <sup>b</sup>
100-00-00	46.8 <sup>a</sup>	40.4 <sup>a</sup>	34.8 <sup>a</sup>	40.1 <sup>a</sup>	36.0 <sup>c</sup>	3673.0 <sup>ab</sup>	4945.0 <sup>ab</sup>	6202.0 <sup>ab</sup>	14311.0 <sup>a</sup>	11535.0 <sup>ab</sup>
200-00-00	46.7 <sup>a</sup>	44.4 <sup>a</sup>	43.8 <sup>a</sup>	43.7 <sup>a</sup>	45.0 <sup>a</sup>	3697.0 <sup>ab</sup>	5059.0 <sup>ab</sup>	6492.0 <sup>ab</sup>	10483.0 <sup>ab</sup>	13796.0 <sup>ab</sup>
300-00-00	45.4 <sup>a</sup>	46.5 <sup>a</sup>	41.9 <sup>a</sup>	37.6 <sup>a</sup>	44.5 <sup>a</sup>	2573.0 <sup>ab</sup>	5579.0 <sup>a</sup>	5595.0 <sup>ab</sup>	9439.0 <sup>ab</sup>	9782.0 <sup>ab</sup>
140-20-00	43.9 <sup>a</sup>	43.9 <sup>a</sup>	36.0 <sup>a</sup>	39.6 <sup>a</sup>	41.1 <sup>ab</sup>	2976.0 <sup>ab</sup>	5651.0 <sup>a</sup>	8003.0 <sup>a</sup>	9410.0 <sup>ab</sup>	7825.0 <sup>ab</sup>
180-40-20	44.7 <sup>a</sup>	43.3 <sup>a</sup>	41.3 <sup>a</sup>	41.4 <sup>a</sup>	40.5 <sup>abc</sup>	4807.0 <sup>a</sup>	5985.0 <sup>a</sup>	6666.0 <sup>a</sup>	5978.0 <sup>b</sup>	15911.0 <sup>ab</sup>
240-40-20	44.9 <sup>a</sup>	44.1 <sup>a</sup>	39.8 <sup>a</sup>	39.8 <sup>a</sup>	44.3 <sup>a</sup>	4445.0 <sup>ab</sup>	6952.0 <sup>a</sup>	5280.0 <sup>ab</sup>	8881.0 <sup>ab</sup>	17566.0 <sup>ab</sup>
260-60-40	48.8 <sup>a</sup>	45.1 <sup>a</sup>	44.8 <sup>a</sup>	44.0 <sup>a</sup>	45.4 <sup>a</sup>	3125.0 <sup>ab</sup>	7274.0 <sup>a</sup>	7975.0 <sup>a</sup>	15003.0 <sup>a</sup>	22531.0 <sup>a</sup>
DMS	8.8	8.2	17.3	10.0	7.9	3552.8	3890.5	5128.6	7066.4	15518.0

DMS: Diferencia mínima significativa.

## CONCLUSIÓN

Se concluye que el pasto guinea (*Megathyrus maximum* cv. Mombaza) responde a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio incrementándose la altura de planta, el contenido de clorofila y el rendimiento en materia seca cuando se aplica una dosis de 260-60-40 por hectárea en la época lluviosa en Loma Bonita, Oaxaca, México.

## REFERENCIAS

- Cerdas R. y Vallejos E. (2011). Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*) Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica. *Intersedes* 12(23):32-44.
- Costa N. de L. y da Cruz O., J. R. (1994). Evaluación agronómica de accesiones de *Panicum maximum* en Rondonia, Brasil. *Pasturas tropicales* 16(2):44-47.
- Joaquín T. B. M., Joaquín C., S.; Hernández G., A.; Pérez P., J. (2009). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea. *Téc. Pec. Méx.* 47:69-78.
- Molina I. C., Donneys G., Montoya S., Rivera J. E., Villegas G., Chará J. y Barahona R. (2015). La inclusión de *Leucaena leucocephala* reduce la producción de metano de terneras Lucerna alimentadas con *Cynodon plectostachyus* y *Megathyrsus maximus*. *Livestock Research for Rural Development* 27(5). Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd27/5/moli27096.html>. Consultado el 10 de Septiembre de 2018.
- Patiño P., R.M., Gómez S, R., Navarro M., O. A. (2018). Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrsus maximus*, Jacq.) manejados a diferentes frecuencias y alturas de corte en Sucre, Colombia. *Rev. CES Med. Zootec.* 13:17-30.
- Ramírez R. O., da Silva S. C., Hernández G. A., Enríquez Q. J. F., Pérez P. J., Quero C. A. R., Herrera H. J. G. (2011). Rebrote y estacionalidad de la población de tallos en el pasto *Panicum maximum* CV. Mombaza cosechado en diferentes intervalos de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34(3):213-220.
- Valles B., Castillo E., Pérez J. y Herrera J. (1995). Rendimiento de forraje y proporción de hojas en accesiones de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *Pasturas tropicales* 17(2):32-35.

---

## Producción de forraje de gramíneas tropicales utilizando biofertilizantes

### Production of forage of tropical grammars used of biofertilizers

EDGAR ENRIQUE SOSA-RUBIO<sup>1</sup>; JOSÉ DEMETRIO PÉREZ-RODRÍGUEZ; EDUARDO JOSÉ CABRERA-TORRES

Campo Experimental Chetumal km 25 carretera Chetumal- Bacalar.

<sup>1</sup>Corresponding author: [sosa.edgar@inifap.gob.mx](mailto:sosa.edgar@inifap.gob.mx)

---

#### RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de biofertilizantes, sobre la producción de las gramíneas tropicales *Panicum máximum* cultivar Mombaza y *Brachiaria brizantha* en invernadero y campo, caracterizando su habilidad para establecer una simbiosis efectiva con cepas nativas de *Azospirillum*, *Azotobacter* y hongos micorrizógenos. El experimento se realizó en el Campo Experimental Chetumal del INIFAP en Quintana Roo, con clima Aw2. Los tratamientos evaluados en invernadero fueron: T1- sin fertilización, T2- fertilizado, T3-CC-azot1, T4-CC-azot2, T5-CC-azot3, T6-CC-azot4, T7-CC azot5, T8-NFB-azos6, T9-NFB-azos7, T10-NFB-azos8, T11-NFB-azos9, en donde azos es *Azospirillum* y Azot es *Azotobacter*. Para los hongos se utilizaron 6 tratamientos: T1-testigo, T2-fertilizada, T3-espora café, T4-espora miel, T4-espora negra y T5-espora comercial. Las plantas fueron trasplantadas en macetas y bolsas con material estéril; obteniendo un mayor rendimiento ( $P \leq 0.05$ ) con las cepas azot 1, azot 5 y la espora negra para las 2 gramíneas estudiadas. Utilizando las cepas más efectivas se realizó las pruebas en campo en parcelas de 2m<sup>2</sup> evaluando 5 tratamientos: T1 (testigo), T2 (fertilizante positivo), T3 (Biofertilizante *Azospirillum* + *Azotobacter*), T4 (biofertilizante hongos micorrizógenos) y T5 (biofertilizante comercial), utilizando las mismas especies: Mombaza (*P. máximum*) y Brizantha (*B. brizantha*). Las variables fueron: volumen radical, altura de la planta, largo de hoja, diámetro de tallo y producción de biomasa aérea. Resultados para *B. brizantha* indican diferencias ( $P \leq 0.05$ ). T3 favoreció el desarrollo de la altura de la planta y el diámetro del tallo. El biofertilizante comercial (T5) incrementó la producción de materia seca con 0.99 kg/m<sup>2</sup> observando una diferencia con respecto a T2 (0.74 kg/m<sup>2</sup>) además de ayudar en el desarrollo de la raíz. Resultados en el pasto Mombaza indican que no hubo diferencias ( $P \geq 0.05$ ) entre tratamientos, sin embargo, los resultados biológicos muestran que T2 incrementó la producción de materia seca con 1.34 kg/m<sup>2</sup> en comparación con T3 (0.72 kg/m<sup>2</sup>).

**Palabras clave:** cepas, hongos, bacterias, Guinea, Mombaza.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of biofertilizers on the production of the tropical grasses *Panicum maximum* cultivar Mombaza and *Brachiaria brizantha* in the greenhouse and in the field and to characterize their ability to establish an effective symbiosis with native strains of *Azospirillum*, *Azotobacter* and mycorrhizal fungi. The experiment was carried out in the Chetumal Experimental Field of the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP) in Quintana Roo, with Aw2 climate. The treatments evaluated in the greenhouse were: T1- without fertilization, T2- fertilized, T3-CC-azot1, T4-CC-azot2, T5-CC-azot3, T6-CC-azot4, T7-CC-azot5, T8-NFB-azos6, T9-NFB-azos7, T10-NFB-azos8, T11-NFB-azos9, where azos is *Azospirillum* and Azot is *Azotobacter*. For mycorrhizal fungi, 6 treatments were used: T1-control, T2-fertilized, T3-brown spore, T4-honey spore, T4-black spore and T5-commercial spore. The plants were transplanted in pots and bags with sterile material; obtaining a higher yield ( $P \leq 0.05$ ) with the strains azot 1, azot 5 and the black spore for the 2 grasses studied. Using the most effective strains, field tests were carried out in 2m<sup>2</sup> plots evaluating 5 treatments: T1 (control), T2 (positive fertilizer), T3 (Biofertilizer *Azospirillum* + *Azotobacter*), T4 (biofertilizer mycorrhizal fungi) and T5 (commercial biofertilizer), using the same species: Mombaza (*P. maximum*) and Brizantha (*B. brizantha*). The variables were: root volume, plant height, leaf length, stem diameter and aerial biomass production. Results for *B. brizantha* indicate differences ( $P \leq 0.05$ ). T3 favored the development of the height of the plant and the diameter of the stem. The commercial biofertilizer (T5) increased the production of dry matter with 0.99 kg / m<sup>2</sup> observing a difference with respect to T2 (0.74 kg / m<sup>2</sup>) besides helping in the development of the root. Results in the Mombaza grass indicate that there were no differences ( $P \geq 0.05$ ) between treatments, however, the biological results show that T2 increased the production of dry matter with 1.34 kg / m<sup>2</sup> in comparison with T3 (0.72 kg / m<sup>2</sup>).

**Keywords:** strains, fungi, bacteria, Guinea, Mombaza

## INTRODUCCIÓN

El principal uso que se ha dado a la familia de las gramíneas ha sido como fuente de forraje para la alimentación del ganado. Es precisamente su utilización como fuente de energía para el ganado doméstico y fauna silvestre, lo que convierte a las gramíneas forrajeras en el grupo de plantas más importantes para el hombre (Hetrick et al., 1991). Sin embargo, para obtener una producción alta en forraje es indispensable fertilizar el campo, pero por desgracia la industria de los fertilizantes atraviesa por una situación muy crítica. Por tal motivo, en el sector agropecuario es necesario tomar decisiones inmediatas para solucionar este problema. Una alternativa al uso de los fertilizantes químicos son los microorganismos promotores del crecimiento denominados: “bioestimulantes”, “biofertilizantes” o “inoculantes”. Los microorganismos más utilizados son las bacterias de los géneros *Rhizobium* y *Azospirillum*, así como hongos micorrizógenos del género *Glomus*, que generalmente provienen de otras regiones, lo que limita a los agricultores locales su adquisición (García et al., 2006).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el campo y laboratorios del Campo Experimental Chetumal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Quintana Roo.

### Laboratorio

Para el estudio se realizó el aislamiento de Rhizobacterias del género *Azospirillum* y *Azotobacter* de gramíneas *B. brizantha* y *P. máximum* cultivar Mombaza. Se seleccionaron 5 plantas en campo, considerando su porte y que se encontraran libres de plagas y enfermedades; se tomaron 5 muestras de 500 g de la zona rizosférica de cada una de ellas mediante la barrena de Hoffer depositando la muestra en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio, para así obtener 25 submuestras, las cuales se homogenizaron perfectamente. Para el aislamiento se utilizó la técnica de dilución seriada (CIAT, 1988). De las colonias aisladas se procedió a refrigerar 5 cepas de *Azotobacter* y 4 de *Azospirillum* para su posterior uso en la producción de biofertilizantes purificando las cepas con la técnica de rastrillado en cajas de petri, obteniendo 5 medios de cultivo por cada cepa refrigerada. Para la obtención de esporas se utilizó 2 tipos de suelo procedentes de la rizósfera de 3 especies de gramíneas siendo estas *P. atratum*, *B. brizantha* y *B. humidicola*.

### Invernadero

Se realizaron ensayos en invernadero con el objetivo de identificar el desarrollo y comportamiento de las cepas seleccionadas de *Azospirillum*, *Azotobacter* y hongos micorrizógenos inoculándolos en gramíneas para ser evaluadas obteniendo la efectividad y posteriormente ser verificadas en condiciones de campo (CIAT, 1988). Se utilizaron un total de 36 macetas con 3 repeticiones por tratamiento en un diseño completamente al azar. Se llevó a cabo la inoculación de bacterias utilizando 2 especies de gramíneas forrajeras sobresalientes de los ensayos de adaptación y evaluación de especies forrajeras del Campo Experimental Chetumal, utilizando los siguientes tratamientos: T1- testigo, T2- fertilizado, T3-CC-azot1, T4-CC-azot2, T5-CC-azot3, T6-CC-azot4, T7-CC-azot5. T8-NFB-azos6, T9-NFB-azos7, T10-NFB-azos8, T11-NFB-azos9. Donde CC es C combinado y NFB es medio semisólido libre de N con malato como fuente de C, azot es *Azotobacter* y azos es *Azospirillum*.

### Campo

Para el estudio en campo se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar el cual exige unidades experimentales homogéneas, permitiendo comparar cualquier número de tratamientos, eliminando el efecto del suelo sobre los tratamientos. En este ensayo se sembraron 2 especies de gramíneas (*B. brizantha* y *P. máximum* cultivar Mombaza) en parcelas puras, previamente utilizadas en invernadero para ser comparadas. Se utilizaron 5 tratamientos, tomando las cepas que han mostrado efectividad con las mismas gramíneas en invernadero (CIAT, 1988) para ser evaluados con 3 repeticiones. Los tratamientos utilizados se presentan a

continuación: T1-Testigo, T2-Fertilizada, T3-Biofertilizante *Azospirillum* + *Azotobacter*, T4-Biofertilizante micorriza, T5- Biofertilizante comercial. Se realizaron muestreos mensuales para determinar diámetro de tallo, largo de hoja, peso de raíz, volumen radical y la producción de materia seca.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indicaron la presencia en forma natural en los 2 tipos de suelo (vertisoles y cambisoles) de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) *Azospirillum* y *Azotobacter* en la rizósfera de las gramíneas muestreadas. Sin embargo, como se puede apreciar en las Tablas 1 y 2 la mayor cantidad de microorganismos se encontró en el género *Azotobacter* en comparación con el género *Azospirillum* en los dos tipos de suelo. El mayor número de número de microorganismos del género *Azotobacter* encontrados en los dos tipos de suelo tuvo un efecto en las variables estudiadas, no así el género *Azospirillum*, ya que se ha documentado de manera significativa el beneficio a la planta huésped cuando existe *Azospirillum* en altas cantidades en la rizosfera (Aguirre-Medina et al., 2009).

**Tabla 1.** Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/g de suelo seco de *Azospirillum* en medio NFB, en suelos vertisoles y cambisoles.

DILUCIONES	VERTISOLES	CAMBISOLES
10 <sup>4</sup>	11.2 x 10 <sup>4</sup> /g	14.1 x 10 <sup>4</sup> /g
10 <sup>5</sup>	2.53 x 10 <sup>5</sup> /g	2.4 x 10 <sup>5</sup> /g
10 <sup>6</sup>	1.90 x10 <sup>6</sup> /g	3.8 x10 <sup>6</sup> /g

**Tabla 2.** Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/g de suelo seco en medio de C combinado de *Azotobacter*, en suelos vertisoles y cambisoles.

DILUCIONES	VERTISOLES	CAMBISOLES
10 <sup>4</sup>	1.37 x 10 <sup>4</sup> /g	9.7 x 10 <sup>4</sup> /g
10 <sup>5</sup>	23.2 x 10 <sup>5</sup> /g	15.8 x 10 <sup>5</sup> /g
10 <sup>6</sup>	25.0 x10 <sup>6</sup> /g	12.3 x10 <sup>6</sup> /g

### Invernadero

En las pruebas de invernadero la inoculación de bacterias en el pasto insurgente (*B. brizantha*) los T7 y T4 mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre medias para la variable hoja (38 cm y 39 cm respectivamente) y para altura total de la planta (55 cm y 36 cm respectivamente) con respecto a la planta fertilizada (T2) con 14 cm para largo de hoja y 11 cm en altura total (Figura 1). Con respecto al diámetro de tallo, los tratamientos que presentaron mayor desarrollo fueron el T7 seguido del T4 (0.47 cm y 0.35 cm respectivamente). Mientras que para la planta fertilizada (T2) fue de 0.17 cm, habiendo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre medias con *Azotobacter* y *Azospirillum*.

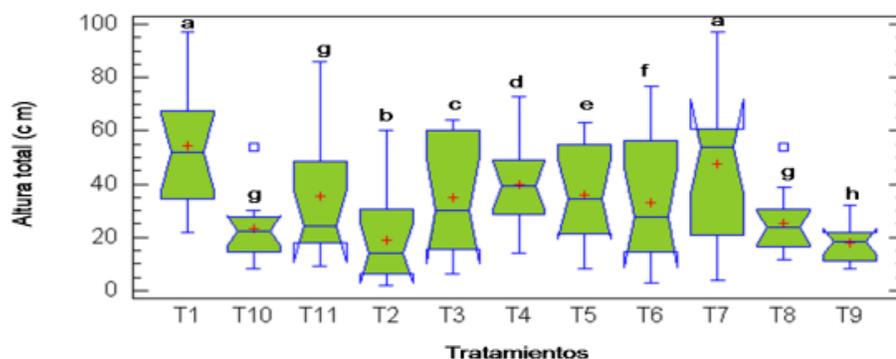


Figura 1. Altura de plantas de *B. brizantha*

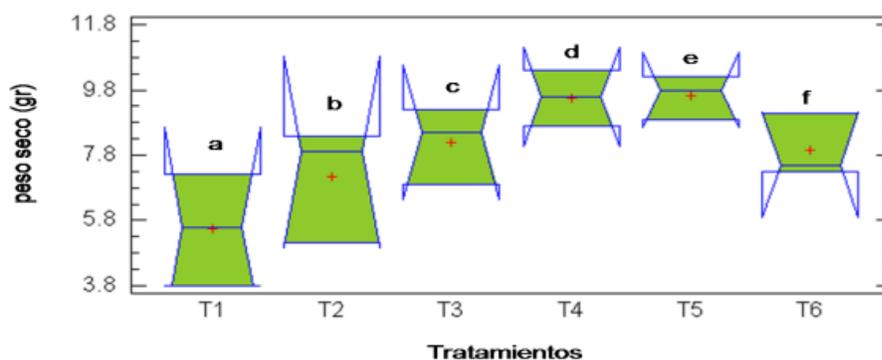


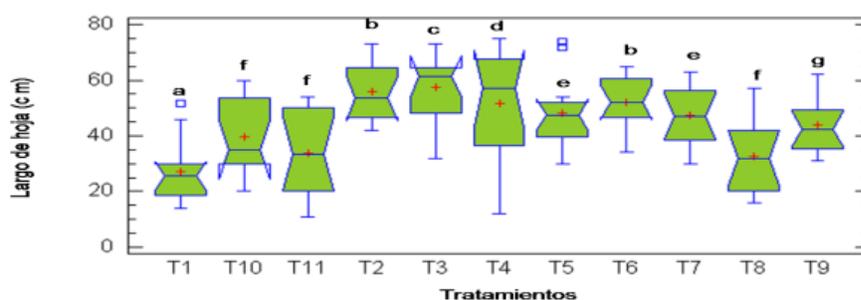
Figura 2. Diferencias entre tratamientos para MS

La inoculación con hongos micorrizógenos favoreció el volumen radical y la producción de materia seca para *B. brizantha*. El T5 mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ), tanto para el volumen de la raíz como para materia seca (Figura 2) con respecto a la planta testigo (T1), con  $20 \text{ cm}^3$  y 9 gr. Para Mombaza no se encontró diferencias entre tratamientos de hongos. Para el cultivar Mombaza únicamente mostraron diferencias entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ) a base de bacterias para la variable altura total y el largo de hoja (Figura 3 y 4). El tratamiento que mostró mayor desarrollo para el largo de la hoja fue el T3 con una media de 57 cm seguida de la planta fertilizada con 56 cm (T2). Azot 1 (T3) mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los demás tratamientos para la altura total con una media de 68 cm seguida de Azot 4 (T6) con 66 cm, quien no presentó diferencias ( $P \geq 0.05$ ) fue T5 con T6 y T2 con T7.

### Campo

En campo el pasto *P. máximum* cultivar Mombaza no mostró diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) entre los tratamientos, únicamente presentó diferencias biológicas favoreciendo la inoculación con bacterias promotoras del crecimiento. Para producción de peso seco, la inoculación con fertilizantes inorgánicos (T2) favoreció el desarrollo de Mombaza, obteniendo una producción de  $1.34 \text{ kg/m}^2$  en comparación con T3 ( $0.86 \text{ kg/m}^2$ ), teniendo una diferencia entre el positivo fertilizado (T2) y el biofertilizante Azos+Azot (T3) de  $0.72 \text{ kg/m}^2$ . La inoculación del biofertilizante comercial (T5) incrementó el desarrollo del sistema radicular de Mombaza, obteniendo un peso

de 19 gr/m<sup>2</sup>, mientras que el T2 presentó un peso de 15 gr/m<sup>2</sup>, con una diferencia de 4 gr/m<sup>2</sup> por tratamiento. El T3 y T1 (15 gr/m<sup>2</sup> y 16 gr/m<sup>2</sup> respectivamente) presentaron mejor rendimiento con respecto a T4 (10 gr/m<sup>2</sup>). Los resultados indican que la inoculación de bacterias promotoras del crecimiento favoreció el desarrollo de *B. brizantha*, presentando diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) con respecto a los tratamientos utilizados. Para la altura de la planta *Azotobacter* + *Azospirillum*, (T3), incrementó el desarrollo de la planta con una media de 1.47 m con respecto a la planta testigo (T1) y la planta tratada con fertilizante (T2). El T3 presentó mayor desarrollo en el tallo con una media de 0.5 cm de diámetro con respecto a la planta testigo (T1) con 0.45 cm de diámetro, seguido de la planta tratada con biofertilizante comercial (T5). En cuanto a producción de materia seca, la inoculación del biofertilizante comercial (T5) mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) con una media de 0.99 kg/m<sup>2</sup> con respecto a la planta fertilizada (T2) dejando en segundo lugar a las plantas inoculadas con bacterias (T3). En el caso del peso de la raíz, la inoculación del biofertilizante comercial (T5) favoreció el desarrollo de *B. brizantha* con una media de 146 gr/m<sup>2</sup>, mostrando diferencias entre los tratamientos ( $P \leq 0.05$ ) seguido de T3 y T4 con respecto al testigo. En este trabajo se observó que el tratamiento de biofertilización utilizando las cepas aisladas localmente tuvieron una producción menor a la observada en el tratamiento con biofertilizante comercial, esto probablemente se debió a la falta de micorriza en el primer tratamiento ya que se ha mencionado que a los 30 días de haberse inoculado la micorriza al cultivo y que esta se instala en el sistema radical de las plantas, se favorece la transportación de nutrientes y agua (Aguirre-Medina et al., 2009). En los tratamientos con hongos micorrizógenos se pudo observar un mayor desarrollo radicular en comparación con el tratamiento fertilizado inorgánicamente, sin embargo, la infección de la micorriza-arbuscular produjo muy poca o ninguna modificación en la morfología externa de las raíces. Sin embargo, algunos autores indican que, en algunas plantas, se aumenta el crecimiento de las raíces, como en maíz, sorgo y cebada y en otras no, como el frijón (Aguirre-Medina y Kohashi-Shibata, 2002).



**Figura 3.** Diferencias entre altura de plantas de *P. máximum* cultivar Mombaza.

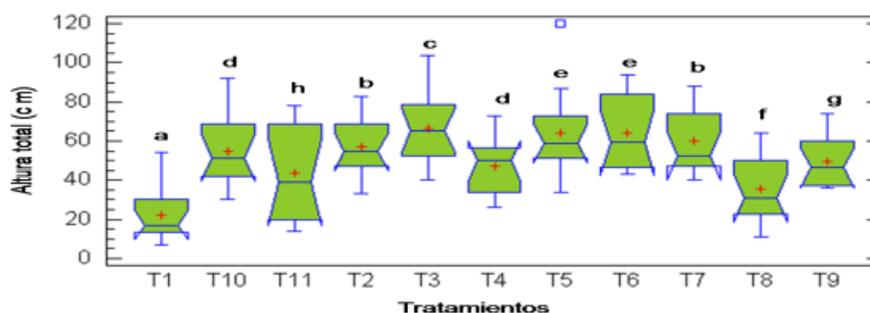


Figura 4. Diferencias para largo de hoja *P. máxima* cultivar Mombaza

## CONCLUSIÓN

Para pruebas en invernadero las cepas azot 1 (T3) y azot 5 (T4) favorecieron el desarrollo de *B. brizantha* para las variables largo de hoja, altura total y diámetro de tallo. Para el pasto Mombaza (*P. máxima*), la inoculación con bacterias ayudó al desarrollo del pasto presentando diferencias solo para largo de hoja y altura total, siendo la mejor cepa azot 1 (T3). Para los hongos micorrizógenos, las esporas negras (T5) tuvieron una respuesta superior al testigo (T1), presentando diferencias en volumen radical y producción de materia seca. En campo la inoculación de bacterias favoreció el desarrollo de *B. brizantha*, presentando diferencias entre tratamientos para altura total y diámetro de tallo. La inoculación de biofertilizante comercial (T5) incrementó la producción de materia seca y el peso de la raíz. Para *P. máxima* cultivar Mombaza, no se presentaron diferencias entre tratamientos, sin embargo, se observó que la inoculación del biofertilizante comercial y hongos micorrizógenos favorecieron el desarrollo de la planta en comparación con los tratados inorgánicamente.

## REFERENCIAS

- Aguirre-Medina, J. F. y J. Kohashi-Shibata. (2002). Dinámica de la colonización micorrizica y su efecto sobre los componentes del rendimiento en el contenido de fosforo en frijol. *Agri.Tec. Mex.* 28 (1): 23-33.
- Aguirre-Medina, J. F., M. B. Irizar-Garza, A. Duran-Prado, O. A. Grageda-Cabrera, M. A. Peña-del Rio, C. Loredo-Ostil y A. Gutiérrez-Baeza. (2009). Los biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 80 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1988). Simbiosis leguminosa-rizobio; manual de métodos de evaluación, selección y manejo agronómico. Ed. Rev. Proyecto CIAT-UNDP de evaluación, selección y manejo de la simbiosis leguminosa-rizobio para aumentar la fijación de nitrógeno. Sección de microbiología de suelos del programa de pastos tropicales y sección microbiología de suelos del programa de frijol. Cali, Colombia. p. 178.

- García, J. O., V. M. Moreno, C. L. Rodríguez, A. H. Mendoza y N. P. Mayek. (2006). Biofertilización con *Azospirillum brasilense* en sorgo en el norte de México. Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional. Reynosa Tamaulipas, México. Vol. 32.
- Hetrick, B. A. D., G. W. T. Wilson y F. F. Leslie. (1991). Root architecture of warm- and cool-season grasses: relationship to mycorrhizal dependence. Can. J. Bot. 69 (1): 112-118.

---

# **BASES Y PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DE CABALLITO DE MAR**

## **BASES AND PERSPECTIVES OF SEAHORSES AQUACULTURE**

NICOLÁS VITE-GARCÍA

*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Agropecuarias  
nic.vite@gmail.com*

---

### **INTRODUCCIÓN**

Dentro del mundo de los peces, existe un género que presenta características únicas, no sólo para este grupo, sino dentro de todo el reino animal. Como parte de la familia Syngnathidae, que también comprende a los peces pipa, los caballitos pipa y a los dragones de mar, se encuentra el género *Hippocampus*, al cual pertenecen las 56 especies de caballito de mar que actualmente son taxonómicamente reconocidas como válidas ([www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org), consultado en octubre de 2018). Todas las especies de caballitos de mar comparten un patrón morfológico general. A diferencia de la mayoría de los peces presentan una postura erguida y nado en posición vertical, lo cual hace que sean peces de lento movimiento. Su cabeza se encuentra flexionada en ángulo recto con respecto al cuerpo, confiriéndoles el aspecto de caballos y por lo cual reciben su nombre. Son organismos flexibles, a pesar de tener un cuerpo cubierto por placas óseas en forma de anillos, con una piel sin escamas, y con su aleta caudal modificada en una cola prensil. En cuanto a su modo de alimentación presentan un hocico tubular sin dientes, con el cual ingieren a sus presas enteras, tienen un tracto digestivo sin estómago diferenciado y un lento metabolismo. Una de las características que más llaman la atención de los caballitos de mar es su modo de reproducción: se trata de organismos principalmente monógamos y, dentro de la pareja, una vez que la hembra alcanza el estadio de madurez sexual, ésta transfiere los ovocitos maduros a un saco incubador ubicado en el vientre del macho, donde se da el periodo de gestación, al término del cual el macho entra en labor de parto y expulsa cientos de caballitos juveniles.

Los caballitos de mar han sido utilizados desde tiempos ancestrales como un símbolo en muchas representaciones marinas, en algunas culturas se le han atribuido propiedades casi mágicas, como es el caso de la medicina tradicional de China, donde son ampliamente utilizados por sus propiedades curativas, algunas de las cuales se han demostrado científicamente (Chang *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2015). Muchas de las características de la historia de vida especializada de los syngnathidos, y de los caballitos de mar en particular,

incluyendo un largo cuidado parental por parte de los padres, baja fecundidad, estructuras sociales definidas (monogamia estricta en muchas especies), baja movilidad, pequeños rangos de hogar, escasa distribución y asociación estrecha con el hábitat, hacen a las poblaciones de estos peces ser altamente vulnerables al impacto humano (Foster y Vincent, 2004; Vincent *et al.*, 2005; Curtis and Vincent, 2006; Freret-Meurer y Andreatta, 2008). Las principales amenazas que afectan a las poblaciones de caballito de mar a nivel mundial son su captura para venta como materia prima para la medicina tradicional china, su pesca incidental (principalmente relacionada con la pesquería de camarón), su captura para venta como especie ornamental, y la degradación de su hábitat (Lourie, 1999; Baum *et al.*, 2003; Foster y Vincent, 2004).

Por lo anterior, a partir de 2002, con implementación en 2004, todos los caballitos de mar se encuentran inscritos en el Apéndice II de CITES, que es la convención para el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna. Con información de CITES, de 2004 a 2011 un promedio de 5.7 millones de caballitos de mar, de al menos 48 especies, fueron comercializados anualmente, entre alrededor de 80 países. El 98% se comercializó en seco, y casi en su totalidad provenientes de captura, principalmente para la medicina tradicional (particularmente la medicina tradicional china). Únicamente 116,000 individuos en promedio anual fueron comercializados vivos para el mercado ornamental (acuarios), de los cuales un promedio de 35,000 fue reportado como provenientes de cultivo (Foster *et al.*, 2014). El comercio de caballitos de mar es uno de los problemas más importantes con que trata CITES, debido a los grandes volúmenes que se manejan y a la cantidad de países involucrados. Al momento de su listado en CITES, en 2002, seis especies fueron evaluadas como vulnerables, con las restantes especies evaluadas como “deficientes de datos”. Para 2012, de 38 especies de caballitos de mar evaluadas, una se consideró como en peligro de extinción, 10 son vulnerables, una se consideró en “menor preocupación” y las otras 26 permanecieron “deficientes de datos” (Foster *et al.*, 2014; Vincent *et al.*, 2014). Cinco especies representan el 91% de los volúmenes comercializados entre 2004 y 2011: *H. trimaculatus*, *H. spinosissimus*, *H. kelloggi*, *H. kuda*, e *H. algiricus* (Foster *et al.*, 2014). De las anteriores únicamente dos especies (*H. kuda* e *H. trimaculatus*) se encuentran entre las especies a las que más se dedicaron esfuerzos de investigación de 2001 a 2015, además de *H. guttulatus*, *H. reidi*, *H. abdominalis*, *H. erectus* e *H. hippocampus* (Cohen *et al.*, 2016).

Además de su inclusión en CITES, con lo cual se regula el comercio internacional de este grupo de peces, se deben adoptar otras medidas de conservación como son las regulaciones locales en los diferentes países. Asimismo, se ha considerado que los caballitos de mar pueden ser utilizados como “especies bandera”, es decir organismos que al promover su conservación se beneficia a otras especies que pueden ser vulnerables y, en general, se protege todo un hábitat o ecosistema (Shokri *et al.*, 2009). Este puede ser el caso de ecosistemas como arrecifes de coral, estuarios con praderas de pastos marinos, o manglares donde habitan caballitos de mar, ecosistemas costeros que se encuentran entre las áreas marinas más afectadas por el impacto humano (Cohen *et al.*, 2016).

La acuicultura de caballitos de mar se presenta como otra medida de conservación de las diferentes especies, que además puede representar una actividad con ganancias económicas significativas. Además de promover la conservación directa de las poblaciones naturales, al evitar o disminuir los volúmenes de captura, la acuicultura es una actividad que promueve la educación ambiental y con ello la conservación de hábitats naturales de estos organismos. Actualmente los esfuerzos de cultivo se centran en dos especies: *H. kuda* e *H. reidi*, que son las que reportan los mayores volúmenes de comercialización de caballitos vivos de acuerdo con CITES, sin embargo se menciona el potencial de especies como *H. erectus*, *H. abdominalis*, *H. guttulatus* e *H. hippocampus* para el comercio destinado a acuarios marinos (Koldewey y Martin-Smith, 2010; Foster *et al.*, 2016). Los elevados precios atribuidos a caballitos de mar vivos, con respecto a especímenes secos, ha hecho esta actividad atractiva para inversionistas, sin embargo, hablando estrictamente como una medida de conservación, tendría que promoverse una acuicultura destinada al mercado de caballitos de mar secos, que pueda realmente suplir los grandes volúmenes de captura destinados a la MTC. Las prácticas acuaculturales actuales no son económicamente viables para la demanda de caballitos de mar secos, por lo que es importante priorizar proyectos de cultivo de bajo costo que sean económicamente rentables (Fonseca *et al.*, 2015; Cohen *et al.*, 2016).

### **Condiciones generales y parámetros fisicoquímicos**

Los hipocampos se distribuyen en aguas tropicales y templadas, por lo general formando asociaciones estrechas con su hábitat, constituido principalmente por praderas de pastos marinos o macroalgas, y en menor medida por arrecifes de coral, zonas rocosas y fondos arenosos (Lourie *et al.*, 1999; Foster y Vincent, 2004). La mayor parte de las especies son tropicales, y el 70% del género habita aguas del Indo-Pacífico (Lourie *et al.*, 1999; Perante *et al.*, 2002; Lourie *et al.*, 2004). En relación con la temperatura especies de climas templados como *H. abdominalis*, *H. hippocampus* y *H. guttulatus* se mantienen adecuadamente a temperaturas entre 13 y 23 °C (Woods, 2000, Wilson *et al.*, 2006; Planas *et al.*, 2008, 2012; Martínez-Cardenas & Purser, 2011; Palma *et al.*, 2008, 2011) mientras que caballitos con distribución preferentemente tropical, entre los que se puede mencionar a *H. erectus*, *H. reidi*, *H. kuda* e *H. trimaculatus* prefieren temperaturas por encima de los 25 °C (Olivotto *et al.*, 2008; Lin *et al.*, 2008b, 2009; Murugan *et al.*, 2009; Willadino *et al.*, 2012). En condiciones naturales *H. whitei*, una especie sub-tropical, experimenta una variación anual de temperatura de 16 a 21 °C cerca de Sydney, Australia, sin embargo, en condiciones de cautiverio su tasa de crecimiento se ve favorecida a 26 °C (Wong & Benzie, 2003). La mayor sobrevivencia y crecimiento de *H. erectus* en cautiverio se da a 28-29 °C, dentro de un intervalo de 24-33 °C (Lin *et al.*, 2008b).

En cuanto a la salinidad, los caballitos de mar parecen tolerar amplios intervalos, aunque no se han descrito especies de agua dulce (Lourie *et al.*, 2004; Foster & Vincent, 2004). Hay reportes de especies encontradas en hábitats estuarinos, tales como *H. abdominalis* (Foster & Vincent, 2004), *H. capensis* (Whitfield, 1995; Bell *et al.*, 2003), *H. kuda* (Kuitert, 2000), *H. reidi* (Rosa *et*

al., 2002) e *H. erectus* (Vite-García et al., 2014a), que parecen tolerar salinidades fluctuantes, aunque pueden experimentar altas tasas de mortalidad durante fuertes escurrimientos de agua dulce (Russell, 1994; Bell et al., 2003). El caballito de mar *H. kuda* ajusta su fluido corporal dentro de los primeros cuatro días de tratamiento y puede tolerar salinidades de 15 a 50 ups, con altas tasas de sobrevivencia y crecimiento de 15 a 30 ups (Hilomen-García, 2003). Lin et al. (2009) encuentran que en *H. erectus* hay una influencia significativa de la salinidad sobre el crecimiento en longitud y peso. Estos autores encontraron un mayor crecimiento a 31-33 ups (salinidad óptima), y mencionan que en las otras salinidades analizadas: 27, 29 y 35 ups, los costos energéticos osmoregulatorios podrían ser los causantes de un menor crecimiento.

En general el cultivo de caballito de mar se ha realizado en interiores con la implementación de luz artificial. En relación con el fotoperiodo, se encuentran trabajos que utilizan desde luz continua (24:0 L:O) (Olivotto et al., 2008) hasta fotoperiodos de 8L:16O (Koldewey, 2005). En una comparación directa, Olivotto et al. (2008) encontraron un mayor crecimiento de juveniles de *H. reidi* utilizando luz continua que con un fotoperiodo de 14L:10O lo cual atribuyen al hecho de que, al ser depredadores visuales, la luz continua favorece la captura de presas durante las 24 horas del día. Por su parte, *H. guttulatus* no presenta diferencias en sobrevivencia ni en crecimiento con luz continua o con fotoperiodo natural de 16L:8O (Blanco et al., 2014).

En lo que respecta a los sistemas de cultivo, lo más utilizado para el mantenimiento en cautiverio de caballitos de mar son los sistemas cerrados de recirculación de agua, con recambios de agua desde 25% semanal (Wilson et al., 2006), hasta 30-50% de recambio diario (Ben-Ursua et al., 2015). Los recambios de agua dependen en gran medida de la carga biológica con que cuente el sistema, por lo que es importante mantener un monitoreo constante de la calidad del agua. Los tanques o reservorios que se utilizan presentan una amplia gama de tamaños, formas y materiales, de acuerdo con las necesidades de los caballitos y con el ingenio, disposición de recursos y necesidades experimentales o comerciales de los cultivadores. Al parecer la principal restricción para los tanques de mantenimiento de reproductores consiste en proveer a los caballitos de columna de agua suficiente para realizar sus actividades, principalmente reproductivas, lo cual se consigue utilizando tanques con altura suficiente, de acuerdo con la talla máxima de las especies. Se recomienda, para organismos reproductores, desde tanques de 50 L con 30 cm de columna de agua para especies pequeñas como *H. zosterae*, hasta tanques con altura de al menos 1m para las especies de mayor tamaño, como *H. ingens* e *H. abdominalis* (Alford & Grist, 2005; Gomezjurado, 2005).

La densidad poblacional dentro de los tanques de cultivo también ha resultado muy variable, en general los caballitos juveniles se pueden mantener adecuadamente a densidades de 0.5 a 2 caballitos/L (Lin et al, 2006; Wilson et al, 2006; Vite-García et al., 2014b), y aunque hay reportes de hasta 25 caballitos/L (Sheng et al, 2006) únicamente se recomienda una densidad tan alta durante los primeros días de vida, ya que la competencia por alimento y espacio, así como algunos parámetros fisicoquímicos del agua, pueden verse comprometidos. Los reproductores

generalmente se mantienen en bajas densidades, de una a varias parejas por tanque (Vite-García *et al.*, 2017).

### **Alimentación y nutrición de caballitos de mar en cautiverio**

Hasta la fecha, no se ha desarrollado un alimento inerte que sea bien aceptado por los caballitos de mar en cautiverio en sustitución de presas vivas, o en el mejor de los casos congeladas, como *Artemia*, rotíferos, copépodos, anfípodos, misidáceos, etc. Esto es, sin duda, la principal limitante para el desarrollo de la industria del acuarismo de estos organismos, ya que el manejo de presas limita el número de usuarios interesados en tener caballitos de mar en su acuario. Asimismo, para la producción, resulta costoso el cultivo de presas vivas, y su recolección de medios naturales es inviable. Son muy pocas las investigaciones que exploran la utilización de alimentos inertes y estas presentan resultados poco alentadores (Woods, 2003). La mayoría de las investigaciones se han realizado utilizando *Artemia* como principal alimento, o en comparación con otro tipo de presas vivas y congeladas (Woods, 2003; Wilson *et al.*, 2006; Otero-Ferrer *et al.*, 2012; Phan y Lin, 2013; Vite *et al.*, 2014; Vite-García *et al.*, 2017). Se ha explorado también la utilización de presas como anfípodos (Woods, 2009; Vargas-Abúndez *et al.*, 2018) que pueden ser un sustituto de bajo costo para las dietas enriquecidas de *Artemia* y rotíferos, sin embargo, su cultivo está poco explorado y lejos de estar en condiciones de abastecer un cultivo masivo de caballitos de mar.

Gran parte de la investigación en torno al cultivo de caballito de mar, se ha realizado acerca del crecimiento de los juveniles bajo diferentes condiciones y regímenes alimenticios, debido a que para muchas especies la baja sobrevivencia de los juveniles ha resultado un cuello de botella. Nutricionalmente, como sucede con otros peces marinos, los caballitos de mar tienen una demanda importante de lípidos compuestos por ácidos grasos altamente insaturados de cadena larga (HUFA por sus siglas en inglés), principalmente en sus primeras etapas de vida que cumplen funciones importantes como promover el metabolismo de lípidos, reducen los productos de la peroxidación de lípidos y mejoran la defensa antioxidante en los juveniles (Yin *et al.*, 2012). El contenido de ácidos grasos altamente insaturados en la dieta, en particular el ácido docosahexaenóico (DHA), parece ser un factor indispensable en el buen desempeño (crecimiento y sobrevivencia) de juveniles de *H. erectus* (Vite-García *et al.*, 2014b). Un reflejo de la importancia del DHA en juveniles de caballito de mar lo demuestra su elevado contenido en los lípidos de organismos de *H. erectus* recién nacidos (>20%) (Vite-García *et al.*, 2014a). Estos y otros nutrientes pueden ser administrados a los organismos con la utilización de presas ricas en éstos, o bien, con el enriquecimiento de presas utilizando emulsiones o microalgas ricas en nutrientes. A pesar de la variabilidad en los resultados obtenidos, el enriquecimiento de anfípodos y *Artemia* resulta, hasta el momento, la forma de alimentación más utilizada y más rentable para el crecimiento de juveniles de caballitos de mar.

Otra de las limitantes para el establecimiento de cultivos comerciales ha sido la baja eficiencia reproductiva a largo plazo de las parejas de caballitos de mar en cautiverio lo cual, entre otras causas, se puede deber a una deficiente nutrición. En estudios a largo plazo sobre hipocampos juveniles y adultos, se ha concluido que el efecto fisiológico de la nutrición, puede afectar directamente el crecimiento, la sobrevivencia y la reproducción de estos peces (Chang & Southgate, 2001; Masonjones, 2001; Lin *et al.*, 2007). Se ha demostrado que el enriquecimiento de las dietas con ácidos grasos tiene efectos benéficos en la calidad de los ovocitos producidos por las hembras, y el perfil de ácidos grasos de la dieta tiene un efecto directo sobre el perfil de éstos en los huevos (Planas *et al.*, 2010; Saavedra *et al.*, 2013, 2015). Por lo tanto, como en otras especies de peces, es importante proveer a las hembras reproductoras de los nutrientes necesarios para la acumulación de vitelo, ya que los nutrientes que lo componen son los únicos de los que dispondrá el embrión hasta su eclosión. En el caso de los caballitos de mar, a diferencia de otras especies de peces, también la nutrición de los padres reproductores puede tener un rol fundamental, y no sólo en la producción de esperma en cantidad y calidad, sino por el hecho de que los embriones eclosionan dentro del saco incubador o marsupio, y la estructura tisular de este, con un aumento de vascularización significativo durante la gestación, sugiere que el padre reproductor y los embriones o larvas, tienen una intrincada relación que no se limita a la protección (Laksanawimol, 2006). En general, los reproductores pueden alimentarse con *Artemia* adulta enriquecida, viva o congelada, y otro tipo de presas como anfípodos, misidáceos, camarones carídeos e incluso crías de poecílidos u otros peces.

### **Perspectivas para el cultivo de caballito de mar**

Para establecer un cultivo comercial con fines de proveer al mercado de la acuariofilia, dónde cada espécimen comercializado tiene un valor internacional de entre 40 y 60 dólares estadounidenses, y un valor nacional por arriba de 600 pesos mexicanos, se puede planear la instalación de sistemas de recirculación con un nivel de tecnificación considerable, que involucran un control preciso de la calidad del agua. Estos sistemas involucran enfriamiento y/o calentamiento de agua, luz artificial, mantenimientos y monitoreos de parámetros fisicoquímicos, además de producción de presas para la alimentación, todo lo cual supone una inversión considerable que puede costearse con el precio elevado de los caballitos de mar para acuarios. Desde el punto de vista comercial y económico, este tipo de proyectos puede resultar atractivo por su rentabilidad. Sin embargo, este tipo de proyectos no sólo no resuelven el problema de la captura de caballitos de mar para el mercado de la medicina tradicional china, sino que incluso pueden traer otro tipo de problemas que ha acarreado el comercio de especies ornamentales, como es la distribución y posible colonización de especies en hábitats que no les pertenecen.

Como se refleja en los datos de comercio internacional de caballitos de mar por parte de CITES, los grandes volúmenes de hipocampos que están siendo capturados del medio natural, tienen como destino la medicina tradicional china, donde los organismos se comercializan en seco y

por kilogramo de peso. Los sistemas de recirculación que se han investigado, con la tecnificación mencionada y con producción de alimento vivo o congelado, no resultan rentables cuando se quiere entrar a comercializar caballitos de mar de forma masiva. Una opción para producir caballitos de mar a bajo costo es lograr la domesticación de líneas genéticas que acepten alimento balanceado inerte, con lo cual los costos de producción podrían abatirse en gran medida. Se han hecho pocos intentos por investigar al respecto, con resultados pobres, lo que ha desalentado seguir explorando en el tema, pero es algo que no debería dejarse de investigar.

Por otro lado, como lo mencionan Cohen *et al.* (2016), es importante comenzar a explorar la producción de caballitos de mar a bajo costo, en sistemas acuaculturales integrados multitróficos, como el crecimiento de juveniles en jaulas en medios naturales que pueden ser lagunas costeras y estuarios, o seminaturales, como estanques para cultivo de camarón u ostión (Fonseca *et al.*, 2015). En estos sistemas los caballitos de mar disponen de una amplia variedad de presas vivas y condiciones de calidad del agua que no requieren tanta tecnificación y, por tanto, tanta inversión económica. El autor de este trabajo también explora la posibilidad de producción de caballitos de mar con la implementación de sistemas de tanques en los que se desarrolle un mesocosmos, es decir un sistema que por sí mismo reproduzca parte de las presas vivas necesarias para la alimentación de hipocampos. Este sería un sistema de tecnificación intermedio entre los sistemas altamente tecnificados y los sistemas naturales y seminaturales.

Dado que la demanda de caballitos de mar a nivel mundial, lejos de disminuir, tiene una tendencia a aumentar, aunado a la disminución de las poblaciones naturales, en un futuro no muy lejano se deberá encontrar la forma de producir caballitos de mar a bajo costo, con el peligro de que, de no hacerlo, se pueda poner en riesgo de extinción a más de una especie. Es importante seguir llamando la atención hacia este tipo de proyectos ya que, al no ser especies prioritarias para la acuicultura, son escasos los recursos que se destinan a la investigación del cultivo de hipocampos, tanto materiales como humanos.

## REFERENCIAS

- Alford, K., C. Grist. (2005). Dwarf Seahorse, *Hippocampus zosterae*. In: H. Koldewey, (ed.), *Syngnathid Husbandry in Public Aquaria*. Seahorse Project, London, UK, pp. 88–90.
- Baum, J.K., J. Meeuwig, A. Vincent. (2003). Bycatch of lined seahorses (*Hippocampus erectus*) in a Gulf of Mexico shrimp trawl fishery. *Fish. Bull.*, 101: 121–131.
- Bell, E.M., J. Lockyear, J. McPherson, A. Marsden, A. Vincent . (2003). The first field studies of an endangered South African seahorse, *Hippocampus capensis*. *Environ. Biol. Fish.*, 67: 35–46.

- Ben-Ursua, S.M., T. Azuma, K. Arai, R. Coloso. (2015). Improved reproductive performance of tiger tail seahorse, *Hippocampus comes*, by mysid shrimp fed singly or in combination with other natural food. *Aquacult. Int.*, 23: 29–43.
- Blanco, A., A. Chamorro, M. Planas. (2014). Implications of physical key factors in the early rearing of the long-snouted seahorse *Hippocampus guttulatus*. *Aquaculture*, 433: 214–222.
- Chang, M., S.E. Southgate. (2001). Effects of varying dietary fatty acid composition on growth and survival of seahorse, *Hippocampus* spp., juveniles. *Aquar. Sci. Conserv.*, 3: 205–214.
- Chang, C., N. Jang-Liaw, Y. Lin, Y. Fang, K. Shao. (2013). Authenticating the use of dried seahorses in the traditional Chinese medicine market in Taiwan using molecular forensics. *J. Food Drug Anal.*, 21: 310–316.
- Chen, L., X. Wang, B. Huang. (2015). The genus *Hippocampus*—A review on traditional medicinal uses, chemical constituents and pharmacological properties. *J. Ethnopharmacol.*, 162: 104–111.
- Curtis, J. M. R., A. Vincent. (2006). Life history of an unusual marine fish: survival, growth and movement patterns of *Hippocampus guttulatus* Cuvier 1829. *Journal of Fish Biology*, 68(3), 707-733.
- Fonseca, T., David, F. S., Ribeiro, F. A., Wainberg, A. A., W.C. Valenti. (2017). Technical and economic feasibility of integrating seahorse culture in shrimp/oyster farms. *Aquaculture Research*, 48(2), 655-664.
- Foster, S., A. Vincent. (2004). Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management. *J. Fish. Biol.*, 65: 1–61.
- Foster, S., S. Wiswedel, A. Vincent. (2014). Opportunities and challenges for analysis of wildlife trade using CITES data – seahorses as a case study. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 26: 154–172.
- Freret-Meurer, N. V., J. V. Andreatta. (2008). Field studies of a Brazilian seahorse population, *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(4), 543-551.
- Gomezjurado, J. (2005). Pacific Seahorse, *Hippocampus ingens*. In: H. Koldewey (ed.), *Syngnathid Husbandry in Public Aquaria*. Seahorse Project, London, UK, pp. 72–74.
- Hilomen-Garcia, G.V., R. Reyes, C. Garcia. (2003). Tolerance of seahorse *Hippocampus kuda* (Bleeker) juveniles to various salinities. *J. Appl. Ichthyol.*, 19: 94–98.
- Koldewey, H., Ed. (2005) *Syngnathid Husbandry in Public Aquariums, 2005 Manual*. Project Seahorse/ZSL, 137 pp.
- Koldewey, H., K. Martin-Smith. (2010). A global review of seahorse aquaculture. *Aquaculture*, 302: 131–152.
- Kuiter, R.H. (2000). *Seahorses, Pipefishes and their relatives. A comprehensive guide to Syngnathiformes*. TMC Publishing, Chorleywood, UK. 240 p.

- Lin, Q., Y. Gao, J. Sheng, Q. Chen, B. Zhang, J. Lu. (2007). The effects of food and the sum of effective temperature on the embryonic development of the seahorse, *Hippocampus kuda* Bleeker. *Aquaculture*, 262(2): 481–492.
- Lin, Q., J. Lin & D. Zhang. (2008b). Breeding and juvenile culture of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* Perry, 1810. *Aquaculture*, 277: 287–292.
- Lin, Q., D. Zhang, J. Lin. (2009). Effects of light intensity, stocking density, feeding frequency and salinity on the growth of sub-adult seahorses *Hippocampus erectus* Perry, 1810. *Aquaculture*, 292: 111–116.
- Lourie, S.A., S. Foster, E. Cooper, A. Vincent. (2004). A Guide to the Identification of Seahorses. Project Seahorse and TRAFFIC North America. Washington D.C.: University of British Columbia and World Wildlife Fund. 114 p.
- Martínez-Cárdenas, L.G., Purser. (2011). Effect of Temperature on Growth and Survival in Cultured Early Juvenile Pot-bellied Seahorses, *Hippocampus abdominalis*. *J. World Aquacult. Soc.*, 42(6): 854–862.
- Masonjones, H.D. & S. Lewis. (2000). Differences in potential reproductive rates of male and female seahorses related to courtship roles. *Anim. Behav.* 59(1):11–20.
- Murugan, A., S. Dhanya, R.A. Sreepada, S. Rajagopal, T. Balasubramanian. (2009). Breeding and mass-scale rearing of three spotted seahorse, *Hippocampus trimaculatus* Leach under captive conditions. *Aqua-culture*, 290: 87-96.
- Olivotto, I., M. Avella, G. Sampaolesi, C. Piccinetti, P. Navarro–Ruiz O., Carnevali. (2008). Breeding and rearing the longsnout seahorse *Hippocampus reidi*: Rearing and feeding studies. *Aquaculture*, 283: 92–96.
- Otero–Ferrer, F., L. Molina, J. Socorro, H. Fernández–Palacios, M. Izquierdo. (2012). Effect of Different Live Prey on Spawning Quality of Short-Snouted Seahorse, *Hippocampus hippocampus* (Linnaeus, 1758). *J. World Aquacult. Soc.*, 43(2): 174–186.
- Palma, J., J. Stockdale, M. Correia, J. Andrade. (2008). Growth and survival of adult long snout seahorse (*Hippocampus guttulatus*) using frozen diets. *Aquaculture*, 278: 55–59.
- Palma, J., D. Bureau & J. Andrade. (2011). Effect of different *Artemia* enrichments and feeding protocol for rearing juvenile long snout seahorse, *Hippocampus guttulatus*. *Aquaculture*, 318: 439–443.
- Pham, N., J. Linn. (2013). The Effects of Different Feed Enrichments on Survivorship and Growth of Early Juvenile Longsnout Seahorse, *Hippocampus reidi*. *J. World Aquacult. Soc.*, 44(3): 435–446.
- Planas, M., A. Chamorro, P. Quintas, A. Vilar. (2008). Establishment and maintenance of threatened long-snouted seahorse, *Hippocampus guttulatus*, broodstock in captivity. *Aquaculture*, 283: 19–28.
- Planas, M., P. Quintas, A. Chamorro, C. Silva. (2010). Female maturation, egg characteristics and fatty acids profile in the seahorse *Hippocampus guttulatus*. *Animal Reproduction Science* 122: 66–73.

- Planas, M., A. Blanco, A. Chamorro, S. Valladares, J. Pintado. (2012). Temperature-induced changes of growth and survival in the early development of the seahorse *Hippocampus guttulatus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 438: 154–162.
- Rosa, I., T. Dias, J. Baum. (2002). Threatened fishes of the world: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Syngnathidae). *Environ. Biol. Fish.*, 64: 378.
- Russell, I.. (1994). Mass mortality of marine and estuarine fish in the Swartvlei and Wilderness Lake Systems, Southern Cape. *Afr. J. Aquat. Sci.*, 20: 93–96.
- Saavedra, M., M. Masdeu, P. Hale, W. Holt. (2013). Dietary fatty acid enrichment increases egg size and quality of yellow seahorse *Hippocampus kuda*. *Anim. Reprod. Sci.*, 145: 54–61.
- Saavedra, M., H. Batista, P. Pousao-Ferreira. (2015). Dietary fatty acid enrichment during the spawning season increases egg viability and quality in *Hippocampus hippocampus*. *Aquacult. Nutr.*, 22: 343–351.
- Sheng, J., Q. Lin, Q. Chen, Y. Gao, L. Shen, J. Lu. (2006). Effects of food, temperature and light intensity on the feeding behavior of three-spot juvenile seahorses, *Hippocampus trimaculatus* Leach. *Aquaculture*, 256(1): 596–607.
- Shokri, M. R., Gladstone, W., J. Jelbart. (2009). The effectiveness of seahorses and pipefish (Pisces: Syngnathidae) as a flagship group to evaluate the conservation value of estuarine seagrass beds. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst*, 19(5), 588-595.
- Vargas-Abúndez, J. A., Simões, N., M. Mascaró. (2018). Feeding the lined seahorse *Hippocampus erectus* with frozen amphipods. *Aquaculture*, 491, 82-85.
- Vincent, A. (1996). The international trade in seahorses. Traffic International Report ISBN 1 85850 098 2. Cambridge (UK).
- Vincent, A. C., Evans, K. L., A. D. Marsden. (2005). Home range behaviour of the monogamous Australian seahorse, *Hippocampus whitei*. *Environmental Biology of Fishes*, 72(1), 1-12.
- Vincent, A., Y. Sadovy, S. Fowler, S. Lieberman. (2014). The role of CITES in the conservation of marine fishes subject to international trade. *Fish Fish.*, 15: 563–592.
- Vite-García, N., O. Arjona, E. Morales-Bojorquez, M. Mascaró, N. Simoes, E. Palacios. (2014a). Assessment of lipid classes and fatty acid levels in wild newborn seahorses (*Hippocampus erectus*) (Perry 1810): implications for survival and growth in aquarium culture. *Mar. Freshw. Behav. Phys.*, 47(6): 401–413.
- Vite-García, N., N. Simoes, O. Arjona, M. Mascaró, E. Palacios. (2014b). Growth and survival of *Hippocampus erectus* (Perry, 1810) juveniles fed on *Artemia* with different HUFA levels. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42(1): 150–159.
- Vite-García, N., López-Jiménez, S., L. Rangel-López. (2017). Avances en el cultivo de *Hippocampus* spp. (Teleostei: Syngnathidae): investigaciones en el siglo XXI. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 45(1), 1-17.
- Whitfield, A.K. (1995). Threatened fishes of the world: *Hippocampus capensis* Boulenger, 1900 (Syngnathidae). *Environ. Biol. Fish.*, 44: 362.

- Willadino, L., L. Souza-Santos, R. Mélo, A. Brito, N. Barros, C. Araújo-Castro, D. Galvão, A. Gouveia, C. Regis, R. Cavalli. (2012). Ingestion rate, survival and growth of newly released seahorse *Hippocampus reidi* fed exclusively on cultured live food items. *Aquaculture*, 360–361: 10–16.
- Wilson, Z., C. Carter, G. Purser. (2006). Nitrogen budgets for juvenile big-bellied seahorse *Hippocampus abdominalis* fed *Artemia*, mysids or pelleted feeds. *Aquaculture*, 255(1): 233–241.
- Wong, J., J. Benzie. (2003). The effects of temperature, *Artemia* enrichment, stocking density and light on the growth of juvenile seahorses, *Hippocampus whitei* (Bleeker, 1855), from Australia. *Aquaculture*, 228(1): 107–121.
- Woods, C.M. (2000). Improving initial survival in cultured seahorses, *Hippocampus abdominalis* Leeson, 1827 (Teleostei: Syngnathidae). *Aquaculture*, 19 (3): 377–388.
- Woods, C.M. (2003). Growth and survival of juvenile seahorse *Hippocampus abdominalis* reared on live, frozen and artificial foods. *Aquaculture*, 220(1): 287–298.
- Woods, C. M. (2009). Caprellid amphipods: an overlooked marine finfish aquaculture resource?. *Aquaculture*, 289(3-4), 199-211.
- Yin, F., B. Tang, D. Zhang, Z. Xiong. (2012). Lipid metabolic response, peroxidation, and antioxidant defence status of juvenile lined seahorse, *Hippocampus erectus*, fed with highly unsaturated fatty acids enriched *Artemia metanauplii*. *J. World Aquacult. Soc.*, 43: 716–726.



---

# COMPUESTOS BIOLÓGICAMENTE ACTIVOS DE PLANTAS ACUÁTICAS CON POTENCIAL PARA DIETAS FUNCIONALES DE PECES DE CULTIVO

## BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS OF AQUATIC PLANTS WITH POTENTIAL FOR DIETS FUNCTIONAL OF FARMED FISH

AGUILERA MORALES MARTHA ELENA<sup>1\*</sup>, MARGARITA CANALES MARTÍNEZ<sup>2</sup>, ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ<sup>3</sup>, CÉSAR M. FLORES ORTÍZ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Oax. Av. Ferrocarril S/N Loma Bonita, Oax. C.P.68400, <sup>2</sup>Laboratorio de Fisiología Vegetal, UBIPRO, Laboratorio Nacional en Salud, FES Iztacala, UNAM. Av. de los Barrios No.1. Col. Los Reyes Iztacala. Tlalnepantla Estado de México. C.P. 54090, <sup>3</sup>Laboratorio de Farmacognosia, UBIPRO, FES Iztacala UNAM. Av. de los Barrios No.1. Col. Los Reyes Iztacala. Tlalnepantla Estado de México. C.P. 54090, <sup>4</sup>CEIEPAv. Calle Manuel M. López s/n, Avenida Tláhuac, km 21.5, Colonia Zapotitlán, Delegación Tláhuac, en México, D.F.

\*Corresponding author: [aguilena02@hotmail.com](mailto:aguilena02@hotmail.com)

---

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la composición química proximal (AQP) y algunos compuestos con actividad biológica (CBA) en dos plantas de distintos ambientes (agua dulce, *Lemna gibba*L. y agua salada, *Ulva lactuca*) de la región de la Cuenca del Papaloapan para determinar su potencial para la formulación de dietas funcionales para peces de cultivo. La harina de las plantas acuáticas fue analizada con un A.Q.P. y análisis de fracciones de fibras. Un extracto metanólico fue obtenido para cuantificar tipos de azúcares por cromatografía de alta resolución (HPLC), azúcares de reserva y estructurales, total de fenoles y flavonoides y xantofilas (A.O.A.C, 2006). Se obtuvo la media aritmética y desviación estándar de los análisis que no utilizaron HPLC y los resultados fueron analizados mediante "t" de student a través del software SPSS versión 17. Se encontró diferencia significativa en el contenido de todos los compuestos químicos de las dos especies de plantas acuáticas, contenidos apreciables de proteína, fibra funcional, distintos antioxidantes que les confieren a *L. gibba* L. y *U. lactuca* un alto potencial para ser utilizadas como ingredientes funcionales cuyos beneficios serían el ahorro de proteína y la prevención de enfermedades.

**Palabras clave:** *Lemna gibba*, *Ulva lactuca*, compuestos bioactivos, alimento funcional, peces.

## ABSTRACT

The aim of this work was to characterize the proximate chemical composition (PCHC) and some compounds with biological activity (CBA) in two plants of different environments (freshwater, *Lemna gibba* L. and salt water, *Ulva lactuca*) from the region Papaloapan Basin to determine their potential for the formulation of diets functional for fish culture. An A.Q.P. and a fractional analysis of fibres were applied to the flours of aquatic plants. A methanol extract was obtained to quantify types of sugars by high-resolution chromatography (HPLC), reserve and structural sugars, total phenols and flavonoids and xanthophylls (AOAC, 2006). It was obtained the arithmetic mean and standard deviation of the analysis that is not used HPLC and the results were analyzed using "t" of student with software SPSS version 17. Significant difference was found in the contents of all the chemical compounds of the two species of aquatic plants, appreciable quantities of protein, functional fiber, different antioxidants that give them a high potential to be used as functional ingredients whose benefits would be protein savings and disease prevention.

**Key words:** *Lemna gibba*, *Ulva lactuca*, bioactive compounds, functional food, fishes.

## INTRODUCCIÓN

Los compuestos biológicamente activos (CBA) son producto del metabolismo primario o secundario de diversas plantas terrestres y acuáticas; se utilizan para distintos fines como crecimiento, protección contra depredadores, agentes físicos, atracción de polinizadores, entre otros. Los CBA se pueden agrupar en metabolitos primarios o “nutritivos” (proteínas, ácidos grasos esenciales, algunos carbohidratos) y secundarios o “no nutritivos” (prebióticos como los glucanos, probióticos como *Lactobacillus*) (Aguilera, 2018). En investigaciones recientes se ha asociado a los CBA primarios y secundarios con el estrés oxidativo, por su efecto antioxidante, la inhibición o prevención de patologías tanto en animales como en humanos (Mehrabi *et al.*, 2012; Vásquez-Piñeros *et al.*, 2012). Los mecanismos de acción van desde la estimulación del crecimiento, fortalecimiento del sistema inmune, estimulación de las células de defensa mediante la formación de trampas, promover la síntesis de compuestos y de proteínas anticoagulantes, entre otras (Kumar *et al.*, 2012). Algunos de estos compuestos se les atribuyen propiedades antibacterianas, antifúngicas y antivirales (Quitral *et al.*, 2012). Diversas plantas acuáticas contienen altas concentraciones de nutrientes y compuestos bioactivos en función de su distribución geográfica, época estacional, condiciones ambientales (corrientes, nutrientes y depredadores) (Zheng *et al.*, 2011). Poco son los estudios sobre CBA en las plantas acuáticas enfocados a la prevención de enfermedades y producción acuícola de ahí la importancia de realizarlos. *Lemna gibba* es una macrofitas que habita charcas de agua dulce, lagos y ríos; a veces son consideradas plagas dado su alta tasa de reproducción, principalmente en zonas con alto contenido de nitrógeno y fosfatos (Peters *et al.*, 2009). *U. lactuca* son algas verdes marinas arrojadas por el oleaje a los márgenes de las playas; son consideradas fuente de contaminación por su mal olor y aspecto al descomponerse. El objetivo de este trabajo fue caracterizar algunos

CBA en dos plantas de distintos ambientes de la región (agua dulce, *Lemna gibba* y agua salada, *Ulva lactuca*) y determinar su potencial para la formulación de dietas funcionales para peces de cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectó *Ulva lactuca* en la región de la cuenca media baja del Papaloapan en “playa Norte” y playa “Gaviotas” en Veracruz Puerto y *Lemna gibba* en cuerpos acuáticos del municipio de Loma Bonita, Oaxaca durante los meses de Julio – Agosto de 2013. Las plantas acuáticas se lavaron con agua de pozo a chorro de agua corriente. Posteriormente, se pusieron a secar al Sol con volteos constantes. Posteriormente se tomó una muestra al cuarteo de cada una de las plantas acuáticas para luego terminarla de secar en horno a 45°C durante 2 horas. Finalmente, fueron molidas cada una de las plantas utilizando una licuadora convencional y en el caso de *L. gibba* con ayuda de un mortero pasando la molienda por un tamiz de 0.01 micras de diámetro para obtener la harina. Posteriormente en base a la A.O.A.C. (2006) se practicaron los siguientes análisis: unquímico proximal (A.Q.P.); fracciones de fibra, fibra dietética insoluble y fibra dietética soluble mediante kit enzimático Megazyme (K-TDFR). Por otra parte, se obtuvo un extracto metanólico (Domínguez, 1973) del cual se cuantificaron tipos de azúcares por cromatografía de alta resolución (HPLC) (AOAC, 2006) además de determinar azúcares estructurales mediante hidrólisis (Din *et al.*, 2011). Fenoles y flavonoides se determinaron mediante el método Folin – Ciocalteau (Gülcin *et al.*, 2010) y xantofilas y carotenoides mediante HPLC DAD (AOAC, 2006). Se obtuvo la media aritmética y desviación estándar de los análisis que no utilizaron HPLC y los resultados fueron analizados mediante “t” de student a través del el software SPSS versión 17.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se aprecia en la Tabla 1, el contenido de los distintos componentes químicos de las plantas analizadas fue significativamente ( $p < 0.05$ ) diferente, lo cual se asocia a los factores de su hábitat donde se colectaron, distribución, temperatura, disponibilidad de nutrientes, profundidad, luz y estado fisiológico (Zheng *et al.*, 2011). El contenido de extracto etéreo (grasas, vitaminas y pigmentos) en general, estuvo dentro de lo reportado en otras investigaciones tanto para *L. gibba* (2.3 – 5%) (Kalita *et al.*, 2008) como para *U. lactuca* (0.3-2.5 g/100 g materia seca) (Ortiz, 2011). Esta última tiene mayor capacidad de almacenar minerales indicado indirectamente por el contenido de cenizas (33.07%) (Pereira *et al.*, 2011). De acuerdo al contenido de proteína cruda de *L. gibba* (21.5%) resultó una fuente proteica que puede aprovecharse como sustituto de harina de pescado por ser la proteína considerada de importancia primaria. *U. lactuca* resultó un alimento fibroso debido al contenido de fibra cruda (mayor a 18 %) y al contenido de PC (menor al 20 %; 17.2%) (García *et al.*, 2015). Ambas plantas acuáticas son una tercera parte de ellas carbohidratos, como lo indica el ELN (32 y 38%); aunque los peces no requieren de carbohidratos ya que los pueden sintetizar de la fuente

de lípidos o proteínas del alimento se incluyen en su dieta, por ejemplo en tilapia 25% durante todo el ciclo, como una fuente de energía de proteína económica y como ligante (idem).

**Tabla 1.** Composición química proximal (g 100g<sup>-1</sup> muestra, base seca), ácidos grasos poliinsaturados, fracciones de fibras y polisacáridos en de las plantas acuáticas analizadas.

	<i>Lemna gibba</i>	<i>Ulva lactuca</i>
Cenizas	<sup>a</sup> 20.10 ± 0.33	<sup>b</sup> 33.07 ± 0.45
Proteína cruda	<sup>a</sup> 21.5 ± 0.38	<sup>b</sup> 17.2 ± 0.60
Lípidos	<sup>a</sup> 4.45 ± 0.65	<sup>b</sup> 1.7 ± 0.37
Extracto libre de nitrógeno (ELN)	<sup>a</sup> 32.4 ± 0.36	<sup>b</sup> 38.34 ± 0.41
Fibra dietética total (FDT)	<sup>a</sup> 21.5 ± 0.49	<sup>b</sup> 9.2 ± 0.71
Fibra dietética soluble (FDS)	<sup>a</sup> 16.7 ± 0.47	<sup>b</sup> 6.5 ± 0.34
Fibra dietética insoluble (FDI)	<sup>a</sup> 4.8 ± 0.82	<sup>b</sup> 2.7 ± 0.65
Polisacáridos estructurales (mg g <sup>-1</sup> )	<sup>a</sup> 329 ± 0.03	<sup>b</sup> 274 ± 0.047
Polisacáridos de reserva (mg g <sup>-1</sup> )	<sup>a</sup> 319 ± 0.02	<sup>b</sup> 422 ± 0.007
Inulina (mg g <sup>-1</sup> )	<sup>a</sup> 133.45 ± 19.84	<sup>b</sup> 272.18 ± 9.43
Maltosa (mg g <sup>-1</sup> )	NR	18.326 ± 3.69

Media de tres réplicas ± desviación estándar. Literales a,b indican diferencia significativa (p<0.05).

La fibra dietética que representa los carbohidratos resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado con fermentación completa o parcial en el intestino grueso (A.A.C.C., 2001) que incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina fue mayor en *L. gibba* (21.5%) que en *U. lactuca* (9.2%) lo mismo que su fracción soluble (16.7%). *L. gibba* presentó mayor cantidad de polisacáridos estructurales (329 mg g<sup>-1</sup>) que *U. lactuca* (274 mg g<sup>-1</sup>) y ésta última tuvo una mayor contenido de azúcares de reserva (422 mg.g<sup>-1</sup>) entre ellos inulina (272 mg g<sup>-1</sup>). La importancia de estos datos radica en que la inulina es un polisacárido funcional altamente fermentable cuyos productos son AGCC (ácidos grasos de cadena corta) dentro de los cuales el butirato genera la producción de moco en los vertebrados (entre ellos los peces) y la cual es una barrera física con componentes antimicrobianos además de ocasionar una acción antiinflamatoria específica en el colón y disminuir la producción de citoquinas proinflamatorias como el TNF (factor necrótico tumoral). La inulina en la dieta de los peces tendría un efecto inmunonutriente y prebiótico. En *U. lactuca* además se identificó maltosa (18.3 mg.g<sup>-1</sup>) azúcar de reserva de carácter reductor, la cual es de fácil digestión y podría añadirse a lista de edulcorantes naturales que recomiendan algunos expertos (García-Almeida et al., 2013) para conservar frescos y la calidad de productos y mejorar el sabor de los alimentos entre otras mejoras.

La cantidad de antioxidantes expresada por el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT), los compuestos flavonoides (CF) y xantofilas fueron significativamente distintas (p<0.05) en *U. lactuca* y en *L. gibba* (Tabla 2), lo cual coincide con algunas investigaciones (Li et al., 2007; El-

Baky *et al.*, 2008). Las muestras en fresco y seco de las xantofilas también tuvieron diferencias significativas éstas se debieron a los cambios estacionales y condiciones ambientales como la salinidad y otros parámetros fisicoquímicos, o la exposición prolongada a las radiaciones UV del Sol durante la marea baja (Farasat *et al.*, 2014). Los carotenoides son susceptibles a la degradación de luz solar y cambio estructural por calor (Meléndez *et al.*, 2007). De acuerdo a estudios científicos los carotenoides neutralizan especies reactivas de oxígeno y nitrógeno producidas en el metabolismo celular. Por lo que en la dieta contribuirían a contrarrestar los daños oxidativos provocados por los radicales libres producidos por el estrés en las distintas fases de producción. No obstante lo anterior, los carotenoides están implicados en la disminución de algunas enfermedades, además de ser una fuente de provitamina A (Islam y Gracia, 2013). Los carotenoides intervienen en la respuesta inmune y en la comunicación celular regulando la expresión de algunos genes de las respuestas inflamatorias e inmunes (Meléndez *et al.*, 2007).

**Tabla 2.** Contenido de compuestos fenólicos totales y flavonoides determinados en *L. gibba* y *U. lactuca*.

Compuesto	Contenido	
	<i>L. gibba</i>	<i>U. lactuca</i>
Compuestos fenólicos totales (CFT)(mg g <sup>-1</sup> )	4.16 ± 0.04 <sup>a</sup>	7.34 ± 0.02 <sup>b</sup>
Contenido de flavonoides (CF)	8.52 ± 0.04 <sup>a</sup>	12.25 ± 0.04 <sup>b</sup>
Concentración de xantofilas (g xantofilas kg <sup>-1</sup> )	<sup>a</sup> 8.45 ± 0.2347 Fresca <sup>b</sup> 16.48 ± 0.6121 Seca	<sup>c</sup> 2.86 ± 0.5782 <sup>d</sup> 1.70 ± 0.4591

Media de dos réplicas ± su desviación estándar. Las literales a,b. Indican diferencias significativas (p<0.05)

Como se observa en la Tabla 3, ambas especies de plantas acuáticas son ricas en β-caroteno, licopeno y luteína todos antioxidantes importantes, cuyo contenido mayor como se observa en fresco. En la dieta de peces estos antioxidantes contribuirían al mantenimiento epitelial, secreción de la mucosa, respuestas inflamatorias e inmunes previniéndoles de enfermedades.

**Tabla 3.** Carotenoides identificados en *L. gibba* y *U. lactuca*.

Muestra	# Pico	$\lambda$ (nm)	Identificado	Concentración ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Muestra	# Pico	$\lambda$ (nm)	Identificado	Concentración ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
Fresca	1	422	$\beta$ -Caroteno	171.46	Fresca	1	422	$\beta$ -Caroteno	171.46
	3	466	Neoxantina	103.57		3	466	Neoxantina	103.57
	4	474	Licopeno	123.16		4	474	Licopeno	123.16
Seca	A	422	$\beta$ -Caroteno	116.37	Seca	A	422	$\beta$ -Caroteno	116.37
	B	440	Luteína	105.11		B	440	Luteína	105.11
	C	446	Licopeno	96.42		C	446	Licopeno	96.42

## CONCLUSIÓN

Las plantas acuáticas *Lemna gibba* y *Ulva lactuca* colectadas en la Cuenca Media Baja del Papaloapan tienen gran potencial para la elaboración de dietas funcionales para peces y otras especies animales por ser fuentes de compuestos con actividad biológica como proteínas, polisacáridos altamente fermentables y antioxidantes (xantofilas,  $\beta$  carotenos, licopenos y luteína) representando una alternativa nutritiva y preventiva contra enfermedades.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca 84017 para el Doctorado en Ciencias de la Producción y Salud Animal de Martha Elena Aguilera que realizó en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Gracias a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI-UNAM), a la Unidad de Prototipos y Biotecnología por las facilidades en el uso de laboratorios donde se realizaron los análisis.

## REFERENCIAS

- Aguilera Morales M. E. (2018). Compuestos nutricionales y bioactivos de las plantas acuáticas *Lemna gibba* y *Ulva lactuca* y su evaluación en el crecimiento y la salud de tilapia (*Oreochromis niloticus*) como alimento funcional. Tesis Doctoral. Posgrado de Producción y Salud Animal. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán UNAM. 139 p.
- A.A.C.C. (American Association of Cereal Chemist). (2001). The Definition of Dietary Fiber. Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors. 46(3):112-126.
- A.O.A.C. (Official methods of analysis International). (2006). 18th Edition. Revision of 2005.

- Din A., Muhammad Anjum F., Zahoor T. y Nawaz H.. (2011). Extracción y utilización de  $\beta$ -glucano de Cebada para la Preparación de Bebidas Funcionales. Rev. Mundo Alimentario 16-20 pp.
- Dominguez, A. X. (1973). Métodos de investigación fitoquímica. Primera edición. Editorial Limusa. México. 3-17 pp.
- El-Baky H.H.A., El-Baz F.K., El-Baroty G.S. (2008). Natural preservative ingredient from marine alga *Ulva lactuca* L. Int J Food Sci Technol 44: 1688-1695.
- Farasat M., Ali Khavari-Nejad R., Bagher N. S., Namjooyan, F. (2014). Antioxidante activity, total phenolics and flavonoid contents of some edible green seaweeds from Northern Coasts of the Persian Gulf. Iranian Journal of Pharmaceutical Research 13(1):163-170.
- García-Almeida, J. M., Casado Fernández, Gracia M., García Alemán, J. (2013). Una visión global y actual de los edulcorantes: aspectos de regulación. Nutrición Hospitalaria, 28(Supl. 4), 17-31..
- García B. A., Rodríguez R. M., Campos A. J., Gómez E. C. (2015). Caracterización de insumos como alternativa para la alimentación de tilapia. Folleto Técnico No. 6, SAGARPA-INIFAP. México. 30 p.
- Gülcin I., Kircci E., Akkemik E., Topal F., Hisar O. (2010). Antioxidant, antibacterial, and anticandidal activities of an aquatic plant: duckweed (*Lemna minor* L., Lemnaceae). Turk J Biol. 34:175-188.
- Kalita P., Mukhopadhyay P. K. and Mukherjee, A. K. (2008). Supplementation of four non-conventional aquatic weeds to the basal diet of *Catla catla* (Ham.) and *Cirrhinus mrigala* (Ham.) fingerlings: Effect on growth, protein utilization and body composition of fish. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 38, 21–27
- Kumar M., P. Kumari, N. Trivedi, M.K. Shukla, V. Gupta, C.R.K. Reddy B. Jha. (2011). Minerals, PUFAs and antioxidant properties of some tropical seaweed from Saurashtra coast of India. J App Phycol., 23(5): 797-810.
- Li, A.H., K. Cheng, C. Wong, F. King-Wai, C. Feng, J. Yue, (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. Food Chem., 102: 771-776.
- Mehrabi, Z., Firouzbakhsh, F. & Jafarpour, A., (2012). Effects of dietary supplementation of synbiotic on growth performance, serum biochemical parameters and carcass composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 96, 474–481.
- Meléndez C.M., V.V. Kouznetsov, M.A. Sortino, S.L. Álvarez, S.A. Zacchino. (2007). In vitro antifungal activity of polyfunctionalized 2-(hetero) arylquinolines prepared through imino Diels-Alder reactions. Bioorganic & Medicinal Chemistry 16: 7908-7920.
- Ortiz V. J. (2011). Composición nutricional y funcional de las algas clorofíceas chilenas: *Codium fragile* y *Ulva lactuca*. Monografía. Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile. 25 p.

- Pereira H., Barreira L., Figueiredo F., Custódio L., Vizetto-Duarte C., Polo C., Rešek E., Engelen A., Varela J. (2011). Polyunsaturated Fatty Acids of Marine Macroalgae: Potential for Nutritional and Pharmaceutical Applications. *Mar. Drugs* 10: 1920-1935 pp.
- Peters R.R., Moralea D. E., Morales N.M., R.J. Hernández. (2009). The food quality of the flour of *Lemna obscura* as an ingredient in the preparation of food for red tilapia (*Oreochromis spp.*). *J. Sci.*, 3: 303-310.
- Quitral R., C., Morales M., Sepúlveda, M. Schwartz. (2012). Nutritive and healthy properties of seaweed and its potential as a functional ingredient. *Chil. J. Nutr.*, 39: 196-202.
- Vásquez-Piñeros M.A., Rondón-Barragan L.S., Eslava-Mocha P.R. (2012). Immunostimulants in teleost fish: probiotics,  $\beta$ -glucans and Lipopolysaccharides. *ORINOQUIA*, Universidad de los Llanos Villavicencio, Meta. Colombia 16 (1): 46-62.
- Zheng L.H., Y.J. Wang., J. Sheng., F. Wang., Y. Zheng., X.K. Lin, M. Sun. (2011). Antitumor peptides from marine organisms. *Mar. Drugs*, 9: 1840-1859.

---

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA EN MACHOS YY DE TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*)

## EVALUATION OF SPERMATIC QUALITY OF NILE TILAPIA YY MALES (*Oreochromis niloticus*)

JONATHAN FERNÁNDEZ SANTOS<sup>1</sup>, JUAN PABLO ALCÁNTAR VAZQUEZ<sup>2</sup>, VÍCTOR MANUEL MEZA VILLALVAZO<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad del Papaloapan. Campus Tuxtepec, Circuito central #200, Colonia Parque Industrial, Oaxaca, México C. P. 68301. Tel. (287) 8759240; <sup>2</sup> Universidad del Papaloapan. Campus Loma Bonita, Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria, Oaxaca, México C. P. 68400. (281) 8729230.

Corresponding author: meza1077@hotmail.com

---

### RESUMEN

En la región del Papaloapan, la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es una especie de importancia comercial que en los últimos años ha mostrado un crecimiento significativo en su cultivo de hasta el 50 %. Sin embargo, su producción está siendo implementada mediante la utilización de hormonas; esto a su vez genera un conflicto con el mercado, el cual apunta a una reducción en el uso de sustancias sintéticas. Debido a lo anterior, se han buscado tecnologías que permitan un cultivo más amigable con el medio ambiente (manteniendo el balance económico y social). La producción mediante machos YY (producen solamente espermatozoides con el cromosoma Y) genera poblaciones de machos libres de hormonas para su consumo. Los estudios en cuanto a las características seminales de dichos machos son escasos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características espermáticas de machos YY de tilapia del Nilo, mediante parámetros que determinan la calidad espermática, tales como volumen, concentración y motilidad. Se utilizaron 60 reproductores, divididos en dos grupos: grupo 1 XY (n=30), grupo 2 YY (n=30), ambos grupos bajo las mismas condiciones y régimen de alimentación. La concentración y la motilidad espermática fueron determinadas bajo dilución (semén/agua destilada) y analizadas en un sistema informático CASA. Los resultados obtenidos de volumen, concentración y motilidad para el grupo 1 fue: 0.4 mL,  $750.78 \times 10^6$  mill/mL y 65 % de esperma con movilidad, para el grupo 2 fue: 0.8 mL,  $3150.43 \times 10^6$  mill/mL y 63 % de espermias con movilidad. La motilidad espermática reveló que el grupo 1 fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en comparación con el grupo 2. Los resultados obtenidos indican que las características seminales de los machos reproductores YY no se ven afectados negativamente

por el genotipo sexual, incluso presentan valores significativamente ( $P < 0.05$ ) más altos, en cuanto volumen y concentración espermática, en comparación con machos normales (XY).

**Palabras clave:** concentración, volumen y sistema CASA.

## ABSTRACT

In the region of Papaloapan, Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is a species of commercial importance that in later years have shown a significant growth in his culture up to 50 %. However, is production is being implemented through the utilization of hormones; this in turn generates a conflict with the market, which points to a reduction in the use of synthetic substances. Due to this, there is a continuous search for technologies that allow a friendlier culture with the environment (maintaining an economic and social balance). The production of YY Males (only produce spermatozoa with a Y chromosome) generates populations of males without the use of hormones for sale. The studies related to the seminal characteristics of YY males are only a few. The objective of the present work was to evaluate the Nile tilapia YY-males' spermatoc characteristics through parameters that determine the spermatoc quality such as volume, concentration and motility. We used 60 breeders divided in two groups: Group 1 XY (n=30), group 2 YY (n=30), both groups were maintained under the same conditions and feed regimen. Concentration and spermatoc motility were determined under dilution (semen/distilled water) and analyzed using a CASA system. The results obtained for volume, concentration and motility for the group 1 were: 0,4 mL,  $750.78 \times 10^6$  mill/mL and 65 % of motile sperm, while for the group 2 the values were: 0,8 mL,  $3150,43 \times 10^6$  mill/mL and 63 % of motile sperms. The spermatoc motility showed that the values observed in group 1 were significantly higher as compared with the group 2. Results obtained suggest that the seminal characteristics of YY males there are not negatively affected by sexual genotype, even presenting significantly higher values of volume and concentration, as compared with normal males (XY).

**Keywords:** concentration, Volume, CASA system.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos, en los cuales puede existir manipulación para aumentar su producción (FAO, 2016). Dicha actividad brinda un incremento económico en el país que la desarrolla (Rodríguez-verdugo, 2012). En este sentido la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), es una de las especies más destacadas en la acuicultura (Alcántar-Vázquez et al., 2014). Sin embargo, actualmente la producción de alevines está siendo implementada con la utilización de hormonas; lo cual genera un conflicto para el mercado, el cual apunta a una reducción en el uso de hormonas. En este sentido, una alternativa es la producción de machos YY, la cual consisten la producción de peces con un genotipo sexual YY, los cuales producen al cruzarse con hembras normales (YY), poblaciones monosexo, libres de hormonas para su comercialización (Marín-Ramírez et al., 2016). Como consecuencia del cambio en el genotipo sexual, se genera la interrogante de que tan similares son ambos

reproductores (XY / YY) en cuanto a su desempeño reproductivo y calidad espermática. Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad espermática de machos YY y machos XY, analizando la concentración y motilidad espermática por eyaculado con ayuda de un sistema integrado de análisis espermático (CASA), el cual es utilizado para medir cuantitativamente la calidad espermática (Rurangwa *et al.*, 2002).

## MATERIALES Y METODOS

Los peces fueron adquiridos de la universidad del Papaloapan (campus Loma Bonita). Se extrajeron muestras de semen de ambos genotipos (XY/YY). Se utilizaron 60 productores, divididos en dos grupos: grupo 1 XY (n=30), grupo 2 YY (n=30), ambos grupos bajo las mismas condiciones y régimen de alimentación; los cuales fueron analizadas por triplicado. Para dicho análisis los peces fueron anestesiados (2-fenoxietanol); el semen se obtuvo por el método de presión abdominal (Abascal *et al.*, 2008), fue necesario homogeneizar el semen (manteniéndolo a 32 °C). La concentración se analizó con una dilución de 1 / 250 microlitros (espermatozoides / agua destilada) (Fauvelet *et al.*, 2010). La activación fue con una dilución de 2 veces en agua destilada (1 / 2 microlitros), se configuró el sistema CASA con las condiciones adecuadas para seguir la trayectoria espermática a tiempo real (Gennotte *et al.*, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1. Se muestran los valores de volumen, concentración y motilidad. El volumen de eyaculado de los machos YY fue significativamente mayor en comparación con los eyaculados obtenidos de machos XY ( $P < 0.05$ ). Del mismo modo, el número total de espermatozoides contabilizados fue significativamente mayor en machos YY en comparación con los machos XY ( $P < 0.05$ ).

Los resultados obtenidos en volumen y concentración del presente estudio fueron contrastados con los reportados por Salirrosas *et al.* (2017), lo cual indicó que resultados obtenidos para machos YY ( $0.4 \text{ mL} \pm 0.3 / 4 \times 10^9 \text{ mill/mL}$  respectivamente) bajo condiciones similares presentan un volumen y concentración mayor que los valores registrados para machos normales ( $0.5 \text{ mL} / 1 \times 10^9 \text{ mill / mL}$  respectivamente) en la tilapia del Nilo. Mencionando además, que no existe una relación entre el peso vivo del individuo con el volumen y la concentración encontrada en los reproductores. Estos estudios revelan que existe una relación significativa entre el número de espermatozoides por mililitro y su motilidad, lo que significó que entre mayor número de espermatozoides existan en el eyaculado, habrá un efecto negativo en su desplazamiento.

**Tabla 1.** Valores de volumen, concentración y motilidad masal de eyaculados de machos XY y YY de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Tratamiento	Parámetros		
	Volumen (mL)	Concentración (esp/mL)	Motilidad masal (%)
<b>Machos XY</b>	0.470 ± 0.306 b	750.7x10 <sup>6</sup> ± 539.3 b	64.71 ± 10.71
<b>Machos YY</b>	0.875 ± 0.546 a	3150.4x10 <sup>6</sup> ± 1324.9 a	63.05 ± 7.30

Los valores representan el promedio representativo de cada parámetro ±desviación estándar. Donde a,b: literales entre columnas indican diferencias significativas. Tukey,  $P < 0.05$ ,  $n=30$ .

Los análisis realizados, de concentración y motilidad seminal, muestran que más del 60 % de los espermatozoides pertenecientes al semen de los supermachos, si presentan activación para realizar el proceso de fertilización hacia la ova. Sin embargo, este número de espermatozoides con desplazamiento correcto, no se presenta en el mismo porcentaje de células rápidas. En velocidades de desplazamiento, en comparación con los espermatozoides de machos XY. Al parecer, los valores se presentan para espermatozoides de machos XY, ligeramente más veloces. Los datos obtenidos por la morfología nos aclararan, si esta ventaja se debe a problemas de anomalía flagelar, de cuerpo o cabeza espermática.

La velocidad inferior, puede ser muy perjudicial para los machos YY, dado que el micrópilo de la ova se mantiene abierto por corto tiempo, si los machos YY no contienen espermatozoides con velocidades adecuadas (en la cantidad suficiente), puede ser la razón de no estar logrando una taza óptima de reproducción constante. En la Tabla 2, se muestran los parámetros de la motilidad, conformado por los parámetros de desplazamiento en los espermatozoides, además, podemos apreciar la diferencia antes mencionada del desplazamiento espermático, presente en supermachos y machos XY.

**Tabla 2.** Comparativa de los valores de desplazamiento entre machos YY y machos XY.

Reproductores	VCL ( $\mu\text{m/s}$ )	VSL ( $\mu\text{m/s}$ )	VAP ( $\mu\text{m/s}$ )
<i>Machos XY</i> ( $n=7652$ )	65.7 ± 49.5 <sup>a</sup>	18.9 ± 17.4	29.8 ± 21.8
<i>Machos YY</i> ( $n=6130$ )	56.9 ± 42.2 <sup>b</sup>	19.7 ± 20.3	28.3 ± 23.0

## CONCLUSIÓN

Las características seminales de los machos reproductores YY, no se ven afectadas negativamente por el genotipo sexual YY, ya que presentan mayores valores en cuanto a volumen y concentración en comparación con machos normales. Los parámetros de motilidad individual en machos YY muestran tener menor motilidad con respecto a machos XY.

## REFERENCIAS

- Abascal, F. J., Cosson, J., Fauvel, C. (2007). Characterization of sperm motility in sea bass: the effect of heavy metals and physicochemical variables on sperm motility. *Journal of Fish Biology*, 70(2), 509-522.
- Alcántar Vázquez, J. P. A., Santos, C. S., de la torre, R. M., Estrada, C. A. (2014). Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). SUNEOUNPA, 81 p.
- Comisión nacional de acuicultura y pesca (CONAPESCA), disponible en <http://www.gob.mx/conapesca>, consultado en noviembre de 2017.
- Fauvel, C., Suquet, M., Cosson, J. (2010). Evaluation of fish sperm quality. *Journal of Applied Ichthyology*, 26(5), 636-643.
- Gennotte, V., François, E., Rougeot, C., Ponthier, J., Deleuze, S., Mélard, C. (2012). Sperm quality analysis in XX, XY and YY males of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Theriogenology*, 78(1), 210-217.
- Marín-Ramírez, J. A., Alcántar-Vázquez, J. P., Antonio-Estrada, C., Moreno-de la Torre, R., Calzada-Ruiz, D. (2016). Feminization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by diethylstilbestrol growth and gonadosomatic index. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(7), 51-61.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), disponible en <http://www.fao.org>, consultado: noviembre de 2017
- Rodríguez-Verdugo, E. (2012). Comparación de parámetros reproductivos en hembras de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de alto y bajo valor genético
- Rurangwa, E., Kime, D. E., Ollevier, F., Nash, J. P. (2004). The measurement of sperm motility and factors affecting sperm quality in cultured fish. *Aquaculture*, 234(1-4), 1-28.
- Salirrosas, D., Leon, J., Arqueros-Avalos, M., Sanchez-Tuesta, L., Rabanal, F., Prieto, Z. (2017). YY super males have better spermatid quality than XY males in red tilapia *Oreochromis niloticus*. *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 349-355.



---

# EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE SEXOS EN LA PROGENIE DE HEMBRAS XY DE TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADAS CON 17 $\alpha$ -ETINILESTRADIOL DURANTE EL PERIODO DE ALEVÍN

## EVALUATION OF SEX PROPORTION IN NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) XY FEMALES FEED 17 $\alpha$ -ETINILESTRADIOL DURING THE FRY PERIOD.

VARINIA JUÁREZ-JUÁREZ, JUAN PABLO ALCÁNTAR-VÁZQUEZ\*, ANTONIO MARÍN-RAMÍREZ, CAROLINA ANTONIO-ESTRADA, RAÚL MORENO DE LA TORRE

<sup>1</sup>Laboratorio de Acuicultura, Des: Ciencias Agropecuarias. Universidad del Papaloapan (UNPA). Av. Ferrocarril s/n, Col. Ciudad Universitaria, Loma Bonita, Oaxaca. C.P. 68400.

Corresponding author [jupasoul@hotmail.com](mailto:jupasoul@hotmail.com)

---

### INTRODUCCIÓN

Bajo cultivo mixto, la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alcanza la madurez sexual mucho antes de alcanzar el tamaño comercial (Jiménez y Arredondo, 2000; Arboleda-Obregón, 2005). Por lo tanto, en la cría comercial de tilapia del Nilo, la reproducción durante el crecimiento es un problema importante, lo que lleva a la presencia en exceso de alevines y juveniles en los estanques y, en última instancia, da como resultado una gran variedad de tamaños de peces al momento de la cosecha en lugar de peces más grandes y uniformes (Mair *et al.*, 1997; Tariq-Ezaz *et al.*, 2004). Para evitar lo anterior, se han desarrollado una serie de técnicas para producir una población monosexo, completamente de machos. Los cultivos monosexo de tilapia del Nilo muestran un mejor crecimiento que los cultivos mixtos, y durante muchos años ha sido reconocida como la técnica más efectiva para aumentar la producción de tilapia en cultivos comerciales (Mair *et al.*, 1997; Müller & Hörstgen 2007; Nonglak *et al.*, 2012).

La reversión hormonal del sexo durante el período de alevín es el método más comúnmente utilizado para producir poblaciones exclusivamente de machos. Sin embargo, en los últimos años este método ha sido cada vez más cuestionado, ya que existe una creciente preocupación en todo el mundo por la acumulación de hormonas en el medio ambiente (especialmente en aguas marinas) y un número creciente de consumidores que no quieren comer productos que han sido tratados con hormonas (Piferrer, 2001; Müller & Hörstgen, 2007; Leet *et al.*, 2011). Una

alternativa viable, a escala comercial, es la producción de machos YY, que cuando se combinan con hembras normales (XX) producen progenies compuestas, en teoría, de 100% machos genéticos. La producción de machos YY en los últimos años en la Universidad del Papaloapan ha llevado a intentos de optimizar la tecnología YY. Una alternativa para optimizar la obtención de tilapia macho YY Nilo es la feminización de la progenie de hembras XY. Esta feminización permitirá la producción de dos genotipos; hembras XY y hembras con dos cromosomas Y (hembras YY). Las hembras YY se utilizarán para producir poblaciones compuestas de machos 100% YY cuando se cruzan con machos YY. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de la hormona  $17\alpha$ -etinilestradiol administrado oralmente durante el período de alevín en la proporción de sexos e índice gonadosomático de hembras XY de tilapia del Nilo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las hembras XY se produjeron alimentando alevines con  $120 \text{ mg kg}^{-1}$  de alimento tratado con  $17\beta$ -estradiol (53% de proteína) durante 30 días. Se criaron durante 18 meses en la estación de acuicultura de la Universidad del Papaloapan y se alimentaron dos veces al día con pellets comerciales (32% de proteína, Nutripec, Agribrands Purina).

La hormona sintética  $17\alpha$ -etinilestradiol ( $\text{EE}_2$ , Sigma Aldrich Chemical Co.) se agregó a la harina de pescado comercial ( $<0,35 \text{ mm}$ , 53% de proteínas) utilizando el método descrito por Guerrero (1975). Se agregaron cuatro niveles de tratamientos hormonales con  $\text{EE}_2$  al alimento: 100, 200, 300 y  $400 \text{ mg kg}^{-1}$ . El alimento del grupo de control se manejó exactamente de la misma manera con la excepción de la hormona agregada. Los alevines obtenidos de la cruce de hembras XY con machos normales se recolectaron 15 días después de iniciado el proceso. Las alevines se agruparon, se transportaron a un sistema de recirculación cerrado y se dividieron aleatoriamente en 15 acuarios acrílicos de 85-L (tres acuarios por tratamiento) a una densidad inicial de 1 alevín  $\text{L}^{-1}$ . El agua en el sistema de recirculación se filtró utilizando un filtro mecánico (Hayward, Modelo S310T2) y un biofiltro que contiene solo bio-bolas de plástico (Aquatic Eco-System, Modelo CBB1, Pentair Ltd.).

El tratamiento hormonal duró 20 días bajo un fotoperíodo de 12L:12O y con la temperatura del agua ajustada termostáticamente a  $26.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . Los alevines se alimentaron a intervalos de 1 hora con una relación de alimentación del 20% de su peso corporal total. Una vez que se completó el tratamiento hormonal, los alevines se alimentaron con una dieta comercial sin tratar (50% de proteína) durante 10 días más hasta que finalizó el período de alevín. Al final del período de alevín, los juveniles se transfirieron a tanques de concreto al aire libre de 3 m de diámetro provistos de agua fertilizada y se criaron hasta la madurez sexual (cuatro meses de edad). Durante este período, los juveniles se alimentaron de acuerdo a calendarios de alimentación sugeridos por Purina para la tilapia del Nilo.

Evaluación de la proporción de sexos. El sexo de 60 peces por tratamiento (20 peces por cada réplica) se determinó eliminando la gónada. Las gónadas fueron clasificadas como ovarios o testículos. Posteriormente la gónada fue pesada para obtener el índice gonadosomático. La proporción de hembras identificadas en cada tratamiento se probó contra la expectativa de 3:1 (macho: hembra) utilizando una prueba de chi cuadrado con una probabilidad del 0.1% ( $P < 0.001$ ). Las diferencias en el índice gonadosomático entre los diferentes tratamientos se analizaron mediante un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se encuentran contenidos en la Tabla 1. En el presente trabajo fue posible observar un incremento en la proporción de hembras al incrementar la concentración de EE<sub>2</sub>. A este respecto, Hopkins *et al.* (1979) reportan un incremento en la proporción de hembras obtenida en la tilapia azul (*O. aurea*) conforme se incrementó la concentración de EE<sub>2</sub> proporcionada. De igual forma, Mélard (1995), obtuvo un 100% de hembras utilizando en la tilapia azul una dieta con 200 mg kg<sup>-1</sup> de EE<sub>2</sub>. En nuestro experimento no se alcanzó un 100% de feminización, probablemente causado por la utilización de hembras XY, las cuales muestran un porcentaje de machos (en teoría) del 75% en comparación con el 50% de hembras normales bajo condiciones normales. Adicionalmente ha sido reportado que la feminización de machos YY (presentes en la progenie de hembras XY en un 25%) puede ser mucho más complicada que la feminización de machos normales (XY). Estos factores pudieron haber contribuido a que los porcentajes de feminización, aunque elevados, no alcanzaran un 100%, a pesar de utilizar dosis elevadas de EE<sub>2</sub>.

**Tabla 1.** Porcentaje de supervivencia (S), proporción de sexos e índice gonadosomático (IGS) en adultos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados con 17 $\alpha$ -etinilestradiol, a diferentes concentraciones durante el periodo de alevín.

Dosis Hormonal mg kg <sup>-1</sup>	NPA*	S (%)	Proporción de sexos		IGS
			M	H	
Control	60	99.1	81	19	0.94±0.23 <sup>b</sup>
100	60	87.2	21	79**	1.41±0.28 <sup>ab</sup>
200	60	72.6	11	89**	1.89±0.27 <sup>a</sup>
300	60	82.6	16	84**	1.39±0.21 <sup>ab</sup>
400	60	88.4	10	90**	1.11±0.21 <sup>ab</sup>

\*Número de peces analizados \*\*Se desvía significativamente de la proporción 3:1 esperada Para hembras XY ( $P < 0.001$ ). Superíndices de distinta letra indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ )

Estudios realizados han demostrado que una exposición continua a compuestos sintéticos causa un deterioro en el desarrollo gonadal, basado en la reducción observada del IGS, al igual

que los cambios morfológicos e histológicos que sufrieron las gónadas (Linderoth *et al.*, 2006; Marchand *et al.*, 2008; Louiz *et al.*, 2009). En nuestro trabajo, el examen gonadal de los peces del grupo control y aquellos expuestos a diferentes concentraciones de EE<sub>2</sub> arrojó diferencias significativas, con el grupo que alimentado con la concentración de 200 mg kg<sup>-1</sup> mostrando los valores más altos de IGS. Sin embargo, es importante mencionar que en este caso todos los grupos alimentados con EE<sub>2</sub> mostraron un mayor IGS que el grupo control. Esto nos indica, como se comentó anteriormente, que el EE<sub>2</sub> no mostró efectos negativos a nivel fisiológico sobre el desarrollo de la tilapia del Nilo. De igual forma, es indicativo del cambio de machos a hembras en los grupos tratados hormonalmente. En el grupo control, la proporción de hembras fue menor al 20 %, mientras que en los grupos alimentados con EE<sub>2</sub> fue cercana o mayor al 80%. Las hembras de tilapia del Nilo, por lo general, muestran un mayor desarrollo gonadal en comparación con los machos. Lo anterior como resultado del gran tamaño que presentan sus oocitos (huevos) en comparación con los de otros peces teleósteos. La producción de oocitos se traduce, por lo tanto, en un mayor IGS en comparación con la producción de espermatozoides por parte de los machos.

Aunque no se alcanzó un 100% de feminización utilizando EE<sub>2</sub> a elevadas concentraciones, los porcentajes obtenidos, en adición al excelente crecimiento, índice gonadosomático y supervivencia observados en los grupos alimentados con EE<sub>2</sub>, nos garantiza una adecuada producción de machos XY y hembras YY, los cuales podrán ser utilizados como reproductores dentro del paquete tecnológico de producción de machos YY de la tilapia del Nilo desarrollado a interior de la universidad del Papaloapan.

## CONCLUSIÓN

Incrementando la concentración de EE<sub>2</sub> proporcionada a través de la dieta es posible incrementar la proporción de hembras obtenidas. Sin embargo, la administración de altas concentraciones de EE<sub>2</sub> en la progenie de hembras XY de tilapia del Nilo no garantiza una feminización del 100%. La aplicación EE<sub>2</sub> a elevadas concentraciones no resulta en un decremento del IGS causado por una inhibición del desarrollo gonadal.

## REFERENCIAS

- Hopkins, D.K., Shelton, L.W. y Engle, R.C. (1979). Estrogen sex-reversal of *Tilapia aurea*. *Aquaculture*, 18, 263-268.
- Guerrero, R. (1975). Use of androgens for the production of all-male *tilapia aurea* (Steindachner). *Transactions of the American Fisheries Society*, 2:324-348.
- Leet, K. J., Gall, E. H. y Sepulveda, M. S. (2011). A review of studies on androgen and estrogen exposure in fish early life stages: effects on gene and hormonal control of sexual differentiation. *Journal of Applied Toxicology*. 31:379-398.

- Linderoth, M., Hansson, T., Liewenborg, B., Sundberg, H., Noaksson, E., Hanson, M., Zebühr, Y. y Balk, L. 2006. Basic physiological biomarkers in adult female perch (*Perca fluviatilis*) in a chronically polluted gradient in the Stockholm recipient (Sweden). *Journal of Marine Pollution Bulletin*, 53(8–9):437-450.
- Louiz, I., Ben-Attiab, M. y Ben-Hassinea, O. (2009). Gonadosomatic index and gonad histopathology of *Gobius niger* (Gobiidea, Teleost) from Bizerta lagoon (Tunisia): Evidence of reproduction disturbance. *Fisheries Research*, 100:266-273.429.
- Mair, G. C., Abucay, J. S., Skibinski, D. F. y Beardmore, J. A. 1997. Genetic manipulation of sex ratio for the large scale production of all-male tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54:396-404.
- Marchand, M. J., Pieterse, G. M. y Barnhoorn, I. J. (2008). Preliminary results on sperm motility and testicular histology of two feral fish species, *Oreochromis mossambicus* and *Clarias gariepinus*, from a currently DDTsprayed area, South Africa. *Journal of Applied Ichthyology*, 24(4):423-429.
- Mélar, C. (1995). Production of a high percentage of male offspring with 17 $\alpha$ -ethynylestradiol sex-reversed *Oreochromis aureus*. I. Estrogen sex-reversal and production of F2 pseudofemales. *Aquaculture*. 130: 25-34.
- Muller, B. A. y Hörstgen-Scharwk, G. (2007). Development of an YY-male Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Strain and Growth Performance Testing of the Genetically All Male Progenies. *Deutscher Tropentag*. 5-7 p.
- Piferrer, F. (2001). Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish. *Aquaculture*, 197:229-281.
- Nonglak, P., Boonanuntanasarn, S., Jangprai, A., Yoshizaki, G. y Nanakorn, U. (2012). Pubertal effects of 17 $\alpha$ - methyltestosterone on GH-IGF-related genes of the hypothalamic-pituitary-liver-gonadal axis and other biological parameters in male, female and sex-reversed Nile tilapia. *General and Comparative Endocrinology*, 177, 278-292.
- Tariq-Ezaz, M., Myers, J., Powell, S., Mcandrew, B. y Penman, D. (2004). Sex ratios in the progeny of androgenetic and gynogenetic YY male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture*, 232, 205-214.



---

# EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE SEXOS OBTENIDA EN LA TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADA CON HORMONAS ESTRÓGENAS Y CULTIVADA A UNA TEMPERATURA ELEVADA DURANTE EL PERIODO DE ALEVÍN

## EVALUATION OF THE SEX RATIO OBTAINED IN NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) FED WITH ESTROGEN HORMONES AND REARED AT AN ELEVATED TEMPERATURE DURING THE FRY PERIOD

YEIMIS. LÓPEZ RAMÍREZ<sup>1</sup>, JUAN PABLO ALCÁNTAR VÁZQUEZ<sup>1\*</sup>, DANIEL CALZADA RUIZ<sup>2</sup>, RAÚL MORENO DE LA TORRE<sup>1</sup>, CAROLINA ANTONIO ESTRADA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Acuicultura, Des: Ciencias Agropecuarias. Universidad del Papaloapan (UNPA). Av. Ferrocarril s/n, Col. Ciudad Universitaria, Loma Bonita, Oaxaca. C.P. 68400; <sup>2</sup> Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACBIOL-UJAT). Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco, C.P. 86150.

Corresponding author: [jupasoul@hotmail.com](mailto:jupasoul@hotmail.com)

---

### RESUMEN

La tecnología para la producción de machos YY tiene como finalidad obtener poblaciones monosexo de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, libres de hormonas. Sin embargo, su primera etapa requiere la feminización de alevines XY. En el presente trabajo se probaron tres hormonas, estradiol-17 $\beta$  (E<sub>2</sub>), 17 $\alpha$ -etinilestradiol (EE) y dietilestilbestrol (DES) a una misma concentración (120 mg), a una temperatura de cultivo de 34°C durante el periodo de alevín. Esto con el objetivo de evaluar su efecto sobre la proporción de sexos, crecimiento e índice gonadosomático (IGS) de la tilapia de Nilo. El tratamiento se realizó por triplicado durante 17 días en acuarios de 85 L. La proporción de sexos se obtuvo mediante la observación macroscópica de las gónadas. Se alcanzó 100% de feminización utilizando el estrógeno 17 $\alpha$ -

etinilestradiol. La descendencia de los reproductores utilizados presentó una alta sensibilidad a la feminización.

**Palabras claves:** Machos YY, feminización, progenie, masculiización

## ABSTRACT

The technology for the production of YY males aims to generate monosex populations of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* without using hormones. However, the first stage of this technology requires feminization of XY fry. In the present work we used three hormones, estradiol-17 $\beta$  (E2), 17 $\alpha$ -ethinylestradiol (EE) and diethylstilbestrol (DES) (120 mg), at a rearing temperature of 34 °C during the fry period. This was done in order to evaluate its effect on sex proportion, growth and gonadosomatic index (IGS) of the Nile tilapia. The treatment was performed in triplicate for 17 days in aquariums of 85 L. Sex ratio was obtained by macroscopic observation of the gonads. A 100% of feminization was achieved using the estrogen 17 $\alpha$ -ethinylestradiol. The fry used showed a high sensitivity to feminization.

**Keywords:** YY males, feminization, progeny, masculinization.

## INTRODUCCIÓN

La tilapia del Nilo es una especie apta para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales (Jiménez y Arredondo, 2000). Sin embargo, un problema generalizado durante su cultivo, es su alta precocidad reproductiva, la cual ocasiona sobrepoblación dentro de los estanques y con ello la aparición de enfermedades provocadas por el estrés y un decremento de la calidad del agua. Adicionalmente, la maduración precoz trae como consecuencia que la tilapia del Nilo utilice la energía en la conducta sexual y maduración de los gametos, en lugar del crecimiento somático (Arboleda, 2005).

Para dar solución a la problemática de la maduración precoz, existen varias estrategias que permiten controlar o evitar la reproducción de tilapia del Nilo en condiciones de cultivo y con esto reducir los problemas de sobrepoblación dentro de los estanques. En la actualidad la reversión sexual a través de hormonas ha sido reconocida por muchos años como la técnica más eficiente para producir poblaciones monosexo, exclusivamente de machos, ya que estos muestran un mejor desempeño en cuanto a crecimiento y ganancia de peso (Jiménez y Arredondo, 2000; Hurtado, 2005; Daza *et al.*, 2005). Sin embargo, actualmente la utilización de hormonas para revertir el sexo dentro de la industria de la tilapia se ha convertido en un tema muy controvertido, ya que existe una creciente preocupación por la acumulación de hormonas naturales y sintéticas en los cuerpos de agua cercanos a las granjas y un gran número de consumidores demanda una producción amigable con el ambiente (Müller y Hörstgen, 2007; Leet *et al.*, 2011).

Una técnica alterativa consiste en el desarrollo de machos YY. El objetivo de producir reproductores YY de tilapia del Nilo, es que al cruzarlos con hembras normales (XX) se pueden

obtener poblaciones compuestas al 100% por organismos genéticamente machos (XY) sin el uso de hormonas (Varadaraj, 1989; Vera *et al.*, 1996; Mairet *et al.*, 1997). Sin embargo, aunque la técnica no requiere el uso de hormonas para producir las poblaciones monosexo que son comercializadas, la primera parte de la técnica requiere la feminización de lotes de alevines con genotipo XY a través de hormonas estrógenas, ya sean naturales o sintéticas.

La feminización de alevines XY se lleva a cabo, al igual que la masculinización, a través de la aplicación de hormonas durante la etapa de alevín, cuando la gónada aún no se ha diferenciado. Lo anterior garantiza que se obtendrá una población compuesta por un 100 % de hembras, de las cuales el 50 % serán hembras XY. Estas hembras al cruzarse con machos normales (XY) arrojarán una descendencia compuesta por un 75 % de machos, del cual el 25 % tendrán un genotipo XX (hembras normales), un 50% tendrá un genotipo XY (machos normales) y un 25 % tendrá un genotipo YY (Mairet *et al.*, 1997).

Actualmente se sabe que la determinación del sexo en la tilapia del Nilo, dependiendo de factores genéticos parentales, es fuertemente influenciada por la temperatura. Lo anterior ha generado investigación encaminada a determinar si el efecto de la temperatura es lo suficientemente fuerte para influir significativamente en la proporción de sexos en poblaciones de tilapia (Beardmore *et al.*, 2001; Kwon *et al.*, 2002). Algunos investigadores han encontrado que las temperaturas elevadas estimulan una masculinización de las gónadas, mientras que temperaturas bajas pueden feminizar las gónadas (Desprez y Melard, 1998; Wang y Tsai, 2000; Karayuecelet *et al.*, 2002). El efecto de la temperatura, al igual que el efecto de las hormonas, se da en los primeros días de vida del alevín (Wang y Tsai, 2000), por lo cual es importante evaluar, su efecto bajo ciertas condiciones de cultivo, su interacción con hormonas estrógenas, así como su efecto en el crecimiento, pero especialmente, en el desarrollo gonadal. El objetivo del presente trabajo fue determinar la proporción de sexos obtenida en la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) tratada con hormonas estrógenas a una temperatura elevada (34°C) de cultivo durante el periodo de alevín.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Reproductores y obtención de desoves. Se utilizó un grupo de reproductores de 12 a 14 meses de edad, compuesto por 12 hembras (300-350 g) y 6 machos (450-600 g). Los reproductores elegidos se distribuyeron en 2 estanques exteriores de ferrocemento de 3 m de diámetro, adicionados con agua verde. La proporción que se utilizó es de 2 hembras por cada macho. Los alevines se obtuvieron, aproximadamente de 14 a 18 días después de que se haya iniciado el periodo de reproducción, reduciendo el volumen del tanque mediante sifoneo y colectando los alevines con una malla fina.

Alimento hormonado. Para el proceso de feminización se utilizó alimento comercial tipo harina (Nutripec, Agribrands Purina®, México) con un porcentaje de proteína de 53%. La hormona se

adicionó al alimento siguiendo el método descrito por Guerrero (1975). Se utilizaron 3 tratamientos (hormonas) distintos, estradiol-17 $\beta$ , 17 $\alpha$ -etinilestradiol y dietilestilbestrol, a una sola concentración (120 mg/kg). Se contó con un grupo control, al cual se le proporcionó el mismo tipo de alimento, con excepción de la hormona. Los alevines se alimentaron durante el tratamiento hormonal aproximadamente al 20% de su peso corporal diario, repartido en 11 raciones durante 17 días.

**Alevines.** Los alevines obtenidos fueron colectados y transferidos al laboratorio de Acuicultura, el cual cuenta con 12 acuarios de acrílico de 85 L de capacidad, conectados a un sistema de recirculación cerrado. Los alevines fueron sembrados a una densidad aproximada de 0.7 alevines/litro (60 organismos por acuario). Una vez sembrados los alevines, la temperatura del agua (27°C) se incrementó por medio de calentadores para acuarios de 200 watts de 27°C a 34°C en 24 horas aproximadamente. Se manejó un foto-periodo de 12 L: 12O. Todos los tratamientos se llevaron a cabo por triplicado. Una vez finalizado el tratamiento hormonal, la temperatura del agua se redujo aproximadamente 1°C cada dos horas hasta llegar a 27°C. Los alevines se alimentaron con una mezcla de harina al 53 % de proteína sin hormona y con alimento comercial al 50% de proteína tipo migaja de acuerdo a su etapa de crecimiento. Una vez finalizada la etapa de crecimiento en los acuarios, los pre-juveniles fueron sembrados en tanques de ferrocemento de 3 m de diámetro adicionados con agua verde. Durante esta etapa se proporcionó alimento siguiendo el protocolo establecido por Purina® (Agribands, Purina México) para la tilapia del Nilo. Evaluación de la proporción de sexos. Para evaluar la proporción de sexos obtenida en cada uno de los tratamientos, se analizó la forma de la papila genital de 60 individuos de cada tratamiento, utilizando azul de metileno al 1% para facilitar dicho proceso.

**Análisis de datos.** La proporción de sexos observada entre tratamientos fue comparada, utilizando una prueba de ji cuadrada, contra la proporción de sexos esperada para una población normal de tilapia del Nilo (50%). El índice gonadosomático obtenido fue transformado utilizando la función arcoseno y se analizó para normalidad y homocedasticidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la evaluación de la proporción de sexos se encuentran contenidos en el Tabla 1. La proporción de sexos obtenida en los grupos alimentados hormonalmente no mostró los efectos masculinizantes de la temperatura empleada. Solo el grupo control arrojó una proporción de machos ligeramente superior al 50%, el cual es lo esperado en la tilapia del Nilo a temperaturas normales de cultivo (27°C). Lo anterior nos indica que la temperatura empleada no fue lo suficientemente elevada para inducir una mayor producción de machos en el grupo control. Porcentajes de machos similares han sido obtenidos en nuestro laboratorio y por Contreras-Sánchez (2001) empleando temperaturas de 28 a 29°C. Es posible que para inducir un mayor porcentaje de machos sea necesario elevar la temperatura de cultivo por encima de los 34°C. A este respecto Wang y Tsai (2000) reportan que temperaturas de 36 a

38°C han sido empleadas para obtener altos porcentajes de machos en la tilapia del Nilo. En el presente trabajo, debido al diseño del sistema de recirculación empleado, solo se pudo elevar la temperatura a 34 °C.

**Tabla 1.** Porcentaje de supervivencia (S) y proporción de sexos obtenido en adultos de tilapia de Nilo *Oreochromis niloticus* alimentadas con diferentes tipos de hormonas estrógenos y cultivados a  $34 \pm 0.5$  °C durante el periodo de alevín.

Dosis Hormonal mg Kg <sup>-1</sup>	NPA*	S (%)	Proporción de sexos (%)		
			Macho	Hembra	Indiferenciado
Control	60	88	57	42	1
Estradiol-17β	60	64	20	80 <sup>1</sup>	0
17α-etinilestradiol	37	45	0	100 <sup>1</sup>	0
Dietilestilbestrol	60	62	0	98 <sup>1</sup>	2

\*NPA = Número de peces analizados. <sup>1</sup>Significativamente diferente de la proporción de sexos esperada 1:1 ( $P < 0.001$ ). Los superíndices con diferentes letras sobre los resultados del IGS indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Los resultados obtenidos nos indican entonces que la temperatura empleada no fue lo suficientemente elevada para inducir una masculinización gonadal en un gran porcentaje de la progenie obtenida. Lo anterior explica los elevados porcentajes de feminización obtenidos con las tres hormonas utilizadas. Para cada una de las hormonas empleadas el porcentaje de hembras registrado es el más elevado que se ha obtenido al momento con nuestro grupo de reproductores (sin emplear temperaturas frías de cultivo); estradiol-17β 80% (máximo 67%), 17α-etinilestradiol 100 % (máximo 83%), dietilestilbestrol 98% (maximo 91%). De igual forma, estos porcentajes son altos si los comparamos con los porcentajes reportados en la literatura para la tilapia del Nilo a concentraciones hormonales similares; 66% para estradiol-17β, 90% para el 17α-etinilestradiol y finalmente 87% para el dietilestilbestrol (Potts y Phelps, 1995; Hamdoonet *al.*, 2013).

En experimentos realizados previamente en nuestro laboratorio por Lázaro (2014), utilizando una temperatura fría (21.5 °C) y las tres hormonas a la misma concentración utilizada en nuestro trabajo, obtuvo una tasa de feminización del 100% en prácticamente todos los tratamientos (incluido el grupo control), en comparación con la temperatura normal de cultivo (27 °C). Lo anterior concuerda con lo reportado por Wang y Tsai (2000) para la tilapia de Mozambique. En nuestro trabajo se utilizó el mismo lote de reproductores, por lo cual la sensibilidad a la temperatura observada a temperaturas frías era factible a temperaturas calientes. Tomando en cuenta dicha sensibilidad y considerando el efecto antagónico sobre la proporción de sexos que presentan las hormonas "feminizantes" empleadas y la temperatura "masculinizante" de cultivo, los porcentajes de feminización a obtenerse en este caso no eran predecibles, ya que podrían haber sido influenciados mayormente por la temperatura o bien por las hormonas. Lo anterior

hace muy interesante el presente trabajo, ya que arroja luz sobre la compleja interacción entre el sistema de determinación sexual de la tilapia del Nilo y los factores ambientales, en este caso la temperatura.

Una sensibilidad diferencial hacia temperaturas frías de cultivo por parte del grupo de reproductores empleado podría explicar por qué la temperatura empleada no fue lo suficientemente fuerte para inducir una elevada masculinización y los elevados porcentajes de feminización observados. A este respecto Baroiller *et al.* (2009) reportan que un claro efecto parental con respecto a la termosensibilidad con una influencia de ambos padres ha sido demostrado a nivel individual. Es decir, que tanto los machos como las hembras utilizadas pueden ser los responsables de la sensibilidad observada en los porcentajes de feminización.

## CONCLUSIÓN

La acción de los estrógenos suministrados contrarrestó el efecto masculinizador de la temperatura de cultivo durante el periodo de alevín. Lo anterior observado en los elevados porcentajes de feminización obtenidos con los tres estrógenos empleados.

## REFERENCIAS

- Arboleda-Obregón, D.A. (2005). Reversión Sexual de las Tilapias Rojas (*Oreochromis*Sp), una guía básica para el acuicultor. Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET. Vol. VI, No 12. 1-5.
- Baroiller J. F., D’Cotta H, Saillant E., Wessels, S. y Hoerstegen- schawark, G. (2009). Tilapia sex determination: where temperature and genetics meet. Comparative Biochemistry and Physiology Part A. Molecular and Integrative Physiology, 153(1): 30-8.
- Beardmore, J.A., Mair. G.C. y Lewis, R.L. (2001). Monosex male production in finfish as exemplified by tilapia: applications, problems, and prospects. Aquaculture, 197: 283-301.
- CONAPESCA. (2011). Comisión Nacional de la Acuicultura y pesca. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2011. Disponible en <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona>.
- Contreras-Sánchez, W.M. (2001). Sex determination in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: gene expression, masculinization methods and environmental effects. Ph.D. Thesis. Oregon State University, Oregon, 193 pp.
- Daza, V. P., Parra, L. y Ochoa, S. (2005). Reproducción de los peces del trópico. Universidad Nacional de Colombia. INCODER. 241 p.
- Desprez, D. y Melard, C. (1998). Effect of ambient water temperature on sex determination in the blue Tilapia *Oreochromis aureus*. Aquaculture. 162: 79-84.
- Guerrero, R. (1975). Use of androgens for the production of all-male *Tilapia aurea* (Steindachner). Transaction of the American Fisheries Society, 2:342-348.

- Hamdoon, N.T., Ibrahim, F., Kelany, A.M., Hanan, F., Elshazly, H. F. y Zayed, A. E. (2013). Hormonal sex reversal in *Oreochromis niloticus* by oral administration of diethylstilbestrol. *Life Science Journal*, 10(2): 123-128.
- Jiménez, B.M.L. y Arredondo, F.J.L. (2000). Manual Técnico para la reversión sexual de tilapia. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México, D.F. 36 p.
- Karayücel, I., Penman, D., Karayücel, S. y McAndrew, B. (2003). Thermal And Hormonal Feminization Of All Male YY Nile tilapia, *Oreochromis Niloticus*. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*, 55(2):114-122.
- Lázaro V. A. (2014). Efecto de la temperatura y hormonas exógenas en el desarrollo de la tilapia del Nilo. Tesis licenciatura, Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan. 78 p.
- Kwon, J.Y., Mcandrew, B.J. y Penman, D.J. (2002). Treatment with an aromatase inhibitor suppresses high-temperature feminization of genetic male (YY) Nile tilapia. *Journal of Fish Biology*, 60: 625-636.
- Leet, K.J., Gall, E.H. y Sepulveda, M.S. (2011). A review of studies on androgen and estrogen exposure in fish early life stages: effects on gene and hormonal control of sexual differentiation. *Journal of Applied Toxicology*, 31: 379-398.
- Mair, G.C., Abucay, J.S., Skibinski, D.O.F., Abella, T.A. y Beardmore, J.A. (1997). Genetic manipulation of sex ratio for the large scale production of all-male tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 396-404.
- Müller, B.A. y Hörstgen-Scharwk, G. 2007. Development of an YY-male Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Strain and Growth Performance Testing of the Genetically All Male Progenies. *DeutscherTropentag*, October. pp. 5-7, 2004, Berlin.
- Potts, A. C. y Phelps, R. P. (1995). Use de diethylstilbestrol and ethynylestradiol to feminize Nile tilapia *Oreochromis niloticus*(L.) in an outdoor environment. *Journal of applied ichthyology*, 11(1-2):111-117.
- Varadaraj, K. (1989). Feminization of *Oreochromis mossambicus* by the administration of diethylstilbestrol. *Aquaculture*, 80: 337-341.
- Vera, C.E.M., Mair, G.C. y Marino, R.P. (1996). Feminization of genotypically YY Nile tilapia *Oreochromis niloticus*L. *Asian Fisheries Society*, 9: 161-167.
- Wang, L.H. y Tsai, C.L. (2000). Effects of temperature on the deformity and sex differentiation of tilapia, *Oreochromis mossambicus*, *Journal of Experimental Zoology Part A*. 286: 534-537.