

Revista

Ciencias Agropecuarias

ISSN 2422-3484

Volumen 6 No. 1 • 2020



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

Revista
Ciencias Agropecuarias
ISSN 2422-3484

Volumen 6 No. 1 • 2020

Adriano Muñoz Barrera
Rector

María Eulalia Buenahora Ochoa
Vicerrectora Académica

Vilma Moreno Melo
Decana
Facultad de Ciencias Agropecuarias

Prof. Nelson Enrique Arenas Suárez,
Editor

Facultad de Ciencias Agropecuarias
Sede Fusagasugá



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

COMITÉ EDITORIAL

Prof. Juan Camilo Álvarez Mahecha,
Universidad de Cundinamarca, Colombia

Prof. Edwin Davier Correa Rojas,
Universidad de Cundinamarca

Prof. Laura Inés Cuervo Soto,
Universidad Antonio Nariño, Colombia

Prof. Sandra Milena Coronado,
Universidad de Cartagena, Colombia

Dr. Juan Carlos Osma Rozo,
Universidad Autónoma de Bucaramanga
y Fundación Universitaria Monserrate, Colombia

Dra. Edna Rocío Cabrera Martínez,
Universidad del Cauca, Colombia

Prof. César Augusto Prías Márquez,
Universidad Nacional Abierta y a Distancia,
Colombia

Prof. Julie Rosseli Suárez Vera,
Corporación Universitaria Minuto de Dios - CRS,
Colombia

Prof. Diego Zanetti,
IFSULDEMINAS - Federal Institute of Education,
Science and Technology of the South of Minas
Gerais, Brasil

Prof. Ayixon Sánchez Reyes,
Instituto de Biotecnología, UNAM,
México

Prof. Ramón Alberto Batista
García,
Universidad Autónoma del Estado de
Morelos, México

Prof. María del Rayo Sánchez
Carbente,
Universidad Autónoma del Estado de
Morelos

Dr. Amador Goodridge,
Instituto de Investigaciones Científicas
y Servicios de Alta Tecnología INDICA-
SAT-AIP, Panamá

Prof. Víctor Hugo Herrera
Franco,
Universidad Nacional de Colombia, sede
Medellín

Prof. Benjamin Dias Osorio Filho,
Universidade Estadual do Rio Grande do
Sul, Brasil

Dra. Daiane Moreira Silva,
IFSULDEMINAS - Campus Machado,
Brasil

© Universidad de Cundinamarca, 2020



EDITORIAL

Dirección editorial: Jaime Augusto Porras Jimenez

Editor: Rosemberg López del Carpio Juarez

Corrección de estilo: Yesid Castiblanco Barreto

Diseño editorial: Zulma Milena Useche Vargas

Registro digital: Ana Milena Bejarano Torres

Fotografía Portada: Galería de imágenes de la interacción del SARS-CoV2 y la célula hospedera realizada por estudiantes del curso de Bioinformática del pregrado de Bioquímica, Facultad de Ciencias de la Universidad Antonio Nariño (UAN). I-IPA-2020. Herramienta utilizada CellPAINT (<https://ccsb.scripps.edu/cellpaint/>)

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Universidad de Cundinamarca
www.ucundinamarca.edu.co
editorial@ucundinamarca.edu.co
Diagonal 18 No. 20 - 29
Fusagasugá - Cundinamarca

Contenido

Editorial

Alianza interinstitucional para el control de enfermedades zoonóticas en la era COVID-19	5
--	---

Gina Marcela López-Ruiz, Vilma Moreno, Nelson E. Arenas, Carlos Y. Soto

Artículos originales

Análisis bibliométrico de la Revista Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cundinamarca en el período 2015-2019	11
---	----

Nazly Y. Martín-Culma

Evaluación de la efectividad de antagonismo de <i>Trichoderma</i> sp. sobre diferentes hongos fitopatógenos presentes en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>) en condiciones in vitro	19
---	----

Érika Juley González, Kevin Stiven Liévano, Danny Daniel Cubillos

Comportamiento productivo y calidad de la carne en pollos de engorde utilizando trigo tropical (<i>Coix Lacryma Jobi</i>)	35
---	----

Óscar Patricio Núñez-Torres, Jeaneth Guadalupe Pilatuña-Gualaceo, Roberto Ismael Almeida-Secaira

Artículos de revisión

- Manejo integrado del cultivo de mango *Mangifera indica* L. 51
*Juliana Andrea Martínez, Alba Gissela Fajardo¹, Jhoan Sebastián Esquivel,
Dubán Mateo González, Ángela Ginet Prieto, Daniela Rincón*

Artículos de reflexión

- Biotecnología agroambiental: un enfoque emergente frente a la crisis mundial 79
Camilo Torres, Janeth Ortega, Manuel Francisco Polanco, Juan Carlos Padilha, Sandra Montenegro
- Zoonosis: enfoque dentro del concepto de una salud 87
Vilma Judith Chávez de Pop, Leopoldo Estol, Marco Tulio Cueva López, Víctor Manuel Acero Plazas

Alianza interinstitucional para el control de enfermedades zoonóticas en la era COVID-19

Gina Marcela López-Ruiz^{1*}, Vilma Moreno², Nelson E. Arenas^{2,3}, Carlos Y. Soto¹

¹ Departamento de Química,
Facultad de Ciencias, Universidad
Nacional de Colombia, Bogotá

² Facultad de Ciencias
Agropecuarias, Universidad de
Cundinamarca, Fusagasugá,
Colombia

³ Facultad de Ciencias,
Universidad Antonio Nariño,
Bogotá

* Autor de correspondencia:
gmlopezr@unal.edu.co

La clave en la solución de problemas colectivos es la colaboración y el trabajo en grupo (1). En este contexto, la mayoría de inventos e ideas excepcionales de la humanidad han surgido no de una sola mente, sino del pensamiento colectivo. Así, las alianzas estratégicas entre grupos de investigación universitarios buscan promover la conformación y el fortalecimiento de redes académicas e investigativas para la transferencia y generación de nuevo conocimiento con el fin de dar solución a los actuales retos, lo que no solo representa un beneficio y fortalecimiento de la comunidad académica, sino el dar relevancia científica tecnológica, económica, social o cultural a la nación (2).

La actual pandemia global por el COVID-19 ha forzado que muchos países replanteen la forma como se realiza la investigación científica en cuanto a las medidas de prevención, diagnóstico, tratamiento e incluso el diseño de

una vacuna (3). En un hecho sin precedentes, es la primera vez en la historia que se reúne toda la comunidad científica mundial en relación con un problema común, lo que claramente se refleja en la producción científica relacionada con el agente causal: el SARS-COV-2 (Figura 1). Este suceso promovió la colaboración cercana entre hospitales, laboratorios y la industria farmacéutica, e incluso entidades gubernamentales para recolectar la mayor cantidad de datos, evidencias e información científica útil para controlar la diseminación del coronavirus (4,5). De una enfermedad pandémica que inició a finales de 2019, ya en septiembre de 2020 se tenían 173 candidatos vacunales y 50 ensayos clínicos en curso, y 397 opciones terapéuticas y 313 ensayos clínicos (<https://biorender.com/covid-vaccine-tracker>). Así, una de las lecciones de la pandemia actual es precisamente la importancia de la colaboración científica.

En el ámbito local, en las Instituciones de Educación Superior (IES) se ha trabajado arduamente en su fortalecimiento basado en procesos de transferencia de conocimiento en la búsqueda de una mayor capacidad en la construcción de elementos técnicos y metodológicos que permita enfrentar problemas de alto impacto en la región. Un ejemplo de ello es la alianza establecida entre el grupo de Investigación “Bioquímica y Biología Molecular de las Micobacterias-BBMM” de la Universidad Nacional de Colombia y el grupo “Investigación en Sistemas de Producción Sostenible/Sustentable-SISPROS” de la Universidad de Cundinamarca, en los cuales se ha trabajado en la identificación y prevalencia de las enfermedades zoonóticas, tuberculosis bovina y brucelosis, en la región del Sumapaz (6). Dicho trabajo colaborativo ha permitido

evaluar la eficiencia de las metodologías de diagnóstico actualmente usadas por las entidades gubernamentales del país (7). Los resultados del estudio han permitido evidenciar que el diagnóstico de dichas enfermedades mediante el aislamiento microbiológico presenta demasiados inconvenientes prácticos, que no garantizan el éxito en los resultados obtenidos. Ello nos ha motivado a la búsqueda de alternativas de diagnóstico basado en métodos moleculares que no solo presenten una mayor especificidad y sensibilidad, sino menor complejidad en la forma que puedan ser implementadas en campo. Otro resultado de esta alianza junto al trabajo interdisciplinario entre profesionales del área de ingeniería y ciencias básicas, es el diseño de una herramienta de monitoreo epidemiológico en tiempo real para controlar brotes locales de brucelosis y tuberculosis para la toma de medidas tempranas de contención (8). El panel interactivo podría permitir a los organismos sanitarios evaluar el impacto de las estrategias de control a través del territorio nacional (Disponible en: <https://arcg.is/1uvSLv>).

Como parte de nuestra misión como científicos esperamos que mediante la transferencia y el fortalecimiento tecnológico de las universidades en la investigación, sea posible ofrecer herramientas científico-tecnológicas a los productores, profesionales e instituciones de control y asistencia técnica, lo cual pueda llegar a presentar un impacto en otros municipios y sectores económicos no solo del departamento sino del país (9). La transferencia de tecnología desde la universidad a la comunidad se convierte en una herramienta de descentralización y desarrollo de las regiones, además de tecnificación de la producción agropecuaria para impactar incluso

la normatividad vigente como un aporte social (10,11). Finalmente, la lección después de todo es que el trabajo colaborativo genera resultados más efectivos y ese es un valor agregado de la primera convocatoria de proyectos de investigación conjuntos entre la Universidad de Cundinamarca y la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, que posiblemente aún no se reconoce entre la comunidad académica y científica.

“Si caminas solo irás más rápido; si caminas acompañado, llegarás más lejos”. Proverbio chino.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad de Cundinamarca y la Universidad Nacional de Colombia por la financiación del proyecto “Diagnóstico molecular de *Brucella abortus* y *Mycobacterium bovis* en sistemas de producción ganaderos en la región del Sumapaz, Colombia” identificado con el código HERMES: 39578.

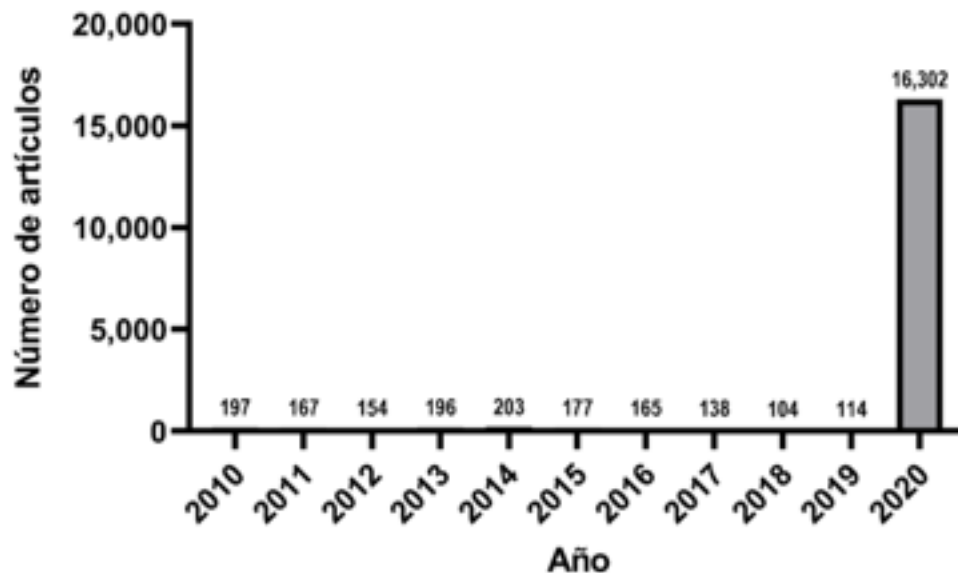


Figura 1. Citaciones relacionadas con el SARS coronavirus en revistas indexadas en PubMed

Fuente: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

Referencias

1. Fleming L, Mingo S, Chen D. Collaborative brokerage, generative creativity, and creative success. *Administrative Science Quarterly*. 2007; 52(3):443-475. <https://doi.org/10.2189/asqu.52.3.443>
2. Ruiz-Ibáñez C, Jiménez MC, Osorio-Valencia JS. Casos de innovación en salud en Colombia: retos y proyectos. *Revista Ingeniería Biomédica*. 2012; 6(11):10-21. <https://doi.org/10.24050/19099762.n11.2012.100>
3. Curioso WH, Carrasco-Escobar G. Collaboration in times of COVID-19: the urgent need for open-data sharing in Latin America. *BMJ Health & Care Informatics*. 2020; 27(1):e100159. <https://doi.org/10.1136/bmjhci-2020-100159>
4. Gronvall GK. The scientific response to COVID-19 and lessons for security. *Survival*. 2020; 62(3):77-92. <https://doi.org/10.1080/00396338.2020.1763613>
5. Holmes EA, O'Connor RC, Perry VH, Tracey I, Wessely S, Arseneault L, et al. Multidisciplinary research priorities for the COVID-19 pandemic: a call for action for mental health science. *The Lancet Psychiatry*. 2020; 7(6):547-560. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(20\)30168-1](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30168-1)
6. Arenas NE, Abril DA, Valencia P, Khandige S, Soto CY, Moreno-Melo V. Screening food-borne and zoonotic pathogens associated with livestock practices in the Sumapaz region, Cundinamarca, Colombia. *Trop Animal Health Production*. 2017; 49(4):739-745. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1251-6>
7. Ramos DF, Silva EA, Dellagostin OA. Diagnosis of bovine tuberculosis: review of main techniques. *Brazilian Journal of Biology*. 2015; 75(4):830-837. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.23613>
8. Arenas NE, Ávila EF, Correa ED, Rueda WN, López GM, Soto CY. Interactive web-based tool for evaluating the spread of bovine tuberculosis and brucellosis in Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (RCCP)*. 2020; artículo en prensa.

9. Correa-Cardona HJ. La Misión de Sabios 2019 y el sector agropecuario colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2020; 73(1):9017-9018. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.84365>.
10. Klein JT, Falk-Krzesinski HJ. Interdisciplinary and collaborative work: framing promotion and tenure practices and policies. *Research Policy*. 2017; 46(6):1055-1061. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.03.001>
11. De Vega JJ, Davey RP, Duitama J, Escobar D, Cristancho-Ardila MA, Etherington GJ, et al. Colombia's cyberinfrastructure for biodiversity: building data infrastructure in emerging countries to foster socioeconomic growth. *Plants, People, Planet*. 2020; 2(3):229-236. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10086>

Análisis bibliométrico de la *Revista Ciencias Agropecuarias* de la Universidad de Cundinamarca en el período 2015-2019

Nazly Y. Martin-Culma¹

¹ University of Debrecen. 2020.
Master in Animal Husbandry.
Debrecen, Hungría

* Autor de correspondencia: nazly94@
hotmail.com

Autor invitado

Resumen

El acceso al conocimiento científico y la difusión de este son fundamentales para el desarrollo de las sociedades. La *Revista Ciencias Agropecuarias* (RCA) posee una gran importancia en la transferencia de conocimiento en la región del Sumapaz. Para evaluar el crecimiento de la revista en el período 2015-2019, se realizó un estudio bibliométrico para determinar su crecimiento e impacto durante 4 años. Para la elaboración de este estudio bibliométrico se utilizó Google Académico y los registros de la RCA. La información se analizó estadísticamente en frecuencias, porcentajes y promedios. Se determinó que la RCA está en crecimiento y tiene visibilidad científica nacional e internacional.

Palabras clave: ciencias agropecuarias, producción científica, revistas, publicaciones.

Keywords: Agricultural sciences, Scientific production, Publications, Journals.

Abstract

The access to scientific knowledge is essential for social development. The journal of agricultural sciences (RCA) has great importance in the transfer of knowledge in the Sumapaz region. To evaluate the growth of the journal from 2015-2019, a bibliometric study was carried out to determine the growth and impact of the journal over 4 years. For the elaboration of this bibliometric study, Google Scholar and the records of the RCA were used. The information was statistically analyzed as frequencies, percentages and averages. It was determined that the RCA is growing and has scientific visibility at national and international level.

Introducción

Los estudios bibliométricos han sido ampliamente utilizados por la comunidad científica para evaluar la producción académica recopilando información y presentando un análisis sistemático respecto a una hipótesis concreta. Se han utilizado este tipo de análisis en la determinación de metales pesados en algas (1), en el uso de la inteligencia artificial en el diagnóstico de enfermedades (2), desarrollo sostenible (3), pérdidas de carbono en los cultivos (4), el efecto de enfermedades zoonóticas en diferentes sectores (5) y análisis del impacto científico de revistas científicas (6,7) entre otros.

La Revista Ciencias Agropecuarias (RCA) de la Universidad de Cundinamarca tiene un gran impacto en la investigación de la región del Sumapaz caracterizada por su importante participación agropecuaria en Colombia. La publicación tiene una trayectoria en el período 2015-2019 y se ha decidido realizar un análisis

bibliométrico con la finalidad de establecer su desempeño e impacto.

Sin embargo, la iniciativa de tener una revista científica comenzó en 2001 con la revista Elementos, cuya denominación hacía apología al agua, la tierra, el aire y el fuego como los componentes que se conjugan cotidianamente en las labores de los profesionales en ciencias agropecuarias. No obstante, la publicación no realizaba proceso de revisión por pares académicos y solo publicó otro volumen en 2004 y lamentablemente dejó de circular. La revista volvió a publicar de forma periódica desde el segundo semestre de 2016, con el propósito de visibilizar y divulgar las investigaciones en el área de las ciencias agropecuarias y ambientales de la provincia del Sumapaz al mundo, a pesar de los grandes desafíos que ha representado. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la RCA de la Universidad de Cundinamarca basado en indicadores bibliométricos de la revista.

Materiales y métodos

Se realizó un análisis bibliométrico descriptivo de la revista durante el período 2015-2019. Para la elaboración de este estudio bibliométrico se tomaron en cuenta los textos científicos que fueron publicados en la revista en sus todos sus volúmenes, y por medio de métodos matemáticos y estadísticos se determinaron los índices bibliométricos y se conoció el impacto de estas publicaciones. Se analizaron las variables del número total de publicaciones, citas, promedio de citas por año y número de volúmenes, así como número de artículos con filiación externa.

La información se analizó de acuerdo con cada volumen de la revista y el total de publicaciones, y para el análisis estadístico se usó Microsoft Excel (Microsoft-Office ®). Los indicadores se analizaron a través de Google Académico (<https://scholar.google.es/schhp?hl=es>) y los registros de la Revista Ciencias Agropecuarias (http://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias_agropecuarias). La información obtenida se procesó estadísticamente en frecuencias, porcentajes y promedios.

Resultados y discusión

Desde 2016 han ocurrido muchos cambios en el sistema de indexación de Publindex del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) que previamente fue conocido como Colciencias. Los cambios fueron dramáticos, pero corrigieron una serie de irregularidades que se estaban presentando en la producción científica colombiana que, aunque numerosa, carecía de impacto internacional (8,9).

En respuesta a la dinámica editorial del país, la RCA retomó actividades en 2015 y formuló un

plan de mejoramiento en 2016 para alcanzar los indicadores requeridos por Minciencias. Así, durante el período 2015-2019 la revista ha divulgado 51 publicaciones científicas en 5 volúmenes, con 2 números por semestre, a excepción de 2016. La RCA ha publicado 28 (55 %) artículos originales, seguido de 9 editoriales (18 %), 5 memorias de eventos (10 %), 5 artículos de reflexión (10 %) y 4 artículos de revisión (7 %) (Figura 1). Los artículos publicados en la RCA responden principalmente a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): 2. Hambre cero, 3. Salud y bienestar, 6. Agua limpia y saneamiento, 7. Energía asequible y no contaminante, 13. Acción por el clima, y 15. Vida de ecosistemas terrestres. De acuerdo con esto, ha hecho un promedio de 12.75 publicaciones científicas.

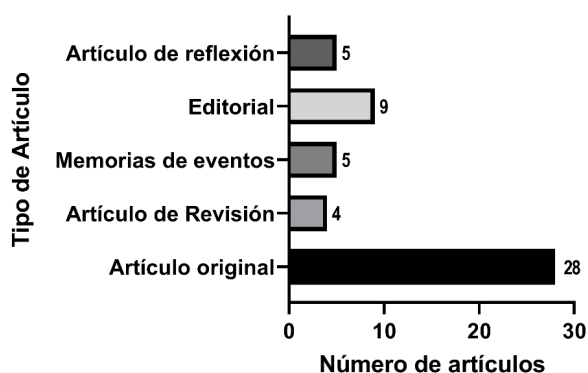


Figura 1. Balance de artículos publicados por la Revista Ciencias Agropecuarias entre 2016 y 2019

Así mismo, la revista presentó un total de 29 citas que representan un h-índice de 3 y un índice i10 de 1 (Tabla 1). Con corte a septiembre de 2020, la RCA ha recibido el mayor número de citas con 12 (Figura 2). Los artículos más citados se referencian en la Tabla 1. Así, la RCA ha cumplido con los lineamientos del MEDIT de trascender el aula a un campo de aprendizaje y un diálogo con el mundo (21). Por eso, la RCA es

la revista científica más importante de la región del Sumpaz debido a su gran impacto en el sector agropecuario, el cual es el motor económico y la despensa agrícola de la región. El propósito

de la RCA es continuar con la divulgación de conocimientos que tienen un gran impacto en la sociedad regional, nacional e internacional.

Tabla 1. Número total de citas por artículo científico en la *Revista Ciencias Agropecuarias* de la Universidad de Cundinamarca en el período 2015-2020 (septiembre)

Año	Nombre del artículo	Número de citas	Ref.
2015	Diagnóstico de la composición florística asociada a actividades agropecuarias en el Cerro Quinini (Colombia)	11	10
2017	Alternativas nutricionales para disminuir emisiones de gas metano por bovinos y su efecto en el calentamiento global	5	11
2015	Estudio de la calidad del agua en tramos del río Paguey empleando macroinvertebrados acuáticos	4	12
2019	Caracterización de enfermedades fitopatógenas en el cultivo de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>) en la finca el reposo en el municipio Facatativá, Cundinamarca	2	13
2019	Análisis del proceso de fragmentación de bosques: metodologías orientadas en el uso de sistemas de información geográfica y métricas del paisaje	1	14
2017	Desarrollo económico y educación, ¿directamente proporcionales?	1	15
2017	Uso de medios selectivos como prueba preliminar para la búsqueda de <i>Salmonella</i> spp. y <i>Scherichia coli</i> en el agua de grifo de la sede principal y la granja La Esperanza de la Universidad de Cundinamarca	1	16
2017	Diagnóstico ambiental de las fuentes hídricas superficiales en la vereda Hato Viejo, municipio de Arbeláez, Cundinamarca	1	17
2016	Privatización y mercantilización del agua. Reflexión acerca de un bien común	1	18
2016	Protección del conocimiento tradicional de las minorías étnicas en Colombia	1	19
2016	Alternativas tecnológicas para enfrentar la invasión del Pez León (<i>Pterois volitans</i> , Linnaeus 1758) en el Caribe colombiano	1	20
Total		29	

En 2020, la base de datos Publindex (<https://scienti.minciencias.gov.co/Publindex/#/noticias/lista>) de Minciencias ha indexado 45 revistas por área de conocimiento relacionadas

con ciencias agrarias. De igual forma, Publindex registró 3 revistas en categoría A1, 10 revistas en A2, 119 en categoría B y 143 en categoría C. En el área de las ciencias agrarias ninguna revista

aparece en categoría A, a pesar de que muchas tienen prestigio y una reconocida visibilidad internacional e incluso indexación en muchas prestigiosas bases de datos. De alguna forma, podemos ver como un gran desafío posicionarnos

en esta área de conocimiento, pero al mismo tiempo es una apuesta a creer en lo nuestro y por ello la relevancia de autoevaluarnos para seguir creciendo.

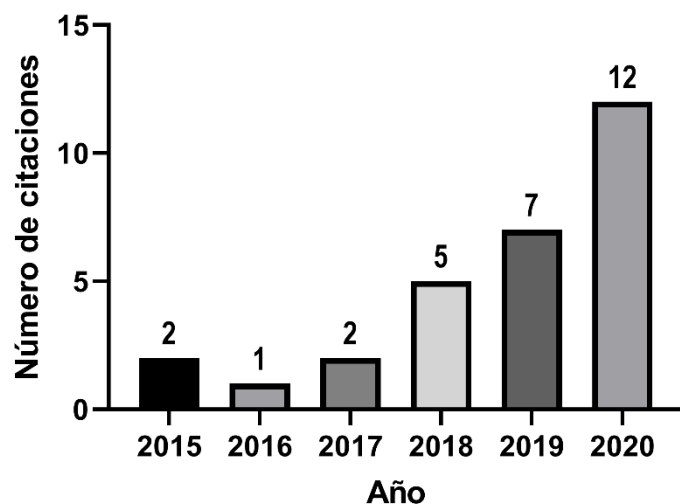


Figura Figura 2. Citaciones anuales de los artículos publicados en la *Revista Ciencias Agropecuarias*.

Fuente: Google Académico.

Referencias

1. Ubando AT, Africa ADM, Maniquiz-Redillas MC, Culaba AB, Chen WH, Chang JS. Microalgal biosorption of heavy metals: a comprehensive bibliometric review. *Journal of Hazardous Materials*. 2020; 402(123431). <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123431>
2. Ramalho A, Souza J, Freitas, A. The use of artificial intelligence for clinical coding automation: a bibliometric analysis. En *International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence*. Springer, Cham; 2020. p. 274-283. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53036-5_30
3. Meng C, Du X, Ren Y, Shen L, Cheng G, Wang J. Sustainable urban development: an examination of literature evolution on urban carrying capacity in the Chinese context. *Journal of Cleaner Production*. 2020;277(122802). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122802>
4. Zhang Y, Yu Q. Identification of current research intensity and influence factors of agricultural nitrogen loss from cropping systems. *Journal of Cleaner Production*. 2020; 276(123308). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123308>
5. Humboldt-Dachroeden S, Rubin O, Frid-Nielsen SS. The state of one health research across disciplines and sectors—a bibliometric analysis. *One Health*. 2020;(100146). <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2020.100146>
6. Solano J, Orihuela A. Análisis bibliométrico de las publicaciones de investigadores mexicanos sobre ovino de pelo en revistas científicas nacionales y extranjeras. *Universidad y Ciencia*. 2010;26(1):93-105. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000100007&lng=es
7. Escorcía-Otálora TA, Poutou-Piñales RA. Análisis bibliométrico de los artículos originales publicados en la revista *Universitas Scientiarum* (1987-2007). *Universitas Scientiarum*. 2008;13(3):236-244. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237404845_Analisis_bibliometrico_de_los_

articulos_originales_publicados_en_la_revista_Universitas_Scientiarum_1987-2007

8. Marín-Gómez JE, Palacios M. Una nueva etapa de Publindex: dolores de crecimiento. *Infectio*. 2018;22(1):7-8. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v22n1/0123-9392-inf-22-01-00007.pdf>
9. Fernández-Osorio AE. Tendencias en la clasificación de revistas indexadas colombianas en ciencias sociales. *Revista Científica General José María Córdova*. 2019;17(26):215-226. <https://doi.org/10.21830/19006586.437>
10. Escobar NE. Diagnóstico de la composición florística asociada a actividades agropecuarias en el Cerro Quininí (Colombia). *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2015;1(1). <https://doi.org/10.36436/24223484.181>
11. Culma NYM, de Jesús Rojas G, Suárez NEA, Herrera-Franco V. Alternativas nutricionales para disminuir emisiones de gas metano por bovinos y su efecto en el calentamiento global. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2017;3(1). <https://doi.org/10.36436/24223484.216>
12. Pérez JFG, Baquero S, Díaz G, Sarmiento C. Estudio de la calidad del agua en tramos del río Paguey empleando macroinvertebrados acuáticos. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 2015;1(1):5-13. <https://doi.org/10.36436/24223484.180>
13. Fonseca JY, Castañeda AE, Escárraga JO, Cubillos DD. Caracterización de enfermedades fitopatógenas en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en la finca el reposo en el municipio Facatativá, Cundinamarca. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2019;5(1):24-31. <https://doi.org/10.36436/24223484.192>
14. De Luque MA, Pérez YP, Rodríguez YA, Rodríguez CJ. Análisis del proceso de fragmentación de bosques: metodologías orientadas en el uso de sistemas de información geográfica y métricas del paisaje. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2019;5(1):32-41. <https://doi.org/10.36436/24223484.193>

15. Molina JAM, Cruz CAC, Moreno MRG. Desarrollo económico y educación, ¿directamente proporcionales? *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2017;3(1). <https://doi.org/10.36436/24223484.220>
16. López JPM, García JS, Beltrán JE, Pardo JA. Uso de medios selectivos como prueba preliminar para la búsqueda de *Salmonella* spp. y *Scherichia coli* en el agua de grifo de la sede principal y la granja La Esperanza de la Universidad de Cundinamarca. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2017;3(1). <https://doi.org/10.36436/24223484.218>
17. Lozano S, Ramírez JE. Diagnóstico ambiental de las fuentes hídricas superficiales en la vereda hato viejo municipio de Arbeláez, Cundinamarca. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2017;3(1). <https://doi.org/10.36436/24223484.217>
18. Avendaño GA. Privatización y mercantilización el agua. Reflexión acerca de un bien común. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2016;2(1):40-43. <https://doi.org/10.36436/24223484.299>
19. Suárez NEA, Sánchez-Lozano NB, Abril DA, Rondan JDR. Protección del conocimiento tradicional de las minorías étnicas en Colombia. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2016;2(1): 6-14. <https://doi.org/10.36436/24223484.294>
20. Montoya OC, Durán EC, Navarro BB, Codina, G. Alternativas tecnológicas para enfrentar la invasión del Pez León (*Pterois volitans*, Linnaeus 1758) en el Caribe Colombiano. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2016;2(1):28-34. <https://doi.org/10.36436/24223484.297>
21. Melo VM. Modelo Educativo Digital Transmoderno MEDIT: Una mirada desde la formación para la vida en la Facultad de Ciencias Agropecuarias. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2019;5(2):5-8. <https://doi.org/10.36436/24223484.303>

Evaluación de la efectividad de antagonismo de *Trichoderma* sp. sobre diferentes hongos fitopatógenos presentes en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en condiciones *in vitro*

Érika Juley González^{1*}; Kevin Stiven Liévano¹; Danny Daniel Cubillos¹

¹ Universidad de Cundinamarca,
Facultad de Ciencias
Agropecuarias, extensión
Facatativá, Colombia

* Correo de correspondencia:
eriikajuley24@gmail.com

Resumen

El presente estudio incluyó trabajo de campo en un cultivo de maíz y una segunda etapa en el laboratorio de microbiología la Universidad de Cundinamarca. En campo, se encontraron diferentes agentes de roya incluyendo *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. y *Verticillium* sp. por parte de enfermedades fúngicas. Respecto a enfermedades bacterianas, mediante técnicas de tinciones se sugiere la presencia de actinomicetos causantes de la pudrición blanda, responsables de la pérdida de flor del maíz. Se calculó una incidencia y severidad más alta causada por la roya (incidencia: 100 %; severidad: 100 %), por lo que en este cultivo se destacó como el agente causal que se presentó en todas las plantas evaluadas. Se valoró la efectividad del micoparásito de *Trichoderma* sp. frente a los hongos fitopatógenos aislados de las plantas de maíz, a través de pruebas

Palabras clave: maíz, Trichoderma, competencia, incidencia, severidad.

Keywords: Corn, Trichoderma, Competition, Incidence, Severity.

de antagonismo entre el agente micoparásito y el agente fitopatógeno obteniendo un mayor antagonismo del micoparásito frente a *Verticillium* y los demás agentes en un 49 %, presentando antagonismo por competencia y antibiosis.

Abstract

This study included work in crop corn and afterwards in microbiology lab from University of Cundinamarca. We found different etiological agents of rust including Alternaria sp., Cladosporium sp., and Verticillium sp. as fungal diseases. Regarding bacterial diseases, we suggest the presence of actinomycetes causing soft rot through staining analysis, responsible for the loss of cornflower. We assessed a high incidence and severity in the crop caused by rust (incidence: 100%; severity: 100%), since it was present in all tested plants. Consequently, the effectiveness of the Trichoderma sp. mycoparasite was evaluated against phytopathogenic fungi isolated from corn plants through antagonism tests were performed between the mycoparasitic agent and the phytopathogenic agent. We observed a greater antagonism of the mycoparasite against verticillium and the other agents by 49 %, presenting antagonism by competition and antibiosis.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia *Poaceae* y se cree que se originó en América Latina, especialmente el género *Zea*. El tallo de la planta es catalogado como robusto y presenta entre 15 a 30 hojas alargadas y robustas (1). El maíz es el tercer cultivo con mayor importancia mundial y anualmente se han tenido registros de producciones de hasta 850 millones de toneladas, debido a que es un alimento esencial de la canasta básica familiar y especialmente para América Latina. Es un cultivo característico de pequeños productores, añadiendo el hecho de que su venta es segura (2).

Las enfermedades foliares en maíz no causan mayor pérdida económica en el cultivo, a

excepción de la aparición de la mancha de asfalto y estas se ven en mayor cantidad después del tiempo de fructificación de la mazorca, cuando estas atacan el cultivo anterior a este período, las pérdidas se ven reflejadas en el rendimiento de la producción. Las enfermedades más comunes de encontrar en campo en el cultivo de maíz son: roya (*Puccinia sorghi*), mancha foliar por curvularia (*Curvularia lunata*), tizón foliar (*Helmintosporium turcicum*), mancha del asfalto (*Phyllachora maydis* y *Monographella maidys*) y pudrición bacteriana del tallo (*Erwinia carotovora*) (1). Aunque existe diversidad de controles para estas enfermedades, el método más rápido y con buenos resultados es el control químico. Actualmente una de las enfermedades que mayor problema presenta en los cultivos es la mancha del asfalto, la cual está representando un

gran desafío para los productores al momento de controlar, ya que los fungicidas utilizados hasta el momento no resultan ser los más efectivos; los fungicidas más usados son de doble mezcla e incluyen Estrobilurina y Triazol (3). Con respecto a la roya, que es considerada una de las enfermedades más comunes en el maíz, también es frecuente el uso de fungicidas sistémicos para contrarrestar enfermedades foliares, aunque sean consideradas como leves (4). De manera que el uso de estos químicos tiene impactos negativos en lo ambiental y aún más cuando estos se usan de forma indiscriminada, causando contaminación de agua y residuos volátiles (atmósfera), que al presentarse una lluvia se llevan a otras zonas, de forma que su afectación es a diferentes zonas de un ecosistema (5), por lo que buscar alternativas al uso de químicos se vuelve necesario y posible, y una de ellas es el uso de hongos antagonistas.

Se conoce que en campo existen diversidad de agentes fitopatógenos que afectan las producciones agrícolas en gran medida, pero lo que no se sabe es que en la misma naturaleza existen hongos con efectos antagonistas sobre otros, lo cual contribuye a la atenuación de los daños causados por dichas enfermedades producidas por los agentes fitopatógenos, de los cuales un ejemplo de estos hongos antagonistas es *Trichoderma* sp. (6).

El hongo *Trichoderma* sp. se caracteriza por ser saprófito, es decir que tiene la capacidad de sobrevivir en el suelo con diferentes cantidades de materia orgánica. Este hongo micoparásito tiene una amplia distribución debido a su alta capacidad enzimática para degradar sustratos y su resistencia a inhibidores microbianos, pero en la literatura se encuentran pocos estudios acerca de la supervivencia y reproducción de este microorganismo además de su proliferación en la rizosfera de la planta (4). *Trichoderma* ha sido catalogado como un gran biocontrolador

debido a sus diferentes mecanismos de acción; los principales son la competencia de nutrientes, el micoparasitismo o hiperparasitismo y la antibiosis, las cuales tienen acción directa frente al agente fitopatógeno (6).

Trichoderma sp. se puede tener de dos formas: una en producto formulado y la otra como producción por bioaumentación, con el aislamiento del hongo de la zona productiva; en ambos casos se debe tener en cuenta que *Trichoderma* sp. no eliminará la enfermedad en su totalidad.

Por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar la efectividad de antagonismo de *Trichoderma* sp. sobre diferentes hongos fitopatógenos presentes en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en condiciones *in vitro*, donde se evaluó e identificó los agentes causales de enfermedades presentes en el cultivo de maíz, se determinó la capacidad de antagonismo de *Trichoderma* sp. a diferentes concentraciones en los hongos fitopatógenos en condiciones *in vitro* y finalmente se comprobó la presencia de *Trichoderma* sp. en las pruebas de antagonismo *in vitro* de los hongos fitopatógenos.

Materiales y métodos

Muestreo e identificación

Se realizó un muestreo en la finca La Escuelita de la vereda La Tribuna, 50 km vía a Albán, en Facatativá, con una altitud de 2586 m s. n. m. y una temperatura media de 14° C con un cultivo de maíz establecido hace 4 meses. Las muestras se tomaron realizando un recorrido por el cultivo y observando síntomas de enfermedad por acción de patógenos como hongos o bacterias. Las partes que visualmente aparentan daño en su tejido vegetal fueron recolectadas, del total de área sembrada, equivalentes a 25 600 plantas/

fanegada, se muestreó cerca del 5 % del cultivo, lo equivalente a 1280 plantas; estas muestras recolectadas fueron guardadas y almacenadas en sobres de papel.

A continuación, se presentan las fórmulas aplicadas para determinar la incidencia y severidad de las enfermedades presentadas en el cultivo de maíz, por lo que se tuvo en cuenta el número de plantas totales y cuántas de estas se encontraban sanas y enfermas, esto para incidencia; en el caso de la severidad, se enfocó el conteo en la planta para determinar el número de hojas sanas y enfermas por cada una de ellas (7).

Fórmulas:

Incidencia:

$$I = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número de plantas sanas}} * 100$$

Severidad:

$$S = \frac{\text{Número de hojas enfermas}}{\text{Número de hojas sanas}} * 100$$

Posterior a esto se identificaron los agentes causales de las enfermedades, por lo que las muestras fueron llevadas al laboratorio. En el caso de la identificación de hongos fitopatógenos, se implementó la técnica de impronta directa, que consiste en tomar una muestra del tejido vegetal afectado por el patógeno y con cinta transparente hacer presión sobre dicha área y posteriormente retirarla con cuidado; en una lámina se coloca una gota de azul de lactofenol para luego ubicar la cinta con la muestra del patógeno y realizar la observación en el microscopio a un aumento de 40X.

Para la identificación de bacterias se implementó la técnica de tinción de Gram, inicialmente tomando la muestra vegetal que presentaba la pudrición por bacteria, se realizó la siembra en agar nutritivo de una pequeña parte del material infectado por bacteria, se llevó a un período de incubación de 24 horas con una temperatura de 27 °C, después se tomó una muestra de la colonia formada alrededor de la parte vegetal y se realizó una nueva siembra por método de estrías de la colonia, esto en Agar Nutritivo, la cual fue puesta en incubadora por 24 horas más. Pasado este tiempo, se tomaron las cajas y con ayuda de un asa bacteriológica se retiró una muestra de una estría de las colonias y se frotó en una lámina con una gota de agua con el fin de diluir la muestra y con ayuda de calor fijar la muestra. Posterior a la fijación de la muestra, se procedió a realizar la tinción de Gram, de acuerdo con la metodología (8); luego las muestras son llevadas a observación bajo microscopio a 100X.

Pruebas de antagonismo: se tomaron partes vegetales y se clasificaron según la sintomatología que presentaban, los períodos de incubación correspondieron a 8 días a temperatura ambiente. El tejido vegetal infectado con cada uno de los agentes fitopatógenos fue sembrado por separado en agar PDA con excepción del tejido contaminado por roya, ya que esta solo se reproduce en presencia de su hospedero; se implementó cámara húmeda para forzar su reproducción obteniendo 3 repeticiones por cada agente patógeno encontrado (*verticillium*, *cladosporium* y roya). Para realizar el montaje de evaluación en el control de los agentes fitopatógenos mediante el controlador fúngico *trichoderma*, se experimentó con 3 concentraciones diferentes en cada enfermedad evaluada; las concentraciones corresponden a $1^2 = 6 \text{ ml}/2$, $1^5 = 6 \text{ ml}/5$ y $1^{10} = 6 \text{ ml}/10$. La evaluación de estos resultados fue

realizada 8 días después de aplicar el hongo y la manera de medición fue por el área ocupada por el controlador y por el fitopatógeno. Mediante la confrontación de las dos especies (fitopatógeno y controlador) fue dual en caja de Petri, poniendo a cada lado de la caja el hongo correspondiente (Tabla 1).

Tabla 1. Concentraciones de hongos utilizadas en los tratamientos del estudio.

Hongo	Concentraciones		
	1 [^] 2	1 [^] 5	1 [^] 10
Cladosporium sp.	Cladosporium sp.	Cladosporium sp.	Cladosporium sp.
Verticillium sp.	Verticillium sp.	Verticillium sp.	Verticillium sp.
Alternaria sp.	Alternaria sp.	Alternaria sp.	Alternaria sp.

Prueba estadística

La prueba estadística Tukey se realizó con el programa IBM SPSS statistics 25.

Resultados y discusión

1. Evaluar e identificar los agentes causales de enfermedades presentes en el cultivo de maíz

El muestreo realizado en campo de las plantas de maíz permitió identificar la sintomatología de cada enfermedad presentada en cada planta, como se puede ver en la Figura 1. Las enfermedades se presentaron en las inflorescencias, hojas y tallos con necrosis, manchas, pústulas y pudriciones; de acuerdo con el conteo por cama se determinaba cuántas plantas se encontraban sanas y cuántas enfermas, y a cada planta muestreada se tomaba el número de hojas afectadas y totales, según cada enfermedad. Se clasificaron por sintomatología, que después de ser identificadas en laboratorio se definía el agente causa, para obtener 5 agentes causales (ver Tabla 2).



Figura 1. Sintomatología de enfermedades en el cultivo de maíz a. inflorescencia del maíz con presencia de pústulas de color rojizo anaranjado; b. Tallo afectado por bacteriosis; c. Mazorca afectada por bacteriosis; d,e. Hojas de maíz con presencias de pústulas de color rojizo anaranjado; f. Pérdida de flor femenina por presencia de bacteriosis.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 2, se designa como enfermedad primaria a la roya debido a que se encuentra presente en todas las plantas evaluadas durante el muestreo (Figura 2

y Figura 3); además de esto, sus porcentajes de incidencia y severidad están en los límites que se pueden alcanzar. Aunque los actinomicetos están presentes en menor número de plantas, se debe controlar lo más rápido posible, pues su efecto se traduce en la pérdida total de la planta en cuanto a producción debido a que causa la pérdida de la flor.

Tabla 2. Porcentajes de incidencia y severidad presentados en el cultivo de maíz de acuerdo con el agente causal.

Agente causal	# plantas enfermas	# hojas enfermas	% Incidencia	% Severidad
Roya	1280	13	100	100
Alternaria sp.	1103	12	86,17	92,31
Cladosporium sp.	762	11	59,53	84,62
Verticillium sp.	627	11	48,98	84,62
Actinomicetos	542	9	49,14	69,23

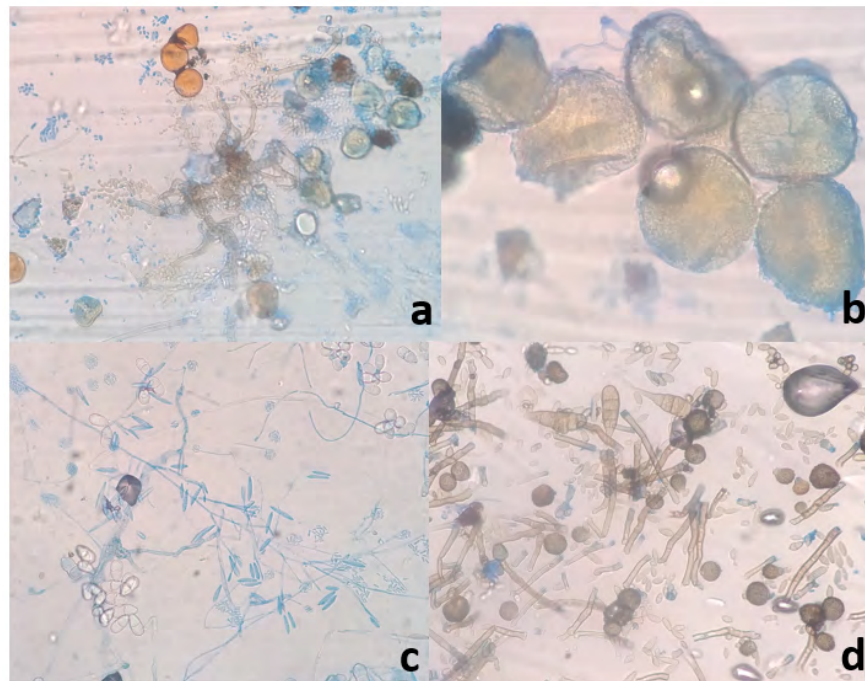


Figura 2. Hongos fitopatógenos presentes en el cultivo de maíz. a. Roya, *Cladosporium sp* y *Verticillium sp*; b. No identificado c. *Verticillium sp*, *Fusarium sp* y *Alternaria sp* (primeras fases); d. *Alternaria sp*, *Cladosporium sp* y *Roya*.

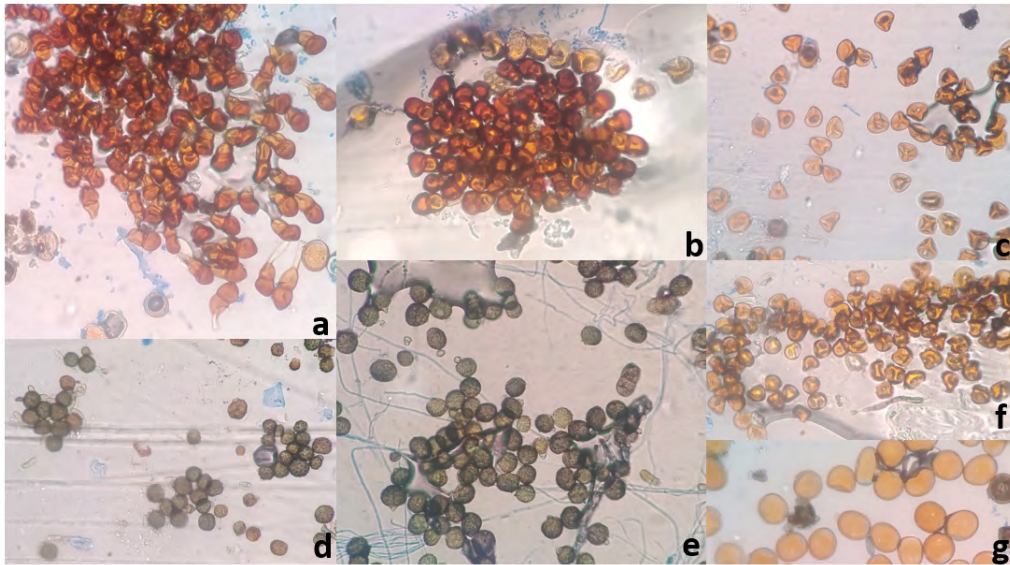


Figura 3. Agente causal de enfermedad en el cultivo de maíz, roya. a-b. *Puccinia caricina*, a. uredosporas y teliosporas de dos células y uredospora de *Hemileia* sp., b. Teliosporas de dos células de *Puccinia caricina* y, c-f. uredosporas de *Puccinia* sp., d-e *Uromyces geranii* uredosporas, g. *Puccinia sorghi* urediniosporas.

Se presentaron esporas de diferentes estados de desarrollo con presencia de hongos como *Verticillium* sp., roya y *Cladosporium* sp. (Figura 4). Se encontraron esporas hialinas con formas alargadas similares a las formas del arroz y con

micelio demateaceo y septado (Figura 5). Las esporas hialinas mostraron acumulaciones formando grupos de forma redonda con micelio septado hialino (Figura 6).

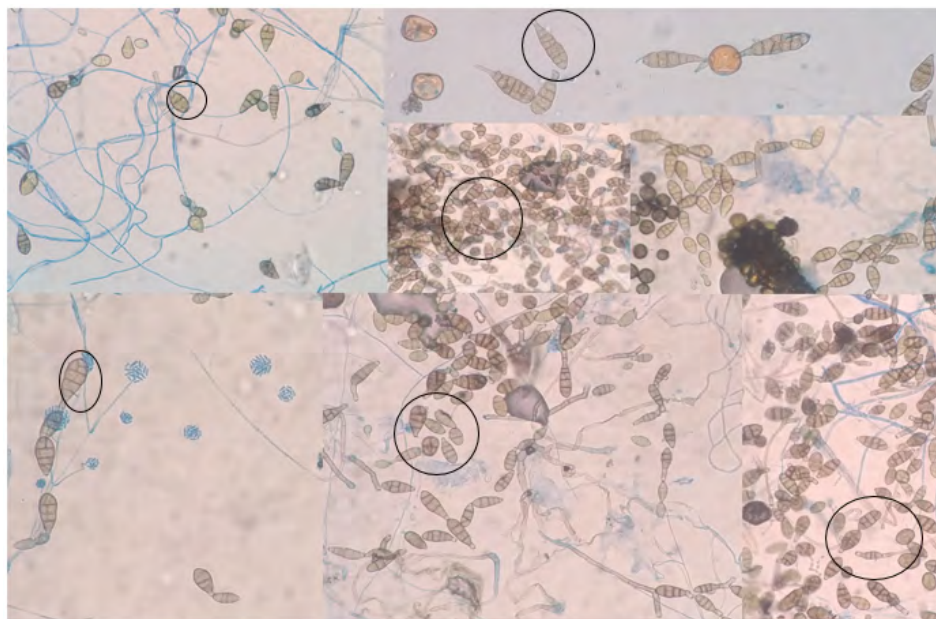


Figura 4. Agente causal *Alternaria* sp.

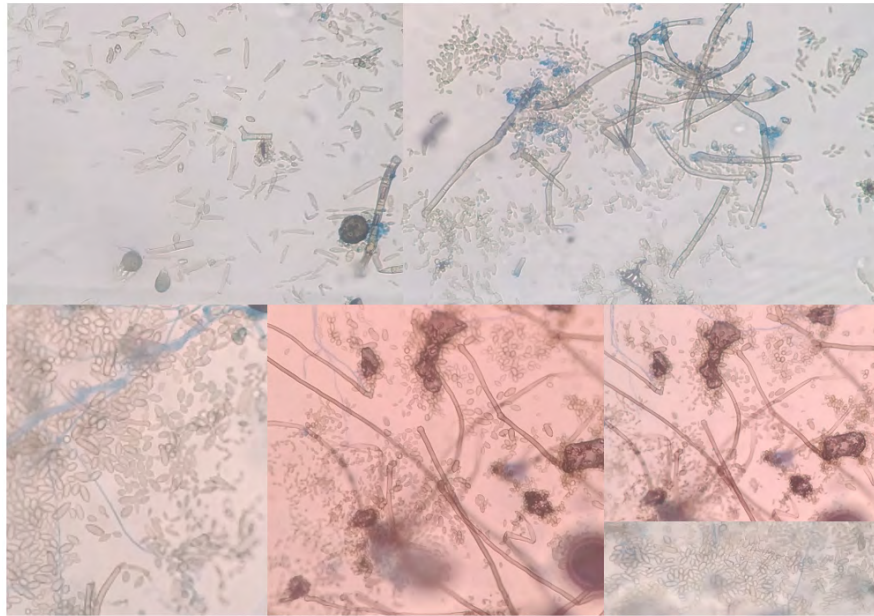


Figura 5. Visualización al microscopio de *Cladosporium* sp.

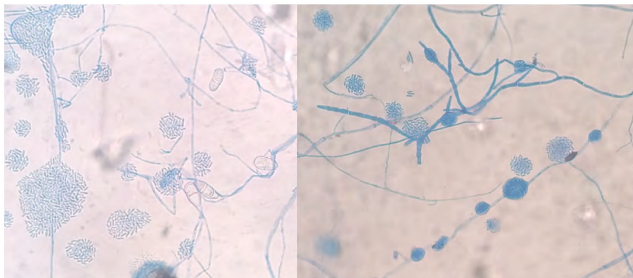


Figura 6. Visualización al microscopio de *Verticillium* sp.

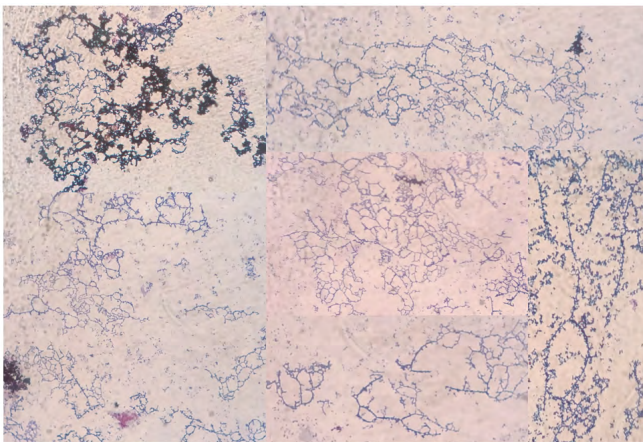


Figura 7. Actinomicetos presentes en el cultivo de maíz.

En la tinción de Gram, realizada en el cultivo de maíz con presencia de pudriciones blandas en tallos y mazorcas, se observaron cadenas de color morado, bacilos y cocos Gram positivos (Figura 7).

Se detectó la presencia de nemátodos foliares en maíz, dentro de las improntas directas realizadas se hallaron tres con características morfológicas diferentes, pero no se detalla con gran claridad si hay presencia de estilete (Figura 8).



Figura 8. Nemátodos foliares en el cultivo de maíz.

2. Determinar la capacidad de antagonismo de *Trichoderma sp.* a diferentes concentraciones en los hongos fitopatógenos en condiciones *in vitro*

La capacidad de antagonismo se determinó en los agentes causales de *Alternaria sp.*, *Cladosporium sp.* y *Verticillium sp.*, en los cuales se realizó un análisis de varianza y se determinó el porcentaje de área ocupado por el fitopatógeno y *Trichoderma sp.* (Tabla 3).

De acuerdo con la prueba de Tukey no hay diferencias significativas entre los tratamientos. Como se puede detallar en la Tabla 4, las medias obtenidas son muy similares dentro de cada concentración aplicada.

El porcentaje de antagonismo se relacionó con el área ocupada por cada uno de los hongos según cada concentración utilizada. Como se puede ver en la Tabla 5, la mejor concentración fue 1[^]2, debido a que hubo un mayor crecimiento de *Trichoderma sp.* (Figura 9).

Tabla 3. ANOVA para la comparación para el efecto de *Trichoderma vs fitopatógeno*. gl: grados de libertad; Sig: significancia.

Tratamiento	Comparación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Trichoderma	Entre grupos	1,32	2	0,66	0,982	0,428
	Dentro de grupos	4,05	6	0,67		
	Total	5,38	8			
Patógeno	Entre grupos	4,93	2	2,46	3,3	0,108
	Dentro de grupos	4,48	6	0,74		
	Total	9,42	8			

Tabla 4. Prueba de Tukey comparación de medias, de acuerdo con el análisis de varianza, en el hongo 1: *Alternaria sp*, hongo 2: *Cladosporium sp* y el hongo 3: *Verticillium sp*. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos utilizando 3 como tamaño de la muestra de la media armónica.

Hongo	n	<i>Trichoderma</i>	Patógeno
		Subconjunto para alfa= 0,05	
1	3	2,93	4,16
2	3	3,5	4,3
3	3	3,86	5,8
Sig.		0,40	0,13

Tabla 5. Porcentaje de antagonismo de *Trichoderma sp* de acuerdo con cada hongo fitopatígeno.

Concentración	Hongo	% antagonismo <i>Trichoderma</i>	% antagonismo patógeno
1 ¹⁰	<i>Cladosporium sp.</i>	20,43	36,56
1 ⁵	<i>Cladosporium sp.</i>	35,48	53,76
1 ²	<i>Cladosporium sp.</i>	38,71	48,39
1 ¹⁰	<i>Alternaria sp.</i>	31,18	68,82
1 ⁵	<i>Alternaria sp.</i>	38,71	61,29
1 ²	<i>Alternaria sp.</i>	43,01	56,99
1 ¹⁰	<i>Verticillium sp.</i>	30,11	58,06
1 ⁵	<i>Verticillium sp.</i>	45,16	34,41
1 ²	<i>Verticillium sp.</i>	49,46	41,94

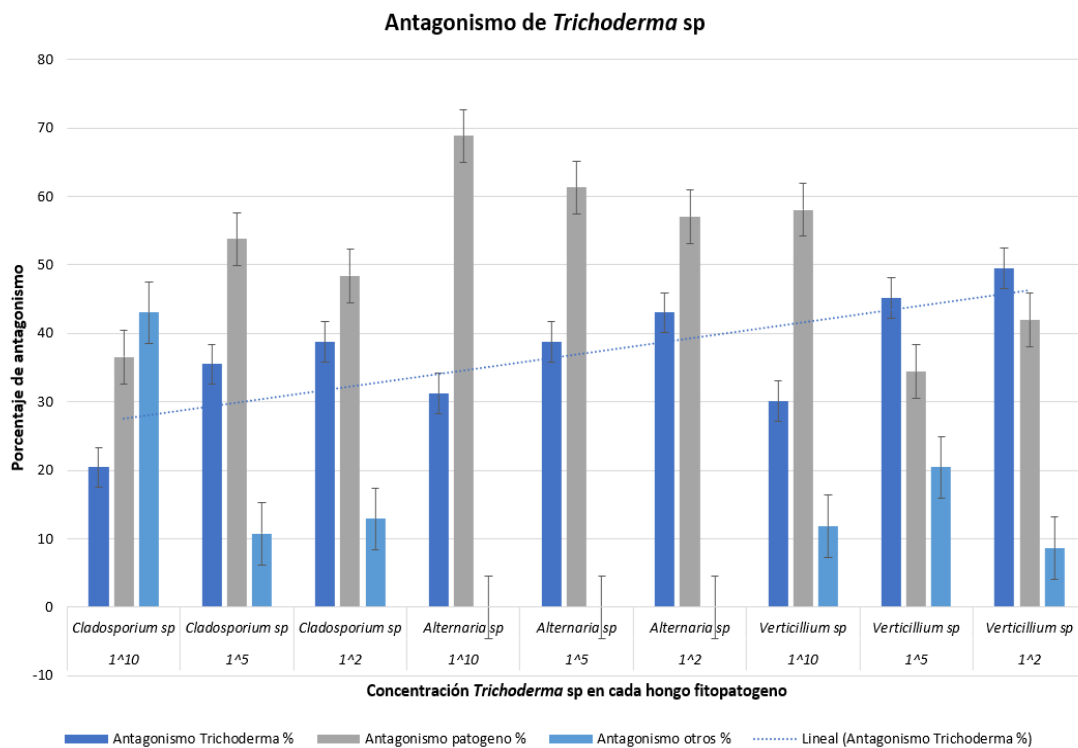


Figura 9. Antagonismo de *Trichoderma sp* en cada uno de los hongos fitopatígenos evaluados.

Verticillium: los resultados obtenidos de la prueba de antibiosis (9) muestran que *Trichoderma* tiene la capacidad de crecer *in vitro* y competir con el hongo *Verticillium dahliae* Kleb funcionando como micoparásito y reduciendo de forma significativa la enfermedad del olivo en campo. Como se puede detallar en la Figura 9, *Trichoderma* sp. logró un porcentaje de antagonismo de menos del 50 %, pero este fue aumentando progresivamente a medida de que la concentración se intensificaba, por lo que de alguna forma sí funciona, de manera que es necesario aumentar la concentración para lograr mejores resultados, debido a la actividad enzimática que presentan los aislamientos hacia el patógeno. Así mismo, se menciona (10) que muchas especies del género *Trichoderma* son agentes de control biológico potenciales contra un gran número de patógenos. Entre las enzimas líticas que producen las especies de *Trichoderma*, se reportan a las quitinasas, glucanasas (11 y 12), proteasas y celulasas; algunas están relacionadas con el fenómeno de antibiosis y micoparasitismo al degradar la pared celular y micoparasitar al hospedante (13).

Alternaria: las concentraciones aplicadas de *Trichoderma* sp. sobre *Alternaria* sp. no fueron significativas, debido a que *Alternaria* sp. tiene gran habilidad competitiva, aunque a mayor concentración se logra ejercer mayor control por parte de *Trichoderma* sp. y como se menciona en el estudio (14), *Trichoderma* sp. detuvo el crecimiento de este patógeno, formando así un halo blanco que podrían ser fitotoxinas del fitopatógeno como mecanismo de defensa (15). Presentó también hiperparasitismo, pero en una proporción muy baja con respecto al patógeno.

Y también, como afirman (16), a mayor producción de enzimas hidrolíticas del hongo *Trichoderma* sp., mayor es la probabilidad de inhibir el crecimiento del patógeno, esto

por la degradación de la pared celular, lo que disminuye la germinación de esporas de estos fitopatógenos.

Además de esto, (17) indicaron que *Trichoderma* sp. tiene mecanismo de acción denominado antibiosis debido a que produce compuestos inhibitorios como metabolitos volátiles, enzimas extracelulares: cutinasas, peptinasas, glucanasas y quitinasas, y otras identificadas como no volátiles como: isocianatos, pirones, trichocinas y péptidos, por lo que de alguna forma su actividad antagónica sí se ve reflejada. De igual forma, como en *Verticillium*, es necesario aumentar las concentraciones de *Trichoderma* sp. (Figura 10).

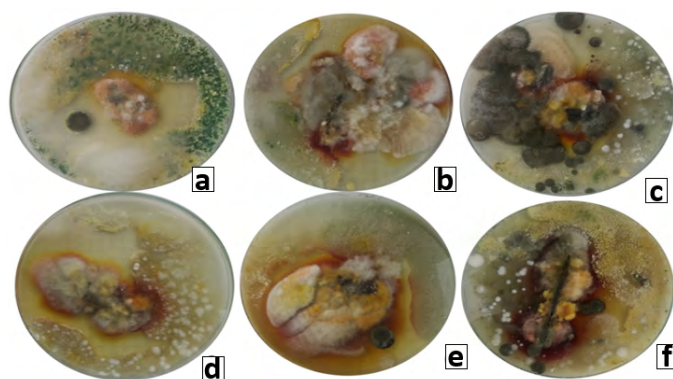


Figura 10. Comportamiento de antagonismo de *Trichoderma* sp. sobre los patógenos: a-c. *Verticillium* sp.; b-e. *Alternaria* sp.; c-f. *Cladosporium* sp.

Los tipos de antagonismo evidenciados en cada uno de los hongos fitopatógenos se relacionan a la competencia, de acuerdo con la forma distribución de *Trichoderma* en la caja de Petri (Figura 11). Como en el caso de la Figura 10, en el cual la caja A muestra una sustancia amarilla que divide a *Verticillium* de *Trichoderma*, que tal vez se relacione con antibiosis, pero las medidas se tomaron como si fueran dos patógenos que compitieran por espacio y en los otros casos se puede detallar también una competencia

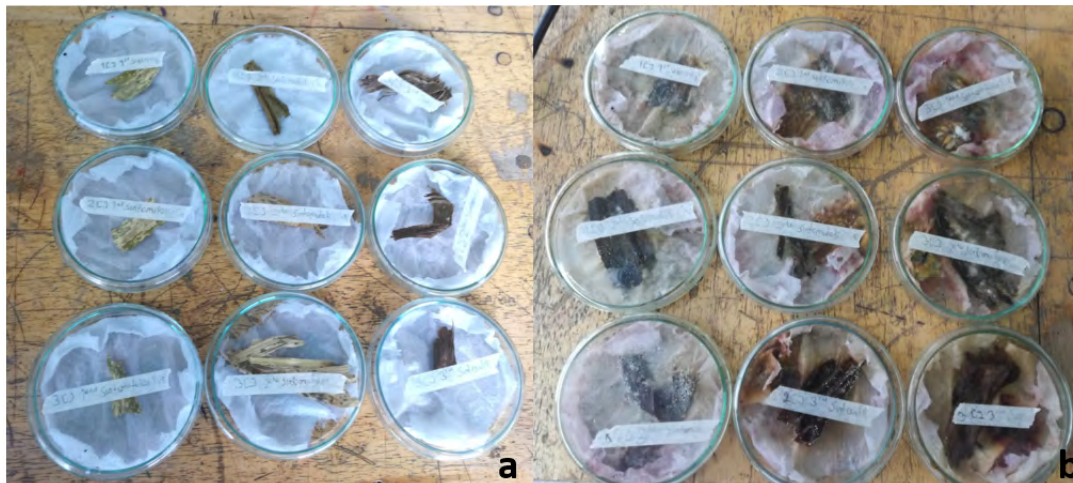


Figura 11. Comportamiento de la aplicación de *Trichoderma sp* en roya.

a. Cámara húmeda antes de realizar la aplicación; **b.** Cámara húmeda sin la presencia de *Trichoderma sp*.

por espacio, lo que sucedió en *Alternaria sp.* y *Cladosporium sp.*

Roya: en esta investigación el control no funcionó y esto puede deberse a que dentro de la identificación se hallaron bastantes especies de roya, lo que puede hacer de esta población más resistente a *Trichoderma sp.* y lo que es muy evidente en las cámaras húmedas, ya que no existe la mínima presencia de *Trichoderma sp.* en las cajas, como se detalla en la Figura 11, y también puede deberse a que *Trichoderma sp.* no tenga la capacidad de desarrollarse sin medio, ya que no tiene de qué alimentarse. Otras investigaciones (18) indican que mientras menor sean los días al contacto, es mayor la agresividad que existe por parte del hongo antagonista y menor la resistencia del fitopatógeno; esto se debe a las pruebas de antagonismo realizadas en (19) y se establece que se puede inferir que el hongo *Trichoderma sp.* resultó ser un hongo con alta capacidad antagonista, y según (20), en su estudio halló un posible antagonismo de cepas de *Trichoderma* sobre *Hemileia vastatrix*

como resultado de una invasión del micelio de *Trichoderma* sobre el patógeno en la lesión de la hoja. Así también indican que el ataque de *Trichoderma* sobre *H. vastatrix* en las hojas de un árbol en el cafetal puede ser diferente al parasitismo clásico.

3. Comprobar la presencia de *Trichoderma sp.* en las pruebas de antagonismo in vitro

Como se puede observar en la Figura 12, se halló la presencia de *Trichoderma* en el caso de tres de los hongos fitopatógenos: *Alternaria sp.*, *Verticillium sp.* y *Cladosporium sp.*, exceptuando la roya que no presentó micelio ni crecimiento de *Trichoderma sp.*

Conclusiones

- Se hallaron cuatro agentes causales en el muestreo realizado en el cultivo de maíz, entre ellos roya (*Puccinia caricina*, *Puccinia sp.*, *Hemileia sp.*, *Uromyces geranii* y *Puccinia*

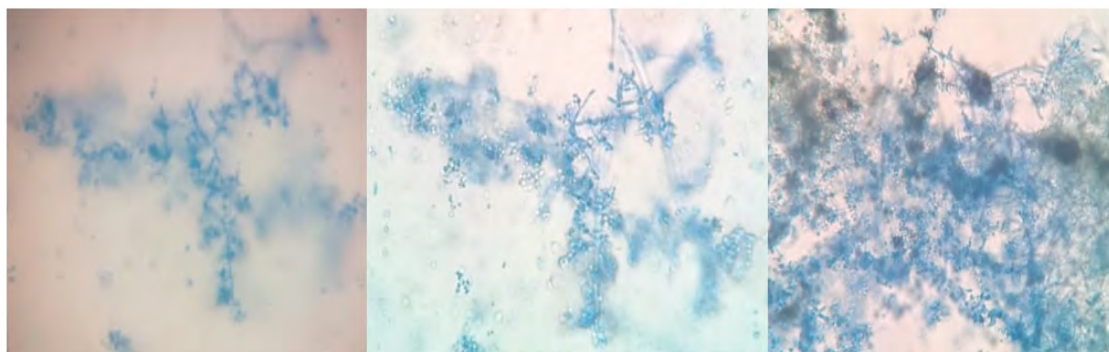


Figura 12. Presencia de *Trichoderma sp* en los medios de cultivo Fotografías de la presencia de *Trichoderma sp* en las pruebas de antagonismo con los hongos fitopatógenos *Verticillium sp*, *Alternaria sp* y *Cladosporium sp* exceptuando la roya, ya que el hongo no pudo colonizar la cámara húmeda

sorghi), *Alternaria sp.*, *Verticillium sp.* y *Cladosporium sp.*, pero es importante resaltar que la presencia de actinomicetos en el cultivo de maíz genera las pérdidas directas en producción, ya que al presentarse la pudrición blanda en la flor femenina, produce la pérdida de la mazorca que es la que realmente es significativa en lo económico, por lo que la prevención de esta es importante, porque hacer un correctivo representará pérdidas de producción.

- Se puede concluir que el hongo *Trichoderma sp.* puede usarse como agente de control biológico, ya que es eficaz en el control de *Verticillium sp.*, aunque estos reporten controles en los otros hongos fitopatógenos, en esta investigación no funcionó y puede deberse a la cantidad de concentración, por lo que es de gran importancia tener en cuenta las concentraciones para aplicar de este, para conocer su efecto antagónico positivo.
- Se pudo evidenciar la presencia de *Trichoderma sp.* en los ensayos de tres de los agentes causales dentro de los que están *Alternaria sp.*, *Verticillium sp.* y *Cladosporium sp.* con porcentajes de antagonismo diferentes de acuerdo con la concentración. De forma contraria para el caso de la roya no hay presencia visual ni microscópica de *Trichoderma*, ya que la roya se encontraba en cámara húmeda, por lo que la habilidad antagónica de este patógeno es alta en comparación con *Trichoderma sp.* y también debido a que *Trichoderma* no disponía de un medio para alimentarse.
- Finalmente es importante tener en cuenta que esta evaluación fue *in vitro* y puede que las condiciones *in vivo* o en campo alteren los resultados del control de hongos fitopatógenos, por lo que es importante y necesario evaluar en campo la aplicación de *Trichoderma sp.* y verificar su efectividad.

Referencias

1. Deras H. Guía técnica. El cultivo de maíz. s. f. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
2. Ortigoza J., López C, González, J. Guía técnica cultivo de maíz. 2019. San Lorenzo, Paraguay. Disponible en: https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
3. Carmona M, Sautua F. Sanidad de los cultivos, cómo y cuándo aplicar fungicidas para evitar roya y tizón en maíz. 2009. Disponible en: https://www.clarin.com/rural/aplicar-fungicidas-evitar-roya-tizon-maiz_0_SkzSaSPyf.html
4. Ventimiglia L, Torrens L. (2015). Aplicación de fungicida en maíz: efecto del genotipo, momento e intensidad de la aplicación. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_9_de_julio_aplicacin_de_fungicida_en_maz_efecto_.pdf
5. García-Gutiérrez C, Rodríguez-Mesa. GD. Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. Ra Ximhai. 2012;8(3b):1-10. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177005.pdf>
6. Martínez B, Infante D, Reyes Y. Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. 2013. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100001
7. González G. Análisis de incidencia y severidad de fitopatologías. Pontificia Universidad Javeriana. Trabajo de grado. Microbiología agrícola y veterinaria. 2007.
8. Rodríguez P, Arenas R. Hans Christian Gram y su tinción. 2018. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cosmetica/dcm-2018/dcm182n.pdf>
9. Barroso-Albarracín R, Chaki M, Carreras A, Pérez-Artés E, Valderrama R, et al. Trichoderma harzianum como agente de control biológico frente a la Verticilosis del olivo. 2014. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/159328>

10. Jakobs D, Geremia RA, Goldman GH, Kaomen O, Van Montagy M, Herrera EA. Study of the expression of b-(1-3) glucanase of *Trichoderma harzianum*. *Petria*. 1991;1:125-126.
11. Bruce A, Srinivasan U, Stanines HJ, Highley TL. Chitinase and laminarinase production in liquid cultura by *Trichoderma* spp., and their role in biocontrol of Wood decay fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 1995;35(4):337-353. [https://doi.org/10.1016/0964-8305\(95\)00047-3](https://doi.org/10.1016/0964-8305(95)00047-3)
12. Benhamou N, Chet I. Cellular and molecular mechanisms involved in the interaction between *Trichoderma harzianum* and *Pythium ultimum*. *Appl. Environ. Microbiol.* 1997;63(5):2095-2099. <https://doi.org/10.1128/AEM.63.5.2095-2099.1997>
13. Schickler H., Chet I. Heterologous chitinase gene expression to improve plant defense against phytopathogenic fungi. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*. 1997;19:196-201. <https://doi.org/10.1038/sj.jim.2900447>
14. Caiza Sango SE. Evaluación *in vitro* de la capacidad antagónica de *Trichoderma* comercial (*Trichoderma harzianum*) y *Trichoderma* nativo (*Trichoderma* sp.) frente a los patógenos *Alternaria* sp., *Fusarium oxysporum* y *Heterosporium echinolatum* del cultivo de clavel (*Dianthus caryophyllus*). Bachelor's thesis, Quito. 2017.
15. Moreno M, González I, Marín de Santos R, García T. Importancia del género *Alternaria* como productor de micotoxinas y agente causal de enfermedades humanas. *Nutrición Hospitalaria*. 2012;27(6):1772-1781. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n6/03revision02.pdf>
16. Shalini R, Prem LK, Sudheer K, Alok KS, Pramod WR. Identification, characterization and phylogenetic analysis of antifungal *Trichoderma* from tomato rhizosphere. *Springer Plus*. 2016;5(1939):1-16. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3657-4>
17. Guédez C, Cañizalez L, Castillo C, Olivar R. Evaluación *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate. *Sociedad Venezolana de Microbiología*.

2012;1(32):44-49. Disponible en: <http://www.scielo.org/ve/pdf/rsvm/v32n1/art09.pdf>

18. Michel A. Cepas nativas de *Trichoderma* spp. (Euscomycetes: hypocreales), su antibiosis y micoparasitismo sobre *Fusarium subglutinans* y *F. oxysporum* (Hyphomycetes: Hyphales). Tesis doctoral, Universidad de Colima, México. 2001.
19. Rolz C, De León L, Paniagua O. Evidencia de un antagonismo in vitro de especies de *Trichoderma* contra *Hemileia vastatrix* (Roya del café). Rev. 25 de la Universidad del Valle de Guatemala. 2013;61-65.
20. Sucaticona Vilca F. Actividad antagónica in vitro de los hongos *Trichoderma* spp. y *Lecanicillium* spp. frente al hongo de la roya amarilla del café (*Hemileia vastatrix*) en condiciones de laboratorio. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Perú. 2018.

Comportamiento productivo y calidad de la carne en pollos de engorde utilizando trigo tropical (*Coix Lacryma Jobi*)

Óscar Patricio Núñez-Torres^{1*}, Jeaneth Guadalupe Pilatuña-Gualaceo¹, Roberto Ismael Almeida-Secaira¹

¹ Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

* Autor de correspondencia:
op.nunez@uta.edu.ec

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de trigo tropical (*Coix Lacryma Jobi*), sobre los índices productivos y la calidad de la carne pollos de engorde Cobb 500 de 1 día, en la parroquia Veracruz perteneciente al cantón Puyo, provincia de Pastaza, Ecuador. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, el ensayo duró 42 días dispuestos en 4 tratamientos y 5 repeticiones, se manejaron tratamientos con diferentes niveles de inclusión (20 %, 30 %, 40 %) y un testigo (0 %). En la etapa inicial presentaron para Ganancia de Peso 382.1 g vs. T0 = 334.5 g, conversión alimenticia 1.04 vs. T0 = 1.17. Para la etapa de crecimiento se obtuvo una conversión alimenticia de 1.23 vs. T0 = 1.29 y en la etapa de engorde se obtuvo una ganancia de peso 1289.84 g vs. T1 = 1243.98 g, conversión alimenticia de 1.06 vs. T1 = 1.66, con mortalidad de 2 %

Palabras clave: producción avícola, calidad de carne, dieta alternativa, rentabilidad.

Keywords: Poultry production, Meat quality, Alternative diet, Profitability.

en la etapa de crecimiento y engorde. Se evaluaron los Índices de Eficiencia Europea e Ingalls-Ortiz obteniendo valores de 401.18 y 1.45, respectivamente. Para el rendimiento a la canal, T3 = 1864.2 g, comparando con los demás tratamientos. En las pruebas fisicoquímicas se obtuvieron mejores resultados con T2 con un pH = 6.02 vs. T3 = 5.84, color y capacidad de retención de agua 46.48 % vs. T1 = 23 %, y mejor rentabilidad con la T3. Concluyendo que una inclusión de 40 % de trigo tropical en las dietas de pollos de engorde ayuda a mejorar los parámetros zootécnicos, calidad de carne y rendimiento económico.

Abstract

The aim of the research was to test the effect of including tropical wheat (Coix Lacryma Jobi), on the productive indices and quality of the meat, 1-day Cobb 500 broilers, in the Veracruz Parish belonging to the Puyo canton, province of Pastaza, Ecuador, a randomized block design was used, the trial lasted 42 days arranged in 4 treatments and 5 repetitions, treatments with different inclusion levels (20%, 30%, 40%) and control (0%) were handled. In the initial stage presented for weight Gain 382.1 g vs. T0 = 334.5 g, feed conversion 1.04 vs. T0 = 1.17, for the growth stage a feed conversion of 1.23 vs. T0 = 1.29, and in the fattening stage the weight gain was 1289.84 g, vs. T1 = 1243.98 g, feed conversion of 1.06 vs. T1 = 1.66, with a mortality of 2 % in the stage of growth and fattening. The European and Ingalls-Ortiz Efficiency Indices were evaluated getting values of 401.18 and 1.45, respectively, for the yield to the carcass, T3 = 1864.2 g, compared with the other treatments. The physical-chemical tests got better results with T2 with a pH = 6.02 vs. T3 = 5.84, color and water retention capacity 46.48% vs. T1 = 23%, and better profitability with T3. Concluding the inclusion of 40% of tropical wheat in the diets of broilers helps to improve animal husbandry indexes, meat quality, and economic yield.

Introducción

Ortiz (7) menciona que la producción avícola en Ecuador, según estudios realizados por la CONAVE (Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador), en 2012 representó el 13 % del PIB (Producto Interno Bruto) agropecuario y el 4.6 %

del PEA (Población Económicamente Activa); por ello, la avicultura se ha convertido en una de las actividades pecuarias más importantes del país tanto por los ingresos económicos que genera, y a la vez por su importancia alimenticia y nutricional para el ser humano. Orellana (6) recalca la evolución del consumo per cápita de

carne de pollo en Ecuador mediante los censos realizados por la CONAVE en 2015, iniciando en 1990 con 7 kg/persona/año, en 2006 con 23 kg/persona/año y en 2015 con 35 kg/persona/año, debido a que los ecuatorianos consumen en su gran mayoría carne de pollo por su bajo costo en libras en comparación con otras carnes.

Investigaciones realizadas por la FAO (3) han demostrado su alto valor nutricional. Aparte menciona que la calidad de la carne se define generalmente en función a su calidad composicional (coeficiente magro-graso) y de factores de palatabilidad tales como: su aspecto, firmeza, jugosidad, textura, olor y sabor, mientras que la calidad nutritiva es objetiva; por otro lado, la calidad como producto comestible es percibida por el consumidor de forma subjetiva. Para determinar dichos parámetros se han desarrollado miles de pruebas tanto instrumentales como sensoriales.

Schonberger (13) menciona que, según información de la AFABA (Asociación de Fabricantes de Alimentos Balanceados), el sector avícola consume el 76 % del total de los alimentos balanceados producidos. Tradicionalmente el maíz constituye entre el 50 y 60 %, mientras que la torta de soya entre un 15 y 20 % de la composición del balanceado, lo que a su vez representa cerca del 69 % de los costos de producción, por lo cual la producción mensual de maíz y soya no abastece la demanda nacional y es necesario importar estas materias primas de otros países como son EE. UU., Bolivia y Argentina, incrementando así aún más los costos de producción de dicho sector.

Herrera y (4). En el comportamiento productivo de 144 pollos de ceba (72 por sexo, con 1 día de edad y 50 g de peso) que se alimentaron con balanceado comercial (grupo control) y la sustitución de una parte del maíz y soya por harina de semillas tostadas de gandul (*Cajanus*

cajan) (6 %), los tres tratamientos experimentales fueron: T1, 120 °C por 12 min; T2: 130 °C por 15 min; y T3: 140 °C por 18 min, concluyendo que al análisis estadístico ($P > 0,05$), el mejor tratamiento fue T1 con un consumo total de materia seca (7744.90 g), ganancia media diaria de peso vivo acumulada (62.79 g), peso vivo final por animal (3566.43 g) y la mejor eficiencia en el uso de la proteína y la energía. No hubo diferencias en la conversión de alimentos y todas las dietas cubrieron los requerimientos nutricionales, demostrando que es posible mejorar el comportamiento productivo de pollos de ceba en inicio y crecimiento-ceba, con la sustitución del 6 % de la soya y el maíz de la ración por harina de semillas tostadas de *Cajanus cajan*.

Barragán (1) midió el rendimiento de la canal de pollos de engorde, adicionando a la dieta germinado de Triticale (*Triticosecale wittmack*) así como evaluó el rendimiento de las partes seccionadas principales y secundarias. En dicho experimento utilizó 100 pollos de un día de edad. El programa de alimentación fue en dos fases: iniciación que comprendió del día 0 al 28, y la etapa de finalización que fue del día 29 al 42; los primeros 7 días se dio únicamente balanceado comercial y la adición de germinado de Triticale al alimento comercial fue a partir del día 7 al 42 de edad. Los tratamientos fueron: T1 = alimento comercial y T2 = sustitución de germinado de Triticale al alimento comercial en un 5 %. Los resultados obtenidos para todas las variables analizadas mostraron que T1 fue el mejor presentando valores para rendimiento en canal con 80.37 %, para rendimiento en pechuga con 30.44 %, mientras que para rendimiento en pierna y muslo T2 fue el mejor con 27.55 % y para rendimiento en ala T1 con 10.06 %. Por último para rendimiento en menudencia T2 con 12.56 %. En este contexto se plantea como alternativa la formulación de concentrados a base de productos no convencionales que permitan

mejorar el rendimiento productivo de las aves y minorar los costos de producción, por lo que el uso de trigo tropical se presenta como solución a este problema. Por lo tanto, se ha visto la necesidad de modernizar e intensificar el campo de la avicultura para aumentar su productividad y eficacia, por ello se pretende buscar nuevas formas de alimentación y el aprovechamiento de los recursos propios de la zona. Las semillas como es el caso del trigo tropical (*Coix lacryma jobi*), el cual crece de forma abundante y su cultivo no requiere de manejo técnico, además de tener un alto valor nutricional es rico en carbohidratos y proteína. Sin embargo, el desconocimiento sobre su valor nutricional ha llevado a los campesinos a la utilización de dicha semilla de forma rústica e inapropiada en la alimentación de las aves. La hipótesis del ensayo fue el uso de trigo tropical (*Coix lacryma jobi*) que influye sobre los índices productivos y la calidad de la carne en pollos de engorde. El objetivo de la investigación es evaluar el trigo tropical (*Coix lacryma jobi*) sobre los índices productivos y calidad de la carne en pollos de engorde.

Materiales y métodos

El presente trabajo investigativo se realizó en la parroquia Veracruz perteneciente al cantón Puyo, provincia de Pastaza, la cual está ubicada a 7 km de la ciudad de Puyo. Presenta condiciones geográficas tales como: altitud 925 m s. n. m., latitud 1° 29' 01" S, longitud 78° 00' 09" O, temperatura media: 18° C a 24° C, clima cálido húmedo. Los factores de estudio en la administración de diferentes dietas elaboradas a base de trigo tropical para pollos de engorde con diferentes niveles de inclusión y una dieta control están distribuidos de la siguiente manera:

- T0: 0 % de trigo tropical (*Coix lacryma - jobi*).
- T1: 20 % de trigo tropical (*Coix lacryma - jobi*).

- T2: 30 % de trigo tropical (*Coix lacryma - jobi*).
- T3: 40 % de trigo tropical (*Coix lacryma - jobi*).

Se utilizaron 200 pollos de engorde línea Cobb 500 de un día de edad, además se administraron vacunas como: Bronquitis, Newcastle y Gumboro, se formuló una dieta a base de: trigo tropical, maíz, afrecho, aminoácidos, carbonato, fosfato, etc. Las 5 repeticiones y los 4 tratamientos grupos se ubicaron en 20 cubículos de 1 m², utilizando un área total de 28 m². El número de animales por unidad experimental en cada cubículo fue de 10. El experimento se desarrolló con el diseño de bloques completamente al azar. Se analizaron cuatro tratamientos con cinco repeticiones cada uno. Tres de los tratamientos recibieron una inclusión de trigo tropical al 20, 30 y 40 %, respectivamente, más un tratamiento testigo con 0 % de trigo tropical.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con comparación de medias en diferentes niveles de significancia Tukey. Los animales registraron un peso promedio de 48.8 g, divididos en 4 grupos con 50 pollos cada uno, se ubicaron en 20 cubículos de 1 m², utilizando un área total de 28 m², y el número de animales por unidad experimental fue de 10. El experimento se desarrolló con el diseño de bloques completamente al azar. Se analizaron cuatro tratamientos con cinco repeticiones cada uno. Tres de los tratamientos recibieron una inclusión de trigo tropical al 20, 30 y 40 %, respectivamente, más un tratamiento testigo con 0 % de trigo tropical.

Conversión alimenticia

Define la relación que existe entre el alimento que consume con el peso que gana, se puede calcular de forma diaria, semanal al saque o

acumulada. Se determina con la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Peso vivo del animal}}$$

Interpretación:

Cuanto menor sea la conversión, más eficiente es el ave.

Ganancia de peso, g

$$GP(\text{lote}) = \text{Peso Final} - \text{peso Inicial}$$

Determina cuántos gramos o kilogramos gana el animal o el lote en un tiempo establecido. Se puede calcular de forma semanal o al saque.

Mortalidad, %

Define el porcentaje de animales vivos al final del ciclo de producción, que puedan ser sacrificados.

$$M = \frac{\text{Aves muertas}}{\text{Aves iniciales}} * 100$$

Índice de Eficiencia Europea

Se utiliza para medir y comparar la eficiencia obtenida en explotaciones de pollos de engorde, dado que indicadores productivos tales como peso, conversión y mortalidad varían en función de algunos factores (entre estos la edad). Este valor unifica todos los anteriores y los conjuga para determinar un valor absoluto relativo a los indicadores de producción, de manera que se convierta en una fuente de comparación.

La fórmula utilizada para hacer el cálculo fue la siguiente:

$$IEE = \frac{\text{Viabilidad (\%)} * \text{Peso promedio al sacrificio}}{\text{Edad en días} * \text{Conversion alimenticia}} * 100$$

Índice de Ingalls-Ortiz

Este índice constituye un complemento de los costos contables ya que permite calcular de manera rápida la utilidad desde un punto de vista económico, a su vez permite comparar la eficiencia económica entre diferentes lotes de una misma explotación. Para calcular el IOR se necesita dividir el ingreso bruto entre el costo del alimento consumido y desperdiciado agregando un factor de ajuste (FA), el cual estima los otros datos de la producción.

La fórmula utilizada para hacer el cálculo es la siguiente:

$$IOR = \text{Ingreso Total (IT)} / \text{Costos de Producción (CP)}$$

Para analizar esta variable se llevó a cabo el faenamiento de 5 aves por tratamiento, 1 por repetición, y se pesó cada ave antes del sacrificio.

- Rendimiento en canal caliente, g
El peso de la canal caliente se obtuvo después del sacrificio, desplume y separación de los componentes viscerales como son: corazón, cuello, hígado, molleja y patas.

- Rendimiento en canal fría, g
Es el peso que se obtuvo tras refrigeración a una temperatura de 4 °C por 24 horas.

- Canal caliente, %
El peso de la canal caliente se dividió para el peso vivo al sacrificio y se multiplicó por 100.

- Canal fría, %
Es el peso de la canal después de ser sometido a congelación por 24 horas, dividido para el peso vivo al sacrificio y multiplicado por 100.

Rendimiento en partes seccionadas, %

- Rendimiento en pechuga, %

Se realizó la extracción del músculo de la pechuga libre del hueso de la clavícula, y costillas.

- Rendimiento pierna-muslo, %

Desde la articulación coxofemoral o de la cadera con el fémur, la articulación de la rodilla, (femorotibiorrotuliana) hasta la unión con la articulación tibiotarsiana.

- Rendimiento en ala, %

Desde la articulación escapulo-humeral hasta las falanges.

- Rendimiento en menudencias, %

Se pesó el corazón, la molleja y el hígado.

- Rendimiento en carcañal, %

Es la parte que corresponde al resto de la canal donde se incluye rabadilla, pescuezo y espinazo. Para determinar el rendimiento por piezas se utilizó la siguiente fórmula:

Para cada tratamiento se efectuó el análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas de significancia Tukey al 5 %, para observar diferencias estadísticas entre los tratamientos. La ganancia de peso se procedió a determinar por etapas para lo cual se tomó el peso de las aves del día 1 de edad, registrando los datos en gramos (g). Al finalizar la etapa inicial se tomó el primer pesaje que comprende hasta el día 14, el segundo pesaje que incluye la etapa de crecimiento se realizó hasta el día 28 y por último el tercer pesaje se hizo el día 42 que comprende la etapa de engorde. La ganancia de peso así como la conversión alimenticia también se determinaron por etapas, y para ello se utilizó la base de datos de ganancia de peso y consumo de alimento.

Resultados

En la etapa inicial (1-14 días), la ganancia de peso evidenció diferencias altamente significativas ($P = 0.0001$) entre los tratamientos. Se registran rangos de significancia y fue mejor T3 (382.1 g), seguido por T2 (356.7 g), T1 (346.24 g) y T0 (334.5 g), respectivamente. En cuanto a la conversión alimenticia muestra diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.0001$), entre los tratamientos se observó una mejor conversión alimenticia para T3 (1.04), seguido de T1 (1.1), no difieren entre sí T2 (1.13), difiriendo de T0 (1.17). En cuanto al porcentaje de mortalidad en esta etapa, todos los tratamientos presentaron 0 % de mortalidad (Tabla 1).

En relación con la variable ganancia de peso en la etapa de crecimiento (15-28 días), indica que no existe diferencias estadísticas ($P = 0.2883$) entre los tratamientos. La prueba de Tukey registra un solo rango de significancia, obteniendo resultados para T2 (1088.78 g), T1 (1085.56 g), T3 (1081.76 g) y T0 (1080.30 g), siendo estadísticamente iguales. Con respecto a esta variable muestra diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.0001$) entre las medias de los tratamientos. Mediante la prueba de Tukey se registran tres rangos de significancia obteniendo una mejor conversión alimenticia para T3 (1.23), difiriendo de T2 (1.26) que comparte significancia con T1 (1.27), mientras que T3 (1.29) difiere estadísticamente de los demás tratamientos. Las causas de muerte fueron por presencia de enfermedades víricas como el Newcastle y Gumboro, obteniendo valores para T3 (2 %), y para T1, T2 y T0 (4 %), respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de las variables analizadas etapa acumulada.

Índices evaluados	Niveles de <i>Coix lacryma jobi</i>				Valor P
	0 %	20 %	30 %	40 %	
Etapa inicial (1-14 días)					
Peso inicial, g	47.46	47.86	47.86	47.86	
Peso final, g	381.96	394.1	404.56	429.56	
Consumo. Alimento, g	527.2	530.0	530.2	529.6	0.9946
Ganancia peso, g	334.5 ^d	346.24 ^c	356.7 ^b	382.1 ^a	0.0001
Conversión alimenticia	1.17 ^c	1.13 ^b	1.1 ^b	1.04 ^a	0.0001
Mortalidad, %	0	0	0	0	
Etapa de crecimiento (1-28 días)					
Peso inicial, g	381.96	394.1	404.56	429.56	
Peso final, g	1462.26	1479.66	1493.38	1511.32	
Consumo. Alimento, g	1879.6 ^a	1881.6 ^a	1884.6 ^a	1860.0 ^b	0.0065
Ganancia peso, g	1080.3	1085.56	1088.78	1081.76	0.2883
Conversión alimenticia	1.29 ^c	1.27 ^b	1.26 ^b	1.23 ^a	0.0001
Mortalidad, %	4	4	4	2	
Etapa de engorde (29-42 días)					
Peso inicial, g	1462.26	1479.66	1493.38	1511.32	
Peso final, g	2712.48	2723.64	2757.46	2801.16	
Consumo. Alimento, g	4470.6	4473.64	4475.46	4481.4	0.4456
Ganancia peso, g	1250.22 ^{bc}	1243.98 ^c	1264.08 ^b	1289.84 ^a	0.0001
Conversión alimenticia	1.65 ^{bc}	1.66 ^c	1.62 ^{ab}	1.6 ^a	0.0002
Mortalidad, %	2	0	2	2	
IOR	1.28 ^c	1.35 ^b	1.39 ^b	1.45 ^a	
IEE	367.93 ^c	376.36 ^b	380.66 ^b	401.18 ^a	
a, b, c, d Medidas con letras diferentes en las filas difieren significativamente. (P < 0,05). T0: 0 % trigo tropical; T1: 20 % trigo tropical; T2: 30 % trigo tropical; T3: 40 % trigo tropical.					

Para la variable ganancia de peso en la **etapa de engorde** (29-42 días), muestra diferencias estadísticas altamente significativas (P = 0.0001) entre las medias de los tratamientos. Mediante prueba de Tukey se registran tres rangos de significancia, y es mejor T3 (1289.84 g), seguido por T2 (1264.08 g), que comparte un mínimo nivel de significancia con T0 (1250.22 g); por

otro lado, T1 (1243.98 g), difiere de T2 y T3, el cual comparte nivel de significancia con T0. Para conversión alimenticia muestra diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.0001$) entre los tratamientos. La prueba de Tukey registra tres rangos de significancia obteniendo una mejor conversión alimenticia con T3 (1.6) que comparte cierto grado de significancia con T2 (1.62), el cual comparte un mínimo nivel de significancia con T0 (1.65), mientras que T1 (1.66) difiere estadísticamente de los demás excepto de T0. Al observar la regresión cuadrática podemos deducir que mientras más alto es el nivel de inclusión de *C. lacryma jobi*, menor es la conversión alimenticia. Para el análisis de esta variable se tomó en cuenta las aves muertas con relación a las aves vivas obteniendo resultados para T3, T2 y T0 (2 %), respectivamente, y para T1 (0 %), como lo muestra la Tabla 1.

En cuanto a los valores obtenidos para el Índice de Eficiencia Europea, mientras que ADEVA señala que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.0001$) entre los

tratamientos, lo que quiere decir que influye de manera positiva sobre los índices zootécnicos la adición de *C. lacryma jobi* en la dieta. La prueba de Tukey registra tres rangos de significancia, en la cual el valor más alto corresponde a T3 (401.18) seguido por T2 (380.66) que comparte significancia con T1 (376.36), y por último T0 (367.93) que difiere estadísticamente de los demás.

Los valores que conciernen a los costos directos e indirectos y el costo total requerido para calcular el Índice de Ingalls-Ortiz (IOR), se muestra en la Tabla 2. Los costos de inversión en la alimentación y el cálculo del factor corregido de cada tratamiento para calcular el (IOR), se detalla a continuación. Se demuestra que el tratamiento T3 obtuvo un mejor rendimiento, esto se debe a la baja mortalidad registrada en este tratamiento, así como también a la ganancia de peso adquirida durante la investigación; por lo tanto, se obtuvo mayor número de aves vendidas con mayor peso al momento de la venta (Tabla 1).

Tabla 2. Análisis económico de los tratamientos sobre la producción avícola por tratamiento.

Índice evaluado	T0	T1	T2	T3
Costo por tratamiento, \$	130.56	119.02	114.39	107.86
Costo por kg alimento, \$	0.52	0.48	0.45	0.43
Diferencia entre testigo y t. tropical, \$		11.54	16.17	22.7
Costo por kg de canal producido, \$	1.88	1.78	1.73	1.65
Índice de Ingalls-Ortiz	1.28	1.35	1.39	1.45

T0: 0 % trigo tropical; T1: 20 % trigo tropical; T2: 30 % trigo tropical; T3: 40 % trigo tropical.

Una vez analizado el Índice de Ingalls-Ortiz (IOR) se puede comparar con el Índice de Eficiencia Europea (IEE) y se pueden sacar las siguientes interpretaciones: teniendo en cuenta que el

IOR es netamente económico, mientras que el IEE mide el índice zootécnico podemos concluir que un IEE alto no garantiza que el IOR sea alto o, por el contrario, un IOR alto no significa

que el IEE sea alto. Sin embargo, observamos que nuestros resultados van a la par y esto se debe a la ganancia de peso adquirida por cada tratamiento, lo que a su vez repercute en costos tanto de producción como en costos de ingresos finales.

Además, todas las variables evaluadas durante cada etapa: inicial, crecimiento y engorde, al analizarlos en una línea de regresión cuadrática, se deduce que mientras más alto es el nivel de inclusión de *Coix lacryma jobi*, mayor ganancia de peso se obtiene (Figura 1).

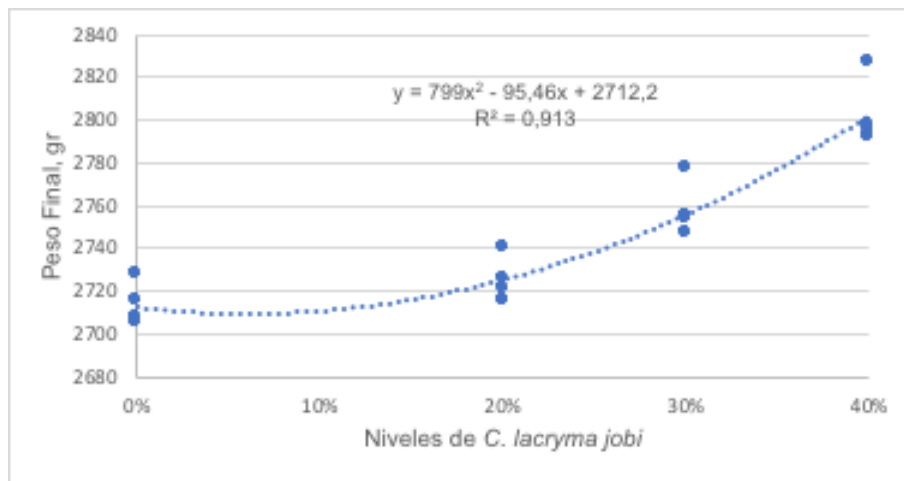


Figura 1. Línea de regresión para peso final con el efecto de los diferentes niveles de *Coix Lacryma Jobi* en la fase de engorde.

Mediante el análisis de regresión, se observa el comportamiento de los datos para la variable conversión alimenticia, la cual indica que cuanto

mayor sea la inclusión del trigo, la conversión alimenticia disminuye progresivamente (Figura 2).

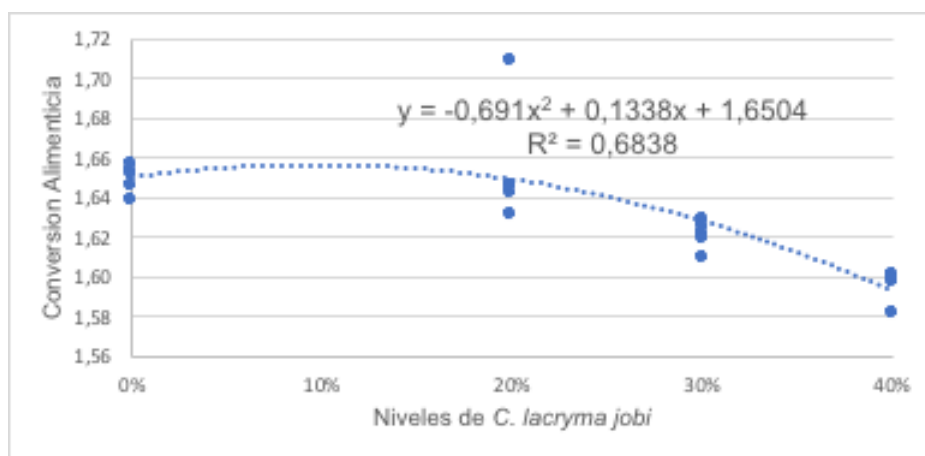


Figura 2. Línea de regresión para conversión alimenticia con el efecto de los diferentes niveles de *Coix Lacryma Jobi* en la fase de engorde.

Los valores para peso vivo al sacrificio, peso y porcentaje de rendimiento de la canal caliente y fría, no muestran diferencias estadísticas significativas ($P = 0.0001$) entre los tratamientos en lo que respecta al peso y porcentaje de la canal fría. No existen diferencias estadísticas ($P = 0.5205$) entre los tratamientos, registrando valores para T3 (2142 g), T2 (32 068 g), T1 (2056 g), y por último T0 (2064 g). Para el peso de la canal fría existieron diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.0001$) entre las medias de los tratamientos. Mediante prueba de Tukey se registran tres rangos de significancia obteniendo el mejor peso T3 (1864.20 g) no presentan diferencias entre tratamientos T2 (1832.40 g), T1 (1729.60 g) y difiere de T3, T2 y T0 (1598.60 g), que se diferencia estadísticamente de todos los tratamientos.

Al analizar ADEVA, para esta variable existen diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.0001$), entre los tratamientos. Mediante la prueba de Tukey se registran tres rangos de significancia obteniendo mejor porcentaje en T2 (65.99 %), compartiendo cierto grado de significancia con T1 (64.65 %), T3 (63.75 %) comparte un bajo nivel de significancia con T1, mientras que T0 (59.89 %) difiere estadísticamente de los demás tratamientos. Con relación a esta variable ADEVA, indica que no existe diferencias estadísticas ($P = 0.1588$) entre los tratamientos. La prueba de Tukey no registra rangos de significancia para el valor porcentual de la canal caliente con valores tales como T0 (77.26 %), T2 (76.83 %), T1 (74.36 %), y por último T3 (73.20 %) siendo estadísticamente iguales todos los tratamientos.

En los valores del rendimiento de las diferentes partes seccionadas del pollo (Tabla 4), se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. De acuerdo con ADEVA, existen diferencias significativas estadísticamente ($P = 0.03242$) entre los tratamientos. Mediante

la prueba de Tukey se registran dos rangos de significancia: T3 (32.34 %) que comparten cierto grado de significancia con T1 (31.54 %) y T2 (30.27 %), mientras que T0 (27.87 %), comparte un nivel bajo de significancia con T1 y T2, pero difiere de T3. En relación con esta variable ADEVA, muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.0017$) entre los tratamientos. La prueba de Tukey registra dos rangos de significancia siendo mejor T3 (30.76 %), que difiere de T2 (26.72 %), T1 (26.54 %) y T0 (25.87 %), que a su vez comparte significancia entre ellos.

Con respecto al rendimiento en ADEVA, registra diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.0028$) entre los tratamientos. La prueba de Tukey registra dos rangos de significancia, siendo mejor T3 (8.59 %), que comparte cierto nivel de significancia con T2 (8.25 %), mientras que T1 (7.85 %), comparte significancia con T0 (7.85 %) y mínimo nivel de significancia con T2. Con respecto al rendimiento en esta variable ADEVA, muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.0032$) entre los tratamientos. La prueba de Tukey registra dos rangos de significancia y es mejor T3 (35.02) que comparte cierto grado de significancia con T2 (33 %), T1 (30.93 %) y T0 (29.84 %). En relación con el análisis para esta variable ADEVA, muestra que hay diferencias estadísticas altamente significativas ($P = 0.0004$) entre los tratamientos. La prueba de Tukey registra dos rangos de significancia, siendo mejor T3 (4.61 %) seguido por T2 (4.08 %) que comparte un leve nivel de significancia con T1 (4.07 %) y T0 (3.8 %).

Los resultados obtenidos tanto en relación con la canal caliente y fría (Tabla 3) y rendimiento por piezas seccionadas (Tabla 4) indican que el mejor tratamiento fue T3 (ala, pechuga, menudencias, pierna-muslo y carcañal) presentando un mayor porcentaje en cada variable evaluada.

Tabla 3. Valores de peso al sacrificio, canales y rendimiento de las canales en porcentaje.

Parámetro	T0	T1	T2	T3	CV %	EEM	Valor P
PVS, g	2671.25 ^b	2676 ^b	2780.75 ^b	2923.5 ^a	2.03	28.02	0.0001
PCC, g	2064	2056	2068	2142	4.84	45.04	0.5205
PCF, g	1598.6 ^c	1729.6 ^b	1832.4 ^a	1864.2 ^a	3.06	24.07	0.0001
CC, %	77.26	76.83	74.36	73.26	4.1	1.38	0.1588
CF, %	59.89 ^c	64.65 ^{a,b}	65.99 ^a	63.75 ^b	12.73	3.96	0.0001

^{a, b, c, d} Medidas con letras diferentes en las filas difieren significativamente (P < 0.05). PVS: peso vivo al sacrificio; PCC: peso canal caliente; PCF: peso canal fría; CC: canal caliente; CF: canal fría; CV: coeficiente de variación; EEM: error estándar de la media; T0: 0 % trigo tropical; T1: 20 % trigo tropical; T2: 30 % trigo tropical; T3: 40 % trigo tropical.

Tabla 4. Rendimiento productivo de las partes seleccionadas de pollo.

Parámetro	T0	T1	T2	T3	CV %	EEM	Valor P
Pechuga, %	27.87 ^b	31.54 ^{ab}	30.27 ^{ab}	32.34 ^a	7.46	1.02	0.0342
Pierna-muslo, %	25.6 ^b	26.54 ^b	26.72 ^b	30.76 ^a	6.57	0.81	0.0017
Ala, %	7.85 ^b	7.85 ^b	8.25 ^{ab}	8.59 ^a	3.68	0.13	0.0028
Carcañal, %	29.84 ^{ab}	30.93 ^{ab}	33.0 ^{ab}	35.02 ^a	6.02	0.87	0.0032
Menudencias, %	3.8 ^b	4.07 ^b	4.08 ^b	4.61 ^a	5.57	0.1	0.0004

^{a, b, c, d} Medidas con letras diferentes en las filas difieren significativamente (P < 0.05). T0: 0 % trigo tropical; T1: 20 % trigo tropical; T2: 30 % trigo tropical; T3: 40 % trigo tropical. CV = coeficiente de variación; EEM = error medio.

La Tabla 5 presenta los valores de las pruebas fisicoquímicas en las cuales se encontraron diferencias significativas (P < 0.05) entre los tratamientos para el pH, lo que quiere decir que existen diferencias al adicionar en la dieta *C. lacryma jobi*. Al analizar el pH ANOVA, muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas (P = 0.0001) entre los tratamientos. Mediante la prueba de Tukey se registran tres rangos de significancia, presentando valores

normales para pH en T2 (6.02), seguido por T0 (5.92) que difiere de T1 (5.86) que comparte un mínimo nivel de significancia con T3 (5.84). Con relación al análisis de esta variable ADEVA, muestra que no hay diferencias estadísticas (P = 0.2198) entre los tratamientos. Mediante la prueba de Tukey se registra un rango de significancia, obteniendo valores para T2 (46.48 %), T0 (34.38 %), T3 (24.74 %) y T1 (23 %), siendo iguales todos los tratamientos.

Tabla 5. Pruebas fisicoquímicas de la carne de pollo.

Parámetro	T0	T1	T2	T3	CV (%)	EEM	Valor P
pH	5.92 ^b	5.86 ^c	6.02 ^a	5.84 ^c	0.19	0.01	0.0001
CRA, %	34.38 ^a	23 ^a	46.48 ^a	24.74 ^a	58.57	8.42	0.2198

a, b, c, d Medidas con letras diferentes en las filas difieren significativamente (P < 0.05). T0: 0 % trigo tropical; T1: 20 % trigo tropical; T2: 30 % trigo tropical; T3: 40 % trigo tropical. CV = coeficiente de variación; EEM = error medio.

En la Tabla 6 se indican los valores del análisis del color de carne del pollo. Con respecto a esta variable ADEVA, muestra que existe diferencias estadísticas altamente significativas (P = 0.0001) entre los tratamientos. Mediante prueba de Tukey se registran tres rangos de significancia, obteniendo menos luminosidad en T3 (88), que comparte cierto grado de significancia con T1 (89), el cual comparte un leve nivel de significancia con T2 (90), este a su vez comparte nivel de significancia con T0 (90.8). Para esta variable ADEVA, presenta que existen diferencias estadísticas altamente significativas (P = 0.0001) entre las medias de los tratamientos. Mediante

prueba de Tukey se registran cuatro rangos de significancia encontrando mayor cantidad de mioglobina en T3 (19), seguido por T2 (14), T1 (5) y T0 (0), difiriendo uno del otro. Al analizar esta variable ADEVA, indica que hay diferencias estadísticas altamente significativas (P = 0.0001) entre las medias de los tratamientos. Mediante prueba de Tukey se registran tres rangos de significancia, presentando mayor pigmentación de color amarillo en T3 (42) seguido por T2 (39) que comparte un mínimo nivel de significancia con T1 (39) y T0 (30) que difiere de todos los tratamientos.

Tabla 6. Análisis del color de la carne de pollo.

Parámetro	T0	T1	T2	T3	CV %	EEM	Valor P
L*	90.80 ^a	89 ^{bc}	90.00 ^{ab}	88 ^c	0.77	0.31	0.0001
a*	0 ^d	5.00 ^c	14.00 ^b	19.00 ^a	9.20	0.39	0.0001
b*	30.00 ^c	39.00 ^b	39.00 ^b	42.00 ^a	3.30	0.55	0.0001

a, b, c, d Medidas con letras diferentes en las filas difieren significativamente (P < 0.05). T0: 0 % trigo tropical; T1: 20 % trigo tropical; T2: 30 % trigo tropical; T3: 40 % trigo tropical. CV = coeficiente de variación; EEM = error medio.

Discusión

Los resultados obtenidos para ganancia de peso en etapa inicial y engorde se dieron posiblemente a que las semillas de *C. lacryma jobi* son ricas

en leucina e histidina, que ayudan al organismo a mejorar la digestión y así obtener una buena conversión alimenticia y por ende una ganancia de peso (10). Estos datos son corroborados por Castillo (2) quien obtuvo resultados similares al

sustituir de forma parcial al maíz por harina de lágrima de Job utilizando dos niveles de inclusión T1 = 25 % y T2 = 50 %, más una dieta control T0, concluyendo que T2 = 50 % mostró valores absolutos ligeramente superiores en todas las variables evaluadas, debiéndose probablemente a sus características nutricionales como proteínas, cenizas y en especial menor contenido de grasa.

Reinoso *et al.* (11) difieren cuando investigaron el uso de semillas de lágrima de Job (*Coix lacryma jobi*) en pollos de engorde utilizando tres tratamientos: T1 = balanceado avimentos, T2 = balanceado avimentos + 10 % de semillas, T3 = balanceado avimentos + 20 % de semillas, concluyendo que la dieta control T1 (3037.5 g) fue mejor difiriendo estadísticamente de T3 (3030 g). Los valores para conversión alimenticia se mantuvieron dentro del rango establecido para esta especie, debido a que *C. lacryma jobi* es rico en histidina que ayuda al organismo a la producción de jugos gástricos para mejorar la digestión y obtener un buen aprovechamiento de los nutrientes (10). Por otro lado, Ottoboni *et al.* (8) mencionan que *C. lacryma jobi* contiene ácido glutámico, el cual ayuda al desarrollo.

Se presenta un menor índice de mortalidad en dietas con 20 y 40 % de inclusión de *C. lacryma jobi*, datos que son corroborados por Reinoso *et al.* (11), quienes obtuvieron presencia de mortalidad al incluir en la dieta *C. lacryma jobi*, presentando valores para T2 (3.3 %), seguido por T3 (2.65 %).

Por otra parte, Ottoboni *et al.* (8) mencionan que *C. lacryma jobi* contiene ácido glutámico por lo que ayuda a una mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia; aparte tiene la función de ser un precursor para la síntesis de un metabolito llamado glutatión, el cual funciona como un antioxidante eliminando radicales libres y evitando el daño muscular, lo que garantiza

un aumento de masa muscular. Además, Tanaka y Takatsuto (14) indican que el *C. lacryma jobi* contiene una sustancia llamada estigmasterol que reduce el colesterol en el plasma, e inhibe el colesterol intestinal y hepático garantizando una carne libre de colesterol malo.

Ruiz *et al.* (12) indican que un bajo nivel de pH causa desnaturalización de las proteínas sarcoplásmicas, provocando un descenso en la capacidad de retención de agua; como consecuencia de ello causa impacto en la absorción de los rayos de luz debido a la presencia de agua extracelular, por ende se absorben menos los reflejos de luz provocando que haya más luz reflejada, lo cual originan un color pálido como ocurrió en esta investigación con los tratamientos T1 y T3 que presentan un pH bajo, y por ende un color pálido de la carne. La relación entre pH y CRA (Tabla 5) muestra que en los tratamientos T2 y T0 obtuvo valores similares a los de Qiao *et al.* (9) quienes mencionan que una carne normal debe tener un pH de 5.96 y una CRA de 43.77 %. En el tratamiento T3 (40 %) de inclusión obtuvo un mejor rendimiento económico, esto se debe a la baja mortalidad registrada en este tratamiento, así como a la ganancia de peso adquirida durante la investigación, por lo tanto se obtuvo un mayor número de aves vendidas con mayor peso al momento de la venta (Tabla 1). Resultados similares (2) mencionan que el costo-beneficio de las raciones experimentales estudiadas mostró que el tratamiento con sustitución con harina de lágrima de Job al 25 % presentó la mejor ganancia neta, seguido del tratamiento con sustitución de lágrima de Job al 50 %.

Conclusiones

Para los índices zootécnicos los mejores resultados se obtuvieron con un 40 % de inclusión de trigo tropical, mejorando la ganancia

de peso y conversión alimenticia, además de reducir los niveles de mortalidad en relación con los demás tratamientos, corroborando estos resultados a través del análisis de Índice de Eficiencia Europea, el cual se encontró dentro del rango establecido lo que nos indica que el tratamiento es viable.

Con respecto a la calidad de la carne en cuanto a pH, capacidad de retención de agua y color se obtuvieron mejores resultados con una inclusión del 30 % presentando una carne de calidad debido a que todos estos parámetros están dentro del rango normal, además de presentar una correlación adecuada entre ellos. En cuanto a rendimiento en canal fría, el mejor

resultado se obtuvo con un 20 %, mientras que para rendimiento en partes seccionadas el 40 % presentó valores altamente significativos en relación con los demás tratamientos.

En el análisis de rentabilidad se encontró una mayor ganancia en los pollos alimentados con 40 % de *C. lacryma jobi*, reduciendo los costos totales de producción a \$217.18 versus la dieta control de \$239.88. Además el costo para producir el kilo de peso vivo con un 40 % es de \$1.65 mientras que para la dieta control es de \$1.88, para una diferencia de \$0.23 por kilo de peso vivo, que en grandes explotaciones causa mucho impacto económico.

Referencias

1. Barragán I. Rendimiento de la canal de pollos de engorda adicionado a la dieta germinado de Triticale (*Triticosecale wittmack*) hidropónico. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Saltillo, Coahuila (México). 2005.
2. Castillo A. Sustitución parcial de maíz por harina de lágrima de Job (*Coix lacryma jobi*) en la dieta de pollos en Pucallpa. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ucayal, Pucallpa (Perú). 2011.
3. FAO. División de Producción y Sanidad Animal. 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>
4. Herrera GSM, Díaz CA, Macías VJ, Solís BT, Muñoz RG. Comportamiento productivo de pollos que se alimentaron con granos tostados de *Cajanus cajan*. Arch. Zoot. 2016;65(250):235-239. <https://doi.org/10.21071/az.v65i250.494>
5. Más EG, Molinari OG. Guía ilustrada de yerbas comunes en Puerto Rico. 2006. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs141p2_036968.pdf
6. Orellana J. El gremio avícola nacional, sus acciones, incidencias de las mismas y la necesidad del fortalecimiento gremial. Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador “CONAVE”, Quito. 2007.
7. Ortiz A. Factores que influyen la asociatividad en las pymes del sector avícola. 2016. Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/xmlui/handle/10469/9247>
8. Ottoboni LM, Leite A, Targon MLN, Crozier A, Arruda P. Characterization of the storage protein in seed of *Coix lacryma-jobi* var. Adlay. J. Agric. and Food. Chem. 1990;38(3):631-635. <https://doi.org/10.1021/jf00093a010>
9. Qiao M, Fletcher L, Smith DP, Northcutt JK. The effect of broiler breast meat color on pH, water-holding capacity, and emulsification capacity. Poul. Sci. 2001;80(5):676-680. <https://doi.org/10.1093/ps/80.5.676>

10. Raulin J, Adrian J, Rerat A. Composition and feeding value of Job's tears grass oadlay (*Coix lacryma jobi*). Arch. Venezol. Nut. 1955;6(1):3-21.
11. Reinoso C, Del Rocío J, Tipán O, Margoth R. Evaluación de las semillas de "lágrimas de job" (*Coix lacryma-jobi*) para la alimentación de pollos parrilleros en la granja experimental "bioalimentar" en el sector Pasa, provincia Tungurahua. Tesis, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. 2010. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2881>
12. Ruiz D, Álvarez R, Villalba D, Cubiló, D. Características de la canal y de la carne de pollos ecológicos criados en sistemas de producción y edad de sacrificio diferentes. 2018. Disponible en: https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/ruiz.pdf
13. Schonberger F. Análisis del mercado de maíz para el sector avícola del Ecuador. Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito (Ecuador). 2011. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/9334>
14. Tanaka T, Takatsuto S. Sterols in the seeds of job's tears (*Coix lacryma-jobi* var. *ma-yuen*). J. Oleo. Sci. 2001;50(12):957-960. <https://doi.org/10.5650/jos.50.957>

Manejo integrado del cultivo de mango *Mangifera indica* L.

Juliana Andrea Martínez^{1*}, Alba Gissela Fajardo¹, Jhoan Sebastián Esquivel²,
Dubán Mateo González², Ángela Ginet Prieto², Daniela Rincón²

¹ Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá (Colombia).

² Grupo de Investigación Fitomejoramiento y Biotecnología de Cultivos del Sumapaz, programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá.

* Autor de correspondencia:
Julianaamartinez@ucundinamarca.edu.co

Resumen

El mango (*Mangifera indica* L.) es considerado uno de los frutales más cultivados por el hombre desde hace cuatro mil años. Este cultivo es importante económicamente en el mundo ya que se encuentra en cerca de 100 países. En Colombia este cultivo contribuye con la economía del país y se encuentra en 16 departamentos. Sin embargo, el mango presenta algunas limitantes como presencia de enfermedades, plagas y algunos desórdenes fisiológicos; principalmente estos problemas se dan por el manejo agronómico inadecuado durante el proceso de desarrollo del cultivo. El objetivo de este trabajo es describir las estrategias de manejo integrado para el control de problemas fitosanitarios y desórdenes fisiológicos del cultivo de mango. Por medio de una revisión bibliográfica se consultaron las bases de datos: Science Direct,

Palabras clave: *Mangifera indica* L., plagas, enfermedades, manejo integrado, desórdenes fisiológicos

Keywords: *Mangifera indica* L., Pests, Diseases, Integrated management, Physiological disorders

SciELO y Scholar Google, y se usó como criterios de búsqueda diferentes palabras claves asociadas con el cultivo de mango. El total de artículos y documentos obtenidos durante la búsqueda fue de 124, y fueron incluidos en la revisión un total de 97. Se encontraron diversas estrategias para el control de enfermedades como antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), fumagina (*Capnodium* sp.), mildiu polvoso (*Oidium mangiferae*), plagas como mosca de la fruta, escamas protegidas (*Aulacaspis tubercularis*), cochinilla acanalada (*Crypticerya multicatrices*) y desórdenes fisiológicos o fisiopatías como descomposición interna de la pulpa y nariz blanda. Con este trabajo de revisión se concluye que existe información sobre el cultivo de mango, sin embargo, esta no es amplia y actualizada sobre las estrategias para el control de problemas fitosanitarios, y aún faltan investigaciones enfocadas al desarrollo de alternativas que puedan ser incluidas dentro de un manejo integrado que busquen una mejor producción del cultivo.

Abstract

The mango (*Mangifera indica* L.) is considered one of the most cultivated fruit trees by man for more than four thousand years. This crop is economically important worldwide since it is found in more than 100 countries. This crop is economically important worldwide since it is found in more than 100 countries. In Colombia, this crop contributes to the country's economy, being found in around 16 departments. However, this crop has some limitations such as the presence of diseases, pests and some physiological disorders, mainly these problems are due to inadequate agronomic management during the crop development process. The objective of this work is to describe the strategies of an integrated management for the control of phytosanitary problems and physiological disorders of mango cultivation. By means of a bibliographic review consulting the databases: Science Direct, SciELO and Scholar Google, using as search criteria different keywords associated with mango cultivation. The total number of articles and documents obtained during the search was 124, a total of 97 being included in this review. Various strategies were found to control diseases such as anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), *Capnodium* sp. powdery mildew (*Oidium mangiferae*) and as a pest fruit fly, protected scales (*Aulacaspis tubercular*), grooved mealybug (*Crypticerya multicatrices*) and physiological disorders or physiopathies such as internal decomposition of the pulp and soft nose. With this review

work it is concluded that there is information on mango cultivation, however, this is not comprehensive and updated on the strategies for the control of phytosanitary problems in the crop, there is still a lack of research focused on the development of alternatives that may be included within an integrated management that seek better crop production.

Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) pertenece a la familia *Anacardiaceae*, es una de las frutas más consumidas en el mundo por su sabor, fragancia y nutrición, además presenta relativamente bajos costos de mantenimiento debido a su naturaleza resistente (1). Se estima que tiene una producción global de 50.64 millones de toneladas métricas (2). El árbol de mango es originario de Asia, en India se encuentran cerca de 100 cultivares (3). Generalmente, se desarrolla en zonas tropicales en un rango altitudinal de 0-1600 m s. n. m. Por su fácil adaptación a diferentes pisos térmicos, en Colombia hay alrededor de 200 ecotipos gracias a la capacidad de adaptación y polinización cruzada que presenta (4). La siembra de este frutal en el país se distribuye en 20 de los 32 departamentos, se cultivan aproximadamente 27 952 ha, los departamentos con mayor producción son Cundinamarca y Tolima con un promedio de 97.898 y 66.019 ton, respectivamente (5). Cabe resaltar que existen numerosas investigaciones sobre cultivos de frutales, con el fin de aumentar la producción, entre ellos el cultivo de mango, considerado uno de los más rentables, pero dicho cultivo presenta numerosos problemas durante el proceso de producción: principalmente incidencia de plagas, enfermedades y desórdenes fisiológicos. En enfermedades, *Colletotrichum gloeosporoides* es el problema más limitante en el cultivo, reportando pérdidas de hasta el 50 %, este patógeno afecta en fase productiva y poscosecha, problemática que requiere un

manejo integral para mantener la productividad (6). *Oidium mangiferae*, llamada comúnmente mildew polvoso o cenicilla, interviene desde el amarre hasta la formación de frutos, ocasionando disminución en la producción; estas pérdidas pueden llegar al 90 % (7). En plagas, *Aulacaspis tubercularis* L. puede causar pérdidas superiores al 50 % por la presencia de manchas cloróticas en la epidermis de la fruta (8), trips en estados inmaduros y adultos generan daños en los frutos y en las inflorescencias como necrosis y caída de estructuras florales, en hojas más tiernas ocasionan deformación de la lámina y necrosis que llevan a la muerte de las ramas (9,10). Para controlar estos daños, por lo general los productores usan estrategias como: el control químico aplicando insecticidas, herbicidas, nematicidas y fungicidas, práctica que ha venido creciendo desde el año 1945. La evolución de la agricultura ha llevado al aumento en el uso de estos productos con la finalidad de incrementar la producción en diferentes cultivos. Pero a medida que el tiempo avanza, el uso intensivo del control químico y la elevada dosificación de sus productos, en vez de disminuir los problemas fitosanitarios, pueden causar un efecto contrario, llevando la producción a desbalances ecológicos o causar resistencia de plagas a estos productos (11,12). Control cultural son todas las prácticas agrícolas convencionales que tienen como objetivo prevenir el ataque de plagas y enfermedades. Este control se encarga de reducir ambientes favorables dentro de los cultivos por medio del uso correcto de distancias

de siembra, la eliminación de arvenses que pueden ser hospedantes de insectos plaga y de microorganismos causantes de enfermedades en los cultivos (13), evitando así la colonización y el desarrollo de plagas y enfermedades. Otra actividad que se realiza como control cultural son las podas, en las cuales se emplea el entresaque de árboles, podas de formación y renovación, que contribuyen al mantenimiento, la aireación y buena distribución de luz entre los árboles. La realización de aclareos a cada uno de los árboles permite la penetración de la luz mejorando la floración y disminuyendo el ataque de las enfermedades por el aumento de la humedad relativa (14). En general, estas actividades son realizadas por los agricultores constantemente en sus campos (15). Control biológico es un tipo de manejo que en algunos casos logra obtener mejores resultados en momentos tempranos frente a otro tipo de controles como, por ejemplo, el químico. En este control se realiza la liberación de enemigos naturales, agentes parasitoides, hongos entomopatógenos y depredadores (16) para mitigar la reproducción y el desarrollo de plagas. Algunos organismos benéficos pertenecen a las familias: *Carabidae*, *Histeridae*, *Staphylinidae*, *Pentatomidae* y *Chrysopidae* (17). Una de las ventajas de este tipo de control radica en la disminución del uso de productos de síntesis química, lo que contribuye con la salud humana, reducción de la contaminación del medioambiente, evitando el desarrollo de resistencia en los organismos plaga y forjando un control de plagas de mayor viabilidad, lo cual es ecológicamente recomendado y autosostenible con los recursos en la agricultura (18). Control legal son disposiciones obligatorias emitidas por los gobiernos con la finalidad de impedir el ingreso al país de nuevas plagas o enfermedades, que pueden proliferarse en zonas productoras; estas medidas contribuyen al evitar su reproducción y disponen planes para la erradicación. También ayudan en la regulación para comercialización y uso de pesticidas; este control incluye medidas

de cuarentena, inspección, erradicación y reglamentación de cultivos (19).

A pesar de la existencia de diferentes prácticas de manejo agronómico para el control de plagas, enfermedades y desórdenes fisiológicos que se dan en el cultivo de mango, en la mayoría de los casos los agricultores no adoptan las medidas adecuadas para la protección del cultivo, ni se complementan dichas prácticas haciéndolo menos rentable y más susceptible a problemas fitosanitarios. De acuerdo con lo anterior, el objetivo principal de esta revisión fue describir las estrategias de un manejo integrado para el control de problemas fitosanitarios y desórdenes fisiológicos del cultivo de mango.

Metodología

Para el desarrollo de esta revisión bibliográfica, se llevó a cabo la búsqueda de artículos y documentos con información sobre el cultivo de mango, teniendo en cuenta como objetivo principal: “describir las estrategias de un manejo integrado para el control de problemas fitosanitarios y desórdenes fisiológicos del cultivo de mango”. Para esta búsqueda se consultaron las bases de datos: Science Direct, Scielo y Google Académico, el criterio empleado para el hallazgo de información fue el empleo de palabras claves como: cultivo de mango, variedades de mango, plagas de mango, enfermedades de mango, cultivo de mango en Colombia. Artículos, documentos como tesis, libros, folletos, informes científicos y técnicos obtenidos en la búsqueda se sometieron a una revisión sistemática para elegir información de interés y coherentes con el objetivo de la revisión bibliográfica; no se tuvo sesgo en cuanto a la publicación de los documentos incluidos en esta revisión, solo se excluyeron artículos y documentos que estaban repetidos o no contenían información sobre sus autores

y año de publicación. La cantidad de artículos y documentos recopilados en diferentes fases de la realización de esta revisión bibliográfica se describe en el flujograma encontrado en el sitio web Prisma (20). Posteriormente, los artículos y documentos reportados en la revisión bibliográfica se analizaron y se relacionaron entre sí de acuerdo con problemas fitosanitarios que se presentan en el cultivo de mango, entre ellos plagas, enfermedades y desórdenes fisiológicos.

Resultados

El total de artículos y documentos obtenidos durante la búsqueda fue de 124, encontrados en las bases de datos Science Direct, 41; Scielo, 25; y Google Scholar, 58, de los cuales se eliminaron 5 por estar duplicados y 22 por no contener datos relevantes para incluir en la revisión o no tener el nombre de los autores o año de publicación. La revisión bibliográfica se realizó con un total de 97

artículos o documentos encontrados en las bases de datos consultadas (Figura 1). Para conocer el número de investigaciones realizadas en plagas, enfermedades y desórdenes fisiológicos se analizaron los artículos encontrados relacionados con los problemas que se presentan en el cultivo de mango (Figura 2), encontrando que la mayor información se concentró en plagas (26 artículos), después enfermedades (19 artículos), finalmente desórdenes fisiológicos y problemas en poscosecha, cada uno con 6 artículos. Es de resaltar que antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) es un problema limitante en campo y en poscosecha, además de estar presente en varios países, pero sus investigaciones dirigidas al control son escasas (21). *Oidium mangiferae* presenta una condición similar, a pesar de reportar un porcentaje importante de pérdidas en el cultivo. En problemas en poscosecha, la información es limitada, el único problema con dos referencias fue antracnosis.

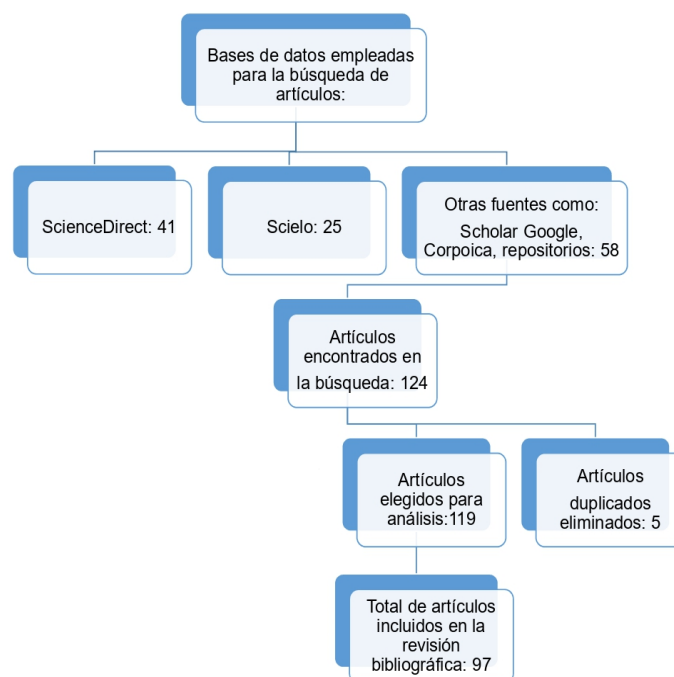


Figura 1. Flujograma: organización de artículos y documentos empleados en la revisión.

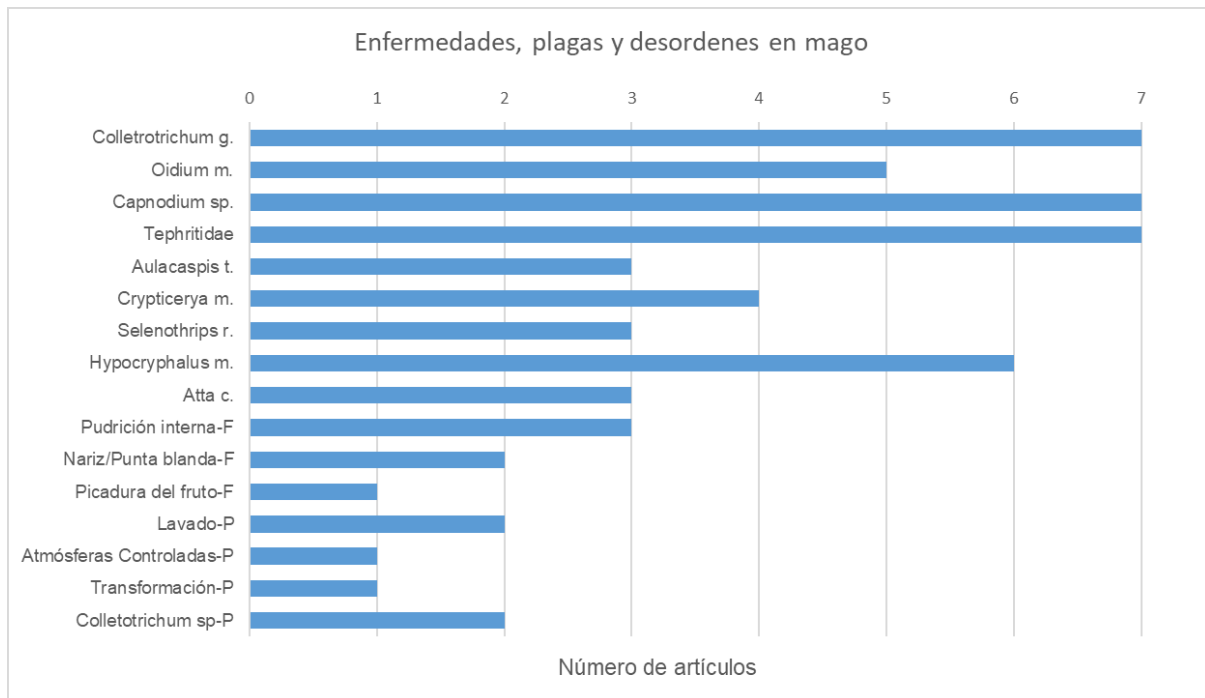


Figura 2. Artículos y documentos relacionados entre sí por problemas fitosanitarios: plagas, enfermedades, desórdenes fisiológicos (F) y controles en poscosecha (P).

Generalidades del mango

El mango es uno de los cultivos de mayor importancia mundial, e India ocupa el primer lugar con una producción de 16 196 000 toneladas, seguido de China con 4 400 000 toneladas; Colombia se encuentra en el vigésimo lugar con 243 750 toneladas y una participación mundial de 0.6, presenta un consumo per cápita de 5.27 (kg/año) (4). La producción nacional está considerada en 260 000 toneladas, con un área de siembra de 26 385 ha y un rendimiento de 12.4 ton ha⁻¹, los departamentos de la zona centro: Tolima y Cundinamarca presentan el rendimiento más alto con 12 ton ha⁻¹, en comparación de las demás zonas del país (22). Colombia exporta mango de azúcar a Francia y parte de los Emiratos Árabes Unidos en los meses de abril a julio. La variedad Keitt es

exportada principalmente a Europa y la variedad Tommy se exporta a Europa, Canadá y Asia (23).

Descripción botánica

El conocer las generalidades del cultivo de mango es de gran importancia para optimizar su producción y rendimiento, el árbol tiene un tamaño de hasta 25 m de altura, con copa amplia y densa, presenta una raíz pivotante bien ramificada que puede alcanzar hasta 8 m de profundidad con un buen desarrollo (24). Las hojas son elípticas y lanceoladas de color rojizo al inicio del crecimiento, luego toman un color de verde a verde oscuro en su maduración, las panículas son de aspecto piramidal, es una planta polígama al tener flores hermafroditas y unisexuales, un árbol tiene aproximadamente 2000 a 4000 panículas y estas llegan a conformar

de 200 a 10 000 flores según el tipo de cultivar, por lo tanto, el rendimiento de flor a fruto es de 1 %, su fruto es una drupa carnosa y grande que puede contener uno o más embriones, su peso varía entre 200 g a 2 kg. La fruta comprende desde 100 a 120 días de floración hasta su cosecha, también el fruto consta de una semilla de forma ovoide u oblonga de testa fina e impermeable, y existen dos tipos de semilla: una monoembrionica y otra poliembrionica (17).

Requerimientos del cultivo

Los requerimientos agroclimatológicos óptimos para el desarrollo del cultivo son temperatura entre los 22 a 33 °C, durante la noche se recomienda de 28 a 32°C para proporcionar un sabor dulce de la fruta y maduración adecuada; para obtener un color agradable y competitivo en el mercado se requiere temperaturas de 12 a 20 °C, con días calurosos y noches frescas. Las precipitaciones adecuadas desde 250 mm hasta 5000 mm, en regiones tropicales. La inducción floral se estimula por estrés hídrico, se adapta bien a humedad relativa de 40 % a 85 %, valores mayores propician enfermedades, y la sequía alta produce condiciones óptimas para diferentes plagas. El cultivo de mango se encuentra en altitudes por debajo de los 800 m s. n. m., se recomienda un tipo de suelo con textura limosa, pH de 5.5 y 7.0, capa mínima de 80 cm con una pendiente de 0.1 y 15 %, profundidad efectiva mayor a 1.2 m, textura mediana o moderadamente fina, y pedregosidad menor del 10 % y bien drenados, son parámetros importantes por considerar para garantizar beneficios de establecimiento, manejo y económicos (4,17).

Variedades de mango

El mango presenta adaptabilidad en diferentes climas debido a su rusticidad, existen 200 ecotipos

diferenciados generados por polinización cruzada. En Colombia hay 16 variedades de mango agrupados en dos colecciones: variedades criollas: común, mariquiteño, chancleto, hilacha, vallenato y de azúcar, y variedades mejoradas destacadas como mango de mesa Tommy Atkins, Keitt, Yulima, Kent y Haden (4). En el país el 39 % del área pertenece a cultivos silvestres de mango variedad hilacha, con asesoría técnica; y las variedades Tommy Atkins (20 %), Keitt (11 %) y mango de azúcar (5 %), la plantación de este cultivo se ha ampliado en los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Huila (25). Las variedades de mango criollo muestran que cambian en diversos ambientes, teniendo alta variabilidad fenotípica y algunas características fisicoquímicas como la forma, el tamaño y el sabor (26). De las variedades mencionadas, el mango Tommy es usado tanto para consumo interno como para exportación (27).

Características de algunas variedades

Tommy Atkins: es de porte alto, su cáscara es relativamente gruesa, de coloración roja intensa, la semilla es pequeña y con alto rendimiento. Un problema es el desprendimiento del fruto antes de llegar al estado de la madurez, debido a los bajos niveles de calcio; alta susceptibilidad a patógenos que generan una pudrición interna del fruto. Resistente al manejo en poscosecha, es considerada una variedad tolerante a antracnosis y trips (28). El tamaño del fruto puede alcanzar los 600 g y resiste daños mecánicos (27).

De azúcar: es cultivada principalmente en la región norte de Colombia, cerca de la costa Atlántica, se ha extendido a los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Huila, es apetecida nacionalmente (29).

Keitt o Farchild: es una variedad de tamaño mediano a grande, de forma ovalada con un

potencial productivo, de coloración amarilla verdosa con tonos rojos, contiene baja fibra y su semilla es pequeña. Exhibe problemas en la maduración, muestra una tolerancia a antracnosis y bacteriosis del tronco (4). En la actualidad las variedades Keitt y Tommy Atkins y mango de azúcar son los productos de mayor demanda en las centrales de comercialización. Las variedades de uso industrial destacadas son hilacha y algunos mangos criollos que cumplen las características como: altos niveles en los sólidos solubles totales (grados brix), rendimiento en planta (peso de pulpa y semilla) y tamaño del fruto; estos parámetros son primordiales para la agroindustria (30,26).

Enfermedades del cultivo de mango

Colletotrichum gloeosporoides: la antracnosis es la principal enfermedad que afecta de manera severa la producción de mango, las condiciones óptimas para el desarrollo de este hongo son altas precipitaciones y humedad relativa mayor al 82 %, causando lesiones en tejidos vegetales como hojas, ramas, inflorescencias, pedúnculos y frutos, reduciendo la producción entre 15 al 50 % (31). Este hongo penetra en los frutos por las lenticelas y los tejidos internervales, causando daños en frutos jóvenes como caída prematura, y en frutos maduros manchas oscuras de formas irregulares que pueden causar afectación total del fruto. Este patógeno puede permanecer latente en frutos maduros manifestándose durante el proceso de poscosecha (32). Las hojas más susceptibles son las jóvenes en las cuales se observan manchas de forma irregular y las nervaduras presentan necrosis (10,32). Cuando las condiciones ambientales son óptimas para el desarrollo del hongo, este logra esporular propagando conidias que germinan y se adhieren. Una forma de disminuir los impactos negativos de la enfermedad en el cultivo es la siembra de materiales tolerantes,

entre ellos los genotipos Tommy Atkins y Keitt. En los susceptibles se encuentran las variedades Azúcar, Yulima, Haden e ICA 1838, y la severidad en estos es fuerte (4). El hecho de seleccionar plantas tolerantes permite disminuir el número de aplicaciones y residualidad en el fruto (6). Una vez establecido el cultivo, existen labores culturales como podas de zonas enfermas, chupones de ramas improductivas y secas, aclareo de copas para disminuir la humedad relativa interna y una fertilización adecuada, que mejoran los porcentajes de eficiencia del 81 % del cultivo, debido al balance entre crecimiento vegetativo y productivo (14). Existen agentes antagónicos bacterianos como la TS3B-45 similar a *Bacillus velezensis* que mostró ser eficiente controlando antracnosis *in vitro* e *in vivo* en ensayos semicomerciales. Tuvo un comportamiento similar a los controles químicos, además no afectó las características químicas del fruto (33). Otros agentes biológicos utilizados es el *Bacillus subtilis*, evaluado en genotipos susceptibles como la variedad Kent que tiene un periodo de almacenamiento de doce días; para aumentar este período se aplicó el agente biológico, logrando aumentar tres días más de vida útil, además en combinación con levadura *Rhodotorula minuta* en aplicaciones en precosecha con concentraciones de *Bacillus subtilis* 10⁶ + *Rhodotorula minuta* 10⁴ ufc mL⁻¹ lograron reducir los efectos de la enfermedad hasta un 86.7 % sin afectar sus índices de calidad (34). Los productos químicos con el ingrediente activo Carbendazim han dado éxito para el control de antracnosis durante precosecha, etapa de prefloración y llenado de fruto, debido a sus propiedades sistémicas y Benomil logrando la obtención de 75 a 79 kg por planta (31).

Oidium mangiferae: el mildew polvoso es una enfermedad que se manifiesta en el cultivo de mango por medio de un tejido micelial de color blanco en forma polvorienta, las esporas son producidas por las hifas miceliales

y su reproducción se genera cuando las condiciones ambientales son favorables como alta temperatura y humedad relativa y su diseminación se debe a factores abióticos como el viento (32). Los primeros órganos en afectarse son las hojas jóvenes cercanas a la zona de formación de panícula extendiéndose hacia las inflorescencias y ramas (10). Las variedades Kent, Manzana y Alphonso son las usadas cuando hay problemas de *Oidium mangiferae* ya que variedades como Hilacha, Banana y Tommy Atkins son susceptibles a este patógeno (35). Una de las estrategias usadas por los agricultores para evitar el ataque de este hongo es la aplicación foliar de ácido giberélico a una concentración de 50 ppm. Esta aplicación puede reducir la caída de los frutos, mejorar la calidad y la vida útil del fruto debido a que se estimula tanto la resistencia localizada como la resistencia sistémica adquirida (36). También genera un adecuado plan de fertilización y teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo permite que las plantas toleren mejor el ataque de organismos fitopatógenos y condiciones adversas (35). En estudio realizados muestran que el mejor control de esta enfermedad se obtiene con la utilización de azufre humectable (protectante) como preventivo y Tridimefon (sistémico) (37).

Fumagina *Capnodium* sp.: el agente causal de esta enfermedad es *Capnodium* sp. (38), el cual obtiene sus principales recursos a partir de las excreciones de insectos como pulgones, escamas y otros productores de melaza (39). Es considerada la tercera enfermedad de importancia en el cultivo de mango (40). El hongo genera su crecimiento y desarrollo de micelios sin penetrar los tejidos de la planta, causando un efecto indirecto debido a que interfiere sobre las funciones normales de las hojas porque se alteran procesos como fotosíntesis, transpiración y respiración (41); si estas infestaciones llegan a ser severas producen dentro del cultivo

retardo de sus procesos fisiológicos afectando el desarrollo de frutos y disminuyendo hasta en un 40 % la producción (42). Normalmente los controles realizados por los agricultores son podas que permiten regular el desarrollo de las plantas por medio de cortes, los cuales tienen diversos propósitos y entre ellos el manejo fitosanitario del cultivo, que consiste en la eliminación de ramas improductivas, enfermas o secas que reducen o evitan la proliferación de enfermedades (43). Otras alternativas como el control biológico pueden ayudar en el control de esta enfermedad. Asimismo, la aplicación de biofungicidas reduce los daños hasta de la enfermedad en hojas hasta en un 5 % y en frutos se puede reducir el daño hasta en un 84 % si se realiza el embolsado treinta días después del amarre del fruto (44). Para reducir las infestaciones de esta enfermedad, se puede realizar el control de insectos como escamas, áfidos y hormigas con aspersiones de insecticidas de amplio espectro, uso de hongos parásitos de los insectos como *Aschersonia* o insecticidas en mezcla con fungicidas (45).

Plagas del cultivo de mango

El manejo de plagas en el cultivo de mango es de gran importancia para garantizar productos de calidad y productividad para suplir las necesidades del mercado nacional. En Colombia el ataque de plagas es otro de los problemas más representativos que afectan la producción, ya sea de forma directa al fruto o indirecta al follaje y las ramas. Dentro del grupo de plagas encontramos como las más importantes:

Moscas de la fruta (Díptera: Tephritidae): es una de las principales plagas que afectan los cultivos frutícolas mundiales (46). Los géneros que causan daños directos a los frutos son *Ceratitis*, *Bactrocera*, *Toxotrypana*, *Rhagoletis* y *Anastrepha* (47), siendo las *A. fraterculus* (Wiedemann) y *A.*

obliqua (Macquart) las más representativas (48). Los daños son causados directamente por las larvas que ingresan al fruto afectando la pulpa y causando perforaciones que posteriormente microorganismos patógenos utilizan para colonizar el fruto. Estos insectos tienen un ciclo de vida completo (holometábolo), en el cual la eclosión de los huevos varía con las condiciones ambientales, demorando de 2 días en verano hasta 30 días en invierno. Su completo desarrollo desde huevo hasta la emergencia de adulto va de 2 hasta 33 días en condiciones normales de verano, pero este período se puede extender a varios meses en invierno (49). Los frutos que han sido atacados por estas moscas presentan galerías en el fruto con algunos excrementos que son depositados por las larvas generando descomposición y daños en la calidad del fruto (46). Hay prácticas culturales como evitar que los frutos permanezcan maduros en el árbol, madurar y se descomponga en el huerto, rastreo del suelo para eliminar de la superficie pupas recién enterradas, recoger oportunamente los frutos caídos y depositarlos en fosas, eliminación de arvenses hospederas para reducir focos de las moscas (49,26). El uso de enemigos naturales como hormigas, escarabajos (*Carabidae*, *Histeridae* y *Staphylinidae*), hemípteros (*Pentatomidae*), neurópteros y tijeretas (*Dermaptera*) es una estrategia que favorece la disminución de moscas de la fruta en el cultivo, enterrar los frutos dañados y cubrirlos con una malla de 16 pulgadas que no permite el paso de moscas de la fruta, pero sí el paso de avispas parasitoides que atacan los huevos, las larvas y pupas es una estrategia que minimiza la población plaga, como *Doryctobracon oophilus*, *D. Areolatus*, *D. zeteki* Muesebeck *Acaratoneuromyia indica* (26), *Aganaspis pelleranoi*, *Diachasmimorpha longicaudata* y *D. tryoni*, además la aplicación del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (49), *Metarrizium anisopliae* y los nematodos *Steinernema*, *Heterorhabditis* han mostrado buenos resultados para el control

de esta plaga (26). El control más utilizado para la mosca de las frutas es la aplicación de cebos (insecticidas) con atrayente alimenticio constituido por una proteína hidrolizada de soya o maíz. Se recomienda para una bomba de 20 litros una mezcla de 80 cm³ de insecticida 57 % y 240 cm³ de proteína, este tipo de cebos también se usan en trampas de tipo McPhail para monitoreo y control dentro de los cultivos (50). La ventaja de implementar los cebos como atrayentes disminuye en un 50% la aplicación de diversos insecticidas que frecuentemente son aplicados, por lo tanto causa un menor impacto sobre enemigos naturales (49).

Escamas protegidas *Aulacaspis tubercularis* (Hemiptera: Coccoidea): esta plaga es altamente polífaga y afecta plantas como: frutales, ornamentales y también la vegetación silvestre (51). Las ninfas de esta escama se alimentan de las hojas y frutos, causando caída prematura de estas y pérdida del fruto superior hasta del 50 % (52). Prácticas como podas fitosanitarias han mostrado disminución de las poblaciones de *A. tubercularis* en árboles de mango y aumento en las poblaciones de enemigos naturales como *Ceraeochrysa* sp. y coccinélidos (53). Otros controles demostraron eficiencia con aplicación de aceite mineral (citrolina) en dosis de 50 ml L⁻¹ y 75 ml L⁻¹ causando mortalidad de 91.3 % y 97.5 %, respectivamente. Aspersiones de piriproxifeno en dosis de 0.3 ml L⁻¹ y dimetoato en dosis de 2 ml L⁻¹ lograron controlar hasta 100 % de escamas. Y la aplicación de producto a base de ajo (*Allium sativum*) no mostró resultados consistentes para el control de esta plaga (54).

Cochinilla acanalada del mango (*Crypticeria multicastrices*, hemiptera: Monophlebidae): en altas infestaciones causa síntomas de achaparramiento, se sitúa en el envés de las hojas y los tallos, este insecto no se observa fácilmente debido a su pequeño tamaño; en caso de tener presencia de este en el cultivo

se debe eliminar toda la parte de la afectación para evitar su propagación (55). Realizar podas eliminando las ramas y los frutos infectados, aplicar agua jabonosa sobre árboles puede evitar la propagación de estas plagas (56). Existe el reporte de insectos de la familia *Coccinellidae*: *Anovia punica*, *Cryptognatha auriculata* y *Zagloba beaumonti* como potenciales depredadores de esta plaga (57). Finalmente, aplicaciones de bioinsecticidas como Azadiractin al 3.2 % en los primeros estados del desarrollo del insecto y con repetición a cada 7 días puede ayudar a reducir sus poblaciones (58).

Trips (*Selenothrips rubrocinctus* - *Frankliniella occidentalis* Thysanoptera: Thripidae): el trips *S. rubrocinctus* se conoce por su banda roja principalmente en los tres primeros segmentos abdominales. Las ninfas y los adultos se ubican en el envés de las hojas succionando los fotoasimilados de las plantas, los síntomas del daño son de aspecto clorótico en la lámina foliar, arrugamiento y defoliación, los frutos presentan decoloración, cuarteamiento y arrugamiento de la corteza (daño cosmético). Las hembras en estado adulto son de color castaño oscuro o negro y de aproximadamente 1.20 mm de largo; generalmente los machos son más pequeños (59). El género *Frankliniella* es uno de los más grandes en la familia *Thripidae*, son fitófagas y tienen un aparato bucal picador-chupador (9), causan daños en frutos generando manchas necróticas, anillos blanquecinos y protuberancias en pericarpio; ya en inflorescencias causan necrosis y caída de estructuras florales y en hojas tiernas provocan deformación de la lámina (60). Los trips en el cultivo de mango en dos municipios del departamento del Tolima (Colombia) se comportan como plaga ocasional, siendo favorecidos por las altas temperaturas, presencia de arvenses como *Desmodium tortuosum* y *Melochia parvifolia* y las épocas de floración del cultivo (61). El control de este insecto en varios cultivos ha sido

promisorio con liberaciones de *Orius laevigatus* (Hemiptera: *Anthocoridae*) (62,63,64). Otra forma de control es la aplicación de productos azufrados, es recomendada principalmente al inicio de la floración hasta el amarre de fruto o cuando se tenga un umbral de acción de 10 trips por inflorescencia o brote vegetativo (65), la aplicación de aceite mineral es una estrategia implementada por causar asfixia en estos insectos (66) y mantener sus poblaciones bajas durante un mayor período en el cultivo, aunque la aplicación de insecticidas como Spinosad e Imidacloprid también reduce los daños causados por esta plaga en los frutos (67).

Broca del mango (*Hypocryphalus mangiferae* - Coleóptera: Curculionidae): es un coleóptero pequeño de color castaño, ataca ramas jóvenes y la corteza hasta el leño, es considerada una de las plagas más destructivas de los árboles de mango, además es un vector de la enfermedad conocida como "secamiento del mango", causada por el hongo *Ceratocystis fimbriata*; cuando se presentan altas infestaciones de este insecto puede generar la muerte de la planta (68,10). Una de las alternativas utilizadas para el control de *H. mangiferae* es el uso de insecticidas, se ha demostrado que la aplicación de insecticidas como Clorpirifos, Emamectin, Imidacloprid y Spinosad tiene un relativo potencial para el control eficiente de la broca del mango en comparación con otros insecticidas como Bifentrina y Deltametrina (69). Sin embargo, para minimizar el riesgo y los daños causados por la plaga es necesario el desarrollo de un sistema de manejo integrado en el cultivo con prácticas como riego controlado, adecuada fertilización, remoción y eliminación de árboles y ramas infectadas para evitar el inóculo y la presencia del insecto (70). El uso de atrayentes instalando troncos sanos cerca a árboles con síntomas de daño como agujeros circulares es una herramienta que permite el monitoreo y

control de la población plaga en el cultivo de mango (71).

Ácaros: el cultivo de mango es atacado por diferentes ácaros, entre ellos los más importantes son *Eriophyes mangiferae* y *Aceria mangiferae*; estas especies de ácaros infestan principalmente la superficie de las hojas dando un aspecto de color rojizo a bronceado debido a la succión de savia celular contenida en las hojas; este tipo de alimentación conduce a problemas fisiológicos como desarrollo irregular de la planta y proporciona sitios de entrada para hongos (72). Los adultos de *E. mangiferae* son vermiformes y alcanzan las 170-250 μ de longitud, posee microtubérculos dorsales de forma alargada y los laterales de forma circular, las hembras se diferencian externamente de los machos porque son más pequeñas, tienen seis pares de ramificaciones en sus uñas plumosas, mientras que los machos solo tienen cinco (73). *A. mangiferae* se caracteriza por poseer un escudo dorsal ornamentado con líneas y elevaciones longitudinales restringidas a la región posterior, microtubérculos dorsales alargados-ovoides, tocando la margen posterior de los anillos, y los ventrales de forma circular y las hembras poseen cuerpo vermiforme y poco curvado de color amarillento; este ácaro ha sido asociado como vector de conidias de hongos del género *Fusarium* causante de malformaciones en los tejidos de las plantas de mango (72,73). Ambos ácaros eriófidos causan daños considerables en el cultivo de mango y por el pequeño tamaño que poseen es necesario realizar monitoreo constante en los árboles y determinar la presencia o ausencia de la plaga, eliminar tejido vegetal con daños por medio de podas y aplicación oportuna de acaricidas (72,74). El control biológico por parasitismo del hongo *Hirsutella* ha sido encontrado en varios ácaros eriófidos (75) y se atribuye tal patogenicidad a toxinas metabólicas complejas que se desarrollan durante la fase vegetativa del hongo. A pesar

del potencial que presenta este acaropatógeno aún no es suficiente la información para realizar un control biológico adecuado de estos ácaros (76). Estudios realizados en México demuestran que la aplicación de productos como Diazinon, Dicofol, Abamectina y azufre pueden ayudar a reducir las poblaciones de ácaros eriófidos (74). Sin embargo, aún se deben buscar alternativas eficientes para el control de esta plaga en el cultivo de mango.

Hormiga arriera (*Atta cephalotes*, Hymenoptera: Formicidae): se caracterizan por tener de 3 a 4 pares de espinas en el dorso, cabeza grande con antenas fuertes, aparato bucal masticador, abdomen unido al tórax, cuerpo color café o rojizo y tamaño entre 5 y 12 mm según la especie. Este género *Atta* es agresivo y su colonia es abundante, puede causar afectaciones a gran variedad de cultivos generando defoliación y por ende afectando el área fotosintética de las plantas (77). El control de estas hormigas no solo en el cultivo de mango se ha realizado principalmente con la aplicación de insecticidas químicos; no obstante, la baja especificidad y alta toxicidad han llevado a buscar alternativas con el uso de hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* demostrando el ataque y desarrollo de hifas sobre el cuerpo de los insectos (78). Por otra parte, se ha encontrado el hongo *M. anisopliae* como un efectivo controlador de colonias de *A. Cephalotes*, siendo mejor que el producto químico Pirimifos Metil (79). Otros microorganismos con actividad entomopatógena y antagonista han sido usados para el control de este insecto *Beauveria bassiana*, *Aspergillus parasiticus*, *Bacillus subtilis*, *Fusarium* sp., *Paecilomyces* sp., *Lecanicillium* sp. y *Trichoderma* sp., este último con acción sobre el hongo mutualista (80). Entre los enemigos naturales se reportan los dípteros de la familia *Phoridae* que se caracterizan por parasitar las hormigas al salir del nido, dejando sus huevos para que posteriormente las larvas eclosionen

y consuman los tejidos internos, causándole la muerte (81,82). Prácticas como la instalación de barreras usando neumáticos, pegantes, fibras o algodón, uso de tiras de plásticas embebidas en grasa o vaselina obstruyen el paso de las obreras en los cultivos (80). El control químico se hace en polvos secos, cebos granulados y soluciones líquidas (82,83). La aplicación de cebos se realiza de forma manual sobre el suelo, los caminos o las bocas de los hormigueros; para nidos de tamaño pequeño a mediano se emplean insufladoras (productos en polvo) y fumigadoras (productos líquidos) para la aplicación de insecticidas (84), para hormigueros grandes se usa termonebulizadora. Los compuestos químicos que más se utilizan son organofosforados, piretroides y sulfuramidas (81,85). Sin embargo, existen diferentes tipos de control para esta hormiga, y el más efectivo es el control mecánico, el cual consiste en la excavación del nido para extraer la reina y parte del hongo, llevando a la muerte al hormiguero por la eliminación de la única reina. Este control es recomendado para nidos pequeños y medianos (80).

Desórdenes fisiológicos (fisiopatías)

Los primeros desórdenes fisiológicos o fisiopatías que afectan al *Mangifera indica* son generados en la cosecha y poscosecha como en el proceso de selección, empaque, almacenamiento y los daños causados por algún método de enfriamiento (86). Por lo tanto, es importante implementar técnicas apropiadas en el manejo de temperatura, humedad relativa y manejo en el almacenamiento del producto (87,88). No tener el control adecuado de dichos requerimientos traerá como consecuencia baja remuneración a los productores; otros problemas fisiológicos son la punta negra, las semillas de gelatina, pudrición interna y picadura del fruto, entre otros.

Pudrición interna o descomposición interna de la pulpa: se caracteriza por un ahuecamiento en la cavidad basal de la fruta interrumpiendo la unión entre los tejidos vasculares del pedúnculo con la semilla; la pula presenta una descomposición avanzada, pero esto solo se puede observar cuando la fruta es abierta, algunos estudios atribuyen la causa del desorden a la bacteria *Bacillus* sp., pero no está confirmado. Este desorden es uno de los más frecuentes en los mangos madurados dentro del árbol (26). Las infecciones se ocasionan principalmente a través de heridas en las cuales el patógeno invade la cutícula del fruto; las lesiones son blandas, profundas, y varían de color marrón a pardo oscuro (89). Algunos materiales vegetales susceptibles a esta pudrición son Haden, Tommy Atkins y Van Dyke (68).

Nariz blanda o punta blanda: es un desorden que causa pérdidas económicas por generar un ablandamiento de la pulpa en la parte ventral hacia el ápice de la fruta, este problema es causado por una deficiencia de calcio, afectando inicialmente la semilla hasta el mesófilo y dañando el tejido, con la característica de no alterar la cáscara sin evidenciar síntomas del daño (90). Estudios desarrollados para lograr una solución a este problema giran respecto al requerimiento nutricional y fundamentalmente de calcio; este resultado fue evidente al evaluar la composición mineral de las hojas de plantas que producen frutas afectadas por esta fisiopatía, y muestran un contenido de calcio bajo y fósforo alto. Las variedades que presentan mayor afectación son: Tommy Atkins, Kent, Van Dyke y Sensation (91).

Poscosecha

El manejo en poscosecha busca conservar la calidad del fruto, ya sea para el consumo natural o como materia prima en la industria

tanto nacional como internacional, también permite conocer las variables de conservación y distribución junto con el manejo fitosanitario, porque por este concepto las pérdidas pueden alcanzar un 40 %, de allí la importancia del buen manejo para tener éxito (92). Un proceso de conservación es la utilización de atmósferas controladas, en las cuales los valores óptimos oscilan entre 3-5 % O₂ y 5-8 % CO₂, con este manejo se conserva la calidad de los frutos, y no modifica permanentemente los sabores y aromas del producto. Posterior a este tratamiento los mangos se conservan naturalmente para restablecer la maduración a temperatura ambiente (93). Una técnica para evitar la pérdida de peso es la aplicación de cera comestible, que permite la permeabilidad cuticular de los frutos (94). Desde el punto de vista fitosanitario se emplean procesos como selección, clasificación, presentación y empaque de los frutos para garantizar un buen manejo fitosanitario y mejores beneficios de calidad físicos, químicos y económicos (95). Otra actividad es el lavado de frutos que se realiza con agua clorada a 15 ppm (43 ml de solución de hipoclorito de sodio al 3.5 %, cloro líquido comercial por cada 100 litros de agua), con el fin de reducir la carga microbiana, eliminar impurezas y suciedades (17). Para manejar a *Colletotrichum* sp., se encontró que la aplicación inicial del ingrediente activo Propinet y dos aspersiones siguientes de los ingredientes activos Carbendazim, Procloraz, Amistar y Difenconazol controlaron el patógeno durante veinte días en frutos conservados (96). Además, se encontró el reporte *in vitro* de la aplicación de quitosano que es un derivado de la quitina extraído del exoesqueleto de los crustáceos, y por esta razón se considera un tratamiento alternativo de fungicidas. Los frutos tratados con quitosano en concentraciones de 1.0 % y 1.5 % durante 3 días de incubación inhibieron la colonización del fruto de mango (97).

Conclusiones

Teniendo en cuenta la información recopilada y expresada en la revisión cabe resaltar que el cultivo de mango es afectado por diferentes organismos que causan daños relevantes a la producción. Aunque existe información sobre el cultivo de mango con alternativas ante problemas fitosanitarios, aún son limitadas y poco actualizadas las investigaciones enfocadas al desarrollo de alternativas que puedan ser incluidas dentro de un manejo integrado que busquen una mejor producción del cultivo. La presencia de plagas y enfermedades en este cultivo varían con el estado fenológico de la planta y de acuerdo con esto las estrategias de control. En particular, las prácticas culturales son empleadas por los agricultores para reducir la presencia de estos organismos, y junto con la aplicación de plaguicidas han sido usados durante un largo período por los productores. Se evidencia el progreso de estudios sobre el control biológico, pero es necesario el desarrollo de investigaciones que permitan con profundidad incorporar diferentes estrategias a un manejo integrado de plagas y enfermedades, con accesibilidad a los productores de mango. Los desórdenes fisiológicos y daños en poscosecha encontrados son pocos, a pesar de causar pérdidas considerables en la producción de mango; por lo tanto, es necesario desarrollar avances que permitan reconocer, controlar y mejorar las prácticas en esta etapa del cultivo.

Agradecimientos

A los estudiantes del núcleo temático Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (IPA 2020) por la dedicación y compromiso, y a la Universidad de Cundinamarca por permitir el acceso a las bases de datos bibliográficas.

Referencias

1. Normand F, Lauri PÉ, Legave JM. Climate change and its probable effects on mango production and cultivation. *Acta Hort.* 2015; 1075:21-31. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1075.1>
2. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Database, Rome, Italy. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
3. Mitra S, Devi H. Organic Horticulture in India. *Horticulturae*. 2016;2(4):17. <https://doi.org/10.3390/horticulturae2040017>
4. Corpoica, Asohofrucol. Modelo tecnológico para el cultivo del mango en el valle del Alto Magdalena en el departamento del Tolima. 2013. Disponible en: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_MP_Mango.pdf
5. Agronet - MinAgricultura. Estadísticas agropecuarias. Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano. Bogotá. 2018. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
6. Páez RAR. Tecnologías sostenibles para el manejo de antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc.] en papaya (*Carica papaya* L.) y mango (*Mangifera indica* L.). Corpoica, Valledupar, boletín técnico n.º 8. 2003. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/16590>
7. Guillén-Sánchez D, Téliz-Ortiz D, Mora-Aguilera G, Mora-Aguilera A. Desarrollo temporal de epidemias de Cenicilla (*Oidium mangiferae* Berthet) en huertos de mango (*Mangifera indica* L.) en Michoacán, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 2003;2(2):181-188. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237037431_Desarrollo_Temporal_de_Epidemias_de_Cenicilla_Oidium_mangiferae_Berthet_en_Huertos_de_Mango_Mangifera_indica_L_en_Michoacan_Mexico/stats
8. Abo-Shanab H. Suppression of white mango scale, *Aulacaspis tubercularis* (Hemiptera: Diaspididae) on mango trees in El-Beheira Governorate, Egypt. *Egyptian Academic J. Biol. Sci.* 2012;5(3):43-50. <https://doi.org/10.21608/eajbsa.2012.13870>

9. Johansen NR. Los trips (Insecta: Thysanoptera) del mango. En: Mora AA, Téliz OD, Reboucas SA (eds.). El mango: manejo y comercialización. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (México) y Universidad Estadual do Sudoeste da Bahía, Vitoria da Conquista, Bahía (Brasil). 2002;186-210.
10. Gil VLF, Arcila CAM, Achury MRA, Sanabria BMC, Arias BH, Baquero LKY. Guía de campo para la identificación y manejo de enfermedades y plagas en el cultivo de mango. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. 2015. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321588632_Guia_de_campo_para_la_identificacion_y_manejo_de_enfermedades_y_plagas_en_el_cultivo_de_mango
11. Chirinos DT, Geraud-Pouey F. El manejo de plagas agrícolas en Venezuela. Reflexiones y análisis sobre algunos casos. Interciencia. 2011;36(3):192-199. Disponible en: <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/192-CHIRINOS-8.pdf>
12. Nicholls C. Plagas y otros agentes nocivos. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 2008. Disponible en: <http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea-noticia/?page=udea.inicio.udea.noticias.noticia&uril=wcm%3Apath%3A%2FPortalUdeA%2FasPortalUdeA%2FasHomeUdeA%2FUdeA%2BNoticias%2FContenido%2FasNoticias%2FSociedad%2Fcontrol-biologico-plagas>
13. Santamaría G, Salas C, Acosta A, Amador J. Estudio de la disposición vertical y horizontal de *Tetranychus* spp. en plantas de rosa, clavel y alstroemeria. Asocoflores. 2002;63:44-60.
14. Blanco L, Pulido L. Evaluación de dos estrategias de control cultural para el manejo de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en cultivo de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.), en la finca Villa Clemencia, vereda El Guamito del municipio de Los Santos, Santander. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. 2015.
15. Senasa. Control cultural-mecánico de la mosca de la fruta. Dirección de Sanidad Vegetal. 2014. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/Control-Cultural-Mecanico.pdf>

16. Gutiérrez AR, Robles AB, Santillán CO, Ortiz MC, Cambero OO. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias*. 2013;2(3):102-112. Disponible en: <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/40>
17. Huete M, Arias S. Manual para la producción de mango. Usaid-Red Proy. Diversif. Econ. Rural. 2007. Disponible en: http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Manual_Producc_Mango.pdf
18. Badii M, Abreu J. Control biológico, una forma sustentable de control de plagas. *International Journal of Good Conscience*. 2006;1(1):82-89. Disponible en: [http://www.spentamexico.org/v1-n1/1\(1\)%2082-89.pdf](http://www.spentamexico.org/v1-n1/1(1)%2082-89.pdf)
19. Cisneros F. Control de plagas: manejo integrado de plagas. 2010;1-9. Disponible en: https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/Control_de_Plagas_Agricolas_MIP_Ene_2010.pdf
20. Prisma. Informe Transparente de Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis. 2015. Disponible en: <http://www.prisma-statement.org>
21. Díaz MAR, Arboleda TZ, Ríos LAO. Estrategias de control biológico utilizadas para el manejo de la antracnosis causada por *colletotrichum gloeosporioides* en frutos de mango: una revisión sistemática. *Trop. Subtrop. Agroecosystems*. 2019,(22):595-611.
22. Ministerio de Agricultura. Cadena del mango, indicadores e instrumentos. 2019. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
23. Portal Frutícola. Crecimiento del mango Keitt impulsa las exportaciones del fruto. 2019. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/03/06/colombia-crecimiento-del-mango-keitt-impulsa-las-exportaciones-del-fruto/>
24. Cartagena R, Vega D. El mango. *Fruticultura colombiana. Manual de Asistencia Técnica n.º 43*. ICA-Bancóldex. Editorial Produmedios.1992;124. Disponible en: <https://www.libriariadelau.com>

- com/fruticultura-colombiana-mango-manual-de-asistencia-tecnica-no-43-produmedios-9789589689000-agropecuario/p
25. Corrales-Bernal A, Maldonado C, Urango LA, Franco EC, Rojano BA. Sugar mango (*Mangifera indica*), variety from Colombia: antioxidant, nutritional and sensorial characteristics. *Rev. Chil. Nutr.* 2014;41(3):312-318. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182014000300013>
 26. Asohofrucol - ICA. Manejo integrado de mosca de la fruta en Colombia [Diapositiva de PowerPoint]. Asohofrucol. 2013. Disponible en: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_260_MIP-%20MF.pdf
 27. Espinal CFG, Martínez HJC, Peña YM. La cadena de los frutales de exportación en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de trabajo n.º 67. Bogotá, Colombia. 2005;68. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/5733>
 28. Mora MJ, Gamboa PJ, Murillo RE. Guía para el cultivo de mango. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sistema Unificado de Información Institucional (SUNII), Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA). Costa Rica. 2002.
 29. Carvajal M. Frutas tropicales en producción, transformación y comercialización de frutas tropicales. Universidad de Antioquia, 2000. Disponible en: <http://huitoto.udea.edu.co/FrutasTropicales/transformacion.html>
 30. García LJ, Sandoval AP, Forero F, Floriano JA, Salamanca G, Bernal EJA, et al. Atributos de calidad del mango criollo para la agroindustria. Colombia. Corpoica. 2010. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/236343213_Atributos_de_Calidad_del_mango_criollo_para_la_agroindustria
 31. Arias B, Carrizales L. Control químico de la antracnosis del mango (*Mangifera indica* L.) en pre y poscosecha en el municipio Cedeño, estado Monagas. *Bioagro.* 2007;19(1):19-25. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85719103>

32. Cartagena R, Vega D. Manejo fitosanitario de enfermedades y plagas del mango. Boletín de Sanidad Vegetal n.º 05. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, Colombia. 1992;1-18.
33. Reyes ME, Sanmartín P, Camacho JCC, De la Rosa SCG, Chan MJ, Águila RNR, et al. Characterization of a native *Bacillus velezensis*-like strain for the potential biocontrol of tropical fruit pathogens. *Bio. Control.* 2020;141:104-127. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104127>
34. Carrillo F, García R, Rangel M, Sañudo A, Zegueral. Control biológico de antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc.] y su efecto en la calidad poscosecha del mango (*Mangifera indica* L.) en Sinaloa México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 2005;23(1):24-32. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/612/61223104.pdf>
35. Campos B, Calderón E. El oídio del mango (*Oidium mangiferae* Berthet). Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Servifapa. 2016;11.
36. Osuna TE, Chavarín ZMN, Carrillo JAF, Valdez JBT. Effect of preharvest sprayings of bioregulators on growth and ripening of Keitt mango. *Rev. Fitotec. Mex.* 2019;42(3):259-268. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.3.259-268>
37. Arias SJF, Espinosa AJ, Rico PHR, Miranda SMA, Chávez CX. La cenicilla *Oidium mangiferae* Berthet del mango en Michoacán. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Valle de Apatzingán. Folleto Técnico núm. 1. Apatzingán, Michoacán, México. 2004. Disponible en: http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1288/cenicilla_1288.pdf?sequence=1
38. Almeida FA, Araújo E, Goncalves J, Hermes GJ, Barreto AF, Carvalho RAG. Diagnóstico e quantificação de doenças fúngicas da acerola no Estado da Paraíba. *Fitopatol. Bras.* 2003;28(2):176-179. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582003000200010>
39. Rikkinen J, Dörfelt H, Schmidt A, Wunderlich J. Sooty moulds from European Tertiary amber, with notes on the systematic position of *Rosaria* ('Cyanobacteria'). *Mycol. Res.* 2003;107(2):251-256. <https://doi.org/10.1017/s0953756203007330>

40. Sánchez X, Vega A, Tapia L, Miranda M. Mango, su manejo y producción en el trópico seco de México. Libro técnico. Campo Experimental Valle de Apatzingán, Michoacán, México. 2001;1:23-33. Disponible en: <http://www.cesix.inifap.gob.mx/frutalestropicales/articulos/12.pdf>
41. Morales de EB, Souza de JBM, Ribeiro DB, Ferreira da S, Mello S, Maia de WJ. Impactos das mudanças climáticas na ecoclimatologia de *Aleurocanthus woglumi*, 1903 (Hemiptera: Aleyrodidae) no Estado do Pará. Rev. Bras. de Meteorol. 2014;77-84.
42. Duque A, Gómez L. Análisis y aplicación de normas internacionales para mejorar la competitividad en la producción y exportación de mango hacia Alemania. 2010. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3102/1/UPS-GT000080.pdf>
43. Bernal EA, Díaz DC. Podas en mango hilacha. Boletín Divulgativo, Corpoica. Centro de Investigación La Selva. 2007;1-4.
44. Rebolledo A, Pérez A, Peralta N, Díaz G. Control de fumagina (*Capnodium Mangiferae* Cooke & Brown) con biofungicidas en hojas y frutos de mango "Manila." Tropical and Subtropical Agroecosystems. 2013;16(3):1-9. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93929595007>
45. Prieto MJJ, Covarrubias AJE, Cadena AR, Viera JF. Paquete tecnológico para el cultivo de mango en el estado de Colima. Gobierno del estado de Colima, México, Secretaría de Desarrollo, n.º 003. 2005;56 pp.
46. Aluja M, Gutiérrez RJM, Santiago MG, Villaseñor CA, Enkerlin WRH, Hernández LF. Los programas de las moscas de la fruta en México. SAGARPA y SENASICA, México D. F.: Edit. Trillas. 1994. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B4064e/B4064e.pdf>
47. Hernández OV, Guillén AJ, López L. Taxonomía e identificación de moscas de la fruta de importancia económica en América. En: moscas de la fruta: fundamentos y procedimientos para su manejo (pp.49-80). México, D.F. 2010;49-80. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/269576679_Taxonomia_e_identificacion_de_moscas_de_la_fruta_de_importancia_economica_en_America

48. Takumasa KD. Tecnología para el cultivo del mango con énfasis en mangos criollos. Cap. 3 Insectos. Corpoica CI Palmira. Rionegro. 2010;105-36. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13523>
49. Gómez HM. Las moscas de las frutas. Boletín de Sanidad Vegetal. ICA 44. 2005;67. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/f2cd7a85-e934-418a-b294-ef04f1bbacb0/Publicacion-4.aspx>
50. ICA - Instituto Colombiano Agropecuario. Manual técnico de trampeo de moscas de las frutas, Plan nacional de detección, control y erradicación de moscas de la fruta. 2017. Disponible en: https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologia-agricola/documentos/manual_pnmf_2017.aspx
51. Amún C, Claps LE, Saracho BMA. Primer registro de *Aulacaspis tubercularis* (Hemiptera: Diaspididae) en la Argentina. Nota científica. Rev. Soc. Entomol. Argent. 2012;71(3-4):289-291.
52. Urías LMA. Principales plagas del mango en Nayarit. En: V Vázquez y MH Pérez (eds.). El cultivo del mango: principios y tecnología de producción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 2006. p. 211-234.
53. López-Guillén G, Urías-López MA, Noriega-Cantú DH. Efecto de podas fitosanitarias en poblaciones de *Aulacaspis tubercularis* Newstead (Hemiptera: Diaspididae) y sus enemigos naturales. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2018;9(8):1817-1822. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6772374>
54. Urías M, Hernández L, Osuna J, Pérez M, García N, González J. Aspersiones de insecticidas en campo para controlar la escama blanca del mango (Hemiptera: Diaspididae). Rev. Fitotec. Mex. 2013;36(2):1-8. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36n2/v36n2a10.pdf>
55. Kondo T, Clever GB, Quintero EM, Manrique MB. Distribución y niveles de infestación de *Crypticeria munticatricis* Kondo y Unruh (Hemiptera: Monophlebidae) en la Isla de San Andrés.

- Corpoica Cienc. Technol. Agropecu. 2014;15(1): 63-72. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v15n1/v15n1a06.pdf>
56. Ramos A. Lineamientos generales para el manejo integrado de la mota blanca de la guayaba *Capullina linarosae* Kondo y *Gullan* (Hemiptera: Eriococcidae). Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. 2018. Bogotá, Colombia. Editorial Promedios. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/76e49915-e053-49e2-92c6-0b0891c9d5db/Lineamientos-generales-para-el-manejo-integrado-de.aspx>
57. Silva M, Quiroz JA, Gamboa A, Hoyos LM, Carvajal L, Yepes F, et al. Coccinélidos depredadores de *Crypticerya multicatrides* (Hemiptera: Monophlebidae) en San Andrés Isla, Colombia. Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas. 2017;21(1):165-173. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v21n1/v21n1a13.pdf>
58. Rodríguez L, Perera S. La cochinilla de la nieve del mango. Identificación y control. Información técnica. 2010. Disponible en: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_352_cochinilla1.pdf
59. Chin D, Brown H. Red-banded thrips on fruit trees. Agnote. 2008;(134). Disponible en: https://dpir.nt.gov.au/_data/assets/pdf_file/0019/233614/719.pdf
60. Echeverri FF, Loaiza MCE, Cano OMP. Reconocimiento e identificación de trips fitófagos (Thysanoptera: Thripidae) y depredadores (Thysanoptera: Phlaeothripidae) asociados a cultivos comerciales de aguacate *Persea* spp., en los departamentos de Caldas y Risaralda (Colombia). Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. 2004;57(1):2178-2189. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472004000100003&script=sci_abstract&tlng=pt
61. Sierra V, Varón E, Gómez S, Jaramillo C. Fluctuación poblacional de trips (*Frankliniella* cf. *gardeniae*) en cultivos de mango en Tolima, Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 2018;2(44):1-7. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v44n2/2665-4385-rcen-44-02-00158.pdf>

62. Viglianchino L. Control integrado de *Frankliniella occidentalis* (pergande) (Thysanoptera: Thripidae) con insecticidas y liberaciones de *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae) sobre pimiento en invernadero. Tesis de maestría, Universidad Nacional del Litoral. 2013;8-42. Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/482/Tesis.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
63. Lefebvre MG, Reguilón C, Kirschbaum DS. Evaluación del efecto de la liberación de *Orius insidiosus* (Hemiptera: anthocoridae), como agente de control biológico de trips en el cultivo de frutilla. RIA. 2013;39(3):283-280. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4696650>
64. Rivera M. *Orius insidiosus* en el control biológico de trips en aguacate en México. Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México. 2016. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65682>
65. García PE, Durán YT, Lázaro ZMD, Vargas HM, Acuña JS. Manejo de trips (*Frankliniella* spp.) en mango (*Mangifera indica* L.) a base de azufre en Veracruz, México. 2016;(3):441-444. Disponible en: <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2016/EA/Em%20441-444.pdf>
66. López BM, Varela IB, Lores MH. Eficacia de aceites vegetales, minerales y de pescado en frente a *Frankliniella occidentalis* (Pergante). Bol. Sanid. Veg. Plagas. 2004;(30):177-183. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-30-01-02-177-183.pdf
67. Durán TY, Otero-Colina G, Ortega-Arenas LD, Arriola PVJ, Mora-Aguilera JA, Damián AN, et al. Evaluación de insecticidas para control de trips y ácaros plagas del mango (*Mangifera indica* L.) en tierra caliente, Guerrero México. Trop. Subtrop. Agroecosystems. 2017;20(3):381-394. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93953814008.pdf>
68. Galvis JA y Herrera AA. El mango *Mangifera* índica, manejo poscosecha. Sena - Universidad Nacional de Colombia. Divulgación tecnológica. 1995;71. Disponible en: <https://repositorio.sena>

edu.co/bitstream/11404/5509/1/mango_mangiferia_manejo_poscosecha.PDF

69. Saeed S, Masood A, Sayyed A, Kwon Y. Comparative efficacy of different pesticides against mango bark beetle *Hypocryphalus mangiferae* Stebbing (Coleoptera: Scolytidae). *Entomol. Res.* 2011;41(4):142-150. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1748-5967.2011.00329.x>
70. Masood A, Saeed S, Mahmood A, Malik SA, Hussain N. Role of nutrients in management of mango sudden death disease. *Pakistan Journal of Zoology.* 2012;44(3):675-683. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266173092_Role_of_Nutrients_in_Management_of_Mango_Sudden_Death_Disease_in_Punjab_Pakistan
71. Saeed S, Masood A, Sajjad A, Muhammad D. Monitoring the dispersal potential of bark beetle, *Hypocryphalus mangiferae* Stebbing (Scolytidae: Coleoptera) in mango orchards. *Pak. J. Zool.* 2010;42(4):473-479. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263581802_Monitoring_the_Dispersal_Potential_of_Bark_Beetle_Hypocryphalus_mangiferae_Stebbing_Scolytidae_Coleoptera_in_Mango_Orchards
72. Sarwar M. Mite pests (acari) in mango (*Mangifera indica* L.) plantations and implementation of control. *J. Biosci. Bioeng.* 2015;3(1):41-47. Disponible en: <http://www.aiscience.org/journal/paperInfo/bio?paperId=1019>
73. Ayala JJO, Gutiérrez OAC, Ávila TCV, Vargas MS. Identificación del ácaro y el patógeno asociado a la malformación floral de mango en Gabriel Zamora, Michoacán. *REMEXCA.* 2019;23:345-350. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2034>
74. Espinosa AJ, Salcedo MM, Arias SJF, Rico PHR, Mercado JJ. La “escoba de bruja” o malformación floral del mango en Michoacán, México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Fundación Produce Michoacán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México). Editor SAGARPA. 2007. Disponible en: <http://www.cesix.inifap.gob.mx/frutalestropicales/articulos/7.pdf>

75. Cabrera RI, Navia D, Beltrán A, Rodríguez J. Ácaros eriófididos (Prostigmata, Eriophyoidea) en mango (*Mangifera indica* Lin., 1753) y su parasitismo por *Hirsutella Thompsonii* Fisher, 1950 en Cuba. *Rev. Iber. Aracnol.* 2008;16(31):57-62. Disponible en: http://sea-entomologia.org/Publicaciones/RevistaIbericaAracnologia/RIA16/023_028_Reinaldoetal.pdf
76. Quesada A, Rivera W. *Hirsutella*, agente biocontrolador de ácaros e insectos de importancia agronómica. *Tecnología en Marcha.* 2015;29(7):85-93. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i7.2709>
77. Vergara J. *Biología, manejo y control de la hormiga arriera.* Gobernación de Valle del Cauca. Santiago de Cali. 2005.
78. Lemus AY, Rodríguez MG, Cuervo AR, Durán VJA, Zuluaga CL, Rodríguez G. Determinación de la factibilidad del hongo *Metarhizium anisopliae* para ser usado como control biológico de la hormiga arriera (*Atta cephalotes*). *Revista Científica Guillermo de Ockham.* 2008;1(6):91-98. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/28251902_Determinacion_de_la_factibilidad_del_hongo_Metarhizium_anisopliae_para_ser_usado_como_control_biologico_de_la_hormiga_arriera_Atta_cephalotes
79. López AE, Orduz PS. *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma viride* control colonies of *Atta cephalotes* in field better than a chemical insecticide. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 2002;4(1):71-78. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/30093>
80. Castaño KQ, Chará J, Giraldo C, Calle Z. Manejo integrado de insectos herbívoros en sistemas ganaderos sostenibles. CIPAV, Cali Colombia. 2019;306. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/InsecHerb/descargar.php>
81. Della MC, Gandra LC, Carvalho NR. Managing leaf-cung ants: peculiarities, trends and challenges. *Pest Manag. Sci.* 2014;70:14-23. <https://doi.org/10.1002/ps.3660>
82. Della MC. *Formigas-cortadeiras da bioecologia ao manejo.* Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 2011; 420 p.

83. Cabrera-García DF, Rodríguez DCR. Estrategias para mitigar el impacto ambiental negativo generado por la hormiga arriera *Atta cephalotes* en la comuna 19 de la ciudad de Santiago de Cali. Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente. 2015;21-25. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/6001/1/T04002.pdf>
84. Montoya JL, Giraldo CE, Armbrecht I, Farji AB, Calle Z. Leaf-cutting ant revisited: towards rational management and control. *J. Pest. Manag.* 2012;58(3):225-247. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.663946>
85. Fernández F, Castro H, Serna VF. Hormigas cortadoras de Colombia: *Acromyrmex* & *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). Fauna de Colombia, monografía n.º 5, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2015;350 p. Disponible en: https://www.antwiki.org/wiki/images/0/06/Fernandez_et_al_2015_atta_and_acromyrmex_of_colombia.pdf
86. Aghdam MS, Sevillano L, Flores FB, Bodbodak S. Heat shock proteins as biochemical markers for postharvest chilling stress in fruits and vegetables. *Sci. Hortic.* 2013;160,54-64. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.020>
87. Kader A. Recommendations for maintaining postharvest quality in mango (*Mangifera indica* L.). Davis, US, University of California. *J. Pest. Manag.* Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/mango.html>
88. Villalobos L. Metodologías de análisis de factores de calidad en frutas tropicales y subtropicales, implementadas por el laboratorio de poscosecha de la Universidad de California en Davis, Estados Unidos. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Práctica de especialidad. 2009. 1-155. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/4000/Metodolog%20de%20an%20lisis%20de%20factores%20de%20calidad%20en%20frutas%20tropicales%20y%20suptropicales%20implementadas%20por%20el%20laboratorio%20de%20poscosecha%20de%20la%20Universidad%20de%20California%20en%20Davis%20Estados%20Unidos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

y antioxidantes de variedades de mango crecidas en la costa de Guerrero. Rev. Fitotec. Mex. 2016;39(3):207-214. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/610/61046936004.pdf>

96. Rivas B, Carrizales L. Control químico de antracnosis del mango (*Mangifera indica* L.) en pre y poscosecha en el municipio Cedeño, estado Monagas, Venezuela. Rev. Bioagro. Monagas. 2007;1(19). Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612007000100003
97. Berumen G, Coronado D, Ochoa A, Chacón A, Gutiérrez P. Efecto del quitosano en la inducción de resistencia contra *Colletotrichum* sp. en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. Inv. y Cien. 2015;66:16-21. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/674/674446014003.pdf>

Biotecnología agroambiental: un enfoque emergente frente a la crisis mundial

Camilo Torres^{1}, Janeth Ortega², Manuel Francisco Polanco¹,
Juan Carlos Padilha³, Sandra Montenegro¹*

¹ Especialización en Biotecnología Agroambiental. Unad, Dosquebradas, Risaralda.

² Programa de Zootecnia. Unad, Bogotá.

³ ECAPMA ZOCC, Dosquebradas, Risaralda.

* Autor de correspondencia: jose.torres@unad.edu.co

Un contexto de la biotecnología agroambiental

Desde la definición dada en el documento del Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas, en 1992, que define a la biotecnología como “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos, para usos específicos”, se ha conceptualizado el uso de la biotecnología como herramienta para la generación de nuevas tecnologías que favorecen el desarrollo del sector agropecuario y agroforestal, entre otros. En tal sentido, la biotecnología moderna se puede definir como una actividad que involucra diferentes disciplinas (la bióloga molecular, ingeniería genética, microbiología, genómica, inmunología, ingeniería ambiental y bioquímica, entre otras), que definitivamente deberían contribuir a resolver problemas de la humanidad en la medida

en que la evocamos, como el resultado histórico para solucionar inconvenientes de impacto relacionados con desnutrición, con contaminación, con ecosistemas destruidos, con demanda creciente de alimentos y de agua, con sostenibilidad de recursos energéticos y agroforestales, y con suplir necesidades básicas en salud y vivienda para una población creciente.

Sin embargo, a pesar de que la biotecnología moderna incursionó en el mundo ya hace más de 50 años con la promesa de resolver problemas de origen antrópico, tales como el crecimiento demográfico, el hambre y la desnutrición, la deforestación, el uso ineficiente del suelo, la necesidad de producir energía limpia y, más recientemente, el calentamiento global y la búsqueda de vacunas, la biotecnología no ha resuelto de manera definitiva ninguno de ellos, pero sigue teniendo un papel fundamental en la sociedad moderna como herramienta para el desarrollo.

La experiencia de este último medio siglo resultó en importantes avances para aumentar la esperanza de vida humana a expensas de

un deterioro de los recursos naturales; en ese sentido, el desarrollo tecnológico y su relación implícita con el consumo requiere entonces la construcción de sujetos que ejerzan la ciencia de una manera ética. Entonces y ante la necesidad de construir herramientas conceptuales y metodológicas que sean útiles para la generación de nuevos paradigmas, proponemos el concepto de biotecnología agroambiental como el ejercicio por el cual se utilizan organismos y moléculas provenientes de estos, de manera inteligente, respetuosa y sustentable, para producir tecnología eficaz, limpia y competitiva que responda a solucionar problemas del sector agropecuario, industrial, medioambiental y agroambiental (Figura 1). Se entiende este último, como una perspectiva intersectorial que desde el territorio consigue proponer alternativas de solución frente a problemas ambientales causados por los sistemas de producción agrarios en el contexto en el que se desarrollan, tal como fue acuñado en el proceso de formulación de la Especialización en Biotecnología Agroambiental de Universidad Abierta y a Distancia (Unad) en 2018 (1).



Figura 1. Acontecimientos relevantes para la conceptualización de la biotecnología agroambiental.

La biotecnología en Colombia

A pesar de que la biotecnología estaba siendo utilizada para resolver problemas ambientales relacionados con el consumo desde los años, solo hasta la década de los 90 se empezó a utilizar en Colombia, concentrándose, en centros de investigación, institutos y universidades, pero sin articularse aún al sector productivo. Desde 1997, se inició formalmente la investigación en biotecnología hacia la investigación agropecuaria en la rama de la sanidad agrícola, principalmente en los cultivos de café, plátano, banano, flores, etc. En la rama clínica, la investigación se orientó hacia enfermedades tropicales con alta incidencia

en el país, tales como malaria, leishmaniasis y chagas (2).

Con la presentación del Plan Nacional de Desarrollo 1999-2002, se promovió la transferencia de tecnología y la generación de políticas que fomentaran la inversión de capital en biotecnología, promoviendo, además, la formación del recurso humano para formar equipos de trabajo en todas las instituciones dedicadas al desarrollo biotecnológico. De acuerdo con el plan anteriormente mencionado, se pueden indicar a continuación las áreas beneficiadas para el desarrollo en biotecnología (Tabla 1):

Tabla 1. Áreas beneficiadas para el desarrollo de la biotecnología según el Plan Nacional de Desarrollo 1999-2002 (1).

Área específica	Temáticas por desarrollar
Salud humana	Diagnóstico, prevención y tratamiento de problemas de salud de importancia nacional.
Sector agrícola	Estudios genómicos, fitomejoramiento, biopesticidas y biofertilizantes.
Sector pecuario	Mejoramiento animal, diagnóstico, tratamiento y prevención de patologías del sector ganadero en Colombia.
Sector industrial	Aplicación de biotecnología para mejoramiento de productos o procesos.

Con la creación del Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006, se da un nuevo avance en el campo de la biotecnología colombiana debido a que se resalta la gran biodiversidad y los recursos genéticos existentes en el país, los cuales, según el documento, podrían ser aprovechados en investigación biotecnológica; en el mismo año, Colombia ingresa a ser parte de los países que utilizan los organismos genéticamente modificados con la siembra del clavel azul.

En 2003 fue aprobada la siembra en Colombia de algodón genéticamente modificado y en 2007 se siembra el maíz genéticamente modificado mediante el esquema de siembras controladas (3). A finales de 2009, se aprueba en Colombia la siembra comercial de rosas azules y en 2011 con el documento Conpes 3697 elaborado por el Departamento Nacional de Planeación, el Gobierno colombiano aborda explícitamente la importancia de la biotecnología como una

herramienta con potencial para el desarrollo en un territorio megadiverso y traza las políticas para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad. En 2018, se promueven los avances en biotecnología y en bioprospección iniciados en la Reserva de Biosfera Seaflower, según el plan nacional de desarrollo vigente.

Por otro lado, la bioinformática en Colombia surge con los análisis del grupo de farmacia de la Facultad de Química de la Universidad Nacional. El profesor Emiliano Barreto, del Instituto de Biotecnología, lideró la generación del nodo colombiano EMBnet (European Molecular Biology network) que fue avalado por la comunidad internacional en 2002, cuyo principal interés de investigación está basado en la descripción de las enzimas betalactamasas y en entender la resistencia de los antibióticos betalactámicos; para ello, el grupo del profesor Barreto ha creado diversos recursos bioinformáticos como BLEE (<http://bioinf.ibun.unal.edu.co/servicios/BLEE>) y BLA.id (<http://bioinf.ibun.unal.edu.co/BLA.id>), con los cuales se organiza y sistematiza el amplio espectro de las enzimas en diversos microorganismos (1,4).

El área de patología de plantas ha permitido el desarrollo de la biología computacional y bioinformática en Colombia; como ejemplo, el café ha sido uno objeto de investigación permanente desde los años 80 y gracias a estas y otras investigaciones, se ha construido una plataforma para el almacenamiento y análisis de datos genómicos, que ha sido alimentada desde el 2000, y cuyo objetivo principal es el de proveer a investigadores con herramientas de acceso gratuito para análisis de genomas, incluso sin la necesidad de previos conocimientos en programación o manejo de bases de datos de esta índole. Esta investigación le ha permitido a Colombia ser líder en conocimiento genómico del café y sus variedades.

La Universidad de los Andes es abanderada en la utilización de biología computacional aplicada a problemas agrarios, y cuenta con un grupo de investigación del patógeno *Phytophthora infestans* en tomate y además de patologías y mejoramiento genético de la casava. Otros grupos de amplio desarrollo en bioinformática en el país son liderados por Pedro Moreno de la Universidad del Valle y Patricia Vélez de la Universidad del Cauca, quienes se dedican a entender secuencias de ADN de diversos organismos, basados en la teoría del caos y en general al desarrollo de diversas herramientas bioinformáticas que ayuden a resolver y entender problemas biológicos. Estos ejemplos sirven de ilustración para contextualizar la disponibilidad de recursos actuales y la amplia posibilidad de enseñanza, desarrollo e investigación, que brindan la bioinformática y la biología de sistemas en el país (1).

El manejo de recursos genéticos hasta hace poco tiempo fue una limitante debido a los impedimentos legales para su uso. Sin embargo, en la actualidad la gran cantidad de información genética relacionada con bases de datos ha abierto caminos para la investigación y aplicación de la biotecnología en Colombia. El Gobierno colombiano ha promulgado los decretos 1375 de 2013 y 1376 de 2013 del Ministerio de Ambiente, los cuales definen la actividad de investigación científica básica y facilitan el manejo de la información e investigación provenientes de análisis genéticos; además, y por fortuna en este sentido, se expide la Resolución 1348 de 2014 en la cual se definen las actividades de bioprospección y su aprovechamiento comercial e industrial con fines de lucro.

En este contexto es prospectivo entender a la bioinformática como una herramienta poderosa para abordar problemáticas agroambientales que desde supuestos teóricos y el manejo de bases de datos, pueden permitir el desarrollo *in situ*

de la solución de problemas desde un enfoque territorial.

Oportunidades y tendencias en el ámbito del ejercicio profesional

Respecto a la formación del talento humano en biotecnología, en Colombia se reportan dos programas de pregrado, ocho especializaciones, once maestrías y tres programas de doctorado, que considerando las oportunidades para el país son todavía insuficientes. En ese sentido, se registran 114 grupos de investigación reconocidos por Colciencias en temas agropecuarios, de salud, de farmacia, ambientales e industriales y uno solo para biotecnología agroambiental.

Según datos consultados en el Observatorio Laboral para la Educación (7), la tasa de profesionales con posgrado vinculados laboralmente para el período comprendido entre los años 2012 a 2018 fue en media de alrededor del 92 %. Sin embargo, las potencialidades trascienden las oportunidades del contexto laboral, y Colombia es un país agropecuario, con gran potencial de expandir su área agrícola sin afectar el área de bosques naturales (5). Además, de acuerdo con el Censo Agropecuario Nacional publicado en el 2015, del total del área (42.3 millones de hectáreas) dispersa correspondiente al uso agropecuario (Unidades de Producción Agropecuaria - UPA), el 80 % se dedicó a la actividad pecuaria (pastos), el 19.8 % a la actividad agrícola y el 0.3 % a infraestructura agropecuaria. No obstante, existen aproximadamente 19 millones de hectáreas destinadas a la producción pecuaria, que no han sido utilizadas para tal fin (1).

En cuanto a la producción pecuaria, el inventario del Censo Pecuario Nacional del 2016 indica que en el territorio colombiano existen 22 689 420 bovinos, 5 094 664 porcinos, 157 135 371 aves, 248 893 búfalos y 1 423 274 ovejas. Estas cifras evidencian que Colombia cuenta con un gran potencial para contribuir a la disminución de la desnutrición por sus condiciones agroecológicas, las cuales favorecen la implementación de sistemas productivos pecuarios, que por un lado colaboran con la oferta de proteína de origen animal en los ámbitos nacional e internacional, pero que por otro lado afectan de forma definitiva el ambiente (5). A continuación, se exponen los desafíos que se pueden abordar desde la biotecnología agroambiental:

Producción de mayor cantidad de alimentos para una población creciente. Se espera que para el 2050, el 70 % de la población mundial estará ubicado en grandes ciudades. Se prevé que el actual consumo medio de calorías, que se encuentra en 3050 kcal/persona, aumente hasta en un 10 %, lo que representará en el futuro una mayor producción de cereales; de igual manera, se estima que incrementará el consumo de carne, que en la actualidad llega a ser igual o superior a 52 kg/persona. También se espera que la población mundial crezca por encima de los 9 billones de personas (6). Para incrementar la oferta de proteína proveniente de la carne o la leche bovina, la forma más fácil y en la cual se pueden observar en forma rápida incrementos en la producción ganadera bovina, es por medio de ajustes en la nutrición y en una alimentación debidamente planificada, en las cuales se deben emplear las innovaciones tecnológicas provenientes de la biotecnología, tales como: utilización de microorganismos eficientes, junto con el uso de los mánanos oligosacáridos y las enzimas exógenas.

Cambio climático

Es bien reconocido que el éxito de la agricultura depende de la adaptación al cambio climático, sin embargo, actualmente el cambio climático generado por la alteración de ciclos geológicos relacionados con el carbono presenta grandes retos para el desarrollo de la agricultura debido a que ya no se trata de adaptarse a las variaciones climáticas naturales, sino que existen variaciones con frecuencia y magnitud extremas que están modificando las condiciones medias del clima, ante lo cual el proceso neto de adaptación se limita; así entonces, quienes serán los más afectados se encuentran en los países en donde la agricultura determina un renglón importante de su economía, como son los de América Latina y el Caribe. En este sentido, es urgente definir acciones que propongan programas y políticas intencionadas a favorecer la adaptación al cambio climático, con el objetivo de mitigar y prever sus efectos en el contexto de la emergente agricultura eficiente (8).

Producción de bioinsumos

Debido a los problemas anteriormente planteados, se visualiza la necesidad de utilizar insumos agrarios derivados de materiales

generados en la finca desde una perspectiva prospectiva (bioprospección), elaboración de fertilizantes orgánicos, bioinsumos y extractos orgánicos, como alternativas para bajar la huella de carbono. De igual manera, se tiene la imperativa necesidad de desarrollar combustibles no derivados del petróleo.

Teniendo en cuenta el contexto en el que se desarrolla la biotecnología en Colombia, la pertinencia de un enfoque agroambiental, que en definitiva consiste en uno que desde el inicio de la actividad antrópica en el contexto de producción agropecuaria evalúa el impacto sobre los ecosistemas, la disponibilidad y viabilidad de la utilización de *software* y bases de datos, el marco legislativo y las necesidades descritas anteriormente, se plantea este artículo de opinión como una herramienta que pretende favorecer la apropiación y promoción de la investigación y el desarrollo tecnológico en diferentes sectores, desde una perspectiva armónica entre sociedad, cultura, biotecnología y satisfacción de necesidades. Entendemos que para generar aprendizaje significativo desde la perspectiva agroambiental se requiere que la biotecnología adquiera funcionalidad conceptual y metodológica en contexto, lo cual se manifestará en definitiva en la apropiación conceptual y del papel que ejercen los investigadores para solucionar problemas sentidos de la sociedad.

Referencias

1. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Unad). Documento maestro de la Especialización en Biotecnología Agroambiental. Bogotá, Colombia. 2018.
2. Forero Acosta G. Estado del arte de la biotecnología en Colombia. 2011. Disponible en: <https://doi.org/10.21158/9789588153711>
3. Giraldo AC. Cultivos transgénicos: entre los riesgos biológicos y los beneficios ambientales y económicos. *Acta Biológica Colombiana*. 2011;16(3):231-251. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/19986/27963>
4. Restrepo S, Pinzón A, Rodríguez LM, Sierra R, Grajales A, Bernal A, et al. Computational biology in Colombia. *PLoS Comput Biol*. 2009;5(10):e1000535. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000535>
5. Gómez-Álvarez LE. El financiamiento en el sector agropecuario, oportunidades para la agroindustria. *Revista Palmas*. 2014;35(3):71-76. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10988>
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Cómo alimentar al mundo 2050. Foro de expertos de alto nivel. 2009. Roma, Italia, 12-13 sep. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf
7. Ministerio de Educación Nacional. Observatorio Laboral para la Educación. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://www.mineducacion.gov.co/portal/micrositios-institucionales/Sistemas-de-Informacion/Educacion-Superior/156290:Observatorio-Laboral-para-la-Educacion>
8. Organización de las Naciones Unidas. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. 2015. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015, 17-30 sep. Nueva York, EE. UU.

Zoonosis: enfoque dentro del concepto de una salud

*Vilma Judith Chávez de Pop¹; Leopoldo Esto²;
Marco Tulio Cueva López²; Víctor Manuel Acero Plazas^{3,4}.*

¹ Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Galileo, Guatemala.

² Escuela de Salud Pública Veterinaria, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Galileo.

³ Publicaciones Serias y Científicas, Asociación Nacional de Médicos Veterinarios de Colombia (AMEVEC).

⁴ Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria), Bogotá, Colombia.

* Correos: facisa@galileo.edu - sepulvic@hotmail.com

Resumen

La salud pública ha tenido un giro desde hace varios años mediante la articulación de acciones y funciones de las diferentes profesiones, a través de lineamientos dados por diversas instituciones internacionales tales como la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Esta articulación busca generar un equilibrio desde el punto de vista de la interrelación del hombre, el medioambiente y los animales, considerándolos como un todo y no como actores separados. En esta interfaz las poblaciones humanas tienen un papel imprescindible en el desarrollo de programas sanitarios que incluyan la prevención y el control de enfermedades transmisibles por

Palabras clave: salud pública, medicina preventiva, salud pública veterinaria

Keywords: Public health, Preventive medicine, Veterinary public health

alimentos y vectores, además de generar un equilibrio que busque la producción eficiente y sostenible de proteína animal para la seguridad alimentaria del ser humano. En este documento se describen unos antecedentes del concepto de una salud, se profundiza en el concepto de zoonosis y se describe cómo es el abordaje desde Una Salud en este tipo de enfermedades. Así mismo, se aclara, profundiza y pone sobre la mesa la discusión y la importancia del abordaje de las zoonosis en el modelo descrito por diversas instituciones mundiales de lo que es Una Salud.

Abstract

Public health has had a turn for several years through the articulation of actions and functions of the different professions, through guidelines given by various international institutions such as the OIE, WHO, and FAO. This articulation seeks to generate a balance from the point of view of the interrelation of man, the environment, and animals, considering them as a whole and not as separate actors. In this interface, human populations play an essential role in the development of health programs that include the prevention and control of diseases transmitted by food and vectors, in addition to generating a balance that seeks the efficient and sustainable production of animal protein for food security of the human being. This document describes some background to the concept of health, delves into the concept of zoonosis, and describes how the One Health approach is in this type of disease. Likewise, the discussion and importance of the approach to zoonoses are clarified, deepened, and put on consideration under the model described by various institutions worldwide of what One Health is.

Introducción

El concepto de Una Salud tiene como objetivo reunir y agrupar en una sola definición a los humanos, los animales y el medioambiente. Algunos científicos como Pasteur, Koch, Osler y Virchow demostraron el vínculo estrecho que existe entre la salud animal y humana. Luego, Schawbe evidenció que aunque existe un límite entre la medicina veterinaria y humana, existe la necesidad de implementar en la sociedad

el concepto de una sola salud. El concepto de Una Salud es definido como el esfuerzo colaborativo de diversas disciplinas para lograr una salud óptima en los animales, los humanos y el medioambiente. Este enfoque desempeña un papel determinante en la prevención y el control de las zoonosis, ya que cerca del 75 % de los patógenos emergentes son zoonóticos. Este grupo de zoonosis, reemergentes y nuevas

han evolucionado a través de los años, como consecuencia de la interdependencia de los humanos, los animales y sus productos, y de manera más reciente, de la relación entre los humanos y los animales de compañía. Con base en lo anterior, puede afirmarse que existe un factor de riesgo en esta relación estrecha, con respecto a las enfermedades infecciosas (1).

Parte de esta problemática se ha aumentado debido a los cambios globales que causan deterioro de los ecosistemas, las migraciones y el medioambiente en general, cambios tales como la industrialización, la geopolítica y el aumento de las poblaciones; todos estos están vinculados a la aparición de enfermedades infecciosas y no infecciosas. Ejemplos como el ébola y el zika demuestran la interdependencia entre los animales, el hombre y el medioambiente, por lo que la estrategia global de una salud destaca la necesidad de un enfoque holístico, transdisciplinario e integrado para dar respuesta a la promoción y prevención de la salud en personas, animales y el ecosistema (2).

Sin embargo, no todo en este concepto es positivo; Wilson describió algunas de las actividades humanas que resultan perjudiciales a los ecosistemas, las cuales reducen la biodiversidad y van en contravía con el concepto de Una Salud; estas son: destrucción del hábitat, inclusión en el medioambiente por especies invasoras, la contaminación, sobrepoblación y sobreexplotación del suelo a través de cosechas y cultivos intensivos. Consecuentemente, el concepto de Una Salud debe incluir todas las actividades humanas y los eventos naturales que generen un impacto en calidad del agua, biodiversidad, diversidad genética y salud del ecosistema (3).

El abordaje del concepto de Una Salud

Con respecto a la nota periodística del 11 de marzo de 2019, titulada “Alianza tripartita para abordar las zoonosis como Una Salud”, de Animals Health, en la cual se resalta que “la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la Organización Mundial de la Salud y la Organización Mundial de Sanidad Animal se alían para abordar las zoonosis desde el enfoque One Health o Una Salud (4). Es importante indicar y aclarar con respecto a esa nota lo siguiente:

- I. El enfoque de Una Salud (One Health) resulta de la convergencia e interconexión de diversos factores tales como la globalización de la epidemiología, la adaptación de los patógenos, la inseguridad alimentaria, los cambios demográficos humanos, la evolución de los sistemas de producción animal y el cambio climático. Todos estos cambios motivaron al mundo a reenfocar los problemas sanitarios, la gestión en salud, la interfaz ecosistema-salud animal-salud humana, con la necesidad de abordar los problemas de salud de una manera integrada. Con base en lo anterior, en 2008, la OMS, la OIE y la FAO, entre otras, acordaron de manera conjunta desarrollar de forma tripartita el concepto de abordaje de la interfaz humano-animal-ambiente (4).
- II. Tal como es mencionado en la nota periodística, existen amenazas como la resistencia bacteriana (RAM) y las enfermedades transmitidas por alimentos, dentro del campo de la inocuidad alimentaria; sin embargo, estos fenómenos no son zoonosis. Estas amenazas, como muchas otras, nacen de la interrelación de

diversos factores de origen animal, humano o ambiental.

- III. El rol de la profesión de la medicina veterinaria garantiza la protección de alimentos y tiene a la vez un papel determinante en la RAM al vigilar, inspeccionar y controlar alimentos de origen animal; por lo que la trilogía humano-animal-ambiente hace parte de un espectro mucho más amplio.
- IV. La salud pública ha cambiado su paradigma, Una Salud es el nuevo ámbito que protege al hombre, los animales y el ambiente; hablar de zoonosis únicamente excluye al medioambiente del concepto de Una Salud.

Entendemos que, muy posiblemente, el sentido de la nota fue mostrar, al actualizar al contexto presente, el acuerdo tripartito de marzo de 2019 usando la oportunidad de la Guía para el Abordaje de Enfermedades Zoonóticas, con un enfoque aplicable a las enfermedades producidas por alimentos y la RAM, temas comunes a las organizaciones firmantes. La amplitud del enfoque de Una Salud es extenso y para nada restrictivo a las zoonosis, pudiéndose aplicar a los problemas descritos bajo el “paraguas” tradicionalmente conocido (5).

Claramente se muestra en esa figura, que los hechos vinculados con la salud ambiental, ecología, medicina veterinaria, salud pública, medicina humana, economía de la salud y la microbiología cubren la salud del individuo de las poblaciones y de los ecosistemas. Las enfermedades zoonóticas, resaltadas en la nota de prensa, solo ocupan la mitad de las competencias científicas del concepto. Obviamente, la sugerencia (que de manera humilde se espera enriquezca a la numerosa población lectora de *Animals Health*) es no dejar

de lado la otra mitad: la medicina comparativa o traslacional. Sus temas, reducidos, son las enfermedades cardiovasculares y oncológicas, desórdenes metabólicos, enfermedades óseas y articulares, riesgos de exposición en el ambiente y el vínculo humano-animal.

Esto fue descrito con precisión por el creador del modelo modificado, del citado paraguas, el profesor Mantovani en 2008: “la sinergia entre la medicina veterinaria y la de los humanos es un indicador de ‘buenas prácticas de salud pública’ y cualquier obstáculo para esta colaboración debe ser identificado y eliminado. El logotipo de Una Salud pública basado en la sinergia se dibuja como un paraguas formado por las actividades médicas y veterinarias, protegiendo a la población (consumidores y productores), los animales y sus productos y el medioambiente de las posibles adversidades relacionadas con la salud” (6).

Zoonosis y Una Salud

Las zoonosis son enfermedades infecciosas que se pueden transmitir de forma natural entre los animales y el hombre, de forma directa (saliva, sangre, mucosas, heces) o de forma indirecta (otras fuentes, vectores); en general más del 60 % de patógenos conocidos (virus, bacterias, hongos y parásitos) son considerados zoonóticos. Anualmente se registran cerca de 2500 millones de casos relacionados con zoonosis, causantes de 2.7 millones de muertes, convirtiéndose en el 25 % de la carga de enfermedad causada por agentes infecciosos en países de bajos ingresos, ya que las condiciones de pobreza (pocos ingresos, falta de servicios básicos, deficiencias en saneamiento básico) son factores condicionantes de la salud, que aumentan el riesgo de padecer enfermedades zoonóticas. La ausencia de programas de vigilancia de zoonosis

y la realización de seguimientos efectivos en humanos y animales, junto con limitaciones en red de laboratorios y red de diagnóstico, resulta en un subregistro y falta de alertas epidemiológicas, sin contar con que existe la posibilidad de no detectar a tiempo patógenos nuevos y reemergentes. Las enfermedades endémicas con mayor prevalencia en diferentes zonas del mundo generalmente son las que se les presta mayor atención y las que poseen políticas de seguimiento o notificación, ya sea por las altas tasas de morbilidad o mortalidad; sin embargo, a las enfermedades que no tienden a causar epidemias no se le presta atención, a pesar de que estas últimas tienen un gran impacto en la comunidad. El hombre, los animales y el medioambiente están interconectados de una manera compleja, diversificada, lo que significa que cualquier agente, infección o factor de resistencia que allí se origine se puede propagar en el medioambiente (7).

Con base en lo anterior, se han formulado procesos de priorización de zoonosis, lo cual permite a un país reevaluar periódicamente las enfermedades de importancia y la dirección de asignación de recursos, planes y programas. Las enfermedades que resulten de este ejercicio no son estáticas o inamovibles, al contrario, se deben revisar periódicamente para detectar nuevos agentes o comportamientos de estos, en especial aquellas enfermedades que pueden surgir en los diversos ecosistemas (8).

La aparición y reaparición (emergencia y reemergencia) de enfermedades infecciosas está íntimamente relacionada con la biología, ecología, hospederos, reservorios, ecosistema, medioambiente y vectores de los agentes infecciosos; por lo que una comprensión integral de esta dinámica arroja información sobre los procesos que conducen a la aparición o recurrencia de los agentes y la evaluación del riesgo de infección. Más allá de la necesidad

de una comprensión de los ciclos de vida de los patógenos, vías de transmisión (cadena epidemiológica) y transgresión de las barreras de las especies, se requiere más investigación en la dinámica de patógenos en hábitats naturales y el desarrollo de modelos de infección cercanos a sistemas naturales (9).

En la Figura 1 (9) se puede evidenciar la interrelación de diversos factores globales que intervienen en la ocurrencia de enfermedades infecciosas y no infecciosas.

Para el caso de zoonosis de origen silvestre, el concepto de Una Salud emplea el enfoque de gestión del riesgo, sistemas de vigilancia de enfermedades y trabajo colaborativo entre médicos veterinarios que se ocupan de animales salvajes, ecologistas y personal experto en salud pública, quienes examinan la biodiversidad de los ecosistemas, analizan los factores de riesgo del medioambiente y desarrollan modelos de infección natural, los cuales pueden predecir la presentación de estas enfermedades (10).

Un ejemplo de articulación e interdisciplinariedad del concepto Una Salud es lo reportado por Jansen (11), quien indica que en Alemania desde el 2009 se creó una plataforma de investigación y reporte de zoonosis con el concepto de Una Salud. Esta plataforma funciona como centro y red de servicios para investigadores alemanes que trabajan en el campo de las zoonosis. Este centro se gestó desde el 2006 cuando varios ministerios: agricultura, salud, educación e investigación firmaron un acuerdo en el cual el objetivo central era mejorar el diagnóstico y la prevención de las zoonosis, así como proteger la salud de humanos y animales y poder intercambiar conocimiento en los ámbitos nacional e internacional en estas enfermedades, además de articular otras ciencias relevantes aparte de la medicina humana y veterinaria.

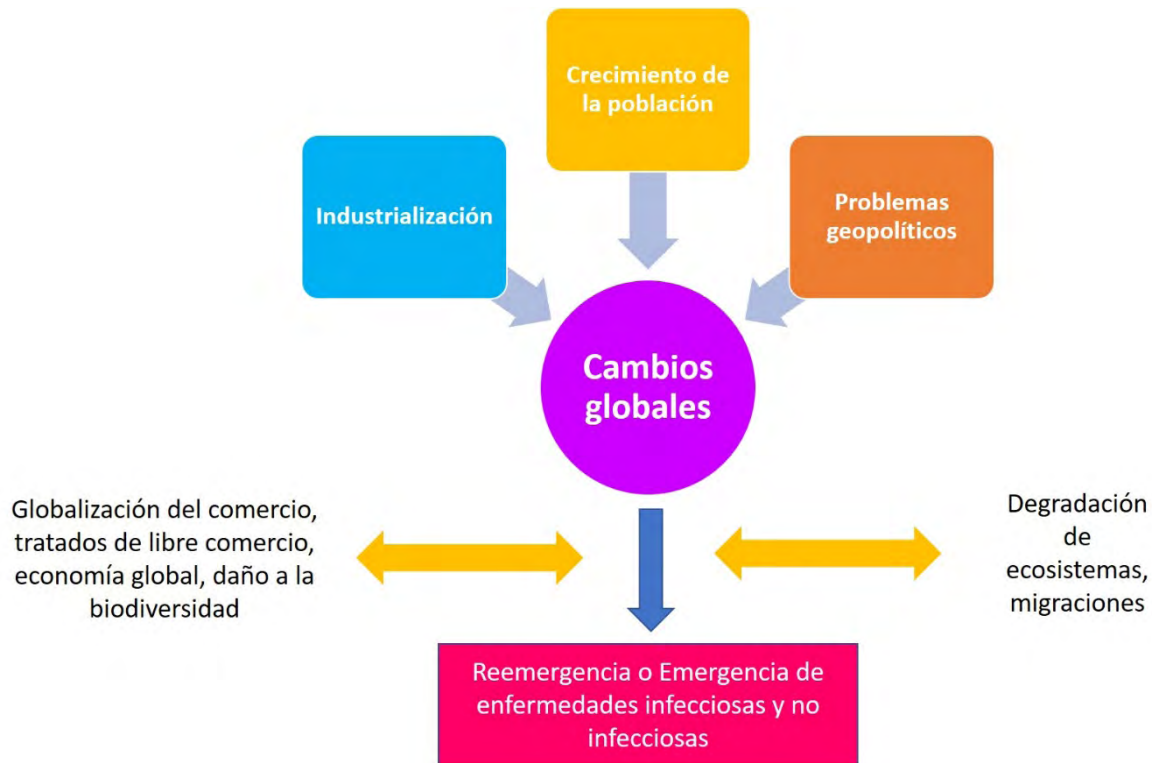


Figura 1. Cambios globales que favorecen la presentación de enfermedades.

Articulación de conceptos y salud pública veterinaria

Según la Universidad de Galileo (12), el concepto de salud pública veterinaria no fue espontáneo, es el resultado de un proceso y de las múltiples necesidades de salud y de desarrollo económico manifestados por los países. La salud pública veterinaria recoge las múltiples funciones de las ciencias de la medicina veterinaria para articularlas y plasmarlas en acciones que conduzcan a mejorar la salud pública y lograr un desarrollo social y económico de los países, lo que da como resultado que la salud pública veterinaria sea concebida como una disciplina con

un extenso ámbito de acción, que se desarrolla fundamentalmente en cinco temáticas:

- La promoción de la salud animal con miras al incremento de la producción y productividad.
- La protección de los alimentos para consumo humano, con el fin de garantizar inocuidad y calidad nutritiva.
- La vigilancia, prevención y el control de alimentos, zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y los animales.
- La promoción de la protección del medioambiente en relación con los riesgos potenciales para la salud pública

originados por la tenencia de animales productivos, de compañía, fauna nociva y animales sinantrópicos en las ciudades, la industrialización de la producción animal y la explotación de especies no tradicionales.

- e. El desarrollo de modelos biomédicos, promoviendo la conservación y reproducción de especies animales y su uso racional en el desarrollo de las ciencias biomédicas, bioterios, desarrollo de vacunas y biológicos.

Ya en cuanto a competencias y funciones específicas relacionadas con zoonosis, el concepto de salud pública veterinaria inmerso en One Health comprende: la prevención y el control de zoonosis; prevención y control de problemas de salud animal de importancia social y económica; investigación, detección temprana, prevención y control de enfermedades animales exóticas, zoonosis emergentes y amenazas biológicas; inspección de los animales vivos (*ante mortem*) y de sus canales (*post mortem*) en los frigoríficos reviste una importancia especial para la vigilancia de las enfermedades animales y las zoonosis; implementación de estrategias de información, educación y comunicación en zoonosis (IEC) y estrategias de gestión integral de zoonosis, en las cuales se priorizan ejes de intervención con diferentes enfoques (institucionales, políticos, socioculturales y ambientales) en los aspectos departamental, distrital y municipal, para contribuir en la reducción de la morbimortalidad, discapacidad y carga socioeconómica (13,14).

En lo internacional, el concepto de la salud pública veterinaria ya está migrando hacia “una sola salud”, tomando como base práctica el concepto de que casi el 75 % de las enfermedades infecciosas emergentes que afectan al hombre son zoonosis, lo que ha gestado una alianza de facto entre la OMS, FAO y OIE, haciendo plenamente vigente el concepto de Calvin Schwabe: “no

hay ninguna diferencia de paradigma entre la medicina humana y la medicina veterinaria. Ambas ciencias comparten un cuerpo común de conocimientos en anatomía, fisiología, patología, en los orígenes de las enfermedades en todas las especies”. Este concepto comenzó como “Una Medicina, Una Salud” e intenta promover, mejorar y defender la salud y el bienestar de toda la especie animal —humana o no— realizando la cooperación y la colaboración entre médicos, veterinarios y los demás profesionales y científicos de la salud, promoviendo el uso organizado de sus recursos en una sola dirección y con una administración adecuada para alcanzar estos objetivos. Básicamente, es el uso compartido de los recursos del sector de la salud pública veterinaria y humana en aras de la salud de ambas especies, involucrando el factor medioambiental. Una Salud tiene una función primordial en los sistemas de salud para lograr fortalecer los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la OMS. La investigación en los sistemas de salud sugiere incluir dimensiones sociales más amplias incluyendo una interacción más estrecha entre la salud humana y animal. Finalmente, hay un “principio de multicausalidad” que nos orienta a actuar sobre los factores específicos y los predisponentes para promover la salud. La profesión veterinaria debe ser consciente del redescubrimiento de esta nueva “piedra angular” que significa Una Salud (15).

Conclusiones

En la Facultad de Ciencias de la Salud - FACISA de la Universidad Galileo, de Guatemala, existe un compromiso con la formación integral de recursos humanos con el concepto global de Una Salud; para formar recursos humanos operativos, técnicos y profesionales que trabajen en la coordinación, planificación, ejecución y evaluación de las actividades enmarcadas en el campo de acción de Una Salud.

El abordaje intersectorial de la problemática en salud permite la gestión de programas urbanos, periurbanos y rurales que impulsan el desarrollo sostenible en la interfaz de las poblaciones humanas, animales y el ambiente.

En el XXV Congreso de la Asociación Mundial de Veterinaria celebrado en Costa Rica, en abril de 2019, se presentó el documento de la propuesta técnica científica “Modelo de Unidades de Salud Pública Veterinaria - USPV” para la vinculación intersectorial e interinstitucional (pública, privada, académica y de cooperantes), brindando, entre otros servicios, atención primaria, asistencia técnica, capacitación, promoción y saneamiento básico desde los niveles comunitario local, municipal y departamental, así como servicios veterinarios especializados en las explotaciones de traspatio, comunitarias y sistemas integrales de producción que permitan colaborar con el suministro de proteína animal de alto valor nutricional.

Esta articulación e inclusión de los servicios veterinarios como un bien público, permite generar la administración y ejecución de programas sanitarios para el control de enfermedades transmitidas por los alimentos, zoonosis emergentes y reemergentes que representan un peligro para la salud de los animales y el hombre, tomando de base las normas dictadas por la OIE y la OMS.

En Guatemala, de igual manera que en la mayoría de los países de Latinoamérica y el mundo, es imperativo fortalecer las instituciones con planes, programas y proyectos que aborden de manera integral las acciones de salud humana, sanidad animal y su interacción con la protección ambiental; por lo tanto, es importante formar y conformar equipos de trabajo, fortaleciendo el cambio hacia el nuevo paradigma mundial de Una Salud. La integración de equipos multidisciplinarios, transdisciplinarios e intersectoriales, con la participación de ambientalistas, abogados, biólogos, químicos, farmacéuticos, pedagogos, ingenieros, médicos y médicos veterinarios con otras profesiones afines, permitirá romper el abordaje tradicional por el enfoque de Una Salud hacia la economía sanitaria.

Por lo tanto, se propone desde la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Galileo, la iniciativa de adaptar en los países los “Modelos de Unidades de Salud Pública Veterinaria” cuyo propósito es la articulación y vinculación intersectorial con capacitación y formación académica, de asistencia técnica, con investigación aplicada e innovación en los servicios para la atención primaria, vigilancia epidemiológica, prevención y control de las enfermedades emergentes y reemergentes, las zoonosis, así como las enfermedades transmitidas por alimentos, con el concepto de “Una Salud”.

Referencias

1. Bidaisee S, Macpherson C. Zoonoses and One Health: a review of the literature. *Journal of Parasitology Research*. 2014;2014:1-8. <https://doi.org/10.1155/2014/874345>
2. Destoumieux-Garzón D, Mavingui P, Boetsch G, Boissier J, Darriet F, Duboz P, et al. The One Health concept: 10 years old and a long road ahead. *Front. Vet. Sci*. 2018;5(14):1-13. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00014>
3. Evans B, Leighton F. A history of One Health. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz*. 2014;33(2):413-420. <https://doi.org/10.20506/rst.33.2.2298>
4. Animals Health. Alianza tripartita para abordar las zoonosis como “Una sola salud”. 2019. Disponible en: <https://www.animalshealth.es/profesionales/alianza-tripartita-para-abordar-las-zoonosis-como-una-sola-salud>
5. One Health Initiative. The One Health umbrella. 2019. Disponible en: <https://onehealthinitiative.com/the-one-health-umbrella/>
6. Mantovani, A. Human and veterinary medicine: the priority for public health synergies. *Veterinaria Italiana*. 2008;4(4):577-582. Disponible en: https://www.izs.it/vet_italiana/2008/44_4/577.pdf
7. Asante J, Noreddin A, El Zowalaty ME. Systematic review of important bacterial zoonoses in Africa in the last decade in light of the ‘One Health’ concept. *Pathogens*. 2019;8(2):50. <https://doi.org/10.3390/pathogens8020050>
8. Sekamatte M, Krishnasamy V, Bulage L, Kihembo C, Nantima N, Monje F, et al. Multisectoral prioritization of zoonotic diseases in Uganda, 2017: A One Health perspective. *PloS One*. 2018;13(5):e0196799. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196799>
9. Destoumieux-Garzón D, Mavingui P, Boetsch G, Boissier J, Darriet F, Duboz P, et al. The One Health concept: 10 years old and a long road ahead. *Front. Vet. Sci*. 2018;5(14):1-13. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00014>


10. Bidaisee S, Macpherson CN. Zoonoses and One Health: a review of the literature. *J Parasitol Res.* 2014;(3):874345. <https://doi.org/10.1155/2014/874345>
11. Jansen F, Kley N, Semmler I, Groschup M, Ludwig S, Semler S. The German research platform for Zoonoses - One Health, one research community. *One Health.* 2016;2:155-156.
12. Universidad Galileo. Modelo de Unidad de Salud Pública Veterinaria. Facultad de Ciencias de la Salud. Maestría en Salud Pública Veterinaria. Guatemala: Universidad Galileo. 2016.
13. Universidad de Galileo. Programa Especial de Investigación en Salud Pública Veterinaria, PEI, SAPUVET. Escuela de Salud Pública Veterinaria. Facultad de Ciencias de la Salud. Guatemala: Universidad de Galileo. 2018.
14. Ministerio de Salud y Protección Social - MSPS. Modelo de la Estrategia de Gestión Integral de Zoonosis. Grupo Enfermedades Endemico-epidémicas. Colombia. 2018.
15. Estol L. La salud pública veterinaria, el bienestar animal y el concepto de Una Salud. En: Jaramillo C, Romero J, Campuzano V. *Salud Pública y Medicina Preventiva Veterinaria.* México: Trillas; 2017. 355-372.



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

www.ucundinamarca.edu.co

 Universidad
de cundinamarca

 ucundinamarcaoficial

 @ucundinamarca

 UCUNDINAMARCATV



Vigilada MinEducación