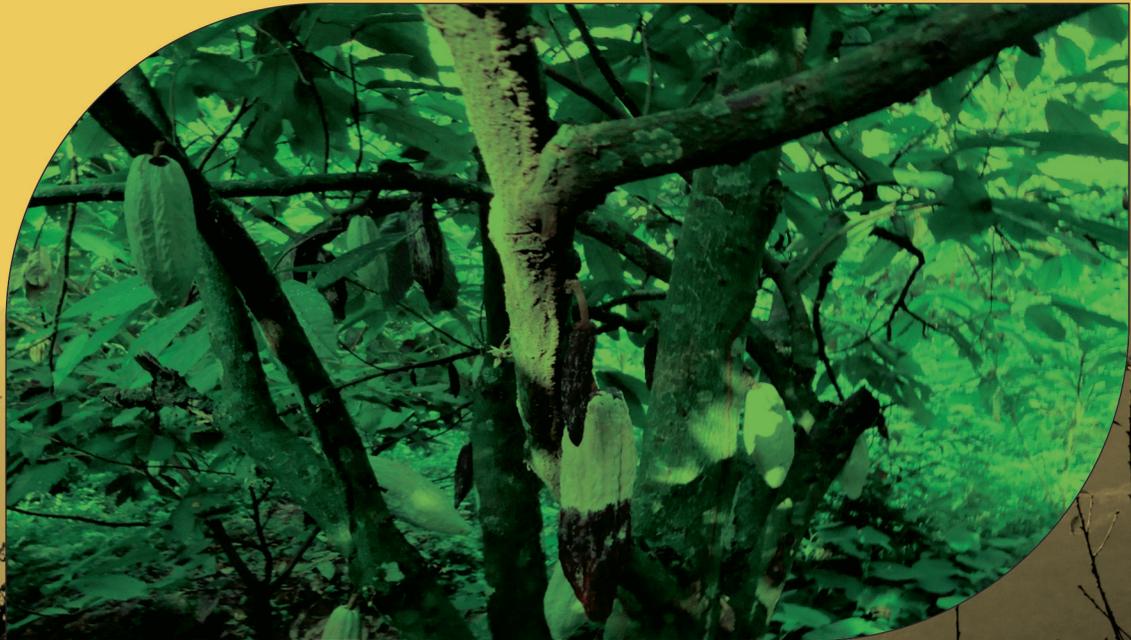


EXPERIENCIAS PARA LOGRAR LA SOBERANÍA ALIMENTARIA Y SUSTENTABILIDAD



Editores

Dr. Francisco Antonio Cigarroa Vázquez

M.C. William Esponda Hernández

Dra. Paula Mendoza Nazar



EXPERIENCIAS PARA LOGRAR
LA SOBERANÍA ALIMENTARIA Y
SUSTENTABILIDAD

UNACH, 2020

Experiencias para lograr la soberanía alimentaria y sustentabilidad

Editores:

Dr. Francisco Antonio Cigarroa Vázquez

M.C. William Esponda Hernández

Dra. Paula Mendoza Nazar



AGRADECIMIENTOS

El libro “Experiencias para lograr la soberanía alimentaria y sustentabilidad” es apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en el proyecto 310795 a través de la Convocatoria 2020 de apoyo para Congresos, Convenciones, Seminarios, Simposios, Exposiciones, Talleres y demás eventos relacionados con el fortalecimiento del sector CTI.

La Universidad Autónoma de Chiapas agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado a la realización de este proyecto.

Representante Legal.
Dr. Carlos F. Natarén Nandayapa

Responsable Técnico:
Dr. Francisco Antonio Cigarroa Vázquez

Responsable Administrativo:
Mtro. Luis Alfredo Valencia López

Experiencias para lograr la soberanía alimentaria y sustentabilidad

Universidad Autónoma de Chiapas, México.

D.R. Universidad Autónoma de Chiapas.

Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa. Carretera Chicoasén - Malpaso Km. 24.3, San Miguel El cocal, C.P. 29625, Copainalá, Chiapas.

Universidad Autónoma de Chiapas. Boulevard Belisario Domínguez, Kilómetro 1081, Sin Número, Terán Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29050.

ISBN Electrónico: 978-607-561-071-9

Edición y Diseño de portada: Francisco Antonio Cigarroa Vázquez

Formación Editorial: Paula Mendoza Nazar

Apoyo Editorial: William Esponda Hernández

La presente publicación, ha sido arbitrada bajo revisión por pares académicos especialistas en el área bajo la modalidad a doble ciego.

<http://www.escuelamezcalapa.unach.mx>

Esta obra está bajo una
licencia de
Creative Commons



Contenido

Presentación	9
Rendimiento y composición química de <i>U. Brizantha</i> , <i>C. Cajan</i> y <i>S. Bicolor</i> en un sistema integrado de producción. Chiapas, México.....	11
Hongos fitopatógenos asociados a la pudrición en frutos de Cacao <i>Theobroma cacao</i> l. del Soconusco, Chiapas	27
Evaluación de sustratos en la producción de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> l.)	47
Importancia del selenio en la producción de ovinos en México	62
Estimación de la frecuencia del polimorfismo del gen miostatina de ovinos de Raza Dorper	83
Mejoramiento genético de cultivares: un enfoque participativo ligado a la soberanía alimentaria	97
Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>) fermentado para el control de la podredumbre de la corona del banano (<i>Musa</i> sp) variedad “Gran enano”	115
Efecto del propionato de calcio en ovejas gestantes y su impacto en rumen de corderos	130
Dinámica de artrópodos en suelo con nutrición orgánica e inorgánica del cultivo de mangostán <i>Garcinia Mangostana</i> L.....	148
Evaluación de los microorganismos de montaña activados en la producción de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	173
Germinación y proteínas LEA’s en semillas de chile habanero con diferentes grados de madurez.....	191
Diagnóstico tecnológico y socioeconómico de las unidades de producción familiar en el municipio de Campeche.	207
Nematodos entomopatógenos sobre <i>Alphitobius diaperinus</i>	237
Microbiota fúngica en quesos artesanales de mercados abiertos en Saltillo, Coahuila...251	

Presentación

Actualmente se vive un fenómeno mundial de cambios y de reflexión sobre la alimentación y su importancia en la vida de las comunidades rurales y en la búsqueda del bienestar, mismo que constituye un elemento fundamental para su desarrollo económico y social, derivado de la sustentabilidad, en donde no solo el origen de prácticas para lograr la soberanía alimentaria y sustentabilidad radica en dar solución al hambre y la pobreza, si no también a incorporar otros actores y oportunidades para dar respuestas integrales a problemas globales de las generaciones futuras, por ello, la evidente crisis económica, ecológica y social así como el impacto del cambio climático producido por el sistema agroalimentario, requiere un análisis del contexto actual, así como también canalizar la fuerza de estos análisis para entender, concientizar y llevar a cabo los diseños e implementación de estrategias hacia el futuro, para mitigar la crisis.

La propuesta del libro “Experiencias para lograr la soberanía alimentaria y sustentabilidad” nace desde la perspectiva de profundizar algunas experiencias y casos de éxito para cumplir y alcanzar los objetivos de desarrollo mediante el estudio de las Ciencias Agronómicas y Veterinarias, en él se plasma diversos ejes temáticos que permiten analizar en las realidades para conformar una visión hacia las próximas décadas, a través de la participación y colaboración de estudiantes e investigadores.

A lo largo de la lectura de este libro se abordaran temas relevantes en el contexto de la soberanía alimentaria y sustentabilidad y relacionados principalmente a la complejidad de los sistemas de producción tanto animales como vegetales, además del uso de la biotecnología como herramienta importante de los investigadores para dar respuestas a interrogantes en los propios sistemas de baja escala.

Finalmente, el resultado de la obra converge en la capacidad de la labor de la investigación, por lo tanto repercute en el fortalecimiento de la colaboración académica de distintas instituciones de otros países y estimula el trabajo interinstitucional, mismo que llevará a enfrentar los retos y desafíos para lograr la soberanía alimentaria y sustentabilidad, desde una nueva perspectiva con propuesta y acciones.

Dr. Francisco Antonio Cigarroa Vázquez
Profesor Investigador



Rendimiento y composición química de *U. Brizantha*, *C. Cajan* y *S. Bicolor* en un sistema integrado de producción en Chiapas, México

Pérez Luna Esaú

Espinosa Villafuerte Sergio Giovanni

León Velasco Humberto

Mendoza Nazar Paula

Ruíz Sesma Benigno

Solís Guillén Oscar Epinay

Espinosa Gumeta Sandro Alexis

Rendimiento y composición química de *U. Brizantha*, *C. Cajan* y *S. Bicolor* en un sistema integrado de producción en Chiapas, México

Pérez Luna Esaú, Espinosa Villafuerte Sergio Giovanni, León Velasco Humberto, Mendoza Nazar Paula, Ruíz Sesma Benigno, Solís Guillén Oscar Epinay y Espinosa Gumeta Sandro Alexis

Resumen

El objetivo fue evaluar el rendimiento y la composición química de *U. Brizantha* cv PIATÁ, *C. cajan* cv CAQUI y *S. bicolor* L. Moench cv RB CAÑERO establecidos en un Sistema Integrado de Producción Agropecuaria (SIPA). Las variables de producción de materia verde (PMV), producción de materia seca (PMS), proteína cruda (PC), materia orgánica (MO), fibra detergente neutro (FDN) y nutrientes digestibles totales (NDT) fueron analizadas mediante un diseño experimental en bloques al azar con cuatro tratamientos [T1 (Pasto Piatá), T2 (Guandú), T3 (Sorgo+Guandú) y T4 (Sorgo+Guandú+Piatá)] y cuatro repeticiones por tratamiento. Se observó que existieron diferencias ($P < 0.05$) para las variables PMV y PMS entre los tratamientos evaluados y los mejores fueron T3 y T4. El contenido de PC, MO y FDN fluctuó entre los tratamientos, de 8.46 a 14.62, 90.65 a 96.19 y 64.04 a 66.76%, respectivamente. Se concluye que los tratamientos Sorgo+Guandú y Sorgo+Guandú+Piatá como modelos de SIPA, son de buen potencial en la alimentación de rumiantes por su alta producción de forrajes y con características nutricionales aceptables en la alimentación de los rumiantes.

Palabras clave: Rendimiento, composición química, biomasa, SIPA.

Performance and Chemical Composition of *U. Brizantha*, *C. Cajan* and *S. Bicolor* L. Moench in an Integrated Crop-Livestock System

Abstract

Study conducted to know the performance and chemical composition of *U. Brizantha* cv BRS PIATÁ, *C. cajan* cv CAQUI and *S. bicolor* L. Moench cv RB CAÑERO established in an Integrated Crop-Livestock System (ICLS). The variables of green matter production (GM), dry matter production (DM), crude protein (CP), organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF) and total digestible nutrients (TDN) were analyzed using a randomized blocks experimental design with four treatments [T1 (BRS Piatá grass), T2 (PigeonPea), T3 (Sorghum + Pigeonpea) and T4 (Sorghum + PigeonPea + BRS Piatá grass)] and four repetitions per treatment. It was observed that there were differences ($P < 0.05$) for the variables GM and DM among the evaluated treatments and the best treatments were T3 and T4. The content of CP, OM and NDF fluctuated among treatments, from 8.46 to 14.62, 90.65 to 96.19 and 64.04 to 66.76%, respectively. It is concluded that the Sorghum + PigeonPea and Sorghum + PigeonPea + Piatá grass treatments as models of ICLS, have good potential in the feeding of ruminants due to their high production of forages with acceptable nutritional characteristics in the feeding of ruminants.

Keywords: Chemical composition, biomass, performance, Integrated Crop-Livestock System.

Introducción

Los sistemas más practicados y difundidos en las regiones tropicales de México; es la producción de bovinos con un doble propósito (BDP) que pastorean regiones extensas de superficies de praderas con gramíneas nativas o introducidas (Ku *et al.*, 199). No obstante, en el trópico la calidad nutritiva de los forrajes muestra una baja concentración de proteína cruda, alta concentración de carbohidratos ligados a lignina y una baja digestibilidad (Piñeiro *et al.*, 2017). Además, la producción de biomasa es limitada por las condiciones climáticas. En particular durante el periodo de sequía (entre noviembre a mayo) del año, lo que repercute en la estacionalidad de la producción de leche y carne. Una de las estrategias que se han utilizado en los últimos años son los Sistemas Integrados de Producción Agropecuario (SIPA) que integran las actividades agrícolas, ganaderas y forestales en un área determinada con un enfoque de consorcio, rotación o relevo. Los SIPA mantiene un sinergismo entre la adecuación ambiental, valorización del hombre en el campo y viabilidad económica (Balbino *et al.*, 2011). Es en este contexto, los SIPA pueden mejorar la producción de biomasa, composición química nutricional, adicionalmente, mejorar las condiciones del suelo, planta animal. No obstante, en el sur de México, específicamente en Chiapas, cuenta con las características edafoclimáticas para el establecimiento y uso de esta estrategia que permitirá mejorar la producción de bovinos. Sin embargo, se ha generado escasa información sobre el efecto de las asociaciones de los forrajes tropicales que han sido recientemente integrados en los sistemas de alimentación de rumiantes bajo la estrategia de los SIPA. El objetivo fue evaluar el rendimiento y la composición química de *U. Brizantha* cv PIATÁ, *C. cajan* cv CAQUI y *S. bicolor* L. Moench cv RB CAÑERO establecidos en un Sistema Integrado de Producción Agropecuaria (SIPA).

Contexto teórico

Los sistemas de integración de producción agropecuaria (*ILPF*, siglas en portugués; SIPA, siglas en español) son estrategias de producción sustentables que integran actividades agrícolas, ganaderas y forestales, realizadas en la misma área, ya sea en cultivos consorciados, de sucesión o rotación, buscando efectos sinérgicos entre los componentes del agroecosistema, contemplando la adecuación ambiental, la valorización del hombre y viabilidad económica (Balbino *et al.*, 2011; Kichel *et al.*, 2011).

Los sistemas de integración de producción agropecuaria pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

- 1. Integración Cultivo-Ganadera (ICG):** Integra el componente agrícola y ganadero en rotación, consorcio o relevo, en la misma área, en períodos de uso secuencial o intercalados.
- 2. Integración Ganadera-Forestal (IGF) o Silvopastoril:** Integra el componente ganadero (pastoreo y animal) y forestal, en consorcio. Sistema más enfocado para áreas con restricción de implantación de cultivos, incluyendo sólo los componentes forestales y pecuarios en la misma área.
- 3. Integración Cultivo-Forestal (ICF):** Integra el componente forestal y agrícola por el consorcio de especies arbóreas con cultivos agrícolas anuales o perennes. Los cultivos agrícolas proporcionan retornos económicos antes de la cosecha de los árboles, anticipando los ingresos.
- 4. Integración Cultivo-Ganadera-Forestal (ICGF):** integra los componentes agrícola y ganadero en rotación, consorcio o sucesión, entre los rendimientos del componente forestal, todos en la misma área.

De estos cuatro grandes grupos, el que se tiene más interés por investigar es la Integración Cultivo-Ganadero, este por ser un sistema de integración, facilitado por la flexibilidad de la producción animal, de forraje conservado o de granos, mejoría del suelo, captura de carbono y servicios ecosistémicos.

Con esta visión la estrategia de establecer cultivos asociados para obtener mayor biomasa forrajera, alta calidad nutricional, recuperar o renovar áreas degradadas, se piensa en formar un triple consorcio, teniendo en buenas perspectivas al sorgo por ser un cultivo eficiente en el aprovechamiento del agua y la palatabilidad para la alimentación de bovinos y ovinos, el pasto piatá por poseer la característica de ser medianamente tolerante a la sequía y que se desarrolla muy en asociación con el sorgo y la inserción de una leguminosa que incrementa en contenido proteico siendo el guandú una leguminosa altamente promisoría para la alimentación de animales por su palatabilidad, crecimiento erecto y con una alta sobrevivencia a la asociación con gramíneas forrajeras con esto. Estos trabajos de consorcios forrajeros que tienen una actividad promisoría para la ganadería tropical, en México no existen muchos trabajos analizando los efectos de esta sinergia entre un cultivo de interés energético y dos forrajeras tropicales. Con esto el objetivo de este trabajo es la de analizar el rendimiento y composición química de la integración *Sorgo+Guandú+Piatá*.

Contenido

Sitio experimental.

La presente investigación se desarrolló en el Rancho “Loma bonita” ubicado en el Ejido Benito Juárez, municipio de Villaflores, Chiapas, México; situado entre los 16° 25’ de latitud norte y 93° 19’ de longitud oeste, con altitud de 585 msnm (INEGI, 2011).

Procedimiento experimental.

La siembra se realizó de forma directa a una profundidad de 2.5 cm por medio de una sembradora de precisión, depositando una semilla por punto a cada 4 cm en el caso del Sorgo y a 14 cm en el Guandú, utilizando una distancia entre hileras de 50 cm. Para el pasto Piatá, se empleó una cantidad de semilla de 1 g/m² (10 kg por ha) y fue establecido 20 días después de la emergencia del sorgo. Estos sistemas se realizaron bajo condiciones de temporal. El control de malezas se llevó a cabo de forma manual plagas y se aplicó “Cipermetrina” a una dosis de 1.5 l ha⁻¹ para enfermedades y plagas. Las áreas de los cultivos fueron fertilizadas con 150 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de P y 30 kg ha⁻¹ de K, los cuales el total de P y K fue en el momento de la siembra y en el caso de N fue en cobertura, fraccionado dos veces.

Diseño y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, los tratamientos fueron: *Brachiaria brizantha* cv Piatá (T1), *Cajanus cajan* cv Caqui (T2), *Sorghum bicolor* L. Moench cv RB Cañero + *Cajanus cajan* cv Caqui (T3) y *Sorghum bicolor* L. Moench cv RB Cañero + *Cajanus cajan* cv Caqui + *Brachiaria brizantha* cv Piatá (T4). Las medias de los tratamientos se compararon mediante comparaciones múltiples de Tukey, se consideraron significativamente diferentes cuando P<0.05. Los datos obtenidos se analizaron por medio del programa SAS en su aplicación PROC GLM (SAS, 2003) para determinar la significancia de las variables, materia verde y seca.

VARIABLES EVALUADAS.

a) Producción de materia verde, b) Producción de materia seca. c) Contenido de proteína cruda, d) Materia orgánica, e) Fibra detergente neutra. f) Nutrientes digestibles totales (NDT) la determinación fue estimada por la ecuación de Cappelle *et al.* (2001), para forraje verde: $NDT = 83,79 - 0,4171FDN$ ($r^2=0,82$).

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 muestra la producción de materia verde y seca; donde se observó que existieron diferencias ($P < 0.05$) para las variables PMV y PMS entre los tratamientos evaluados, siendo los tratamientos 3 y 4 los que presentaron una mayor producción, lo que demuestra que existe un efecto sinérgico en la asociación de Guandú con Sorgo y Piatá al incrementar la producción de biomasa.

Al respecto, los resultados demuestran una productividad razonable tanto en materia verde como en materia seca, tomando en cuenta que los cultivos fueron establecidos a finales de la época de lluvias, lo cual pudo haber influido en el buen desarrollo de los cultivos evaluados.

Al respecto, Adbelhadj (2013) en un trabajo realizado en el estado de Sonora con Sorgo RB Cañero, demostró tener una productividad de materia verde de 62.9 t ha^{-1} , valor superior a lo que se encontró en el presente trabajo, por lo dicho en anterioridad, es probable que la baja productividad de materia verde que se obtuvieron en el presente estudio, se debió a que los cultivos fueron establecidos a finales de la temporada de lluvia y a la poca disponibilidad de agua en la región de estudio, lo cual provocó un efecto negativo en el desarrollo del cultivo y por ende en la producción.

El cultivo de sorgo consorciado puede establecerse de manera simultánea junto a otras especies forrajeras; sin embargo, Horvathy Neto *et al.* (2012) encontró reducción en el rendimiento de granos de sorgo cuando se cultiva en consorcio con *Brachiaria*. De acuerdo a los estudios realizados, se dice que el sorgo en consorcio, tiende a bajar su rendimiento hasta un 50%.

Según, Kay (1979) en un trabajo realizado en la India, reportan un menor rendimiento de biomasa del cultivo de Guandú (1.68 a 2.02 t ha^{-1}), en comparación con los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo (5.85 t ha^{-1}) establecido en un sistema de monocultivo, pese a ello, la producción de materia verde en el presente estudio se vio en aumento al asociarse con el cultivo de sorgo (17.77 t ha^{-1}).

Por otro lado, Padilla *et al.* (2003) en un trabajo realizado en Cuba en el cultivo de Guandú, encontraron una producción de biomasa de 16.12 t ha^{-1} cortado al momento de la floración, 13.2 t ha^{-1} a los 120 días de edad y 5.69 a los 90 días de edad, si bien la producción de material verde encontrado en el presente estudio se encuentra por debajo de los resultados

que reportan estos autores, esta variación puede deberse a los diferentes arreglos topológicos empleados en cada estudio, para el trabajo de Padilla *et al.*, (2003) la siembra fue de 0.5 m entre surcos y a chorrillo por filas, a razón de 33 kg/ha de semilla logrando obtener un mayor número de plantas por hectárea, y para el presente estudio se utilizó una distancia de 50 cm entre surcos y de 14 cm entre plantas.

El cultivo de Guandú tiende a expresar otro comportamiento al asociarse con otro cultivo, Villafuerte (2016), obtuvo una producción de biomasa de maíz consorciado con Guandú de 40 t ha⁻¹ de materia verde.

Cuadro 1. Producción de materia verde y seca *S. bicolor*, *C. cajan* y *U. brizantha*.

Tratamiento*	PMV		PMS	
	g/m ²	t/ha ⁻¹	g/m ²	t/ha ⁻¹
T1	395.0b	3.95b	178.8b	1.79b
T2	585.0b	5.85b	231.9b	2.32b
T3	1777.5a	17.77a	629.2a	6.30a
T4	1607.5a	16.07a	600.0a	6.00a
Promedio	1091.3	10.91	409.97	4.09

*T1= *U. Brizantha*, T2: *C. cajan*, T3= *S. bicolor*+*C. cajan*, T4= *S. bicolor*+*C. cajan*+*U. Brizantha*.

De acuerdo con la información presentada en el cuadro 1, se muestra que la producción de MS expresada en g/m² y t ha⁻¹ de cada uno de los tratamientos, existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos que fueron evaluados (P<0.05). Mostrando una mayor producción de MS en los tratamientos 3 y 4.

Es muy probable que el pasto Piatá no haya mostrado su máximo potencial debido a la poca precipitación pluvial presentada en los meses en que se estableció el cultivo, De acuerdo con Pratt y Pérez (2014) el pasto Piatá se pueden obtener hasta 2.298 t ha⁻¹ de MS, tomando en consideración ciertos aspectos, como el manejo del cultivo o la zona en que se establece el cultivo.

Aponte (1985) menciona que en el cultivo de sorgo, se pueden llegar a obtener hasta 7.5 t ha⁻¹ de MS. Estudios realizados por Cosentino *et al.* (2012) han mostrado que la falta de humedad durante el ciclo del cultivo del sorgo dulce, afecta de manera importante su rendimiento de MS.

En este sentido, Sawargaonkar *et al.* (2013) observaron una reducción de 20 a 45 % en la tasa de transpiración por efecto de la sequía, lo que se tradujo en una menor eficiencia en el uso del agua y en una menor producción de biomasa.

Según Skerman *et al.* (1991) en un estudio realizado con Guandú reportan una producción de 1.40 t ha⁻¹ de MS. En el presente estudio se tuvo una mayor producción (2.32 t ha⁻¹). Por otra parte, Saladín (1990) y Bernal (1991) afirman que no es necesario aplicar grandes cantidades de fertilizantes al cultivo de Guandú, debido a que la raíz le permite extraer agua y nutrientes de los horizontes inferiores del suelo.

El contenido de PC en los tratamientos evaluados fluctuó de 8.46 a 14.62%, respectivamente. Los tratamientos con alto contenido de PC fueron el T2 y T4 (Cuadro 2). El incremento de PC podría ser debido a que las leguminosas son una fuente importante de nitrógeno dado que poseen una amplia gama de aminoácidos esenciales que las hacen superiores a las gramíneas.

Al respecto Lascano y Ávila (1991), mencionan que las leguminosas son una fuente importante de proteínas de buena calidad, dado que poseen una amplia gama de aminoácidos esenciales que las hacen superiores a las gramíneas, estas plantas contienen altos contenidos de proteína de las cuales varían del 14 al 28 %. Datos que coincide con los resultados encontrados en el presente estudio con 14.62% de PC en el cultivo de Guandú.

Sin embargo, CIAT (2009) menciona que los pastos del género *Brachiaria* presentan contenidos de proteína entre 7 a 14 %, lo que coincide con los resultados encontrados en el presente trabajo (8.46%). Es por ello, que el contenido de PC obtuvo un valor más alto en el cultivo de Guandú, para los tratamientos 3 y 4. Sin embargo, al ser consorciado con el sorgo, su contenido de PC se vio afectado.

Cuadro 2. Composición química (%) de *S. bicolor*, *C. cajan* y *U. Brizantha*.

Tratamiento*	PC	MO	FDN	NDT
T1	8.46	90.65	66.13	56.20
T2	14.62	95.35	66.76	55.94
T3	9.65	96.19	64.04	57.07
T4	10.46	96.02	64.13	57.04
Promedio	10.79	94.55	65.26	56.56

*T1= *U. Brizantha*, T2: *C. cajan*, T3= *S. bicolor*+*C. cajan*, T4= *S. bicolor*+*C. cajan*+*U. Brizantha*.

Con relación al contenido de MO (cuadro 2) se pudo observar que este parámetro fue mayor para los tratamientos 3 y 4, al respecto Orozco *et al.* (2012) indica que el contenido promedio de MO en el caso de las Brachiarias es de 88.5% durante la temporada de estiaje y en época de lluvia promedia en 89.8 %, datos que coinciden con los resultados encontrados en el presente trabajo. Por otra parte, Dattari (2005) menciona que el promedio de MO de las leguminosas oscila en 87.5 %, en el presente trabajo se encontraron valores mayores (90.65%). Sin embargo, el valor más alto de MO fue el sorgo consorciado con Guandú.

Se presentó una mayor concentración de FDN en los tratamientos 1 y 2, lo que demuestra un mayor aporte de paredes celulares por la gramínea forrajera y de la leguminosa. Por último, los valores de NDT fueron superiores en los tratamientos T3 y T4, esto es seguramente por el valor energético proporcionado por los granos del sorgo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presenta trabajo de investigación, muestran un alto potencial para que los cultivos consorciados puedan ser utilizados en la alimentación de los rumiantes en el trópico, se señala a las asociaciones de Sorgo+Guandú y Sorgo+Guandú+Piatá con un alto potencial de utilización en la nutrición de rumiantes por su mayor producción de biomasa verde y seca que presentan, por su concentración de proteína cruda, así como de su aporte de nutrientes digestibles totales.

La asociación de Sorgo con Guandú, mostró una mayor producción de materia verde y seca (17.8 y 6.3 t/ha-1, respectivamente).

El Guandú tuvo un mayor contenido de PC (14.7%), el nitrógeno aportado por esta leguminosa, permite aseverar que su incorporación en suelos de uso ganadero, puede ser una opción práctica y económica para mejorar y/o recuperar la fertilidad del mismo, además de ser una importante fuente de nitrógeno complementario para la alimentación de los rumiantes.

Con los resultados obtenidos en el presente trabajo se demuestra que es factible recomendar y difundir a los productores ganaderos Los Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria (SIPA), dado que este tipo de arreglos permite, además de incrementar la producción de MS, mejorar su valor nutritivo y que seguramente se verá reflejado en una mayor producción de proteína de origen animal (carne y leche).

Referencias

- Abdelhadi. L. (2013). El sorgo como forraje, ensilaje y grano para una ganadería cada vez más exigente. Obtenido el 29 de octubre del 2018, desde <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/sorgo-como-forraje-silaje-t30477.htm>
- Aponte, A. (1995). Producción de grano y semilla de quinchoncho. (Ed.) Maracay: FONAIAP. Universidad del Zulia, Sistema de Servicios Bibliotecarios de Información. Maracay, Venezuela. Serie C (40) 64.
- Balbino, L. C., Barcellos, A. O., Stone, L. F. (2011). Marco referencial: integração lavoura pecuária floresta (eds.) (p 132). Embrapa, Brasília, D.F
- Cappelle, E. R., Valadares-Filho, S. de C., Silva, J. F. C. da y Cecon, P.R. (2001). Estimativas do Valor Energético a partir de Características Químicas e Bromatológicas dos Alimentos. *Rev Bras Zootec*, 30(6), 1837–1856. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000700022>
- Constantino G, A, B, G García, Molina y L, A, Méndez, Suárez. (1988). Descripción botánica. En. Memoria profesional. El cultivo del sorgo y su aprovechamiento en el estado de Tabasco. Editor Geronimo C, C. Villaocuiltzapotlan centro, Tabasco diciembre 1988. S.E.P. S.E.I.T. D.G.E.T.A. pp.33-56.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2009). Adaptabilidad del fréjol arbustivo. p. 243.
- Dattari. (2005). Investigando la capacidad del sorgo para combatir malezas; alelopatía. <http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/may05/sorghum0505.htm>. En línea agosto de 2018.
- Horvathy Neto, A.; Silva, AG; Tejera, Ir; Simon, Ga; Asis, Rl; Rocha. (2012). Consorcio sorgo y braquial para producción de granos y biomasa en la producción temporada baja. *Diario de Ciencias Agrícolas*, v. 7, suplemento, p. 743-749,
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e informática. (2011). Cuaderno estadístico municipal, Villaflores, Chiapas, México, Instituto Nacional de Estadística Geográfica e informática. Edit. INEGI. P. 24 - 30.
- Lascano, C. E. y P. Avila. (1991). Potencial de producción de leche en pasturas solas y aso-

- ciadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Pasturas Tropicales* 13(3):2-10.
- Kay, E.D. (1979). *Legumbres alimenticias*. Zaragoza, España. Editorial Acriba. S.A. 328-331 pp.
- Ku, V.J.C., Ramírez, A. L., Jiménez, F. G., Alayón, G. J. A. y Ramírez, C. L. (1999). Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Mérida Yucatán: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 345
- Kichel, A.N., Almeida, R.G. y Costa, J.A. A. (2011). Pecuária sustentável com base na produção e manejo de forragem. In: *Congresso Sobre Manejo e Nutrição de Bovinos*, 10., Campo Grande, MS. Anais., CBNA. (p 40-51).
- Orozco AJ, Angulo LM, Pérez AP, Liodoro JH. 2012. Aspectos fisiológicos y bromatológicos de *Brachiaria humidicola*. *Rev CES Med Vet Zootec*; Vol 7(1): 87-98
- Padilla, A.J., Hernández, V.B., Morales, M.A., Ávila, C.E, Payan, O.S. y Camarillo, P.M. (2011). Genotipos de sorgo dulce potenciales para producción de etanol en el valle de Mexicali. *Agascalientes: Investigación y Ciencia*, volumen 52.
- Pratt J, y Pérez, M. (2014). Análisis de Sostenibilidad de la Industria de Ganadería en Nicaragua. Consultado. 20 agosto 2018. Disponible en http://www.google.com.ni/search?hl=es&q=FACTORES*ECONOMICOS*AFECTAL*
- Piñeiro-Vázquez AT, Jiménez-Ferrer G, Chay-Canul AJ, Casanova-Lugo F, DíazEcheverría VF, Ayala-Burgos A, (2017). Intake, digestibility, nitrogen balance and energy utilization in heifers fed low-quality forage and *Leucaena leucocephala*. *Anim Feed Sci Technol*. Vol. 228, 194-201. doi.org/10.1016/j.anifeedsci. 2017.04.009.
- Saladín, F. (1990). Cultivo de Guandú. Fundación Desarrollo Agropecuario, INC. Boletín técnico 003. Santo Domingo, República Dominicana.
- Sawargaonkar, G.L., Patil, M.D., Wani, S.P., Pavani, E., Reddy, B.V.S.R., Marimuthu, S. (2013). Respuesta al nitrógeno y eficiencia en el uso del agua de cultivares de sorgo dulce. *Investigación de cultivos de campo* 149 (1): 245-251.
- Skerman P.J. Cameron, D.G. Riveros, F. (1991). *Leguminosas Forrajeras Tropicales*. Colección FAO: Producción y protección vegetal. Roma. 580-583 pp.

Rendimiento y composición química de *U. Brizantha*, *C. Cajan* y *S. Bicolor* en un sistema integrado de producción en Chiapas, México

Villafuerte. S.G.E. (2016). Sistemas de terminación de corderos del grupo genético pantanos (disertación de la maestría). universidad Federal de Goias, Escola de Veterinaria y Zootecnia. p. 82.

Semblanza de Autores

Esau de Jesús Pérez Luna

Ingeniero Agrónomo Zootecnista, por la Universidad Autónoma de Chiapas. Maestro en Ciencias en Producción Animal Tropical por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y Doctor en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Autónoma de Yucatán. Especialista en el área de Nutrición de Rumiantes. Profesor investigador de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UNACH desde 1991 a la fecha, realizando actividades de Docencia, Investigación, Extensión y Vinculación. Director de al menos 70 tesis de Licenciatura y ocho de Maestría para la formación de recursos humanos en el área agropecuaria. Responsable técnico de al menos quince proyectos de investigación y transferencia tecnológica, lo que me ha permitido contribuir de cierta manera a la solución de la problemática de la ganadería en Chiapas. Miembro de la Red Temática CONACYT “Sistemas Agroforestales de México”. Las investigaciones realizadas bajo mi autoría han sido presentadas en congresos nacionales e internacionales. Además de publicar al menos 20 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales. Autor de dos libros y 16 capítulos de libro. Autor para correspondencia: eperezl@unach.mx

Sergio Giovanni Espinosa Villafuerte

Ingeniero Zootecnista Administrador por el IESCH y Master en Zootecnia por la Universidad Federal de Goiás, Brasil y EMBRAPA Bovinos Carne, Mato Grosso do Sul, Brasil. Área de Investigación y Consultoría en Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria, con énfasis en Pastos y Forrajes y su conservación, Análisis Económico Agropecuario, Miembro de REDGATRO-CONACYT, colaborador con EMBRAPA, UFG, UEG y la UNACH.

Humberto León Velasco

Ingeniero Agrónomo Fitotecnista por la Universidad Autónoma de Chiapas. Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias en Genética por el Colegio de Posgraduados. Profesor de tiempo completo de la UNACH, adscrito a la Facultad de Ciencias Agronómicas. Responsable técnico de diversos proyectos de investigación.

Paula Mendoza Nazar

Bióloga, por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Maestra en Producción Animal Tropical con opción en Nutrición Animal, por la Universidad Autónoma de Yucatán, y Doctora en Ciencias en Ganadería por el Colegio de Postgraduados. Profesora investigadora de Tiempo Completo, adscrita a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas, desde el año 2001 a la fecha. Realizando actividades de Docencia, Investigación, Extensión y Vinculación. Directora de al menos 30 tesis de Licenciatura y siete de Maestría para la formación de recursos humanos en el área agropecuaria y con publicaciones de artículos científicos en revistas nacionales e internacionales.

Benigno Ruíz Sesma

Ingeniero Agrónomo Zootecnista, por la Universidad Autónoma de Chiapas, Maestro en Producción Animal Tropical con opción en Nutrición Animal, por la Universidad Autónoma de Yucatán, y Doctor en Ciencias en Ganadería por el Colegio de Postgraduados. Profesor investigador de Tiempo Completo, adscrito a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas, desde el año 1998 a la fecha. Realizando actividades de Docencia, Investigación, Extensión y Vinculación. Director de al menos 40 tesis de Licenciatura y cinco de Maestría para la formación de recursos humanos en el área agropecuaria y con publicaciones de artículos científicos en revistas nacionales e internacionales. Líder del Cuerpo Académico Producción Animal Tropical Sostenible, reconocido en PRODEP en nivel En consolidación.

Oscar Epinay Solís Guillén

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma de Chiapas

Sandro Alexis Espinosa Gumeta

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma de Chiapas



**Hongos fitopatógenos asociados a la pudrición en frutos de cacao *Theobroma cacao L.*
del Soconusco, Chiapas**

Aidé González Ruiz y Agustín Hernández Juárez

Hongos fitopatógenos asociados a la pudrición en frutos de cacao *Theobroma cacao* L. del Soconusco, Chiapas

Aideé González-Ruiz y Agustín Hernández-Juárez

Resumen

El cultivo de cacao *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) se concentra principalmente en Tabasco y Chiapas. De los problemas más importantes para la producción, se destaca el desarrollo de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, principalmente por dos especies, *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* (Agaricales: Marasmiaceae). El Estado de Chiapas ocupa el sexto lugar en superficie cultivada, particularmente con cacao criollo, con alta susceptibilidad a enfermedades. Se evaluó la incidencia y severidad de pudrición en frutos infectados de cacao criollo-trinitario, durante dos años (2014, 2015), en dos parcelas con manejo cultural y se identificaron los hongos asociados a la pudrición. El porcentaje de frutos afectados y el grado de severidad de la enfermedad fueron mayores durante el 2014, con una incidencia de 54.6 y 65.4% y una severidad de 3.46 y 3.01 en la escala sintomatológica. Para 2015, la incidencia fue menor, 27.6 y 25.2% y una severidad de 1.13 y 0.96 en la escala sintomatológica, diferencia influenciada por la precipitación, la cual fue mayor durante el primer año. Se aislaron los hongos *Aspergillus* sp., *Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Lasiodiplodia* sp., *Penicillium* sp., *Verticillium* sp. Se destaca la ausencia de los fitopatógenos importantes en el cultivo de cacao.

Palabras clave: Fitopatógenos, hongos, pudrición de mazorca

Phytopathogenic fungi associated with rot in cocoa fruits *Theobroma cacao* L. del Soconusco, Chiapas

Abstract

The cocoa crop *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) is mainly concentrated in Tabasco and Chiapas. Of the most important problems for production, the development of diseases caused by phytopathogenic fungi, mainly two species, *Moniliophthora roreri* and *Moniliophthora perniciosa* (Agaricales: Marasmiaceae). Chiapas State occupies the sixth place in cultivated area, particularly with criollo cocoa, with high susceptibility to diseases. The incidence and severity of rot in infected fruits in criollo-trinitario cocoa were evaluated for two years (2014, 2015), in two plots with cultural management and the fungi associated with rot were identified. The percentage of affected fruits and the severity degree of disease were higher during 2014, with an incidence of 54.6 and 65.4% and a severity of 3.46 and 3.01 in the symptomatological scale. For 2015, the incidence was lower, 27.6 and 25.2% and a severity of 1.13 and 0.96 on the symptomatological scale, this difference was influenced by precipitation, which was greater during the first year. The fungi *Aspergillus* sp., *Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Lasiodiplodia* sp., *Penicillium* sp. and *Verticillium* sp., were isolated. The absence of important phytopathogens in cocoa crop is highlighted.

Keywords: Phytopathogens, fungi, cocoa pod rot of.

Introducción

El cacao *Theobroma cacao* L. (Malvales: Malvaceae) proviene de *Theobroma*; vocablo que significa “alimento o bebida de los dioses”, sin embargo, la palabra cacao deriva del maya cacau; cac que significa rojo y cau que significa fuerza y fuego. Los mayas, dieron a conocer el cacao al pueblo azteca, el cual a su vez adopto su cultivo y empezó a consumirlo en forma de bebida hecha con cacao molido, agua y miel; a la que se le llamo xocolatl, que significa en náhuatl “agua espumosa” (Avenidaño *et al.*, 2011).

El cacao en México se encuentra sembrado en una superficie de 59,521.46 ha., de las cuales los estados de Tabasco y Chiapas producen el 99.10% del total nacional del cacao; el primero con mayor superficie de cultivo, con 40,886.26 ha., y una producción de 18,327.27 toneladas; mientras que Chiapas con una superficie sembrada de 18,384.70 ha., y una producción de 9,817.38 toneladas (SIAP, 2020).

En este estado, el cacao se distribuye en diferentes regiones, sobresaliendo la región Soconusco, con variedades importantes, destacando la criolla, particularmente por su agradable sabor y mejor aroma; sin embargo, presenta mayor susceptibilidad a patógenos causantes de enfermedades, en comparación a variedades de importancia como trinitario y forastero, estos últimos, con mejoras genéticas producto del entrecruzamiento con el criollo (González y Amaya, 2005).

De los distintos problemas que se presentan en las variedades de cacao, en el mundo y en Latinoamérica, las enfermedades constituyen el factor biótico de mayor importancia en la baja productividad con pérdidas considerables de 40-100% (Jaimes y Aránzazu, 2010; Hernández-Gómez *et al.*, 2015; SNICS, 2018), cuyos rendimientos oscilan entre los 200 kg de grano seco/ha., esto aunado a plantaciones de edad avanzada y falta de variedades mejoradas para alto rendimiento y para resistencia a plagas y enfermedades (Solís *et al.*, 2009).

Las bacterias, los virus y los nematodos no causan problemas significativos, sin embargo; en las pudriciones de frutos de cacao se destacan tres fitopatógenos de importancia: la mancha negra causada por *Phytophthora palmivora* Butl. / *Phytophthora capsici* Leonian (Peronosporales: Peronosporaceae), responsable de graves pérdidas en la producción, debido al impacto que ocasiona en los frutos (Phillips-Mora y Cerda, 2009). Para la región Norte de Chiapas, la incidencia y severidad de pudrición por este patógeno se encuentra en promedio en 57 y 2.67% respectivamente, mientras que en la región Soconusco la incidencia y severidad se registró en 14.75 y 2.75% (Hernández *et al.*, 2016).

Con mayor importancia se reconocen a la escoba de bruja *Moniliophthora perniciosa* (Sthael) Aime y Phillips-Mora y la moniliasis *Moniliophthora roreri* (Cif. & Par.) H. C. Evans, Stalpers, Samson y Benny (Agaricales: Marasmiaceae), enfermedades que causan pérdidas en la producción que fluctúan entre 50-100% (Aime y Phillips-Mora, 2005; Phillips-Mora y Cerda, 2009; Hernández-Gómez *et al.*, 2015).

El hongo *M. roreri*, es considerada la enfermedad más destructiva del cacao, altamente agresiva y constituye un factor importante de infección en las plantaciones de cacao que contribuye a la baja productividad, que, aunado a la alta susceptibilidad de las variedades de cacao cultivadas, provoca pérdidas entre 80-90% de la producción por unidad de superficie y alcanza hasta el 100% en plantaciones sin manejo y (Phillips-Mora *et al.*, 2005; Isla y Andrade, 2009; Ortiz-García *et al.*, 2015).

Para el estado de Chiapas se han reportado graves daños por pudriciones asociadas a *M. roreri*, para el municipio de Tapachula se tienen registros de 40 a 100% (López-Báez *et al.*, 2015), mientras que en la región Norte, en los municipios de Ixtacomitán, Ostuacán y Pichucalco la incidencia y severidad de pudrición por este patógeno se encuentra en 74.1 y 57% respectivamente, mientras que en la región Soconusco (Cacahoatán, Huehuetán, Tapachula, Tuxtla Chico y Tuzantán) la incidencia encontrada es de 37.8% y la severidad de 9.72% (Hernández *et al.*, 2016).

Recientemente, para Ostuacán, Pichucalco, Huehuetán, Tapachula, Tuxtla Chico y Tuzantán se encontró afectados el 100% de los árboles de cacao inspeccionados y una destrucción del 76.98% de la producción por pudrición asociada a *M. roreri* (SNICS, 2018).

En el manejo de enfermedades, es muy importante el reconocimiento de la apariencia de una planta sana y una planta enferma o partes de la planta afectadas (síntomas característicos de una enfermedad), los patrones de la misma, así como la incidencia y su severidad. Aun así, en algunas ocasiones los síntomas son similares entre enfermedades, o los signos no proporcionan suficiente información específica o característica, para determinar cuál es la causa de una enfermedad (Riley *et al.*, 2002). Bajo este esquema, la correcta identificación del agente fitopatógeno en el diagnóstico de enfermedades requiere su aislamiento y purificación y en primera instancia su identificación morfológica.

La ausencia y/o mal manejo fitosanitario en las plantaciones de cacao permite que se desarrollen diversas enfermedades que afectan principalmente frutos y ocasionan impacto económico en la producción. El propósito de la presente investigación fue identificar los

hongos fitopatógenos asociados a la pudrición de frutos de cacao en la región del Soconusco, Chiapas.

Contexto Teórico

México, alberga diferentes variedades de cacao para la explotación agrícola, y son de gran importancia económica, social y ambiental, además de una especie primordial en el sistema agroforestal campesino (Jaimes y Aránzazu, 2010; Salas y Hernández, 2015).

En el mundo existen diferentes variedades de cacao, originalmente eran sólo dos tipos; el criollo y el forastero, pero el cruce de estas dos variedades dio origen al trinitario, y del cruce repetido entre ellos, originaron los diferentes tipos de cacao que se conocen y utilizan (Navarro y Mendoza, 2006).

La variedad criollo muy utilizada en el estado de Chiapas, es originaria de Centroamérica, Colombia y Venezuela. Se distingue por tener frutos de cáscara suave, con 10 surcos, intercalando un surco profundo con otro de menor profundidad y terminando en una punta aguda y presenta constricción. El color del fruto puede ser un poco morado o verde. Pero en realidad la característica principal es la semilla y la cascara, ya que la semilla se diferencia por ser dulce, color blanco o púrpura (violeta) y la cascara del fruto de forma delgada, además de no ramificar tanto como otras variedades. De esta variedad se produce el chocolate fino o de mejor calidad. Actualmente no existe cacao criollo puro, sino lo que llamamos variedades acriolladas, debido a que han tenido varios cruces con otras variedades (Mora, 1956; Navarro y Mendoza, 2006).

A pesar de que el cacao se produce en los países de mayor desarrollo, son los países en vías de desarrollo que en conjunto le dan un valor agregado, transformándolo y obteniendo una infinidad de productos para ser comercializados al resto del mundo. Es por ello que la situación de la producción del cacao mexicano es preocupante ya que es un cultivo que pertenece a nuestra historia y forma parte importante de nuestra economía (Salas y Hernández, 2015).

De los factores limitantes de la producción, las enfermedades constituyen los de mayor importancia, provocando pérdidas considerables (Jaimes y Aránzazu, 2010).

Entre las enfermedades más importantes en México, se encuentran las pudriciones de fruto causada por hongos, entre los que se destaca a tres agentes de enfermedades que devastan al cultivo: la mancha negra causada por el alga *P. palmivora* / *P. capsici*, enfermedad con mayor

distribución en el agroecosistema cacao, responsable de graves pérdidas en la producción. La mancha negra puede atacar diferentes partes de la planta de cacao, pero, su mayor impacto se da en los frutos, que son el órgano de interés comercial por contener las semillas con que se hace el chocolate (Phillips-Mora y Cerda, 2009). Para la región Norte de Chiapas (Ixtacomitán, Ostuacán y Pichucalco) la incidencia y severidad de pudrición por este patógeno oscila entre 57 y 2.67% respectivamente, mientras que en la región Soconusco (Cacahoatán, Huehuetán, Tapachula, Tuxtla Chico y Tuzantán) se registra una incidencia de 14.75% y una severidad de 2.75% (Hernández et. al., 2016). Destacan por su importancia los hongos escoba de bruja *M. pernicioso* y la moniliasis *M. roleri* (Phillips-Mora y Cerda, 2009). Estos hongos, son los agentes causantes de las enfermedades más destructivas en el cultivo, causando pérdidas en la producción que oscilan entre 50-100% (Aime y Phillips-Mora, 2005; Phillips-Mora y Cerda, 2009; Hernández 2011; Hernández-Gómez et al., 2015).

El hongo de la moniliasis *M. roleri* es altamente agresivo y constituye un factor importante de infección en las plantaciones de cacao, debido a que los seres humanos son los agentes más efectivos de diseminación a largas distancias, además de la presencia permanente de esporas de *M. roleri* flotando en el aire sobre las plantaciones afectadas, por lo que la infección puede ocurrir en cualquier momento mientras exista tejido susceptible y condiciones ambientales favorables; aunado a que una sola espora (de las 144 millones que puede producir una mazorca enferma) es suficiente para infectar un fruto (Evans, 1986; Phillips-Mora, 2003; Phillips-Mora et al., 2006).

M. roleri ocasiona graves daños debido a su habilidad de propagar la infección en todos los estados de desarrollo de los frutos, con una alta incidencia de la enfermedad, principalmente en frutos jóvenes, donde el patógeno logra desarrollar completamente su ciclo hasta la formación del estroma esporulante (López-Báez et al., 2015).

Esta enfermedad se observó en México por vez primera en marzo de 2005, en Ignacio Zaragoza, Pichucalco, Chiapas y en abril del mismo año, se determinó que al menos 1000 ha ya estaban infectadas en Pichucalco, Juárez y Ostuacán en Chiapas y en las inmediaciones de Huimanguillo en Tabasco (Phillips-Mora et al., 2006; Phillips-Mora et al., 2007).

Particularmente para el estado de Chiapas, *M. roleri* es el principal factor que afecta la supervivencia del cacao y su biodiversidad y es considerada la enfermedad más destructiva del cacao, el factor más importante que contribuye a la baja productividad, que aunado a la alta susceptibilidad de las variedades de cacao cultivadas, por si solo provoca pérdidas entre

80-90% de la producción por unidad de superficie y alcanza hasta el 100% en plantaciones sin manejo, lo que hace que su control no sea rentable e induce a los agricultores a abandonar sus huertas (Phillips-Mora *et al.*, 2005; Isla y Andrade, 2009; Hernández-Gómez *et al.*, 2015; Ortiz-García *et al.*, 2015).

Para el municipio de Tapachula se registró en frutos menores a tres meses síntomas como deformación, aparición de manchas y finalmente formación de estroma esporulante, con un daño interno de 80 a 100%, mientras que en frutos mayores a tres meses el único síntoma visible fue la decoloración del fruto y no se formaron estructuras reproductivas del hongo. En frutos de cuatro meses la enfermedad ocasionó entre 40 y 100% de daño interno. En frutos de cinco meses el patógeno no ocasionó daño interno (López-Báez *et al.*, 2015).

En la región Norte de Chiapas (Ixtacomitán, Ostucacán y Pichucalco) la incidencia y severidad de pudrición por este patógeno oscila en el 74.1 y 57% respectivamente, mientras que en la región Soconusco (Cacahoatán, Huehuetán, Tapachula, Tuxtla Chico y Tuzantán) se registra una incidencia de 37.8% y una severidad de 9.72% (Hernández *et al.*, 2016).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en 2011 realizó visitas a parcelas de cacao de 36 localidades de seis municipios de Chiapas (Ostucacán, Pichucalco, Huehuetán, Tapachula, Tuxtla Chico y Tuzantán), identificando a *M. royeri* como la verdadera limitante para la sobrevivencia de cacao criollo en las dos regiones en que se produce cacao en Chiapas, observando una afectación del 100% de los cacaos y una destrucción del 76.98% de la producción (SNICS, 2018).

Estos patógenos, en conjunto con la diversidad de otros fitopatógenos asociados y saprofitos como *Fusarium* sp. Link ex Grey (Nectriaceae), *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. (Glomerellaceae), *Ceratocystis cacaofunesta* Engelbrecht & T.C. Harr. (Ceratocystidaceae) ocasionan desequilibrio en el cultivo del cacao (Fulton, 1989, Phillips-Mora, 2003; Aime y Phillips-Mora, 2005; Hernández-Gómez *et al.*, 2015).

En este sentido, Cuervo-Parra *et al.*, (2014) concuerda con los anteriores, pero mencionan que además de *M. royeri*, hay una gama de agentes causales causantes de la pudrición en mazorcas de cacao, como son los fitopatógenos *Phytophthora megasperma* Drechsler (Peronosporaceae), *Aspergillus niger* Tieghem (Aspergillaceae), *Cochliobolus lunatus* R.R. Nelson & Haasi, *Cochliobolus hawaiiensis* Manamgoda, L. Cai, K. D. Hyde (Pleosporaceae), *Neurospora crassa* Shear & B.O. Dodge (Sordariaceae), *Fusarium coeruleum* Libert ex Saccardo, *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (Nectriaceae), *P. capsici*, *Corynespo-*

Hongos fitopatógenos asociados a la pudrición en frutos de cacao *Theobroma cacao* L. del Soconusco, Chiapas

ra cassiicola (Berk. & M.A. Curtis) C. T. Wei (Corynesporascaceae), *Penicillium expansum* Link, *Penicillium chrysogenum* Thom (Aspergillaceae), *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries (Cladosporiaceae), *C. gloeosporioides*, *Bipolaris tetramera* (McKinney) Shoemaker (Pleosporaceae), *Byssochlamys nivea* Westling y *Byssochlamys spectabilis* (Udagawa & Shoji Suzuki) Houbraken & Samson (Thermoascaceae).

Hernández-Gómez *et al.*, (2015), mencionan que en la evaluación realizada en parte de la región Soconusco (Cacahoatán, Huehuetán, Tapachula, Tuxtla Chico, Tuzantán, Ostuacán, Pichucalco e Ixtacomitán y Tapachula) identifican que las principales enfermedades, *M. roreri* y *P. capsici* están asociadas a una serie de hongos alternos como: *Fusarium* sp., *C. gloeosporioides*, *C. cacaofunesta*, sin descartar a *M. roreri* como el principal factor que afecta la supervivencia del cacao.

Además de los patógenos antes mencionados, González *et al.*, (2019), para la zona del Soconusco, en Villa de Comaltilán, Chiapas, destacan no haber encontrado al hongo *M. roreri* asociado a la pudrición de frutos de cacao y además de eso, identificaron diversos hongos de las esporas del tejido dañado de la mazorca y tejido vegetal enfermo con síntomas de pudrición, encontrando *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. Ehrenb (Mucoraceae), *Trichoderma* sp. con una incidencia del 85% y *Nodulisporium* sp. Preuss (= *Nodulisporium*) (Xylariaceae) con 15% de incidencia, este último como nuevo registro asociado a frutos de cacao en Chiapas.

Contenido

Localización de las parcelas de cacao

La recolección y muestreos de frutos de cacao con pudrición se llevaron a cabo durante los años 2014 y 2015 en localidades del Estado de Chiapas. Se colectó en la parcela de cacao denominada “La Playa” (Fig.1), propiedad de Teresita de Jesús López Osorio; cultivada con la variedad criollo-trinitario en una superficie de 10,000 m², con 40 años de establecida y bajo condición de manejo cultural, esta parcela localizada en la comunidad de La playa, perteneciente al municipio de Mapastepec en el estado de Chiapas, situada entre los 15° 25.14' LN y 101° 52.2651' LO, con una elevación de 21 msnm y temperaturas que oscilan entre los 30.5 y 31.8 °C (situada en la región del Soconusco, entre los municipios de Villa de Comaltilán, Mapastepec y Tapachula).



Figura 1. Parcela denominada La Playa, cultivada con la variedad de cacao criollo-trinitario.

La segunda parcela denominada “La Flor”, propiedad de Sr. Jorge Hernández Zunum; estaba cultivada con la variedad criollo-trinitario en una superficie de 40,000 m², con 25 años de establecida y bajo condición de manejo cultural. Esta parcela está localizada en el ejido Adolfo Ruiz Cortines de la comunidad de Costa Rica, perteneciente al municipio de Mapastepec, situada entre los 15° 28.131` LN y 92° 49.38` LO, con una elevación de 294 msnm y temperaturas que oscilan entre los 27.6 y 32.2 ° C (situada en la región del Soconusco, entre los municipios de Villa de Comaltitlán, Mapastepec y Tapachula).

Evaluación de la Incidencia y severidad de pudrición de frutos de cacao en campo

Esta evaluación se llevó a cabo directamente en las parcelas de cacao, para esto se realizaron dos muestreos; uno el 28 de diciembre 2014 y otro el 20 de julio 2015. Para esta actividad se revisó el número de mazorcas infectadas por pudrición; mediante un muestreo en zigzag sobre la parcela, donde se tomó un total de 25 árboles (muestras), dentro de los cuales; en cada uno, se evaluaron 4 frutos (sub-muestras) correspondiendo a los 4 puntos cardinales, a una altura del árbol de 1-1.5 metros, para un total de 100 sub-muestras (Fig.2).



Figura 2. Proceso de evaluación de incidencia y severidad de la pudrición, en la parcela La Flor.

La evaluación de la severidad se realizó mediante la escala sintomatológica externa para pudrición por moniliasis en cacao (Phillips-Mora *et al.*, 2005) (Cuadro 1, Fig.3) y se calculó la incidencia, entendida como el número de frutos que mostraron síntomas de la enfermedad (%).

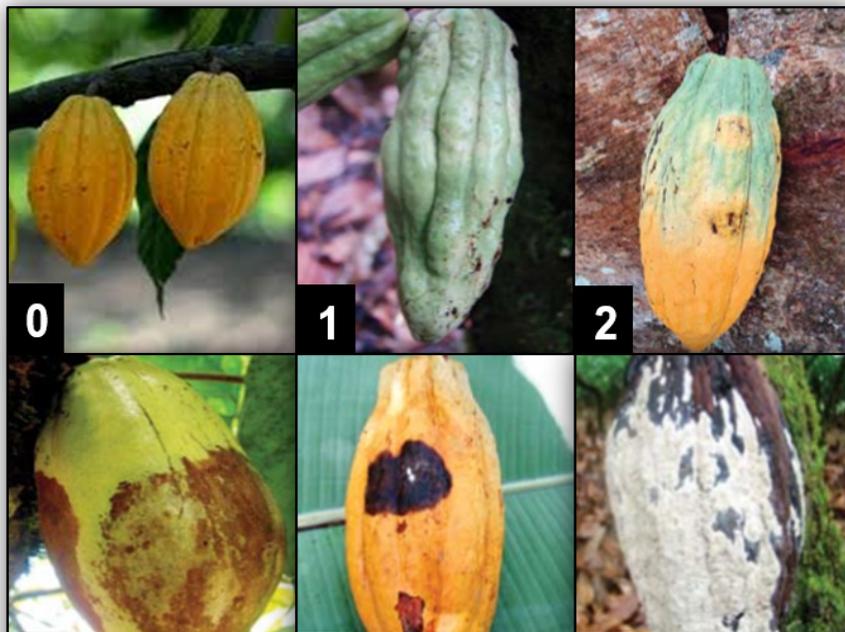


Figura. 3. Escala sintomatológica externa para pudrición por moniliasis en cacao (Phillips-Mora *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Escala sintomatológica en porcentaje de daño para pudrición por moniliasis en cacao.

Escala	Daño (%)	Sintomatología
0	0	Ningún síntoma aparente, fruto sano
1	1-20	Pequeños y pocos puntos aceitosos
2	21-40	Puntos aceitosos bien definidos y abundantes, mas maduración o madurez irregular
3	41-60	Necrosis sin esporulación
4	61-80	Necrosis más esporulación en un área menor de la cuarta parte de la superficie necrótica
5	81-100	Necrosis más esporulación en un área mayor de la cuarta parte de la superficie necrótica

Phillips-Mora *et al.*, 2005.

Colecta de material biológico con pudrición

Se recolectaron 100 frutos (mazorcas) de 15-20 cm de longitud en cinco puntos en cada parcela del cultivo de cacao, aparentemente sanos y con signos típicos de pudrición (puntos aceitosos, decoloración o manchas cafés, maduración irregular o en forma de protuberancia o giba, necrosis con y sin esporulación en forma de polvo fino y esporas maduras). El material biológico recolectado se colocó en bolsas de polietileno transparente estériles con cierre hermético tipo “ziploc”, contenido en hieleras de poliestireno expandido y trasladado al laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila (Fig. 4).

Aislamiento y purificación de hongos

El tejido vegetal enfermo se procesó en el Laboratorio de Fitopatología. El aislamiento de hongos para la obtención de colonias puras, se llevó a cabo por dos vías; la primera consistió en tomar esporas directamente del tejido dañado del fruto, utilizando una aguja de disección estéril y sembrarlas en medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) (Bioxon®) y la segunda vía consistió en seccionar tejido vegetal enfermo con un bisturí, tanto del exterior del fruto (cascara), como de la parte interior (pulpa) y de la semilla del mismo; los cuales se desinfectaron con un triple lavado con hipoclorito al 3%, agua destilada estéril (dH₂O), alcohol al 70% y dH₂O y sembrarlo en medio de cultivo PDA. En ambas vías de aislamiento, se incubó a 27 ± 2 °C en una cámara de crecimiento (Binder®) y a partir de los distintos crecimientos; estos se separaron para su purificación e identificación.



Figura 4. Frutos colectados en diferentes etapas de pudrición en las parcelas de cacao.

Identificación morfológica

La identificación morfológica se realizó mediante montas de estructuras del micelio y sus respectivas conidias y esporas en porta y cubreobjetos, con una solución de lactofenol y azul de algodón. Su observación se llevó a cabo a 40 y 100X en microscopio compuesto binocular Carl Zeiss y se apoyó de las claves taxonómicas para géneros de hongos imperfectos de Barnett y Hunter (1999).

Registro de precipitación

Se obtuvieron los datos de registro de precipitación (cm³) mensual y media anual de los años 2014 y 2015 en la región Soconusco, en el estado de Chiapas de la CONAGUA (2016).

Análisis de datos

Los datos de incidencia y severidad se transformaron por raíz cuadrada de arcoseno y se analizaron entre años en la misma parcela y entre parcelas dentro del mismo año y sometieron a un análisis de varianza y la comparación de medias con una prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), utilizando el software SAS/STAT (SAS Institute, 2002).

Resultados

Muestreo de la pudrición de fruto de cacao en campo

En la parcela La Flor se muestrearon frutos de 16.66 y 11.05 cm de largo y 17.48 y 15.51 cm de diámetro ecuatorial en promedio en 2014 y 2015 respectivamente. En la parcela La Playa los frutos muestreados en promedio variaron de 10.82 y 14.58 cm de largo y 10.62 y 17.89 cm de diámetro ecuatorial en 2014 y 2015 respectivamente. El porcentaje de frutos afectados y el grado de severidad de la enfermedad fue mayor durante el año 2014 en ambas parcelas de producción de cacao, en comparación al 2015 (Cuadro 2) con diferencias significativas entre los años de producción (La Flor. Incidencia: $gl=1,24$; $F=20.68$; $p=0.0001$. Severidad: $gl=1,24$; $F=25.94$; $p=0.0001$) (La Playa. Incidencia: $gl=1,24$; $F=12.07$; $p=0.0020$. Severidad: $gl=1,24$; $F=23.70$; $p=0.0001$), lo que indica que esta diferencia está influenciada por la precipitación, la cual fue mayor durante el año 2014 (Cuadro 3).

Cuadro 2. Incidencia y severidad de pudrición de fruto de cacao en dos localidades de la región Soconusco, en el estado de Chiapas.

Localidad	Incidencia (%) ¹		Severidad ²	
	2014	2015	2014	2015
La Flor	65.4 a	27.6 b	3.46 a	1.13 b
La Playa	54.6 a	25.2 b	3.01 a	0.96 b

¹Datos transformados por arcoseno. ²Media escala sintomatológica. Comparación de medias de la misma localidad entre los dos años con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey; $p < 0.05$).

Con base en la incidencia y severidad en ambos años de evaluación, se aprecia que las comparaciones entre ambas localidades durante el mismo año no presentan diferencia significativa, aunque estas se encuentran a dos alturas diferentes (Incidencia. 2014: $gl=1,24$; $F=1.93$ $p=0.1774$. 2015: $gl=1,24$; $F=0.15$; $p=0.7005$) (Severidad. 2014: $gl=1,24$; $F=1.05$; $p=0.3163$. 2015: $gl=1,24$; $F=0.29$; $p=0.5983$), lo que indica que la altura no influye en la incidencia y severidad de la enfermedad (Cuadro 4).

Cuadro 3. Precipitación (cm³) mensual y media anual de los años 2014 y 2015 en la región Soconusco, en el estado de Chiapas.

Mes	2014	2015
Enero	0	0
Febrero	22.5	0
Marzo	5	43.5
Abril	100.5	89.5
Mayo	460	184
Junio	554	284.5
Julio	427	324
Agosto	539.5	248
Septiembre	698	452
Octubre	493	323.5
Noviembre	16.5	159
Diciembre	0	0
Media anual	276.33	175.66

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2016)

Cuadro 4. Incidencia y severidad de pudrición de fruto de cacao en dos localidades de la región Soconusco, Chiapas relacionado desde el punto de vista de la altura sobre el nivel del mar.

Localidad	Incidencia (%) ¹		Severidad ²	
	2014	2015	2014	2015
La Flor ³	65.4 a	27.6 a	3.46 a	1.13 a
La Playa ⁴	54.6 a	25.2 a	3.01 a	0.96 a

¹Datos transformados por arcoseno. ²Media escala sintomatológica, ³Altura 294 msnm, ⁴Altura 21 msnm. Comparación de medias entre localidades en el mismo año con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey; p < 0.05).

Identificación de los hongos fitopatógenos asociados a la pudrición de frutos de cacao

En medio de cultivo PDA se obtuvieron diversos hongos aislados de las esporas del tejido dañado del fruto y tejido vegetal enfermo con síntomas de pudrición, los cuales fueron purificados e identificados. Durante 2014 y 2015 en las parcelas, La Flor, ubicada en la comunidad de Costa Rica y La playa, de la localidad del mismo nombre, se aislaron *Aspergillus* sp. P. Micheli ex Haller (Trichocomaceae), *Colletotrichum* sp. Corda (Glomerellaceae), *Fusarium* sp., *Lasiodiplodia* sp. Ellis & Everh. (Botryosphaeriaceae), *Penicillium* sp. Link (Aspergillaceae), *Trichoderma* sp. Persoon (Hypocreaceae), *Verticillium* sp. Nees (Hypocreaceae) y dos hongos no reconocidos con una incidencia del 100% en todos los frutos revisados.

Conclusiones

La región estudiada del Soconusco, Chiapas, México presenta una alta incidencia y severidad de pudrición de frutos del cultivo de cacao; influenciada por la alta precipitación. Para la región bajo estudio, no se aisló de los frutos el hongo *M. roreri*; principal factor que afecta la supervivencia del cacao y su biodiversidad, el cual es considerado como el agente causal de la pudrición de mazorca o moniliasis, importante en diversas regiones productoras de cacao de México, Centroamérica y Suramérica.

En el cacao, a las pudriciones de fruto, se les asocia comúnmente con el agente causal *M. roreri* y en ocasiones sin haber corroborado al menos que así sea, si bien es el patógeno más importante, y su sintomatología es muy característica, quedo demostrado que esas pudriciones no necesariamente siempre son por este fitopatógeno, pudiendo estar asociadas a un complejo de hongos fitopatógenos, tal como se apreció en la presente investigación, con el aislamiento e identificación de seis géneros fitopatógenos con 100% de incidencia.

En el manejo de enfermedades, la correcta identificación del agente causal en plantas, es el primer paso para una estrategia de manejo adecuado y oportuno. Ciertas enfermedades son de fácil reconocimiento, pero hay otras que son fácilmente confundibles entre agentes causales e incluso con deficiencias nutricionales. Identificaciones incorrectas ha traído consigo fallas en el control de enfermedades, con malos manejos o estrategias mal dirigidas, excediendo incluso aplicaciones de productos químicos de control, generando resistencia a fungicidas, presentando un riesgo mayor para el medio ambiente, la salud del hombre y provocando pérdidas en la producción. Lo que implica que el manejo debe ser dirigido no solo pensando en *M. roreri*, si no en la gama de hongos fitopatógenos asociados esta pudrición.

Referencias

- Aime, M. C. and Phillips-Mora, W. (2005). The causal agents of witches' broom and frosty pod rot of cacao (*Theobroma cacao*) form a new lineage of *Marasmiaceae*. *Mycologia*, 97(5), 1012-1022.
- Avendaño Arrazate, C. H., Villareal Fuente, J. M., Campos Rojas, E., Gallardo Méndez, R. A., Mendoza López, A., Aguirre Medina, J. F., Sandoval Esquive, A. y Espinosa Zaragoza, S. (2011). Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo.

- Barnett, H. L. and Hunter B.B. (1999). Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth Edition. The American Phytopathological Society Press.
- Comisión Nacional del Agua. (15 de enero de 2016). Comisión Nacional del Agua del Estado de Chiapas. <https://www.gob.mx/conagua>.
- Cuervo Parra, J. A., Romero Cortes, T., López Pérez, P. A. y Ramírez Lepe, M. (2014). El cultivo del cacao, enfermedades, identificación de hongos, modelado y métodos de control. Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial (Facultad De Ciencias Agrarias – UNCa), 58, 1-8.
- Evans Harry, C. (1986). A reassessment of *Moniliophthora* (*Monilia*) pod rot of cocoa. Cocoa Growers' Bulletin, 37, 34-43.
- Fulton, R. H. (1989). The cacao disease Trilogy: black pod, *Monilia* pod rot and witches' broom. Plant Disease, 73, 601-603.
- González Lauck, V. W. y Amaya, G. (2005). Cacao en México: competitividad y medio ambiente con alianzas (diagnóstico rápido de producción y mercadeo) [Archivo PDF]. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/Pnade176.pdf>
- González Ruiz, A., Sánchez Arizpe, A., Ochoa Fuentes, Y. M., Galindo Cepeda, M. E., Rodríguez Guerra, R. y Flores Torres, L. M. (2019). Primer informe de *Nodulosporium* (*Xylariaceae*) en *Theobroma cacao* L. en Chiapas, México y pruebas de patogenicidad. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(10), 779 – 788.
- Hernández Gómez, E., Garrido Ramírez, E. R., Solís Bonilla, J. L., Avendaño Arrazate C. H., Ramírez-Guillermo, M. A., Nava Díaz, C. y Hernández Morales J. (2016). Incidencia y severidad de moniliasis y mancha negra en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el estado de Chiapas, México. En: Martínez Herrera, J, Ramírez Guillermo M. A. y Cámara-Córdova, J. (Ed.). Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria. (Primera ed., pp.239-241). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Hernández Gómez, E., Hernández Morales, J., Avendaño Arrazate, C. H., López Guillen, G., Garrido Ramírez, E. R., Romero Nápoles, J. y Nava Díaz, C. (2015). Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología, 33(2), 232-246.

- Isla Ramírez, E. y Andrade Adaniya, B. (2009). Propuesta para el manejo del cacao orgánico. Fundación Conservación Internacional. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01/Propuesta_de_manejo_de_cafe_organico.pdf
- Jaimes Suárez, Y. y Aránzazu Hernández, F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en Monilia (*Moniliophthora roreri*). https://www.fedecacao.com.co/site/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_04A.pdf
- López-Báez, O., Ramírez-González, S. I., Espinosa-Zaragoza, S., Moreno-Martínez, J. L., Ruiz-Bello, C., Villarreal-Fuentes, J. M. y González-Mejía, O. (2015). Comportamiento de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) en Tapachula, Chiapas, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 1 (1), 16-23.
- Mora Urpí, J. (1956). Origen y Tipos de Tipos de Cacao. Suelo Tico [Archivo PDF]. <http://www.mag.go.cr/rev-histo/st-09-36-196.pdf>
- Navarro Prado, M. y Mendoza Alonso, I. (2006). Cultivo del cacao en sistemas agroforestales. Guía técnica para promotores. Programa para el Desarrollo Rural Sostenible. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5288e/A5288e.pdf>
- Ortiz García, C. F., Torres de la Cruz, M. y Hernández Mateo, S. C. (2015). Comparación de dos sistemas de manejo del cultivo del cacao, en presencia de *Moniliophthora roreri*, en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(2), 191-196.
- Phillips Mora, W., Castillo, J., Krauss, U., Rodriguez, E. and Wilkinson, J. (2005). Evaluation of cacao (*Theobroma cacao*) clones against seven Colombian isolates of *Moniliophthora roreri* from four pathogen genetic groups. *Plant Pathology*, 54, 483-490.
- Phillips Mora, W., Coutiño, A., Ortiz, C. F., López, A. P., Hernández, J. and Aime, M. C. (2006). First Report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (Moniliasis disease) of cocoa in México. *Plant Pathology*, 55(4), 584.
- Phillips Mora, W., Aime, M. C., Wilkinson, M. J. (2007). Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. *Plant Pathology*, 56, 911-922.
- Phillips-Mora, W. y Cerda Bustillos, C. (2009). Enfermedades del cacao en Centroamérica.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Riley B., M., Williamson R., M. and Maloy, O. (2002). Plant disease diagnosis. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2002-1021-01. <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/casestudies/Pages/PlantDiseaseDiagnosis.aspx>

Salas Tornes, J., y Hernández Sánchez, L. Y. (2015). Cacao una aportación de México al mundo. *Ciencia*, 32-39. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Cacao.pdf

Statistical Analysis System. (2002). The SAS System for Windows, Release 9.0. SAS, Institute, Cary N. C. U.S.A.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (15 de octubre del 2020). Cierre de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (2018). (28 de octubre del 2020). Principales plagas y enfermedades en cacao. [https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/principales-plagas-y-enfermedades-en-cacao#:~:text=Se%20identific%C3%B3%20que%20las%20principales,mosca%20pinta%20o%20salivazo%20\(Clastoptera](https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/principales-plagas-y-enfermedades-en-cacao#:~:text=Se%20identific%C3%B3%20que%20las%20principales,mosca%20pinta%20o%20salivazo%20(Clastoptera)

Solís B., J. L., Ruiz C., P. A. y Zamarripa C., A. (2009). Mejoramiento genético para resistencia, rendimiento y calidad agroindustrial del cacao (*Theobroma cacao* L.) en México. Memorias de la IV Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/memoria_RNIAF_2009.pdf

Semblanza de Autores

Aideé González Ruiz

Ingeniero en Agrobiología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, de 35 años de edad, es egresada de la carrera de con experiencias en la cría y reproducción de insectos plagas tales como el gusano cogollero, además de la participación y aprendizaje en los laboratorios de alimento vivo y laboratorio de análisis químicos del agua del Acuario de Veracruz llevando acabo la cría de *Artemia franciscana* utilizada como alimento y análisis de amonios silicatos y sulfatos del agua, cantidades de cloro, oxígeno y pH de todas las peceras de la institución, además del manejo y chipeo de especies en peligro en el Departamento de Mamíferos Aves y Reptiles (MAAR), tiene formación de Técnico en Informática y Diseño, es recién graduada de la Maestría en Ciencias en Parasitología Agrícola, especialista en la línea de Fitopatología, en el área de taxonomía de hongos morfológica y molecularmente. Ha participado como asistente en más de 15 congresos científicos, ha participado en 4 tesis de formación de nivel de licenciatura y colaborado en trabajos para publicaciones científicas.

Agustín Hernández Juárez

Dr. en Ciencias en Parasitología Agrícola, profesor-investigador titular “C” en el Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Investigador Nacional Nivel I del CONACYT, con Reconocimiento a Perfil Deseable del comité evaluador del PRODEP y reconocimiento en el la UAAAN en el nivel 5 del PEDPD. Es integrante del Cuerpo Académico consolidado Manejo Integrado de Plagas. En el ámbito científico se encuentra desarrollando las líneas de investigación Resistencia Vegetal, Control Biorracional y Control Biológico. Es integrante de la Academia y miembro del Núcleo Académico Básico de los programas de Postgrados de Maestría y Doctorado en Ciencias en Parasitología Agrícola e integrante del Programa docente de licenciatura de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo en la UAAAN. Ha hecho más de 60 Participaciones como ponente autor y coautor en congresos/simposios o eventos científicos y publicado 33 artículos arbitrados e indexados en CONACYT y JCR nacionales e internacionales, 13 publicaciones en memorias de congreso y 1 publicación en libro. Ha participado en la formación de recursos humanos, en 22 tesis de licenciatura y 7 de posgrado.



Evaluación de sustratos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Basto Pool Carolina Isabel

Evaluación de sustratos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Basto-Pool Carolina Isabel

Resumen

Solanum lycopersicum L. es una de las hortalizas de mayor importancia por su demanda e importancia socioeconómica a nivel mundial. Sin embargo, uno de los principales factores que determinan el éxito de la producción es el sustrato en el que se desarrolla el cultivo, aunque su elección depende de la especie vegetal, disponibilidad, costos y características propias del sustrato. Por lo cual, en este trabajo se evaluó el efecto de los sustratos en el crecimiento y rendimiento de tomate en condiciones protegidas. Los sustratos empleados fueron; bagazo de henequén, hojas de dzidzilche y suelo agrícola. Se evaluaron variables agronómicas de crecimiento y rendimiento. El genotipo que se utilizó fue “zocato”. Se detectó diferencias significativas en la mezcla de bagazo de henequén + suelo agrícola (T1) la cual incrementó la altura (175.5 cm), diámetro del tallo (14.70 mm), número de frutos (123.31) y rendimiento por planta (20.71 kg planta⁻¹), así mismo, registró el mayor crecimiento radical (26.5 cm³) con respecto a los demás tratamientos. La mezcla de bagazo de henequén + suelo agrícola (T1) permitió un mejor crecimiento y rendimiento en las plantas de tomate, por lo cual, se concluyó que el tratamiento T1 es una opción viable a utilizar como sustrato en la producción de tomate en condiciones protegidas.

Palabras clave: desarrollo, rendimiento, *Solanum lycopersicum*.

Evaluation of substrates in tomato production (*Solanum lycopersicum* L.)

Abstract

Solanum lycopersicum L. is one of the most important vegetables due to its demand and socio-economic importance is the world's. However, one of the main factors that determine the success of production is the substrate in which the crop is developed, although their choice depends on the plant species, availability, costs and characteristics of the substrate. Therefore, in this work the effect of substrates on tomato growth and yield under protected conditions was evaluated. The substrates used were; henequen bagasse, dzidzilche leaves and agricultural soil. Agronomic variables of growth and yield were evaluated. The genotype that was used was “zocato”. Significant differences were detected in the mixture of henequen bagasse + agricultural soil (T1) which increased the height (175.5 cm), stem diameter (14.70 mm), number of fruits (123.31) and yield per plant (20.71 kg plant⁻¹), likewise, it registered the highest root growth (26.5 cm³) with respect to the other treatments. The mixture of henequen bagasse + agricultural soil (T1) allowed better growth and yield in tomato plants, therefore, it was concluded that the T1 treatment is a viable option to use as a substrate in tomato production under protected conditions.

Key words: development, yield, *Solanum lycopersicum*.

Introducción

A nivel mundial el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es de gran importancia socio-económica debido a que es una de las hortalizas de mayor producción y valor económico (INIA, 2017). En México, es un cultivo que sobresale por su comercialización y consumo, su demanda se incrementa continuamente y con ello su producción y comercio, se cultiva durante todo el año bajo diferentes sistemas de producción (condiciones de campo o en estructuras protegidas) (Hanssen *et al.*, 2010).

El sistema de producción más empleado es el uso de sustratos, en el cual el suelo o sustrato utilizado es uno de los factores que determinan el éxito de la producción (INIA, 2017). En la actualidad existe gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados en la elaboración de sustratos, por lo que su elección dependerá de la especie vegetal, disponibilidad, costos y características propias del sustrato (Arteaga *et al.*, 2003).

Los sustratos más empleados en la producción de tomate son: la turba, el suelo agrícola y la mezcla de ambos. Sin embargo, la explotación intensiva por la obtención de los recursos ocasiona problemas como: la erosión y el deterioro de los recursos naturales además de incrementar los costos del sustrato por la extracción y el traslado (Acosta *et al.*, 2008).

Bajo este contexto, en los últimos años se ha optado por el uso de sustratos alternativos que cumplan con las características de soporte, nutrición, fácil disponibilidad, económicos y con menor impacto ambiental, empleados de manera individual o combinados (Urrestarazu, 2013).

Por lo cual, en Yucatán, se ha optado por la búsqueda de sustratos alternativos que proporcionen un adecuado crecimiento, desarrollo y producción, además de ser disponible en la región, económico y de menor impacto ambiental. Entre los recursos disponibles existen variedades de residuos agropecuarios y agroindustriales presentes durante todo el año, que podrían aprovecharse como sustratos en la producción de hortalizas. Entre ellos se encuentran: el bagazo de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) que es un desecho en la desfibración de las pencas del henequén y las hojas de ‘dzidzilche’ (*Gimmopodium floribundum* Rolfe) especie vegetal predominante en Yucatán que produce gran cantidad de hojarasca (Borges, 1998; Villanueva *et al.*, 2010).

Ante este panorama, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de mezclas de bagazo de henequén, hojas de ‘dzidzilche’ y suelo agrícola en el desarrollo y rendimiento del tomate en condiciones protegidas.

Contexto teórico

El tomate es una de las hortalizas más cultivada e importante en todo el mundo, puede ser cultivado en una alta gama de condiciones durante todo el año, producida en condiciones de campo o bajo estructuras protegidas, para consumo fresco o para procesamiento. Es una planta herbácea anual, bianual, de origen centro y sudamericano, pertenece a la familia de las Solanáceas cuyo hábito de crecimiento puede ser determinado o indeterminado, de esta forma puede ser cultivada de diversas formas, planificándose la cosecha según el objetivo, encontrándose producciones destinados a procesos industriales o consumo fresco, siendo esta última la de mayor diversificación productiva, debido a que el fruto es altamente apreciable por su sabor además de tener un alto contenido en vitaminas y minerales así como aplicaciones medicinales y gastronómicas (Hanssen *et al.*, 2010; INIA, 2017).

En México a nivel nacional la superficie sembrada fue de 49,415.72 ha, con una producción de 3,780,950.01 ton y un rendimiento promedio de 76.83 ton ha⁻¹ (SIAP, 2018). Es cultivado en la mayoría de los estados de la República Mexicana, el estado de Sinaloa es el principal estado productor donde se concentra más del 60% de la superficie sembrada y cosechada, el cual abastece tanto al mercado nacional como el de exportación. En Yucatán el tomate se cultiva en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano bajo condiciones de riego y temporal. En 2018 la superficie sembrada fue de 157.20 ha, con una producción de 2,885.15 ton y un rendimiento promedio de 18.47 ton ha⁻¹ (SIAP, 2018).

En la producción de hortalizas existen diversos factores que determinan el éxito de la producción, entre los cuales sobresale el tipo de suelo o sustrato (Ortega-Martínez, 2010). Los sustratos más empleados en la producción de tomate varían con respecto a la disponibilidad que se tenga de los materiales, los más comunes utilizados por los productores son: la turba, el suelo agrícola y la mezcla de ambos. La demanda por la disponibilidad del producto ha ocasionado una sobreexplotación de los recursos lo que ha generado en algunas zonas problemas como: la erosión y el deterioro de los recursos naturales, esto ha incrementado costos en la producción por las diversas maniobras realizadas por la obtención de los insumos básicos durante el ciclo del cultivo (Acosta *et al.*, 2008).

El término “sustrato” se aplica a todo material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, puro o en forma de mezcla, que permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando un soporte para la planta (Abad *et al.*, 2005).

Las funciones más importantes de un sustrato son, proporcionar un ambiente ideal para el

crecimiento de las raíces (disponibilidad de agua, aire y nutrimentos), constituyen una base adecuada para el anclaje y soporte de la raíz. La finalidad de los sustratos en cualquier cultivo es producir y cosechar en un periodo corto de tiempo, con bajos costos de producción sin provocar un grave impacto ambiental (Abad y Noguera 2000).

Los criterios para clasificar los sustratos se basan en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, entre otros. Sin embargo, la clasificación más generalizada ha sido en materiales orgánicos e inorgánicos (Abad y Noguera, 2000).

En la actualidad existe una demanda e interés por utilizar sustratos orgánicos con el fin de tener sistemas sustentables de producción, esta importancia se debe al incremento de los costos de los fertilizantes químicos y al daño ambiental que estos ocasionan, además de la necesidad de conservar los recursos naturales en los sistemas agrícolas (Ramírez, 2005).

Los sustratos orgánicos son un producto natural resultado de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto, que tienen la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por consiguiente la producción de los cultivos (Fortis-Hernández *et al.*, 2012).

Por lo cual, es necesario evaluar diversos materiales orgánicos, que sean ecológicos, económicos y de fácil disponibilidad. Una alternativa es el uso de los residuos y subproductos agrícolas. En Yucatán existen materiales de manera disponible y con potencial de ser utilizados como sustratos en la producción de hortalizas (Borges, 1998). Entre ellos se encuentran: el bagazo de henequén (*Agave fourcroydes Lem.*) y las hojas de ‘dzidzilche’ (*Gimmopodium floribundum Rolfe*) (Gayosso *et al.*, 2016). El bagazo de henequén es un subproducto de gran impacto conocido como “sisal”, el cual se obtiene a partir de la extracción de la fibra de las hojas del agave henequenero, es un desecho que es depositado en lugares al aire libre donde posteriormente se degrada por la acción del medio y es incorporado al suelo agrícola como un mejorador. El ‘dzidzilche’ es una especie vegetal distribuida naturalmente en Yucatán, produce gran cantidad de hojarasca, la cual está compuesta por materiales vegetales recién caídas o ligeramente descompuestas. Ambas especies son componentes de sustratos en la producción de hortalizas y en semilleros (Borges, 1998; Villanueva *et al.*, 2010).

El suelo de acuerdo con el glosario de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo es un material mineral no consolidado en la superficie de la tierra, que ha estado sometido a la influencia de factores genéticos y ambientales (material parental, clima, macro y microorganismos y topografía), actuando durante un determinado período. Los suelos más utilizados para los cultivos agrícolas en Yucatán son los conocidos como Chac-lu’um (Cambisol) y

K'ankab (Luvisol ródico) [maya de la Península de Yucatán]. Estos suelos son generalmente ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, aun cuando los elementos no se encuentren en sus formas químicas disponibles para la planta (Borges, 1998).

Algunas investigaciones indican que el uso de sustratos orgánicos mejoró el crecimiento de las plantas como lo mencionan Schnelle y Henderson (1991) quienes obtuvieron plantas de mayor altura provenientes de sustratos orgánicos, debido a que las condiciones fisicoquímicas del sustrato permitió condiciones ideales para el desarrollo de las plantas tales como: un buen contenido nutricional (especialmente N-NO₃), pH óptimo (entre 6,3 y 6,7) y una buena aireación. Por su parte, Handreck y Black (2002) determinaron que los sustratos orgánicos proporcionaron una mejor estructura y mejores características ideales para un buen crecimiento y desarrollo de las plantas lo que ocasionó un incremento en la morfología de las plantas como: porte de la planta, número de hojas, color del follaje, entre otros, y dentro de las fisiológicas se pueden mencionar: fijación de CO₂, tasa de asimilación neta (Pimienta *et al.*, 2001), eficiencia en el uso del agua (Yang y Zhang, 2010), producción de biomasa y otros para evaluar la eficiencia de las plantas en la elaboración de fotoasimilados (Hernández, 2004). Así mismo Ortega-Martínez *et al.* (2010) reportaron mayor crecimiento y desarrollo en plántulas de tomate obtenidas en los sustratos orgánicos aserrín y lombricomposta.

El bagazo de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) se ha evaluado como sustrato en mezclas con suelo para diversos cultivos, entre ellos *Chrysanthemum morifolium* Ramat (Villanueva *et al.*, 2010) y en plántulas de *Carica papaya* L. (Borges *et al.*, 2003), los resultados indicaron mayor crecimiento en las plantas, por lo que, su empleo como sustrato es una alternativa para la producción de cultivos y representa una oportunidad para integrar este residuo a los sistemas agrícolas por su disponibilidad local.

En otros estudios, se ha evaluado las propiedades físico-químicas de la hojarasca de 'dzidzilche' (*Gimmopodium floribundum* Rolfe), al respecto, Gayosso *et al.* (2018) mencionan que las hojas de dzidzilche como sustrato registraron resultados ideales en el pH, CE y contenido de N, P, K⁺ y Ca²⁺, por lo tanto, cumple con las características para ser componente de sustratos. Por otra parte, se ha investigado la caracterización de mezclas de diferentes materiales alternativos como sustratos en la producción agrícola lo que ha permitido conocer la estructura, porosidad y retención de humedad de las mezclas, factores determinantes en el éxito del cultivo (Vargas *et al.*, 2008; Anicua *et al.*, 2009; Valenzuela *et al.*, 2014).

Contenido

El experimento se estableció en las instalaciones del Campo Experimental Mocochoá, Yucatán del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km 25 antigua carretera Mérida-Motul en las coordenadas 21° 10' N y 89° 30' O, perteneciente al municipio de Mocochoá, Yucatán, México. Las condiciones ambientales del estudio corresponden a una planicie con una altitud de 9 msnm con un clima cálido sub-húmedo, con temperatura media anual de 26.1 °C y una precipitación promedio de 55.7 mm/año.

El experimento se desarrolló en condiciones protegidas, se evaluó la mezcla de dos sustratos orgánicos regionales con suelo en macetas de plástico de 17 L de capacidad. Los sustratos fueron: bagazo de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) y hoja de 'dzidzilche' (*Gimnopusodium floribundum* Rolfe) y como tratamiento testigo el suelo agrícola. Antes de elaborar las mezclas, se desinfectaron con una solución de agua más hipoclorito de sodio al 5%. Los tratamientos resultantes de las mezclas se describen en el Cuadro 1. Las mezclas se elaboraron de acuerdo con los porcentajes sugeridos por Cabrera (1999) y Gayosso *et al.* (2018).

Cuadro 1. Diseño de los tratamientos evaluados y proporción de las mezclas en base a volumen.

Tratamiento	Mezclas	Proporción (v/v)
T1	Suelo + Bagazo de henequén	80:20
T2	Suelo + Hojas de dzidzilche	50:50
Testigo	Suelo	100

Se utilizó el genotipo regional "Zocato". La siembra se realizó en contenedores de poliestireno de 200 cavidades con sustrato Sunshine® como medio de crecimiento y el trasplante se realizó a los 38 días después de la siembra (dds) en macetas individuales de 17 L llenadas en base a volumen, las plantas se establecieron en una estructura protegida bajo condiciones de riego por goteo y la cantidad de agua aplicada fue de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. El manejo nutricional en los tratamientos fue en base a la solución nutritiva de Steiner (1961). El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y una planta como unidad experimental. Las variables evaluadas fueron altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), realizando mediciones cada 25 días después del trasplante (ddt), se empleó un flexometro y un vernier, los puntos de referencia fueron la base del tallo y la yema apical, el diámetro se midió a un cm del cuello de la planta, también se determinó la tasa de crecimiento relativo con base a la altura (TCR_{ALT}) y diámetro de tallo

(TCR_{DIAM}), número total de frutos obtenido por la suma de frutos, rendimiento total por planta (kg), volumen radical y biomasa seca radical.

Los datos obtenidos se analizaron con el software estadístico Statistica 7 (Statsoft, Tulsa, Ok, USA) mediante un análisis de varianza (ANOVA) y donde hubo diferencias significativas se realizó la comparación de medias con el método de Tukey ($P \leq 0.05$).

En las variables de crecimiento, las plantas con el mayor diámetro de tallo se obtuvieron en el tratamiento T1 (14.70 mm) estadísticamente superior (Tukey $P \leq 0.05$) a las provenientes del testigo el cual obtuvo el valor más bajo 10.88 mm. Sin embargo, en la altura de la planta y tasa de crecimiento relativo (TCR) con base a la altura y diámetro de tallo no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Cuadro 2). Esto indica que dichos sustratos poseen nutrientes suficientes que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas. Resultados similares reportaron Villanueva *et al.* (2010) quienes obtuvieron mayor crecimiento y desarrollo en plantas de *Chrysanthemum morifolium* en el tratamiento de la mezcla de sustrato bagazo de henequén + suelo. Así mismo, Ortega-Martínez *et al.* (2010) indicaron mayor crecimiento en plántulas de tomate cultivadas en sustratos orgánicos con respecto al testigo.

Cuadro 2. Efecto del sustrato en las variables de crecimiento.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	* TCR_{ALT} ($mm\ cm^{-1}\ día^{-1}$)	TCR_{DIAM} ($mm\ cm^{-1}\ día^{-1}$)
T1	175.55 a	14.70 a	2.48 a	1.39 a
T2	159.14 a	12.91 ab	2.41 a	1.33 a
Testigo	155.65 a	10.88 b	2.38 a	1.31 a

*TCR: Tasa de crecimiento relativo. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($P \leq 0.05$).

En las variables de rendimiento y número de frutos por planta la comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) separo como mejor tratamiento al T1 registrando 20.71 $kg\ planta^{-1}$ y 123.31 respectivamente estadísticamente superior en 51% con respecto al tratamiento testigo con 10.16 $kg\ planta^{-1}$ y 71.38 respectivamente (Cuadro 3). Lo cual concuerda con Handreck y Black (2002) quienes mencionan que los sustratos orgánicos proporcionaron mayor crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que influye en el rendimiento del cultivo.

Cuadro 3. Efecto del sustrato en las variables de rendimiento.

Tratamiento*	Rendimiento (kg planta⁻¹)	Número de frutos
T1	20.71 a	123.31 a
T2	15.15 ab	102.94 ab
Testigo	10.16 b	71.38 b

*Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($P \leq 0.05$).

En la biomasa seca y volumen radical la comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) separo como mejor tratamiento al T1 registrando 2.23 g y 26.55 cm³ superior ($P \leq 0.05$) al testigo el cual presento el 1.28 g y 18.10 cm³ respectivamente (Cuadro 4). El aporte nutricional en los sustratos orgánicos permitió mejores condiciones para el desarrollo de las raíces. Al respecto, Hernández, (2004) y Gayosso *et al.* (2018) señalan que el uso de sustratos orgánicos en la producción logra un mejor crecimiento y desarrollo radical, dependiendo de la proporción y características del sustrato.

Cuadro 4. Efecto del sustrato en las variables de biomasa seca y volumen radical.

Tratamiento*	Biomasa seca radical (g)	Volumen radical (cm³)
T1	2.23 a	26.55 a
T2	1.83 ab	20.85 ab
Testigo	1.28 b	18.10 b

*Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

Las mezclas evaluadas presentaron efectos significativos en la dinámica de crecimiento, desarrollo y rendimiento del tomate, la mezcla de bagazo de henequén + suelo agrícola (T1) aumentó caracteres morfológicos de las plantas, incrementó la altura y diámetro de tallo así como el número de frutos y el rendimiento del tomate. Por lo cual, el tratamiento T1 es una alternativa a utilizar como sustrato en la producción de tomate en condiciones protegidas.

Referencias

- Abad, M. y Noguera, P. (2000). Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Manual de cultivo sin suelo. M. Urrestarazu (ed). 2a ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 137-185.
- Abad, M., Noguera, P. y Camón, C. (2005). Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: Fertirrigación cultivos hortícola y ornamentales. C. Cadahía (coord). 3ra ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 299-352.
- Acosta, C. M., Gallardo, S., Kämpf, N. y Carvallo, F. (2008). Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. *Investigación Agropecuaria* 5(2) 93-106.
- Anicua, R., Gutiérrez, M., Sánchez, P., Ortiz, C., Volke, V. y Rubiños, J. (2009). Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura Técnica en México* 35(2): 147-156.
- Arteaga, M. B, Santiago, L. y Amador, C. (2003). Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Martínez en vivero. *Foresta Veracruzana*, vol. 5, núm. 2, 2003, pp. 9-16
- Borges, G.L., Soria, M., y Ruz, N. (2003). Contenido de macronutrientes en sustratos de bagazo de henequén y excretas porcina y su efecto en el desarrollo plántulas de papaya. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 9: 291-304.
- Borges, G. L. (1998). Usos de sustratos regionales en la agricultura yucateca. *Rev. Acad. Mex. Cienc.* 49: 21-26.
- Cabrera, I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en macetas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(1): 5-11.
- Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., García-Hernández, J. L., Navarro Bravo, A.,

- Antonio-González, J. y Omaña Silvestre, J. M. (2012). Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1203-1216.
- Gayosso, R. S., Borges, G. L., Villanueva, E. , Estrada, M. A., y Garruña, R. (2016). Sustratos para producción de flores. *Agrociencia* 50: 617-631.
- Gayosso, S., Borges, L., Villanueva, E., Estrada, M.A. y Garruña, R. 2018. Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustratos agrícolas. *Agrociencia* 52(4): 639-652.
- Handreck, K. and Black, N. (2002). *Growing media for ornamental plants and turf*. 3 ed. UNSW Press. Australia. 542 p.
- Hanssen, I. M., Lapidot, M. and Thomma, B. P. H. J. (2010). Emerging viral diseases of tomato crops. *MPMI* 23 (5), 539e548.
- Hernández, L. F. (2004). Gestión de los componentes del rendimiento del girasol. Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. *Agrouns* 1(2):5-8.
- INIA, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2017). *Manual de manejo agronómico para el cultivo de tomate*. Fidel Ote.za 1956, Piso 11, Providencia, Santiago.
- Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R. y Ocampo Mendoza, J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *RaXimhai* 6:365-372.
- Pimienta, E., Robles, C. and Nobel, P. S. (2001). Net CO₂ Uptake for Agave tequilana in a warm and a temperate environment. *Biotropica* 33(2):312-316.
- Ramírez, H. (2005). Producción sostenible de hortalizas. In: curso-taller introductorio producción sostenible de hortalizas. Posgrado en Agronomía. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Estado de Lara. 1-51 pp.

- Schnelle, M. A. and Henderson, J. C. (1991). Containers and media for the nursery. Oklahoma cooperative extension service. Extension facts. Oklahoma State University. 4 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Anuario estadístico de la producción agrícola). 2018 [Consultado 13 de octubre de 2020] Disponible en URL: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Steiner, A. (1961). A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition. *Plant Soil* 15: 134-154.
- Urrestarazu, M. (2013). State of the art and new trends of soilless culture in Spain and in emerging countries. *Acta Hort.* 1013: 305-312.
- Valenzuela, R., Gallardo, C. S., Carponi, M.S., Aranguren, M.E., Tabares, H.R. y Barrera, M.C. (2014). Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 4(4): 1-19.
- Vargas, P., Castellanos, J. Z., Muñoz, J.J., Sánchez, P., Tijerina, L., López, R.M., Martínez, C. y Ojo de agua, J. L. (2008). Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México* 34: 323-331.
- Villanueva C. E., Alcántar, G., Sánchez, P., Soria, M. y Larqué, A. (2010). Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio para la producción de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. con sustratos regionales en Yucatán, México. *Terra Latinoamer.* 28: 43-52.
- Yang, J. and Zhang, J. (2010). Crop management techniques to enhance harvest index in rice. *J. Exp. Botany* 61(12):3177-3189.

Semblanza del Autor

Carolina Isabel Basto Pool

Ingeniera Agrónoma con Maestría en Ciencias en Horticultura Tropical por el Tecnológico Nacional de México campus Conkal. Ha realizado investigaciones enfocadas a la resolución de problemas asociados durante el crecimiento, desarrollo y producción sustentable de especies hortícolas tropicales (invernadero y campo), empleando técnicas alternativas como el uso de sustratos orgánicos y la injertación en hortalizas para incrementar la tolerancia de las especies sobre organismos fitopatógenos asociados a enfermedades de la raíz. Además, se ha desempeñado como responsable y colaboradora en la elaboración y ejecución de diversos proyectos investigación en ciencia básica, aplicada y transferencia de tecnología, así mismo ha escrito y colaborado en diversas publicaciones científicas, también en la formación de recursos humanos y en la capacitación de estudiantes y productores.

Actualmente se desempeña como investigadora en el área de hortalizas en el Campo Experimental Mococho, Yucatán del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Yucatán, México.



Importancia del selenio en la producción de Ovinos en México

Enrique de Jesús Hernández Carrillo

Héctor Sánchez Pineda

Francisco Antonio Cigarroa Vázquez

María Eréndira Reyes García

Marisela Peralta Lailson

Importancia del selenio en la producción de Ovinos en México

Enrique de Jesús Hernández Carrillo, Héctor Sánchez Pineda, Francisco Antonio Cigarroa
Vázquez, María Eréndira Reyes García y Marisela Peralta Lailson

Resumen

Los pequeños rumiantes (ovinos y caprinos) fueron los primeros animales domesticados por el hombre. En la actualidad la producción de ovinos es reconocida como una actividad importante dentro del subsector ganadero. Porque es fundamental para la economía de las personas de bajos recursos y por la gran demanda de sus productos. Es esencial mantener un control eficaz de la nutrición de los ovinos, porque esta repercute en la calidad del producto (carne, lana y leche). Y para eso la mayoría de los elementos vitamínicos y minerales cumplen con diversas funciones que beneficia la homeostasis. En específico el selenio que es un micromineral considerado esencial para los pequeños rumiantes, porque su baja disponibilidad por vía oral (29 al 35%), está relacionada con la enfermedad del musculo blanco, problemas en la fertilidad, edemas, anemias, entre otros. Además de eso la mayor parte de la república mexicana es considerada selenodeficiente, por tener suelos ácidos, de origen volcánico y erosionados. Se han realizado diferentes investigaciones en donde han demostrado la importancia de este elemento en la ovinocultura y esta es una recopilación de ellas.

Palabras clave: Importancia, selenio, ovinos.

Importance of selenium in sheep production in Mexico

Abstract

Small ruminants (sheep and goats) were the first animals domesticated by man. Sheep production is currently recognized as an important activity within the livestock subsector. Because it is essential for the economy of low-income people and because of the high demand for its products. It is essential to maintain effective control of sheep nutrition, because this affects the quality of the product (meat, wool and milk). And for that, most of the vitamin and mineral elements fulfill various functions that benefit homeostasis. Specifically, selenium, which is a micromineral considered essential for small ruminants, because its low oral availability (29 to 35%) is related to white muscle disease, fertility problems, edema, anemia, among others. In addition, most of the Mexican Republic is considered selenodeficient, due to its acidic, volcanic and eroded soils. Different investigations have been carried out where they have demonstrated the importance of this element in sheep farming and this is a compilation of them.

Keyword: Importance, selenium, sheep

Introducción

Los ovinos junto con los caprinos fueron los primeros rumiantes domesticados por el hombre. De acuerdo a las últimas teorías, éstos animales se domesticaron hace unos 10,000 años. Las ovejas modernas provienen de Asia sudoccidental e inicialmente se criaron por su carne y posteriormente se aprovechó su lana (Simmons y Ekarius, 2009). Las ovejas fueron traídas a América alrededor del año 1500 (Koesiag, 2010). Actualmente la tendencia en México es desarrollar animales de conformación cárnica (Velázquez, 2015). Ya que esta constituye una de las fuentes para satisfacer las demandas calóricas y proteicas del hombre, y representa el 8.0 % de la producción de carne mundial (Figueredo e Iser, 2005).

Para una producción rentable es necesario una alimentación adecuada y su manejo durante todo el año. Toda dieta establecida debe incluir: energía (carbohidratos y grasas), proteína, vitaminas y minerales (Pugh, 2012). Es primordial conocer las consecuencias de la deficiencia de los minerales, en este caso el selenio. Porque incluso las fluctuaciones mínimas tienen un impacto significativo en la salud, en el rendimiento productivo y reproductivo (Hedao, *et al.*, 2008). Y además de eso, en la mayoría de los estados de México se encuentra carencia de este mineral en suelos y pastos debido a diferentes factores, tanto ambientales (origen del suelo, acidez, etc.) como a la sobre explotación de fertilizantes (por la erosión y minerales competitivos).

La deficiencia de selenio afecta seriamente la eficiencia productiva, la salud y la reproducción de los ovinos. Elevando la mortalidad en las crías (Ramírez *et al.*, 2001), con menores ganancias de peso, menor producción de leche y lana, entre otros. La fertilidad se compromete, tanto en machos como en hembras; afectando la calidad seminal (Beckett y Arthur, 2005; Oblitas *et al.*, 2000). También ayuda a prevenir la formación de quistes ováricos, a la mortalidad embrionaria en las primeras 3 o 4 semanas y la retención placentaria (Hemingway, 2003; Palmieri y Szarek, 2011). De igual forma afecta a hembras gestantes, redirigiendo sus niveles de selenio al producto y comprometiendo su salud. Por eso es fundamental la suplementación de selenio en los ovinos. Y sin descompensar los demás nutrientes y manejos zootécnicos.

Contexto teórico

México es un país cuya ovinocultura se caracteriza por estar en manos de pequeños productores rurales, con ingresos limitados, escaso acceso a insumos y tecnologías modernas

(De Lucas, *et al.*, 2003, González, Torres y Arece, 2010). Por fortuna, esta situación está cambiando, ya que cada vez es más frecuente el flujo de capital financiera a este rubro (Cuellar *et al.*, 2012a). Así mismo a pesar de que la producción ovina ocupa, por su impacto económico, uno de los últimos lugares en la industria pecuaria nacional, es reconocida como una actividad importante dentro del subsector ganadero por el alto valor que representa al constituir un componente beneficioso para la economía del campesino de escasos recursos y por la gran demanda de sus productos, especialmente entre la población urbana de las grandes ciudades, como la Ciudad de México y su área conurbana del Estado de México, Guadalajara y Monterrey (Cuellar *et al.*, 2012b).

La producción de ovinos en México en el año 2019, fue de 8,708,246 ovinos, de acuerdo a los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Teniendo en los primeros lugares de producción al estado de México, Hidalgo, Veracruz, Puebla, entre otros (Figura 1) (SIAP, 2020).

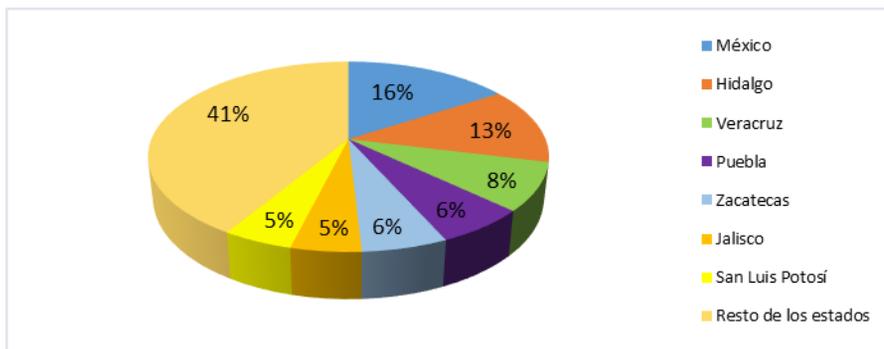


Figura 1. Participación estatal del rebaño ovino (2019). Fuente: SIAP (2020).

En la zona central de México, se producen carne y pieles con razas de lana como Suffolk, Hampshire, Rambouillet, Dorset y de pelo (Katahdin, Dorper y Pelibuey), la región sur-sureste se orienta principalmente a la producción de carne con razas de pelo (Pelibuey, Blackbelly, Katahdin y Dorper) y produce un poco de lana para uso artesanal con animales criollos en Oaxaca y Chiapas. La zona norte ahora se dedica a la producción de carne, no obstante, fue la principal proveedora de lana en épocas pasadas, por lo que aún se mantiene una población de animales de la raza Rambouillet, pero más recientemente se han introducido razas de pelo (Pelibuey, Katahdin y Dorper) (Velázquez, 2015). La orientación actual de la ovinocultura mexicana es primordialmente hacia la producción de carne, obteniendo altos precios en pie y canal en comparación a otras especies pecuarias (Fraire, 2010). Existen varios aspectos que, en corto plazo, deben considerarse seriamente para hacer de la produc-

ción ovina en México una actividad rentable, competitiva y sustentable.

Estos aspectos incluyen el establecimiento de esquemas de cruzamientos, la competitividad, abatir los costos de producción y mejorar los parámetros productivos actuales (Cuellar *et al.*, 2012b). Así mismo, los costos de la alimentación de los ovinos constituyen un gran porcentaje de los costos de producción. Si la alimentación es deficiente, la explotación ovina no tendrá éxito (Koesiag, 2010). Para una producción rentable es necesario una alimentación adecuada y su manejo durante todo el año. Los productores deben conocer los requerimientos nutricionales de los animales durante las diferentes etapas de su vida. Los nutrientes generales que debe incluir, son energía (carbohidratos y grasas), proteína, vitaminas y minerales (Pugh, 2012).

Minerales en la producción ovina

Nutricionalmente a los minerales se les ha ubicado como el tercer factor más limitante en la producción animal, ya que los desbalances minerales en suelos y forrajes son considerados responsables de la baja productividad (Hall *et al.*, 2013a; Mainville *et al.*, 2009). Y su importancia radica en que son necesarios para la transformación de los alimentos en componentes del organismo o en productos animales como leche, carne, crías, piel, lana, entre otros (Arcesio, 2010).

Bioquímicamente, los minerales tienen funciones orgánicas, en forma elemental o incorporados en compuestos específicos como el Calcio (Ca), Fósforo (P), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K), Azufre (S), Cloro (Cl), Hierro (Fe), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Yodo (I), Manganeso (Mn), Selenio (Se) y Zinc (Zn), estas funciones en fisiología animal están interrelacionados y equilibrados entre sí y raramente pueden considerarse como elementos aislados con papeles independientes y autosuficientes en procesos organizados del cuerpo animal (Underwood y Suttle, 2002; Huang *et al.*, 2007; Eun *et al.*, 2013).

En la alimentación de los animales existen dos grupos de elementos esenciales; nombrados así porque las células vivas no pueden sintetizarlos ni degradarlos (Ávila *et al.*, 2013). Constituyen aproximadamente entre el 4 a 5% del peso corporal de un animal (McDowell y Arthington, 2005; Gürsu y Aygün, 2014), y según su concentración tisular se clasifican en: a) macroelementos (>100 ppm), y b) microelementos (<100 ppm) (Botana, Fabina y Martín, 2002).

Se consideran como minerales críticos para los ovinos en pastoreo el calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (I), selenio (Se) y zinc (Zn); otros como el Cu, Co, hierro (Fe), Se, Zn y molibdeno (Mo) disminuyen conforme avanza la edad del forraje. Por otra parte, los requerimientos de minerales para los rumiantes dependen del fin zootécnico, nivel de producción, edad de los animales, nivel y forma química del elemento, interrelación con otros minerales, raza y adaptación del animal a los suplementos (Bhausahab *et al.*, 2014). Así mismo, dependiendo de la región en donde se encuentren los ovinos, pueden presentarse deficiencias y exceso de minerales (Libien, 2014). El aporte deficiente de selenio, cobre, hierro, azufres y zinc ocasiona importantes trastornos metabólicos ante el cual los ovinos son muy susceptibles, reflejándose clínicamente por: anorexia, emaciación, retardo en el crecimiento, anemia, trastornos locomotores, bajas tasas reproductivas y alta mortalidad en el período perinatal y posnatal (Underwood y Suttle, 2002; NRC, 2007; Pavlata *et al.*, 2011).

El selenio

En 1818, el químico suizo Jons Jacob Berzelius descubrió el selenio, lo nombró Selene por la diosa griega de la luna. Ciento cuarenta y cinco años más tarde, Schwarz y Foltz identificaron que el selenio es un elemento esencial para la salud animal cuando descubrieron que pequeñas cantidades protegen contra la necrosis hepática en ratones deficientes de vitamina E. (Brown y Arthur, 2001).

Deficiencia de selenio en suelos y forrajes de México

Existen diversos factores que afectan la concentración de los minerales en los forrajes, como el tipo de suelo (ácidos), la presencia de otros elementos competitivos (calcio, azufre, cobre y arsénico), presencia de contaminantes, las sucesivas fertilizaciones, las especies forrajeras presentes, el clima, la estación del año y la edad de las plantas. Estos factores pueden modificar y anular la posibilidad de que los animales cubran sus necesidades en micro-minerales durante el año (Zarczynska *et al.*, 2013). Y de acuerdo al análisis físico-químico del suelo se ha observado que a medida que aumenta la cantidad de arena en el suelo disminuye el selenio; de la misma forma la cantidad de arcilla afecta positivamente su concentración (Hall *et al.*, 2009).

Los suelos volcánicos prácticamente no contienen selenio, las plantas que crecen en este tipo de suelo sufren la deficiencia y la deficiencia ocurrirá en aquellos animales que se alimentan de ellas (Ramírez *et al.*, 2001). La zona norte de la república mexicana es selenífera

y la zona del altiplano hacia las costas es selenodeficiente (Ramírez *et al.*, 2001). Concentraciones de 0.1 a 0.5 ppm de selenio se consideran adecuadas; niveles de 0.024 a 0.096 ppm son deficientes (Hall *et al.*, 2009). Los niveles de selenio en forrajes y granos en forma adecuada son de 0.1 ppm; en una forma moderada de 0.075 a 0.1 ppm; en un estado bajo 0.05 a 0.075 ppm y en un estado deficiente 0.05 ppm (Alimohamady *et al.*, 2013). Y como es de esperarse, se han establecido claras correlaciones entre la presencia del selenio en el suelo, las plantas y los tejidos animales, por eso es fundamental su suplementación en los animales (Ramírez *et al.*, 2004).

Consecuencias de la deficiencia de selenio en la producción ovina

Aunque la deficiencia ha sido señalada en todas las especies, los rumiantes parecen ser más sensibles al padecimiento y en particular la situación parece ser más grave para los ovinos y caprinos (Ramírez *et al.*, 2005). Esta mayor susceptibilidad se atribuye al ambiente retículo-rumen, que genera formas insolubles (Se elemental y selenurs) y una pérdida significativa del elemento resultante de su uso por microorganismos ruminales, incorporándose a las proteínas bacterianas con la formación de selenoaminoácidos (Harrison y Conrad, 1984).

Whanger (2002) informó que la flora ruminal de las ovejas adultas había alcanzado una concentración promedio de 46 veces mayor de selenio que la concentración en la dieta que consumían. Esto explicaría la menor absorción de Se en rumiantes, que en monogástricos registran del 77 al 85% y en rumiantes del 29-35%, cuando es administrado por vía oral; siendo el principal sitio de absorción del elemento es el duodeno (Sarabia, 2004).

La carencia de selenio afecta seriamente la eficiencia productiva y la salud de los animales, incluso eleva la mortalidad en las crías, cuando la deficiencia es grave, como consecuencia de lesiones degenerativas en el miocardio (Ramírez *et al.*, 2001). Entre las anomalías mejor documentadas se señalan menores ganancias de peso, menor producción de leche y lana (Beckett y Arthur, 2005; Oblitas *et al.*, 2000).

También se incrementa la fragilidad eritrocítica provocando anemia y daño en los endotelios resultante en anasarca, por la menor actividad de GSH-Px (Hefnawy y Tórtora, 2008). Así mismo, el daño a las estructuras membranales se considera también la base del cuadro clínico con que inicialmente se reconoce a la deficiencia de selenio; “la enfermedad del músculo blanco” (DMP) o “distrofia muscular nutricional” (MND) con cambios degenerativos en músculo esquelético y en animales jóvenes en miocardio (Gabryszuk y Klewicz, 2002).

La miopatía nutricional degenerativa también denominada enfermedad del músculo blanco, debido a la decoloración de las masas musculares afectadas, ocasiona problemas locomotores en los animales. Esta enfermedad llamada también paso rígido de los corderos, tiene distribución mundial, afecta a animales jóvenes, generalmente localizados en latitudes templadas. En algunas zonas su incidencia es baja, estacional y esporádica; y en otras zonas la incidencia es más elevada y persistente, afectando en algunos casos al 10% o más del rebaño, sobre todo se ha observado alta incidencia en rebaños con un manejo extensivo sin suplementación (Beilstein y Whanger, 2005; Burk y Hill, 2009; Gresáková *et al.*, 2013).

La enfermedad existe en dos formas: la aguda, que afecta al músculo cardíaco, y la subaguda, que afecta principalmente a los músculos esqueléticos. Los signos clínicos de la DMP aguda incluyen taquicardia, arritmia, disnea en reposo y cianosis y el 60% de los casos, conduce a la muerte súbita. En la DMP subaguda los animales afectados tienen dificultad para ponerse de pie y mantenerse parados. También a los animales jóvenes afectados por hiposelenosis son más susceptibles a enfermedades respiratorias. e infecciones gástricas. (Aleman, 2008).

El selenio y la inmunidad

El selenio también actúa como catalizador de la hormona activa tiroidea y es necesario para el funcionamiento del sistema inmune (Boggero y Castro, 2005). Esta aumenta los niveles de anticuerpos, mejorando la actividad fagocítica de los neutrófilos, granulocitos y macrófagos. Así mismo cuando es estimulado aumenta el recuento de linfocitos T (Hoffman, 2007, Kamada *et al.*, 2007).

Las células T son particularmente sensibles a la deficiencia de selenio porque su membrana celular contiene lípidos que se oxidan más fácilmente que la membrana que tienen los linfocitos B (Arthur, Mckenzie y Beckett. 2003). También el selenio influye en los mecanismos de la inmunidad humoral, aumentando los niveles de la inmunoglobulina tipo M (Maggini *et al.*, 2007).

Consecuencias de la deficiencia de selenio en la reproducción ovina

También la deficiencia de selenio produce una baja eficiencia reproductiva, con reducción en la fertilidad, la prolificidad y la calidad seminal (Beckett y Arthur, 2005; Oblitas *et al.*, 2000). Diversos estudios reportan que una deficiencia de selenio está asociada con problemas de inhibición de la secreción de testosterona y esto ocasiona una pérdida de la integridad estructural de la cola del espermatozoide, con la consecuente pérdida de la motilidad

(Matheus y López, 2008). Estas anomalías se han asociado a la menor actividad de una glutatiónperoxidasa, que se llama espermático núcleo GSH-Px, presente en el núcleo del espermatozoide el único lugar donde existe esta selenoproteína, que presuntamente participaría en la distribución de las proteínas asociadas al ADN (Beckett y Arthur, 2005) y esta enzima es importante para la maduración del espermatozoide (Behne y Kyriakopoulos, 2001). De igual manera la deficiencia de selenio disminuye el número de espermatozoides en el eyaculado (Hefnawy y Tórtora, 2008).

Se ha señalado que la fertilidad y la prolificidad de las ovejas puede ser mejorada con la suplementación de Se (Segerson y Ganapathy, 1980). Y ayuda a prevenir la formación de quistes ováricos, la mortalidad embrionaria en las primeras 3 o 4 semanas y la retención placentaria (Hemingway, 2003; Palmieri y Szarek, 2011). Así mismo, a problemas de parto resultantes por la tensión reducida de la capa muscular del útero (Moeini, Karami y Mikaeili, 2009). Sin embargo, Gabryszuk y Klewicz (2002), indican que la administración de Se o de Se con vitamina E no tuvo efecto sobre el ciclo estral, ni en la fertilidad de las ovejas.

Aunque los resultados contradictorios de la suplementación con Se sobre la fertilidad y la productividad podrían depender de la gravedad de la deficiencia, las condiciones de suplementación y la aparente capacidad del sistema para priorizar la síntesis enzimática en estas condiciones (Hefnawy y Tórtora, 2010).

Deficiencia de selenio en el animal gestante y los recién nacidos.

El momento crítico en el que el selenio es fundamental en la vida del animal; es al final de la gestación y durante la lactancia (Hefnawy y Tórtora, 2010). Esto se debe a que hay una reducción marcada de los niveles de selenio plasmático materno, a medida en que avanza la gestación y los productos aumentan de tamaño y de peso (Beckett y Arthur, 2005; Abd El-Ghany *et al.*, 2008).

Las hembras gestantes transfieren este elemento al producto (transferencia placentaria) y a la descendencia al nacimiento (calostro y leche) (Hefnawy y Tórtora, 2010). Así mismo en rumiantes, la transferencia placentaria del selenio ocurre incluso en hembras con deficiencia, estos animales sacrifican su propia condición para proporcionar este mineral al feto (Rock, 1998; Abd El-Ghany *et al.*, 2008). Las ovejas gestantes que no reciben el aporte adecuado de selenio durante el último tercio, pueden procrear corderos débiles al parto con degeneración del sistema músculo esquelético, atrofia gradual de las masas musculares y hepatosis (Ramírez *et al.*, 2004; Hall *et al.*, 2009 y 2013b).

Diagnóstico de la deficiencia de selenio

La concentración de selenio en los tejidos del animal, particularmente el hígado, ha sido usada para conocer el estado de selenio de los animales, con menores variaciones que su medida en sangre (Hefnawy y Tórtora, 2010). Sin embargo, existe una alta correlación entre la actividad de GSH-Px y el nivel de selenio en sangre, por lo que esta enzima también se puede utilizar como indicador de deficiencias (Oblitas *et al.*, 2000).

También se puede determinar este mineral en el suelo y en el forraje para diagnosticar su deficiencia y conocer el estado de disponibilidad en una región en particular (Hefnawy y Tórtora, 2010). El diagnóstico de estos trastornos se basa en la evaluación clínica de los animales y de sus registros productivos, en la medición del contenido de minerales en los tejidos (sangre, hígado, riñón, etc.), en los alimentos y en los ensayos de relación entre dosis y respuesta (Botana *et al.*, 2002).

Y también hay que saber diferenciar entre la disponibilidad del selenio en ovejas y corderos, porque puede estar influenciadas por los requerimientos de los órganos, la movilización del elemento, los requerimientos en diferentes estados fisiológicos y edades, y la aparente jerarquía en su contribución a los distintos órganos. Por otro lado, se debe considerar que los corderos tienen una actividad digestiva similar a los no rumiantes, en los que la utilización de selenio de la dieta es mayor (Hefnawy y Tórtora, 2010).

Suplementación de Selenio

Se puede prevenir la deficiencia de selenio en las regiones y poblaciones de animales diagnosticados, por medio de la suplementando de este mineral (Hefnawy y Tórtora, 2010). Una manera de proveer minerales es la inclusión de los mismos en la dieta (en los concentrados), esta es la modalidad más utilizada en las explotaciones intensivas (industrias avícola, porcina o vacuna) donde existe un control estricto de la ración. Por otra parte, en las explotaciones extensivas (bovinos, ovinos y caprinos en régimen de pastoreo) se maneja muy poco la ración, y por eso se han desarrollado alternativas como las inyecciones parenterales y los dispositivos intrarruminales de liberación controlada (Botana *et al.*, 2002).

Las fuentes de selenio incluyen sales inorgánicas (selenatos y selenitos) y selenometionina o formas menos purificadas como selenolevadura. En la dieta, se puede utilizar cualquiera de estas formas, pero en forma inyectable o en bolo, solo las sales inorgánicas pueden alcanzar concentraciones adecuadas en cantidades suplementadas (Revilla *et al.*, 2008). Los requer-

imientos de selenio para ovinos, según NRC (1985), eran de 0.05 a 0.1 mg/kg de MS de la dieta, pero en 2007 cambiaron a un rango de 0.1 a 0.3 mg/kg de la dieta (NRC, 2007) en función de la forma y nivel de producción.

Las concentraciones de selenio en diferentes tejidos constituyen buenos indicadores del nivel de este mineral en el animal; los valores fluctúan con el consumo dietético del elemento, niveles de 1.0 ppm en la corteza renal y 0.1 ppm o más en el hígado (materia húmeda) se encuentran en el límite y 0.02 ppm representa una deficiencia grave. Rangos de concentración (en base seca) en hígado de 0.2 - 0.7 ppm; en corteza renal 1.0 - 2.1 ppm; en corazón 0.09 - 0.2 ppm, y en músculo 0.1 - 0.5 ppm indican cantidades adecuadas de selenio en los ovinos (Hall *et al.*, 2014).

Toxicidad de Selenio

Originalmente la problemática del selenio fue analizada por los efectos tóxicos del metal, antes de que se definiera su importancia como un microelemento imprescindible para la vida animal. La toxicidad por selenio es una amenaza seria en los suelos de las regiones seleníferas (Allan, Lacourciere y Stadtman, 1999; Driscoll y Copeland, 2003). La eliminación de selenio en los rumiantes se lleva a cabo principalmente a través de las heces, pero también se realiza de forma rápida a través de orina, bilis, leche, sudor y aire exhalado (Gresáková *et al.*, 2013). Las heces constituyen la principal vía de excreción del selenio administrado oralmente a rumiantes adultos (Alimohamady *et al.*, 2013). La intoxicación aguda por selenio (selenosis aguda) se produce por sobredosisificación oral o parenteral y se caracteriza por muerte súbita. En caso de supervivencia se observan anorexia, ataxia, letargia, dolor abdominal y muerte en 1 a 2 días postexposición (Botana *et al.*, 2002; McDowell y Arthington., 2005).

Esta intoxicación es más común con el selenito de sodio, ya que al ser más soluble se absorbe rápidamente. La dosis letal 50 (DL50) parenteral para el selenito de sodio es de 0.45 mg de Se/kg en ovinos (Botana *et al.*, 2002; Elsheikh *et al.*, 2014). No hay tratamiento específico conocido para tratar los casos agudos de intoxicación y los animales afectados mueren incluso antes de que se haya establecido el diagnóstico (Hefnawy y Tórtora, 2008). Si es crónico, se observa pérdida de vitalidad, crecimiento anormal y posterior pérdida de pezuñas y cuernos, caída de pelo, atrofia y cirrosis hepática, nefritis (McDonald *et al.*, 2011; Shimada, 2009).

La forma más efectiva de evitar la presentación de selenosis en los animales es diagnosticar adecuadamente el problema, identificar la fuente de intoxicación y procurar evitar el pastoreo de los animales en potreros con plantas seleníferas o intentar eliminar estas plantas. Y cuando la selenosis es consecuencia de tratamientos de suplementación, se debe calcular correctamente la dosificación de los suplementos. También la fertilización de los campos con azufre puede mejorar la relación azufre/selenio en el suelo y reducir la captación del selenio por los vegetales. Así mismo el incremento de proteína en la dieta o en la mezcla de alimentos con niveles elevados de selenio, ayudan a diluir las concentraciones tóxicas (Hefnawy y Tórtora, 2008).

Referencias

- Abd El-Ghany, H., López, A. E., Revilla, V. R., Ramírez, B. A. y Tórtora, P. J. (2008). Effect of pre- and postpartum selenium supplementation in sheep. *J. Anim. Vet. Adv.* 7, (1) 61–67. ISSN: 1680-5593.
- Aleman M. (2008). A review of equine muscle disorders. *Neuromuscul. Disord.*, 18: 277-287. doi: 10.1016 / j.nmd.2008.01.001.
- Alimohamady, R., Aliarabi, H., Bahari, A. y Dezfoulian, A.H. (2013). Influence of different amounts and sources of selenium supplementation on performance, some blood parameters, and nutrient digestibility in lambs. *Biol. Trace Elem. Res.*, 154:45-54.
- Allan, C. B., Lacourciere, G. M. y Stadtman, T.C. (1999). Responsiveness of selenoproteins to dietary selenium. *Annu. Rev. Nutr.* v. 19, 1-16.
- Arcesio, S.C. (2010). Suplementación de minerales en la producción bovina. *Redvet*, 11 (9).
- Arthur, J. R., Mckenzie, R. C. y Beckett, G. J. (2003). Selenium in the immune system. *J. Nutr.*, 133: 1457-1459. doi: 10.1093 / jn / 133.5.1457S.
- Ávila, G. J., Bouda, J., Quiroz, R. G. F. y Juárez, R. S. (2013). Deficiencia de macrominerales y microminerales orgánicos (Ca, P, Cu, Zn) y su impacto en el ganado lechero. XXXVII Congreso Nacional de Buiatría. Memorias, 3-18. México.
- Beckett, G.J. y Arthur, J.R., (2005). Selenium and endocrine systems. *J. Endocrinol.* 184, 455–465. doi: 10.1677 / joe.1.05971.
- Behne, D. y Kyriakopoulos, A. (2001). Mammalian seleniumcontaining proteins. *Annu. Rev. Nutr.* v. 21, p. 453-473, 2001. doi: 10.1146/annurev.nutr.21.1.453.

- Beilstein, M.A. y Whanger, P.D. (2005). Selenium accumulation tissues, tissue fractions and cytosolic proteins in rats. *Biochem. Arch.*, 1:153-162.
- Bhausahab, K. S., Tiwari, S. P., Sahu, T., Naik, S. K. y Gendley, M. K. (2014). “Trace mineral status of soil, feed and animal in Chhattisgarh state (India)”. *International Journal of Advanced Research*, 2 (5), 443-444. ISSN: 2320-5407.
- Boggero, C., y Castro, R. (2005). Carencia de Selenio (Se) y Vitamina E. *Arch. Zootec.* 34:113-120.
- Botana, L. M., Fabina, L. M. y Martín, J. T. (2002). *Farmacología y terapéutica veterinaria*. Edt. McGraw-Hill/Interamericana, España.
- Brown, K. M. y Arthur, J. R. (2001). Selenium, selenoprotein and human health: a review. *Public Health Nutrition*. 4 (2B): 593 – 599. doi: 10.1079 / phn2001143.
- Burk, R.F. y Hill, K.E. (2009). Selenoprotein P-expression, functions, and roles in mammals. *Biochim Biophys Acta*, 1790:1441-1447.
- Cuéllar, O. J., Tórtora, P. J., Trejo, G. A. y Román R. P. (2012b). *La producción ovina mexicana. Particularidades y complejidades*. 1ª. Edc. Edt. Ariadna. México.
- Cuéllar, O. J., Tórtora, P. J., Trejo, G. A. y Román R. P. (2012a). *La producción caprina mexicana. Particularidades y complejidades*. 1ª. Edc. Edt. Ariadna. México.
- De Lucas, T. J., Zarco, Q. L. A., González, P. E., Tórtora, P. J., Villa, G. A. y Vásquez, P. C. (2003). Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Vet. Méx.* 34:1-21.
- Driscoll, D. M. y Copeland, P. R. (2003). Mechanism and regulation of selenoprotein synthesis. *Ann. Rev. Nutr.* v. 23, 17-40, doi:10.1146/ annurev.nutr.23.011702.073318.
- Elsheikh, A. H., Al-Hassan, M. J., Mohamed, H. E. y Abudabos, A. M. (2014). “Effect of injectable sodium selenite on the level of stress biomarkers in male aardi goats Indian”. *Journal of Animal Research*, 48 (3). doi:10.5958/j.0976-0555.48.3.051.
- Eun, J.S., Davis, T.Z., Vera, J.M., Miller, D.N., Panter, K.E. y ZoBell, D.R. (2013). Addition of high concentration of inorganic selenium in orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) hay diet does not interfere with microbial fermentation in mixed ruminal microorganisms in continuous cultures. *J. Anim. Sci.*, 29:39-45.

- Figueredo, B. L., e Iser T. M. (2005). Los ovinos. Una producción de bajos insumos. RED-VET. Revista electrónica de Veterinaria 6(9), 1-19.
- Fraire, C. S. (2010). Selenio y Vitamina E en la fertilidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con progesterona (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados.
- Gabryszuk, M. y Klewicz, J. (2002). Effect of injecting 2-and 3-year-old ewes with selenium and selenium-vitamin-E on reproduction and rearing of lambs. *Small Rumin. Res.* 43, 127-132. doi: 10.1016 / S0921-4488 (02) 00005-6.
- González, G. R., Torres, H. G. y Arece, G. J. (2010). Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadres al año. *Zoot. Trop.* 28:51-56.
- Gresáková, L., Cobanová, K. y Faix, S. (2013). Selenium retention in lambs fed diets supplemented with selenium from inorganic or organic sources. *Small Rumin. Res.*, 111:76-82.
- Gürsu, G. y Aygün, T. (2014). Serum Calcium, Potassium, Phosphorus and Cobalt Levels of Awassi Ewes Maintained at Village Conditions during Lactation Period. *Elsevier. APCBEE Procedia*, 8, 6-7.
- Hall, J.A., Bobe, G., Nixon, B.K., Vorachek, W.R., Hujeriletu, N.T., Mosher, W.D. y Pirelli, G.J. (2014). Effect of transport on blood selenium and glutathione status in feeder lambs. *J. Anim. Sci.*, 92:4115-4122.
- Hall, J.A., Bobe, G., Vorachek, W.R., Hujeriletu, G.M.E., Mosher, W.D. y Pirelli, G.J. (2013a). Effects of feeding selenium-enriched alfalfa hay on immunity and health of weaned beef calves. *Biol. Trace Elem. Res.*, 156:96-110.
- Hall, J.A., Van Saun, R.J., Nichols, T., Mosher, W. y Pirelli, G. (2009). Comparison of selenium status in sheep after short-term exposure to high-selenium-fertilized forage of mineral supplement. *Small Ruminant Res.*, 82:40-45.
- Hall, J.A., Vorachek, W.R., Stewart, W.C., Gorman, M.E., Mosher, W.D., Pirelli, G.J. y Bobe, G. (2013b). Selenium supplementation restores innate and humoral immune responses in footrot-affected sheep. *PLoS One*, 8:82-91.
- Harrison, J. H. y Conrad, H. R. (1984). Effect of selenium intake on selenium utilization by the non-lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 67, 219-223.

- Hefnawy, E. A. y Tórtora, P. J. (2008). “Selenio y salud animal” importancia, deficiencia, suplementación y toxicidad. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. Unipar.*, 11(2), 153-165.
- Hefnawy, E. A. y Tórtora, P. J. (2010). The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Ruminant Research* 89, 185-192.
- Hemingway R. G. (2003). The influences of dietary intakes and supplementation with selenium and vitamin E on reproduction disease and reproductive efficiency in cattle and sheep. *Vet. Res. Comm.*, 27, 159-174. doi:10.1023/A:1022871406335.
- Hoffman P. R. (2007). Mechanisms by which selenium influences immune responses. *Arch. Immunol. Ther. Exp.* 55: 289-297. doi: 10.1007/s00005-007-00364
- Huang, Z.H., Luque, R.M., Kineman, R.D. y Mazzone, T. (2007). Nutritional regulation of adipose tissue apolipoprotein E expression. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 293:203-209.
- Kamada H., Nonaka I., Ueda y Murai M. (2007). Selenium addition to colostrum increases immunoglobulin G absorption by newborn calves. *J. Dairy Sci.*, 90: 5665-5670. doi: 10.3168 / jds.2007-034.
- Koesiag, J. H. I. (2010). *Ovinos. Manual para la Educación Agropecuaria.* SEP-Trillas. México.
- Libien, J. Y. (2014). Efecto de la adición de Selenio Orgánico en la dieta de ovinos en finalización sobre la vida de anaquel de la carne (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de México.
- Maggini S., Wintergerst E.S., Beveridge S. y Horning D.H. (2007). Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and celular and humoral immune responses. *Br. J. Nutr.*, 98: 29-35.
- Mainville, A.M., Odongo, N.E., Bettger, W.J., McBride, B.W. y Osborne, V.R. (2009). Selenium uptake by ruminal microorganisms from organic and inorganic sources in dairy cowa. *Can. J. Anim. Sci.*, 89:105-110.
- Matheus, C. N. y López, A. (2008). Asociación entre la concentración sérica de testosterona y la actividad de la enzima glutatión peroxidasa en testículos de ratones en diferentes edades. *Rev. Científica. FCV-LUZ.* 18(3):305-311.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F., Morgan, C. A., Sinclair, L. A, y Wilkinson,

- R. G. (2011). *Animal nutrition*. 7ª. Edc. Edt. Pearson Prentic Hall. England.
- McDowell, L. R., Arthington, J. D. (2005). *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Universidad de Florida. USA. 6-47.
- Moeini M.M., Karami H. y Mikaeili E. (2009). Effect of selenium and vitamin E supplementation during the late pregnancy on reproductive indices and milk production in heifers. *Anim. Reprod. Sci.*, 114: 109–114. doi:10.1016/j.anireprosci.2008.09.012.
- NRC. US National Research Council. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Committee on the Nutrient Requirements of Small Ruminants, National Research Council (USA), National Academies Press, Washington, D.C. 384.
- Oblitas, F., Contreras, P.A., Böhmwald, H. y Wittwer, F., (2000). Efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad sanguínea de glutatión peroxidasa (GSH-PX) y ganancia de peso en bovinos selenio deficientes mantenidos a pastoreo. *Arch. Med. Vet.* 32(1), 55–62.
- Palmieri CH. y Szarek J. (2011). Effect of maternal selenium supplementation on pregnancy in humans and livestock. *J. Elem.*, 16(1): 143-156.
- Pavlata, L., Chomat, M., Pechova, A., Misurova, L. y Dvorak, R. (2011). Impact of long-term supplementation of zinc and selenium on their content in blood and hair in goats. *Vet. Med.*, 56:63-74.
- Pugh, D. G. (2012). Nutritional requirements of sheep. *The Merck Veterinary Manual*. Recuperado de: http://www.merckvetmanual.com/mvm/management_and_nutrition/nutrition_sheep/nutritional_requirements_of_sheep.html.
- Ramírez B. E., Tórtora, J. L., Aguirre, A. y Hernández L. M. (2001). Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican Plateau. *Small Rumin. Res.* 41: 81-85.
- Ramírez, B. E., Hernández, C. E., Hernández, C. M. y Tórtora, P. J., (2004). Effect of parenteral supplement with sodium selenite on lamb mortality and hematic values of selenium. *Agrociencia*, 38(1), 43–51.
- Ramírez, B. E., Tórtora, J. L., Huerta, M., Hernández, L. M., López, R. y Crosby, M., (2005). Effect of selenium–vitamin E injection in selenium-deficient dairy goats and kids on the Mexican plateau. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57(1), 77–84.

- Revilla, V.A., Ramírez, B.E., López, A.R., Hernández, C.M., Tórtora, P.J., García, G.E. y Cruz, M.R., (2008). Supplement of selenium with intraruminal bolus of sodium selenite in sheep. *Agrociencia*, 42(6), 629–635. ISSN:2521-9766.
- Rock, M. (1998). The effect of level and chemical form of dietary selenium on maternal transfer of selenium, and concentrations of thyroid hormones and immunoglobulins in sheep (MSc. Thesis). Washington State University.
- Sarabia, M. M. (2004). Desarrollo de un bolo intraruminal de liberación prolongada con Se orgánico de levaduras para bovinos productores de leche (Tesis Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Segerson, E. C. y Ganapathy, S. N. (1980). Fertilization of ova in selenium/vitamin E treated ewes maintained on two planes of nutrition. *J. Anim. Sci.* 51(2), 386–394.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2020). Inventario 2019 ovino. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/564337/Inventario_2019_ovino.pdf.
- Shimada, A. (2009). *Nutrición Animal*. 2ª. Edc. Edt. Trillas. México.
- Simmons, P. y Ekarius, C. (2009). *Guía de la cría de ovejas. Reproducción, cuidados e instalaciones*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 485 pp.
- Underwood, E. J. y Suttle, N. F. (1999). *Mineral nutrition of Livestok*. 3ª. Edc. CAB Internacional, Ucrania.
- Underwood, E.J. y Suttle, N.F. (2002). *Los minerales en la nutrición del ganado*. 3ª. Edc. Edt. Acribia, España.
- Velázquez, G. G. (2015). Efecto de la adición de Selenio Orgánico en la dieta de Ovinos en finalización sobre las características Físicoquímicas, Bioquímicas y Microbiológicas de la Carne. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma del Estado de México.
- Whanger, P. D. (2002). Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. *J. Am. Coll. Nutr.*, 21, 223–232. doi: 10.1080/07315724.2002.10719214.
- Zarczynska, K., Przemyslaw, S., Radwinska, J. y Rekawek, W. (2013). Effects of Selenium on Animal Health, *J. Elem. S.* 329-340. doi: 10.5601/jelem.2013.18.2.12.

Semblanza de Autores

Enrique de Jesús Hernández Carrillo

Es Médico Veterinario Zootecnista egresado de la Universidad Autónoma de Chiapas y actualmente pasante de la Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Héctor Sánchez Pineda

Es Médico Veterinario Zootecnista y tiene una Maestría en Producción Animal (Ovinos y Caprinos) por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México. Tiene perfil Promep para profesores de tiempo completo de educación superior por la Secretaría de Educación Pública.

Es Profesor de las Unidades de Competencia de Zootecnia de Ovinos y Caprinos, así mismo de la Unidad de competencia de Clínica de Ovinos y Caprinos. Es responsable de la Posta de Ovinos y Caprinos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus II de la Universidad Autónoma de Chiapas. Y es integrante del Cuerpo Académico: Sistemas de producción de pequeños rumiantes en Chiapas. Con registro UNACH-CA 123, en la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública.

Francisco Antonio Cigarroa Vázquez

Es Médico Veterinario Zootecnista egresado de la Universidad Autónoma de Chiapas, tiene una Maestría y Doctorado en Ciencias en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería por el Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. Realizó una estancia Doctoral en el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria en Madrid, España.

Es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, de igual forma es Editor en jefe de la Revista Científica Ciencia e Innovación (ISSN 2594 -150X) y colaborador en el Programa de Conservación de Razas Españolas de Gallinas. Alcalá de Henares, Madrid, España. Actualmente es profesor investigador de la Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa de la Universidad Autónoma de Chiapas.

María Eréndira Reyes García

Es Médico Veterinario Zootecnista y tiene una Maestría en Producción Animal (Ovinos y Caprinos) por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México. Tiene perfil PRODEP para profesores de tiempo completo de educación superior por la Secretaría de Educación Pública. Y es Integrante del Cuerpo Académico: Sistemas de producción de pequeños rumiantes en Chiapas. Con registro UNACH-CA 123, en la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública. Coordinadora Académica DES Ciencias Agropecuarias UNACH.

Es responsable del Laboratorio de Biotecnología de Pequeños Rumiantes y profesora de las Unidades de Competencia de Patología General, Patología Sistémica y Legislación Pecuaria en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus II de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Marisela Peralta Lailson

Es Médico Veterinario Zootecnista y tiene una Maestría en Producción Animal (Ovinos y Caprinos) por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México. Fue Docente de la Asignatura de Clínica Ovina y Caprina en la FES-Cuautitlán, UNAM y Docente de la asignatura Producción de Pequeños Rumiantes en el Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chapingo. Tiene perfil Promep para profesores de tiempo completo de educación superior por la Secretaría de Educación Pública.

Y es integrante del Cuerpo Académico: Sistemas de producción de pequeños rumiantes en Chiapas. Con registro UNACH-CA 123, en la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública. Es Profesora Investigadora en el Instituto de Estudios Indígenas, UNACH y Profesora de las Unidades de Competencia de Zootecnia de Ovinos y Caprinos, y así mismo de la unidad de competencia de Clínica de Ovinos y Caprinos, Parasitología y Microbiología en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus II de la Universidad Autónoma de Chiapas.



**Estimación de la frecuencia del polimorfismo del gen miostatina de Ovinos de
raza Dorper**

Zambrano Montero Nancy

Ruiz Sesma Benigno

Ruiz Sesma Herbey

Mendoza Nazar Paula

Bautista Trujillo Gerardo Uriel

Ibarra Martínez Carlos

Oliva Llaven María Angela

Tejeda Cruz Carlos

Cigarroa Vázquez Francisco Antonio

Rojas Martínez Reina Isabel

Estimación de la frecuencia del polimorfismo del gen miostatina de Ovinos de Raza Dorper

Zambrano Montero Nancy, Ruiz Sesma Benigno, Ruiz Sesma Herbey, Mendoza Nazar Paula, Bautista Trujillo Gerardo Uriel Ibarra Martínez Carlos, Oliva Llaven María Angela, Tejeda Cruz Carlos, Cigarroa Vázquez Francisco Antonio, Rojas Martínez Reina Isabel.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue estimar la frecuencia del polimorfismo del gen Miostatina en ovinos de raza Dorper en el estado de Chiapas. Se utilizaron 83 individuos pertenecientes a los criadores de registro de razas puras del estado de Chiapas. Las muestras de sangre se colectaron en tubos con anticoagulante, el ADN se extrajo usando el kit comercial Quick-DNA™ Miniprep Plus Kit de la empresa ZYMO research, posteriormente se evaluó calidad del ADN usando el NanoDrop One. El genotipo se determinó por amplificación de PCR; posteriormente se realizó el método de restricción de longitud de polimorfismo (RFLP) usado enzimas de restricción HaeIII. Se realizó electroforesis de los fragmentos amplificados en geles de agarosa 2% teñido con Bromuro de Etidio. Cada muestra fue verificada visualmente en un Fotodocumentador. Se encontró que el 100% de los ovinos de raza Dorper evaluados presentaron el gen de Miostatina mutado. Esto se debe a que los ovinos provienen de criadores de razas puras y se han mejorados genéticamente para producción y calidad de carne.

Palabras clave: Polimorfismo, Miostatiana, Dorper, Registro.

Stimulation of the frequency of polymorphism of the miostatin gene of dorper sheep.

Abstract

The objective of this study was to estimate the frequency of polymorphism of the Miostatina gene in Dorper sheep in the state of Chiapas. 83 individuals belonging to the purebred registration breeders of the state of Chiapas were used. Blood samples were collected in anticoagulant tubes, DNA was extracted using ZYMO research's Quick-DNA commercial kit™ Miniprep Plus Kit, then DNA quality was evaluated using NanoDrop One. The genotype was determined by PCR amplification; subsequently, the polymorphism length restriction (RFLP) method used HaeIII restriction enzymes was performed. Electrophoresis of the amplified fragments was performed in 2% agarosa gels dyed with Ethidium Bromide,. Each sample was visually verified in a Photodocumentor. It was found that 100% of the Dorper sheep evaluated had the mutated Miostatina gene. This is because sheep come from purebred breeders and have been genetically enhanced for meat production and quality.

Keywords: Polymorphism, Miostatina, Dorper, registration.

Introducción

La producción de ovinos se desarrolla en todo México, mundialmente ocupa el 5% del consumo mundial de cárnicos. De acuerdo a datos reportados por la SADER, en 2019, el volumen de producción de carne de ovino en México superó las 64.000 de toneladas métricas. Esto representó un incremento de alrededor del 1,7% en comparación con el volumen de producción reportado un año anterior. En este sentido, se puede deducir que la ovinocultura en el país, está en crecimiento y desarrollo.

Por otro lado, el crecimiento de la población de ovinos no debe ser solamente en número de cabezas, si no también, en la calidad genética, en este sentido, la calidad genética de un animal, expresada fenotípicamente, es el resultado de diferentes combinaciones genotípicas y del ambiente en que se desarrollan. Así, en la mayoría de los sistemas de producción se seleccionan reproductores para reemplazo utilizando la información derivada del comportamiento individual del animal y de sus parientes cercanos.

Sin embargo, este tipo de selección tradicional, requiere de tiempo por el intervalo generacional, pero, en los últimos años se ha venido desarrollando el mejoramiento genético asistidos por marcadores moleculares, lo cual ayudan a recortar el tiempo y el intervalo generacional.

La genética molecular ha propiciado un avance importante en la evaluación de reproductores, mediante la identificación de genes de importancia económica, incorporando técnicas de análisis de ADN e identificación de genes.

El descubrimiento de los principales genes responsables de la calidad de carne beneficia a los productores, ya que en los últimos años, se han realizado estudios en este campo para encontrar genes asociados con rasgos de calidad de la carne en diferentes animales de granja, incluyendo ovinos, bovinos, cerdos y aves.

El Gen Miostatina (MSTN) participa en la regulación del desarrollo embrionario y la homeostasis de los tejidos en adultos. El cual se ve relacionado con la Hipertrofia muscular, también conocida como “Doble musculatura” en el ganado, por lo que se le conoce como un carácter fisiológico que en animales poseen menos hueso y grasa, pero si un 20% más de músculo en promedio. El objetivo de esta investigación es estimar la frecuencia del polimorfismo del gen Miostatina (MSTN) en la población de ovinos de raza Dorper de criadores de registro en el estado de Chiapas.

Contexto teórico

La miostatina o factor de crecimiento y diferenciación 8 (GDF8) es un regulador negativo del crecimiento muscular perteneciente a la familia de los péptidos TGF- β (factores de crecimiento beta 1). En base a esto, investigadores demostraron que a partir de su inactivación, mediante la técnica de “knock out” en ratones de laboratorio, se obtuvieron animales con un incremento significativo de volumen y masa muscular, asociada con un aumento tanto del número de fibras musculares (hiperplasia) así como un aumento del tamaño de la fibra (hipertrofia), conocido como fenotipo de doble musculatura (McPherron *et al.*, 1997; Alonso *et al.*, 2016). La también llamada hipertrofia muscular, se presenta por modificación espontánea del gen de la miostatina, con alta frecuencia en las razas bovinas como el Piemontesey Belgian Blue, y en ovinos en la raza Texel. Ya hace algunas décadas que su selección en estas especies fue orientada casi exclusivamente hacia una eficiente producción de carne (Alonso *et al.*, 2016). A partir de la identificación del gen MSTN asociado a la hipertrofia muscular presente en estas razas de forma natural, se ha generado interés en el mismo por la importancia económica de esta característica (Grobet *et al.*, 1997; Mujica, 2004; Wiener *et al.*, 2009; Alonso *et al.*, 2016)). El rendimiento de la carcasa así como las altas ganancias diarias son sin duda una de las características más notables, sin embargo las dificultades asociadas al parto conducen a una selección de estos animales o su utilización en cruzamientos (Grobet *et al.*, 1997; Alonso *et al.*, 2016).

Con respecto a la conformación esquelética, se comprobó que los huesos de los animales con doble musculatura están menos afectados que otros tejidos del cuerpo, no habiendo cambios en su forma ni tamaño. Esto se traduce en canales con mayor proporción de músculo y menor proporción de hueso y grasa (Esmailzadeh *et al.*, 2008; Wiener *et al.*, 2009; Alonso *et al.*, 2016). En cuanto a la calidad de la carne, según Wiener *et al.*, (2009) esta tiene niveles reducidos de grasa en general, en la que predominan los ácidos grasos poliinsaturados, logrando una carne más saludable pero menos sabrosa. Para las características terneza y jugosidad, no se encontraron diferencias entre animales mutantes y no mutantes para el gen MSTN (Alonso *et al.*, 2016). En ovinos, el silenciamiento del gen de la Miostatina en razas como Merino Australiano, podría ser un modelo interesante para investigación. Específicamente, esta raza se caracteriza por producción de lana superfina o ultra fina, y si sumado a esto se lograra una mayor producción de carne en animales con alta calidad de lana, permitiría una mejor explotación productiva en esa raza. Debido a su tamaño pequeño y a su corto período de gestación en comparación con otras especies como los bovinos,

la especie ovina es un buen modelo para la investigación (Alonso *et al.*, 2016). Un punto a destacar, sería la gran importancia de obtener corderos modificados para dicho gen, ya que a nivel productivo tendría un gran impacto la producción de corderos doble propósito.

Contenido

Área de estudio

La presente investigación se realizó en la unidad de producción ovina del criador de raza dorper, Roberto Eduardo Albores López en el Rancho Santa Catarina ubicado en Frontera Comalapa, Chiapas (15° 39'N y 92° 09'W) y de José Albores en el rancho Catarina, Chicomuselo, Chiapas (15° 45' N y 92° 17'W). El municipio de Frontera Comalapa se encuentra ubicado en la zona fronteriza del estado de Chiapas, limita al norte con el municipio de La Trinitaria, al oeste con el municipio de Chicomuselo, al sur con los municipios de Amatenango de la Frontera y Bella Vista, al este limita con Guatemala, en particular con el Departamento de Huehuetenango. Tiene una extensión territorial del 717.90 km² que representan el 5.62% de la superficie de la región Fronteriza y el 0.94% a nivel estatal. Se encuentra en los límites de la Sierra Madre y la Depresión Central, predominando los terrenos semiplanos, sus coordenadas geográficas son 15° 39' N y 92° 09' W, su altitud es de 640 m. El clima del municipio es cálido subhúmedo con lluvias en verano. Predomina la vegetación de tipo de selva mediana. Por su parte, el municipio de Chicomuselo, Se localiza en la Sierra Madre de Chiapas y depresión Central, sus coordenadas geográficas son 15° 45' N y 92° 17' W, su altitud es de 600 snmm. Sus límites son, al norte con los municipios de La Concordia, Socoltenango, Tzimol y la Trinitaria, al sur con los de Bella Vista y Siltepec, al este con el municipio de Frontera Comalapa y al oeste con el de Angel Albino Corzo y Montecristo de Guerrero. El municipio posee una extensión territorial de 995.95 km². Su clima es semicálido hacia los límites con la depresión y cálido en la parte de menor altitud y en la selva media, en la cabecera municipal la temperatura media anual es de 25° C con una precipitación pluvial de 1,400 milímetros anual.

Población, colecta de sangre y extracción de ADN.

Se utilizaron 83 individuos de raza Dorper pertenecientes a los criadores de registro de razas puras del estado de Chiapas. Las muestras de sangre se colectaron en tubos con anticoagulante (EDTA 7.2 mg) considerando para los procedimientos de recolección de muestras, manejo y conservación, las normas éticas, técnicas, científicas y administrativas

para la investigación en animales, mientras que el ADN se extrajo usando el kit comercial Quick-DNA™ Miniprep Plus Kit de la empresa ZYMO research, utilizando los cebadores de MSTN.

R:5'-TCA TGA GCA CCC ACA GCG GTC-3'

F:5'- CCG GAG AGA CTT TGG GCT TGA-3'

Posteriormente se evaluó la cantidad y calidad del ADN usando el NanoDrop One.

Amplificación y genotipificación

El genotipo se determinó por amplificación de PCR, dichas reacciones fueron cargadas a un volumen final de 25 µl empleando los siguientes perfiles térmicos; una desnaturalización inicial de (95°C a 5 min) ; seguido por 30 ciclos (95°C por 30 seg; 58°C por 45 seg y 72°C por 1 min); y una extensión final de 10 minutos a 72°C; Las amplificaciones fueron realizadas en un Termociclador de la marca Bio-Rad Modelo C 1000, seguida por el método de restricción de longitud de polimorfismo (RFLP) usado enzimas de restricción HaeI-II, colocándose a una temperatura de 37 °C por 15 horas. Seguida por una electroforesis de los fragmentos amplificados en geles de agarosa al 2% a 60 V durante 45 minutos teñidos con Bromuro de Etidio Bio-Rad, realizando una visualización en un Fotodocumentador de la marca Bio-rad.

Análisis de los datos

Para la caracterización se determinaron las frecuencias alélicas y genotípicas del gen MSTN. Cada muestra fue verificada visualmente con el fin de eliminar falsos positivos.

Resultados y Discusión

El 100% de los ovinos estudiados de la raza Dorper presentaron el gen de Miostatina mutado, esto posiblemente se debe a que estos provienen de criadores de raza pura y que se han seleccionado y mejorado genéticamente para la producción y calidad de carne.

Sabiendo que la miostatina o factor de crecimiento y diferenciación 8 (GDF8) es un regulador negativo del crecimiento muscular perteneciente a la familia de los péptidos TGF-β (factores de crecimiento beta 1) y además se ha demostrado que a partir de su inactivación,

mediante la técnica de “knock out” en ratones de laboratorio, se obtuvieron animales con un incremento significativo de volumen y masa muscular, asociada con un aumento tanto del número de fibras musculares (hiperplasia) así como un aumento del tamaño de la fibra (hipertrofia), conocido como fenotipo de doble musculatura (McPherron *et al.*, 1997).

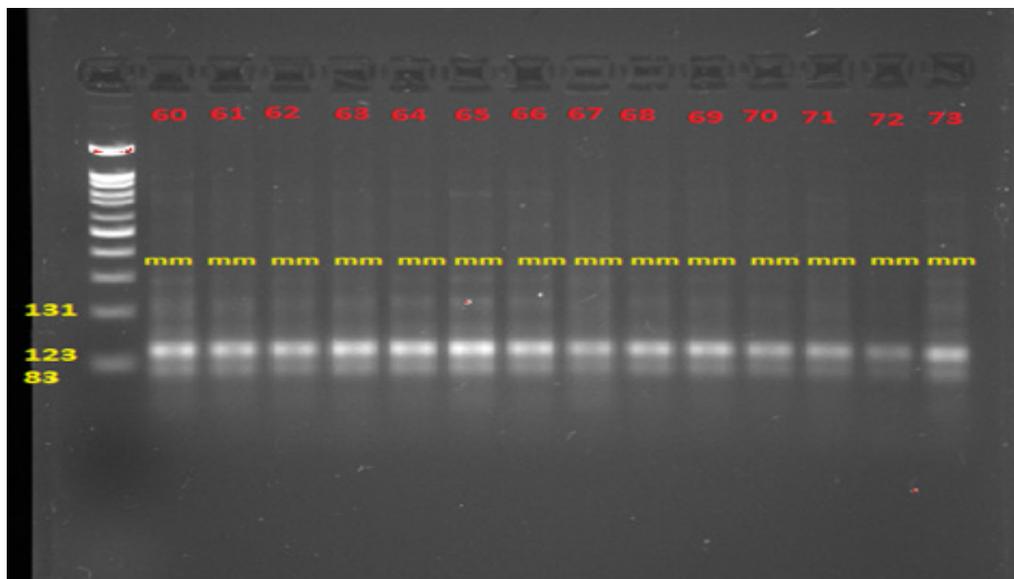


Figura 1. Visualización del gen Miostatina.

Los resultados encontrados en este estudio, coinciden con lo mencionado por algunos investigadores, al referirse que la hipertrofia muscular, se presenta por modificación espontánea del gen de la miostatina, con alta frecuencia en las razas bovinas como el Piemontese y Belgian Blue, y en ovinos en la raza Texel, esto debido a la selección realizada desde hace décadas en estas especies orientada casi exclusivamente hacia una eficiente producción de carne. (Grobety col.,1997; Mujica, 2004; Wiener *et al.*, 2009).

Así mismo, (Grobety col.,1997; Mujica, 2004; Wiener *et al.*, 2009) mencionan que a partir de la identificación del gen MSTN asociado a la hipertrofia muscular presente en estas razas de forma natural, se ha generado interés en el mismo por la importancia económica de esta característica. Por su parte Grobety *et al.*, (1997) mencionan que el rendimiento de la canal así como las altas ganancias diarias de peso, son sin duda una de las características más notables y deseables de este gen, sin embargo, las dificultades asociadas al parto conducen a una selección de estos animales o su utilización en cruzamientos. Por otro lado Alonso y Ugon., 2016. Evaluaron corderos mutantes de miostatina, buscando la tendencia hacia la hiper muscularidad, encontraron que no existió diferencias de tamaño y peso cor-

poral al Día 1 en comparación con los corderos normales, lo cual es una ventaja al momento del parto ya que no aumentaría el riesgo de distocias por esta causa. Sin embargo a los 60 días de nacidos, los corderos con el gen miostatina mutado mostraron un peso 20-30% superior a los corderos normales.

Conclusiones

La alta frecuencia del gen de miostatina mutado encontrado en los ovinos de raza Dorper evaluados se debe a que esta raza ha sido seleccionada y mejorada para producción de carne.

Referencias

- Alonso B., M. Ugon R., P.,A. 2016. Nacimiento Y Desarrollo De Corderos Mutantes Para El Gende La Miostatina Generados Porcrispr. Tesis. Universidad De La República. Facultad De Veterinaria. Montevideo, Uruguay. 48 Pp.
- Barzehkar R., AbdolrezaSalehi A., Mahjoubi F. 2009. Polymorphisms of theovineleptin gene and itsassociationwithgrowth and carcasstraits in threeIraniansheepbreeds. IRANIAN JOURNAL of BIOTECHNOLOGY, Vol. 7, No. 4. Pp 241-246
- Bauk S. (2004). Novel test revealshighproducingdairy cows. International Dairytopics. Vol 3, N. 4: 21-22.
- Cañón J. (2006). Utilización de información molecular en programas de mejoramiento animal. Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria 7(1): 5-15
- Casas E. (2006). Aplicación de la genómica para identificar genes que influyen sobre características económicamente importantes en animales. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, Vol. 14, No. 1. pp. 24-31.
- Davis GP, DeNise SK. (1998). The impact of genetic markers on selection. J. Anim. Sci. 76 (3):2331-2339.
- DekkersJCM. (2004). Commercial application of marker and gene assisted selection in livestock: strategies and lessons. J. Anim. Sci. 82 (Suppl): E313-E328.
- Díaz MC. (1994). Evaluación genética en la raza Avileña Negra-Iberica. Bovis. 59:47-58.
- Esmailzadeh AK, Bottema CDK, Sellick GS, Verbyla AP, Morris CA, Cullen NG, Pitch-

ford WS (2008). Effects of the myostatin F94L substitution on beef traits. *J Anim Sci*; 86(5):1038.

Excoffier L y Lischer HEL. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *MolEcolResour.* 2010; 10(3):564-567. DOI: [https:// doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02847.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02847.x) PMID:21565059

Falconer DS. (1981). *Introduction to quantitative genetics*. 2a. Ed. Longman Ltd. Londres.

Fujita R. (2007). Genómica y su aplicación en producción animal. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Vol. 15 (Supl. 1) pp: 67-68.

Grobet L, Poncelet D, Royo LJ, Brouwers B, Pirottin D, Michaux C, Méissier F, Zanotti M, Dunner S, Georges M (1997). Molecular definition of an allelic series of mutations disrupting the myostatin function and causing double-muscling in cattle. *Mamm Genome*; 9:210–213.

Kinghorn BP, Van Arendonk JAM, Hetzel J. (1994). Detection and use of major genes in animal breeding. *AgBiotech News and Information*. 6(12): 297-302

McPherron AC, Lawler AM, Lee SJ (1997). Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF-beta superfamily member. *Nature*; 387: 83-90.

Misztal I. (2006). Challenges of application of marker assisted selection – a review. *Institute of Genetics and Animal Breeding, Jastrzębiec, Poland. Animal Science Papers and Reports*. Vol. 24. No.1pp: 5-10

Morris CA, Cullen NG, Hickey SM, Crawford AM, Hyndman DL, Bottema CDK, Pitchford WS. (2001). Progress in DNA marker studies of beef carcass composition and meat quality in New Zealand and Australia. *Proc. Assoc. Adv. Anim. Breed. Genet. Queenstown, NZ*, 14: 17-22.

Mujica F (2004). Razas ovinas y caprinas en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. *Boletín Inia (Chile)*; 127:33.

Peakall R, Smouse PE. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research--an update. *Bioinformatics*. 2012; 28(19):2537-2539. DOI: <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts460> PMID:22820204

San Primitivo TF. (2001). La mejora genética animal en la segunda mitad del siglo XX. Arch. Zootec. 50:517-546.

Scheaffer RL, Mendenhall W, Ott L. (1987). Elementos de muestreo. Traducción de; Elementary Survey Sampling; traducido por: G. Rendón Sánchez y J.R. Gómez Aguilar. México. Grupo Editorial Iberoamérica. 321 p.

Thallman RM. (2004). DNA testing and marker assisted selection. Proc. Beef Improv. Fed. 36th Ann. Res. Symp. Ann. Meet. USA. Pp. 20-25.

Wiener P, Woolliams JA, Frank-Lawale A, Ryan M, Richardson RI, Nute GR, Wood JD, Homer D, Williams JL (2009). The effects of a mutation in the myostatin gene on meat and carcass quality. Meat Sci; 83:127–134.

Semblanza de Autores

Zambrano Montero Nancy.

Es Médica Veterinaria Zootecnista egresada de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas y actualmente pasante de la Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Benigno Ruíz Sesma

Ingeniero Agrónomo Zootecnista, por la Universidad Autónoma de Chiapas, Maestro en Producción Animal Tropical con opción en Nutrición Animal, por la Universidad Autónoma de Yucatán, y Doctor en Ciencias en Ganadería por el Colegio de Postgraduados. Profesor investigador de Tiempo Completo, adscrito a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas, desde el año 1998 a la fecha. Realizando actividades de Docencia, Investigación, Extensión y Vinculación. Director de al menos 40 tesis de Licenciatura y cinco de Maestría para la formación de recursos humanos en el área agropecuaria y con publicaciones de artículos científicos en revistas nacionales e internacionales. Líder del Cuerpo Académico Producción Animal Tropical Sostenible, reconocido en PRODEP en nivel En consolidación. *Autor responsable y de correspondencia: ruizsb71@gmail.com.

Francisco Antonio Cigarroa Vázquez

Es Médico Veterinario Zootecnista egresado de la Universidad Autónoma de Chiapas, tiene una Maestría y Doctorado en Ciencias en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería por el Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. Realizó una estancia Doctoral en el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria en Madrid, España.

Es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, de igual forma es Editor en jefe de la Revista Científica Ciencia e Innovación (ISSN 2594 -150X) y colaborador en el Programa de Conservación de Razas Españolas de Gallinas. Alcalá de Henares, Madrid, España. Actualmente es profesor investigador de la Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Paula Mendoza Nazar

Bióloga, por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Maestra en Producción Animal Tropical con opción en Nutrición Animal, por la Universidad Autónoma de Yucatán, y Doctora en Ciencias en Ganadería por el Colegio de Postgraduados. Profesora investigadora de Tiempo Completo, adscrita a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas, desde el año 2001 a la fecha. Realizando actividades de Docencia, Investigación, Extensión y Vinculación. Directora de al menos 30 tesis de Licenciatura y siete de Maestría para la formación de recursos humanos en el área agropecuaria y con publicaciones de artículos científicos en revistas nacionales e internacionales.

Herbey Ruíz Sesma.

Ingeniero Agrónomo Zootecnista, por la Universidad Autónoma de Chiapas. Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical de la Universidad Autónoma de Chiapas.



**Mejoramiento genético de cultivos: un enfoque participativo ligado a la
soberanía alimentaria**

José Gregorio Joya Dávila y Raúl Humberto Joya Dávila

Mejoramiento genético de cultivares: un enfoque participativo ligado a la soberanía alimentaria

José Gregorio Joya Dávila y Raúl Humberto Joya Dávila

Resumen

Gran parte de nuevos cultivares generados mediante mejoramiento convencional, al momento de ser transferidos a los agricultores, han presentado limitantes, siendo las de mayor relevancia, la adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas. El conocimiento ancestral le ha permitido al agricultor seleccionar el tipo de plantas a cultivar, adaptadas a sus condiciones de manejo agronómico y ambiente, además, ha moldeado el paisaje con diversidad de especies que en conjunto forman parte del patrimonio genético local. Este patrimonio representa una oportunidad para generar nuevas variedades adaptables, mediante el mejoramiento genético participativo (MGP) que involucra a agricultores y biotecnólogos en el proceso de fitomejoramiento. El objetivo de esta revisión es presentar experiencias obtenidas en procesos de MGP junto a un estudio de caso en Colombia, de una resolución que atenta contra el derecho de los pueblos de conservar y reproducir sus semillas, información que puede apoyar a centros de investigación y entes gubernamentales en la toma de decisiones.

Palabras clave: Mejoramiento genético participativo, genotipos locales, agrobiodiversidad.

Genetic improvement of cultivars: a participatory approach linked to food sovereignty

Abstract

Many of the new cultivars generated through conventional breeding, at the time of being transferred to farmers, have presented limitations, the most relevant being their adaptability to edaphoclimatic conditions. Ancestral knowledge has allowed the farmer to select the type of plants to grow, adapted to their agronomic and environmental management conditions, in addition, it has shaped the landscape with a diversity of species, which together are part of the local genetic patrimony. This patrimony represents an opportunity to generate new adaptable varieties, through participatory genetic improvement (MGP) that involves farmers and biotechnologists in the plant breeding process. The goal of this review is to present experiences obtained in MGP processes, together with a case study in Colombia, of a resolution that violates the right of peoples to conserve and reproduce their seeds, information that can support research centers and government entities in decision-making.

Keywords: participatory genetic improvement, local genotypes, agrobiodiversity.

Introducción

La agrobiodiversidad es el producto de la interacción entre los agricultores, el espacio geográfico que ocupan y la diversidad genética presente; los agricultores moldean esta agrobiodiversidad, generando paisajes característicos, como los paisajes cafetaleros de Colombia y México (Fig. 1). El agricultor posee conocimiento local del ciclo de vida de las plantas, valor nutricional o cultural que tienen las especies que cultivan, además, como lo mencionan Mapes *et al.* (1994), conocen el ambiente óptimo para el desarrollo del cultivo o conocimiento de las interacciones (positivas o negativas) que una especie puede llegar a tener con otras plantas dentro de la parcela.

El mejoramiento convencional de plantas en algunas especies, han tenido poca adopción de variedades mejoradas (Moreno y Puldón, 2009). Gran parte de nuevos cultivares generados mediante mejoramiento convencional, al momento de ser transferidos a los agricultores, han presentado limitantes, siendo las de mayor relevancia, la adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas y su origen transgénico (Witcombe, 2006).

Con los conocimientos ancestrales, los agricultores llevan a cabo estrategias para mejorar y preservar las variedades de plantas locales, las cuales en su conjunto, forman parte del patrimonio genético local; entre las estrategias utilizadas están, la selección fenotípica de plantas productivas y vigorosas en cada ciclo de cultivo (Maíz: cosechan las mejores mazorcas), el mejoramiento participativo, ferias de semillas nativas regionales y locales, acuerdos para no sembrar semillas transgénicas, entre otras (Carmona *et al.*, 2020). El mejoramiento genético participativo (MGP) involucra a los agricultores y biotecnólogos en el proceso de fitomejoramiento, con la finalidad de obtener materiales adaptados a sus condiciones, preferencias y valor comercial. Esto se logra cuando el agricultor puede seleccionar los materiales dentro de un grupo con alta variabilidad genética dentro de su parcela (Moreno y Puldón, 2009). El MGP responde a una de las recomendaciones del informe de las Naciones Unidas sobre el derecho a la alimentación, que menciona: “los agricultores deben ser el centro de investigación a través de esquemas de investigación participativa” (Ceccarelli, 2018), con lo que se fortalece su soberanía alimentaria, en el hecho, de vincular sus preferencias y formas de producir alimentos.

Experiencias de MGP que aquí presentamos se han llevado a cabo con éxito en países de América Latina, entre ellos, Brasil, Guatemala, Cuba, Honduras, Argentina, México y Colombia, donde se han organizado procesos de colaboración entre técnicos y campesinos

para recuperar variedades marginadas o con poco valor comercial pero que tienen capacidad de resiliencia al cambio (Caetano *et al.*, 2015). En México se han logrado con éxito la selección participativa de genotipos locales de *Theobroma cacao* y *Th. Bicolor* con mayor rendimiento al promedio y resistencia a fitopatógenos (Ramírez *et al.*, 2014; Joya-Dávila, 2018).

El objetivo de esta revisión es presentar experiencias obtenidas en procesos de selección participativa de genotipos locales, junto a un estudio de caso en Colombia, de una resolución que atenta contra el derecho de los pueblos de conservar y reproducir sus semillas, información que puede apoyar a centros de investigación y entes gubernamentales en la toma de decisiones.



Figura 1. Biodiversidad presente en el agroecosistema cafetalero de Ángel Albino Corzo, Chiapas (*Fuente: elaboración propia*).

Contexto teórico

Selección participativa como alternativa de mejoramiento genético

Los agricultores han ido seleccionando características específicas de las plantas, dando como resultado una diversidad de tamaños, formas, sabores, colores y cambios en los niveles de defensa de las plantas; la agrobiodiversidad ha sido generada principalmente por las poblaciones indígenas y campesinas, quienes han resguardado, multiplicado y adaptado las semillas a diferentes condiciones ambientales propias de cada sitio (CONABIO, 2018). En frutales, el mejoramiento participativo consiste en aprovechar la variabilidad natural presente en las plantaciones. Los agricultores, pueden ayudar a identificar y seleccionar árboles de alto potencial productivo (Engels y Eskes, 2009). En cereales, principalmente en Maíz el MGP involucra la participación de agricultores, quienes realizan muchos ensayos en sus parcelas, se les provee semillas de plantas a evaluar y con ayuda de investigadores realizan la siembra; la información obtenida se recopila y en centros de investigación agrícola se analizan los datos y finalmente se realiza la selección de los mejores genotipos por localidad (Monterroso *et al.*, 2019).

Uno de los objetivos de esta metodología es mejorar el manejo de suelos, semillas y cultivos asociados, con el propósito de capacitar a los campesinos en técnicas que puedan reproducir fácilmente en sus parcelas y que fortalezcan los sistemas locales de conservación de semillas nativas in situ (Gómez, 2019). Además, mejorar la diversidad agrobiológica y las capacidades técnicas de los campesinos para organizar bancos locales de semillas y garantizar el abastecimiento de sus propios alimentos (Martínez *et al.*, 2017). La trascendencia de aplicar esta metodología radica en realizar la selección de material vegetal con base a criterios sociales, de calidad y características agronómicas en un área determinada, de tal manera que se obtengan materiales adaptados y aceptados localmente (Ramírez *et al.*, 2014).

Experiencias de mejoramiento genético participativo

El conocimiento y experiencia de agricultores y especialistas en fitomejoramiento, permitieron seleccionar genotipos locales que cumplieron con los criterios de selección propuestos (rendimiento, resistencia a fitopatógenos, entre otros), con características similares y en algunos casos superiores a los genotipos y/o variedades introducidas. A continuación se mencionan algunos resultados reportados en procesos de caracterización morfología vegetal y potencial agronómico, que pueden servir de guía para la selección de genotipos en otras localidades.

Mejoramiento genético participativo en Coffea arabica

En la región de San Martín en Perú, mediante MGP, fueron seleccionados por su tolerancia a *Hemileia vastatrix* cuatro genotipos de las variedades Pache, Nacional, Caturra amarilla y roja, todos presentaron menos de 10% de afectación en la parte abaxial de la hoja; los genotipos seleccionados por su productividad fueron Caturra Roja y Pache, ya que presentaron mayor número de entrenudos (Vásquez, 2015).

Mejoramiento genético participativo en Zea mays

La asociación de cultivos ayuda a diversificar especies de uso alimenticio en las parcelas de los campesinos, el sistema tradicional milpa cumple con esta premisa, al brindar más de tres productos para el autoabasto; la milpa se caracteriza por formar la triada maíz-frijol-calabaza, al que suelen agregarse hortalizas en menor cantidad y cultivos secundarios como hierbas comestibles y árboles frutales en contorno o al interior de la parcela, además, se caracteriza por no depender de muchos recursos externos, siendo el maíz el de mayor valor comercial, por ello, se busca sembrar variedades adaptadas y de alto valor productivo (Gómez, 2019). Valdivia-Valdivia-Bernal *et al.* (2007), realizaron una investigación participativa para generar maíz híbrido, en Santa María del Oro, Nayarit, obteniendo variedades con rendimientos de 5.3 a 6 toneladas por hectárea, las cuales fueron aceptadas por los agricultores.

Gómez (2019), documenta un manual que recaba las experiencias de la interacción entre investigadores de dos comunidades de San Juan Cancuc, Chiapas, México, se resalta la importancia de las actividades indispensables para realizar con éxito el MGP, que incluyen selección de semillas, desgrane de mazorcas (sin seleccionar los bordes), contabilidad de granos por hilera y contabilidad de hileras por mazorca, así como la clasificación de semillas por raza e incluso por uso; la selección de las mazorcas del centro de la parcela permite obtener las mejores mazorcas para guardar los granos para el siguiente ciclo agrícola.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas de Guatemala [ICTA], evaluaron variedades de maíz para el trópico con agricultores de Huehuetenango con el propósito de identificar variedades de polinización libre, que permitan el incremento de la producción en el noroccidente y suroccidente de Guatemala. Se evaluaron seis variedades generadas por ICTA, una local y un testigo comercial; los resultados indicaron que para las variables de rendimiento no se presentaron diferencias significativas, por lo que se considera que en cualquiera de las localidades, el uso de estas variedades tendrá rendimientos similares. El genotipo ICTA B-9 ACP con rendimiento de 3.3 t.ha⁻¹ puede apoyar en el control de la desnutrición crónica en

la región por su biofortificación de origen con zinc (Monterroso *et al.*, 2019).

Mejoramiento genético participativo en *Solanum tuberosum*

La papa es un cultivo de importancia mundial por su contribución a la seguridad y soberanía alimentaria en los países andinos, en Ecuador Tiche y Rea (2020), realizaron la caracterización morfoagronómica de 11 clones de papa mediante selección participativa en dos localidades del cantón Guaranda, donde, los descriptores morfológicos y de calidad de los tubérculos, fueron muy importantes en la aceptabilidad de las variedades por los segmentos del mercado; la localidad de Naguan presentó las mejores condiciones ambientales para la producción comercial de papa, los cultivares más sobresalientes seleccionados por los agricultores fueron: Clon 98-38-12, INIAP Fátima, INIAP Natividad, INIAP Victoria, INIAP Josefina e INIAP Libertad; en cuanto a la localidad de Bolívar, el perfil de aceptabilidad de variedades de papa se sistematizan en: sanidad de plantas y tubérculos, tolerancia a la sequía, vientos y heladas, buen rendimiento, color y forma de los tubérculos. Finalmente, seleccionaron clones de papa resilientes al cambio climático y con buenas características morfoagronómicas y de calidad para el consumo.

Mejoramiento genético participativo en Theobroma bicolor

Esta especie en México recibe el nombre de pataxte, inmerso en plantaciones de cacao o en traspatio de familias cacaoteras. Actualmente tiene potencial en la industria chocolatera. No se reportan estudios detallados sobre esta especie en el estado de Chiapas, razón por la que en el 2018 se realizó un proceso de selección participativa de genotipos locales de pataxte, con agricultores de las localidades de Tapachula y Tecpatán, logrando la selección y evaluación morfoagronómica de 45 genotipos en un periodo de 12 meses. Los resultados permitieron identificar mayor variabilidad genética en Tapachula, se entraron genotipos con múltiples características de interés: dos de ellos, el TAP-20 y TAP-9 presentaban floración durante todo el año, el TAP-20 presentó el mayor índice de semilla (2.1 g) y tolerancia a *Moniliophthora roreri* (Cif & Par), patógeno que ataca exclusivamente los frutos, en algunos genotipos estudiados, este patógeno infectó la totalidad de los frutos. Por otra parte en Tecpatán se encontró un genotipo (TEC-14) con una producción de 13.1 kilogramos de semilla seca al año, rendimiento muy alto al reportado por Cuellar *et al.* (2013), en Colombia. Finalmente en conjunto con los agricultores se realizó la selección de genotipos mencionados en cada localidad, con perspectivas a ser utilizados en el diseño de nuevas plantaciones en conjunto con cacao (Joya-Dávila, 2018).

Mejoramiento genético participativo en Theobroma cacao

La Universidad Autónoma de Chiapas ha sido pionera en la implementación de la metodología de MGP en México, con los aportes de Ramírez *et al.* (2014), en el municipio de Tecpatán – Chiapas. Estos investigadores en conjunto con agricultores, establecieron como criterios de selección de árboles de cacao, parámetros de producción de semilla seca: \geq a un 1 kg producido por árbol al año; índice de mazorca: \leq a 25 mazorcas por kg de semilla; índice de semilla: el peso de la semilla \geq a 1 g. Realizaron recorridos en plantaciones con los agricultores, marcaron los árboles seleccionados, evaluaron in situ durante un ciclo de cosecha, parámetros morfológicos y de producción (cada 15 días), las mazorcas sanas fueron cosechadas y estudiadas en laboratorio; la evaluación y selección final se realizó con los agricultores; de 47 árboles estudiados encontraron que los árboles 265, 269, 262, 244, 256 y 233 cumplen con los criterios de selección establecidos y se convierten en genotipos de alto rendimiento que pueden aumentar los rendimientos locales. Finalmente estos materiales fueron propagados vegetativamente y entregado a los agricultores del municipio de Tecpatán.

La moniliasis del cacao causada por el hongo *M. royeri*, es la enfermedad más limitante en el cultivo de cacao, (Joya-Dávila *et al.*, 2017). En alusión a esta problemática en el estado de Chiapas, surge el clon de cacao llamado “Regalo de Dios” tolerante a la moniliasis; es producto de la selección mediante MGP, con el productor Samuel Guillén Díaz y los investigadores del Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. Para confirmar la tolerancia a la moniliasis de este genotipo, se realizaron evaluaciones inoculando artificialmente frutos con esporas del hongo, los resultados indicaron que el 93% no presentaron enfermedad (Avendaño *et al.*, 2018).

El genotipo “Regalo de Dios” y los encontrados por Ramírez *et al.* (2014), se convierten en una alternativa para mejorar las plantaciones de cacao en Chiapas y aportar con nuevos caracteres, que a futuro permitan mejorar el acervo genético local de esta especie.

La Figura 2, presenta una guía metodológica en el proceso de selección de genotipos locales, que debe adaptarse a la especie en estudio. El primer paso para tener éxito en MGP, es realizar un diagnóstico sobre las problemática locales que limitan la producción de alimentos, mediante reuniones o entrevistas con agricultores y generar criterios de selección de genotipos según las limitantes locales (rendimiento, problema de plagas y enfermedades); indagar con los agricultores sobre la presencia de plantas adaptadas a las condiciones ambientales de

la zona en estudio, además, tener en cuenta atributos agronómicos, valor cultural y nutricio. Realizar observación directa de las plantas, georeferenciar y evaluar durante varios ciclos de cultivo para plantas de ciclo corto y en perennes en al menos un ciclo.

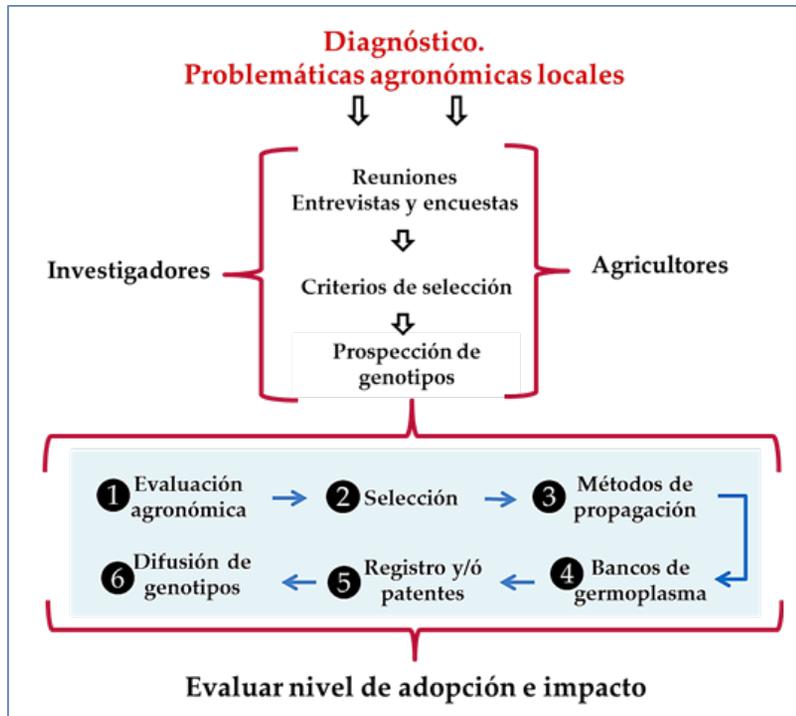


Figura 2. Esquema selección participativa de cultivares (Adaptado de Ramírez et al., 2014). Aspectos metodológicos en el mejoramiento genético participativo

Terminada la evaluación, en conjunto con los agricultores seleccionar los genotipos que cumplieron con los criterios de selección y comenzar con investigaciones para evaluar los métodos de propagación adecuados, según si son de carácter sexual o clonal, para conservar características de la planta seleccionada como en el caso del cacao. Con la finalidad de conservar estos genotipos seleccionados es necesario crear bancos de germoplasma local y registrar con las autoridades competentes, en el caso de México, se realiza con el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. El paso final es entregar este material genético evaluado a los agricultores de la región para que ellos establezcan cultivos y evalúen en sus terrenos el potencial agronómico de esta nueva variedad.

Conceptos y pautas para investigadores y agricultores

La expresión corporal y la capacidad de comunicación de investigadores y agricultores es muy importante al momento de organizar grupos de trabajo, por un lado los técnicos han

de ceder su papel de “expertos” para dejar que los campesinos aporten soluciones técnicas, y por otro lado, los campesinos han de cuestionar sus sistemas tradicionales de manejo para “dejarse asesorar”, en otras palabras, ambos deben vencer su “resistencia al cambio” (Gómez, 2019).

Los investigadores deben conocer conceptos básicos de fitomejoramiento y tener claridad al momento de explicar a los agricultores, especialmente, los que derivan como resultado final de un proceso de mejoramiento genético, que serán útiles para caracterizar y registrar nuevos cultivares; a continuación se presentan definiciones de algunos conceptos, tomando como base el diccionario de la Real academia Española, RAE (2019) y Ceccarelli (2018):

Variedad: Cada uno de los grupos en que se dividen algunas especies de plantas y que se distinguen entre sí por ciertos caracteres que se perpetúan por la herencia.

Línea Pura: todas las plantas son genéticamente idénticas y que produce semillas que continuarán dando las mismas plantas, a menos que efectos ambientales alteren el proceso.

Clón: conjunto de células o plantas genéticamente idénticas, originado por reproducción asexual a partir de una única célula o tejido (papa, agave, injertos) o por división artificial de estados embrionarios iniciales.

Híbridos F1: Son variedades obtenidas al cruzar dos líneas puras. Al igual que las líneas puras, los híbridos F1 se componen de plantas genéticamente idénticas; sin embargo, las semillas recolectadas en un híbrido F1 dan plantas muy diferentes (F2).

Plantas F2: conjunto de plantas (población) que se obtiene sembrando la semilla recolectada de un híbrido F1. A diferencia del híbrido F1, las plantas F2 son todas diferentes entre sí.

Genotipo: características genéticas propias de una especie vegetal, (número de frutos, color, tamaño, entre otras) según lo determinan los genes que posee. Los genes no son visibles a simple vista y solo la ciencia puede manipularlos directamente en el laboratorio. Sin embargo, al seleccionar las plantas que cruzaremos, trabajamos indirectamente con los genes.

Fenotipo: resultado de la expresión visible del genotipo modificado por el ambiente en mayor o menor forma relacionada con la posición geográfica y el manejo agronómico.

Políticas públicas que condicionan la variabilidad genética y la soberanía alimentaria: estudio de caso Colombia resolución 970 transición resolución 3168.

El impacto de transgénicos en las economías globales ha tenido un efecto positivo para el mejoramiento de sus economías, por los rendimientos alcanzados, pero, con riesgos, en la soberanía alimentaria, variabilidad genética local y pérdida del arraigo campesino al territorio, principalmente en países en vías de desarrollo. Además, como lo documenta García (2019), políticamente se está favoreciendo la inclusión de estos genotipos genéticamente modificados frente a las variedades locales o conocidas como criollas. En Colombia se está promulgando una serie de resoluciones emitidas desde el ICA (instituto colombiano agropecuario) encaminadas a la privatización del agro y afectación de la soberanía alimentaria, al no permitir que los agricultores seleccionen y conserven semillas para los siguientes ciclos de cultivo, obligando a realizar compra de nueva semilla que tenga el sello de certificación ICA, sello que no poseen las variedades locales; la resolución más polémica fue la 970 emitida en el 2010, la cual se detuvo por dos años, producto del impacto que generó el movimiento campesino e indígena de la región, en el paro agrario del 2013 (Ramírez y Rojas, 2018). Igualmente, Acevedo y Jiménez (2019), mencionan que el paro agrario permitió, aflorar la problemática que suscita el campesinado colombiano, generando articulaciones de la población rural con los entes gubernamentales y centros de investigación, con la finalidad de proteger las semillas criollas y nativas, pues estas corresponden a un eslabón de la agricultura tradicional de los hogares campesinos de la región.

Dicha resolución no culminó en los acontecimientos del 2013 con el paro agrario, puesto que en el 2015 con la resolución 3168 del ICA, se reafirmó la resolución 970, dado, a los pocos cambios implementados en los lineamientos de fondo, solo se garantiza la oferta alimentaria sin importar su origen (Ramírez y Rojas, 2018). Acevedo y Jiménez (2019), reportan que la normativa emitida por el ICA aún se encuentra en “legislación” en búsqueda de reglamentar y controlar: importaciones, exportaciones y desplazar semillas autóctonas que se utilicen en el territorio nacional. Por consiguiente, el control sobre la producción de semillas tiene un enfoque más hacia lo económico, que a garantizar la soberanía alimentaria, puesto que, al ser un pilar fundamental en la cadena de producción de bienes agrícolas, representa un ingreso muy codiciado.

La pérdida de la diversidad agrícola, manifestada en impedir la recolección y conservación de semilla local, solo provocará la dependencia a entes nacionales y empresas multinacionales, tal como lo mencionan Ramírez y Rojas (2018), donde la dependencia a procesos o países desarrollados solo obedece a la necesidad de encajar en procesos netamente de rendimiento económico.

Altieri (1999), advierte que los países de América Latina y el Caribe en el pasado han sido soberanos en su alimentación, sin embargo, hoy son pocos y en menor medida los que lo siguen siendo. La causa es la creciente globalización, que trae consigo la aplicación de políticas liberales y la asociación a organismos internacionales que aplican sus reglamentos y obligaciones que favorecen a los países más poderosos, de esta manera los países menos desarrollados caen en la paradoja de producir para exportar e importar para el consumo interno.

Políticas adoptadas en materia principalmente agraria, por países subdesarrollados o en vías de desarrollo difícilmente van a defender una soberanía alimentaria, porque para sus gobiernos es más barato importar que producir (Carmona *et al.*, 2017).

Conclusiones

El mejoramiento genético participativo permite que los agricultores conozcan morfoagronómicamente sus variedades locales y su potencial productivo (Floración, rendimiento, resistencia a enfermedades, producción de metabolitos secundarios), características que permitirán seleccionar las de mejor comportamiento, según las necesidades de cultivo existentes, además, son la base para el registro y protección de nuevas variedades.

El agricultor debe ser el centro de la investigación agropecuaria, donde este primero su derecho a cultivar las plantas y semillas que por tradición y herencia han sido parte de su alimentación, además, el respeto por sus conocimientos en agricultura reflejados en su forma de cultivar.

Referencias

- Acevedo, A y Jiménez, N. (2019). Agroecología. Experiencias comunitarias para la agricultura familiar en Colombia. Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO; Editorial Universidad del Rosario.
- Altieri, M. (1999). Soberanía alimentaria. Acción ecológica, Alerta verde, (80).
- Avendaño, C., Guillen, S y Hernández, E. (2018). “Regalo de Dios”: CLON DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) tolerante a *Moniliophthora roreri* Cif & Par, para la renovación de las zonas cacaoteras de México. Agroproductividad. 11(9). 173-17.
- Brookfield, H., & Padoch, C. (1994), Appreciating agrobiodiversity: a look at the dynamism

- and diversity of indigenous farming practices. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 36(5), 6-45.
- Caetano, M., Peña, D., Maigual, L., Vásquez, N., Caetano, D., y Pazdiora, B. (2015). Mejoramiento participativo: herramienta para la conservación de cultivos subutilizados y olvidados. *Acta Agronómica*, 64-3, 307-327.
- Carmona, J., Sanchez, L y Aclé, R. (2020). ¿Es posible una soberanía alimentaria en México? *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 9(18), 40 - 69.
- Carmona, J., Paredes, J y Pérez, A. (2017). Escala Latinoamericana y del Caribe Sobre Seguridad Alimentaria: Una herramienta confiable para medir la carencia por acceso a la alimentación. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 6(11). 263-286.
- Ceccarelli, S. (2018). *Produce tus propias semillas / Introducción práctica al mejoramiento evolutivo participativo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. 48 pp.
- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). (2018). Razas de maíz de México. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/>
- Cuellar, A., Caicedo, D., Rodríguez, C., Ruiz, P., Salas, Y y Nieto, M. (2013). Variabilidad morfoagronómica de 50 materiales promisorios de tres especies de *Theobroma* en condiciones de la Amazonia colombiana. *Revista Colombia Amazónica Nueva Época*. 6(1): 123-146.
- Engels, J. y Eskes, A. (2009). *Cocoa Productivity and Quality Improvement, a Participatory Approach (2004-2009)*. In: WCF Partnership Meeting, Workshop # 3: Fostering International Cooperation, June 2009, Washington DC, USA.
- García, S. (2019). *La producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético como amenaza a la multiculturalidad en Colombia*. (Tesis Lic). Universidad Católica de Colombia. Facultad de Derecho.
- Gómez, E. (2019). *Mejoramiento del maíz nativo para autoconsumo*. En *Guías técnicas para el desarrollo agropecuario*. Ecatepec, Estado de México (México): Universidad Autónoma Chapingo.

- Joya-Dávila, G. (2018). Caracterización morfoagronómica y propagación vegetativa de *Theobroma bicolor* Humb y Bonpl en Chiapas, México. (Tesis Maestría). Universidad Autónoma de Chiapas. México.
- Joya-Dávila, G., Ramírez, S., López, O., Alvarado, E y Espinoza, S. (2017). Optimización de la destilación de *Origanum Vulgare* L, con efecto antifúngico en *Moniliophthora roreri* (Cif & Par). *ESPACIO I+D, INNOVACIÓN MÁS DESARROLLO*, 6(14).
- Mapes, C., Toledo, V., Barrera, N y Caballero, J. (1994). La agricultura en una región indígena: la Cuenca del lago de Pátzcuaro. In: Rojas R., T (Ed). *Agricultura Indígena, Pasado y Presente*. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. México, pp: 275-341.
- Martínez, M., Ríos, H., Ortiz, R., Miranda, S., Acosta, R., *et al.* (2017). Metodología del Fitomejoramiento Participativo (YQ) en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 132-138.
- Monterroso, L., Hidalgo, S y Fuentes, E. (2019). Evaluación convencional y participativa de rendimiento y adaptabilidad de variedades mejoradas de maíz (*Zea mays* L), con agricultores de Huehuetenango y San Marcos. En: <http://cunori.edu.gt>.
- Moreno, H y Puldón, V. (2009). El Fitomejoramiento Participativo y la selección participativa de variedades de arroz. *Cultivos Tropicales*, 30(2), 00.
- Ramírez V y Rojas, M. (2018). Análisis narrativo de política pública: seguridad y soberanía alimentaria en Colombia (1991-2016). En: <https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/54>
- Ramírez, S., López, O., Hernández, I., García, S y Espinosa, S (2014) Implementación de la metodología de selección participativa de cacao en el municipio de Tecpatán, Chiapas-México. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo*, 3(6), 10-29.
- Real Academia Española RAE. (2020). Diccionario de la lengua española. Tomado de: <https://dle.rae.es/>.
- Tiche, I y Rea, L. (2020). Caracterización morfoagronómica de 11 clones y variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) con investigación participativa, en dos localidades del cantón Guaranda, provincia bolívar. (Tesis. Lic). Universidad Estatal de Bolívar Ecuador.

- Valdivia-Bernal, R., Velarde, C., Jesús, F., Ortiz, M., Betancourt, A., Ortega, A y Espinosa, A. (2007). Desarrollo participativo de híbridos sintéticos de maíz y producción de semilla por agricultores. *Agricultura técnica en México*, 33(2), 135-143.
- Vásquez, A. (2015). Selección participativa de variedades locales promisorias de (*Coffea arabica*) en productividad y tolerancia a roya (*Hemileia vastatrix*) en la región san Martín. (Tesis. Lic). Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Perú.
- Vidal, N. (2019). La cosecha epistémica: un análisis de la praxis epistémica de los guardianes de semillas en Colombia. In Casas R. & Pérez-Bustos T. (Eds.), *Ciencia, tecnología y sociedad en América Latina: La mirada de las nuevas generaciones* (pp. 41-62). Argentina: CLACSO. doi:10.2307/j.ctvt6rmtj.5
- Witcombe, J. (2006). Selección varietal y fitomejoramiento participativo: Los últimos diez años. En: Gonsalves, J. *et al.* (eds.). *Investigación y desarrollo participativo para la agricultura y el manejo de los recursos naturales: libro de consulta*. Lima: 218-223. *Tropicales*, 30(2).

Semblanza de los Autores.

José Gregorio Joya Dávila

Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, de la Universidad Autónoma de Chiapas. Ha realizado investigaciones en bioprospección de metabolitos secundarios para el control de fitopatógenos, procesos de selección participativa y caracterización agronómica de genotipos locales. Actualmente realiza investigación en manejo agronómico y mejoramiento genético de *Coffea arabica* en Chiapas, México, vinculado a su formación como Doctor en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Raúl Humberto Joya Dávila

Técnico en explotaciones agropecuarias, con énfasis en sistemas agropecuarios ecológicos del Servicio nacional de aprendizaje. Actualmente, es estudiante de economía, en la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia (UPTC), donde realiza investigaciones en economía y sociedad, enfocadas en análisis del costo de oportunidad de productos agropecuarios.



Clavo (*Syzygium aromaticum*) fermentado para el control de la podredumbre de la corona del banano (*Musa sp*) variedad “Gran enano”

María de Lourdes Adriano Anaya

Oscar Manuel Montoya González

Miguel Salvador Adriano

Gamaliel Velázquez Ovalle

Alfredo Vázquez Ovando

Miguel Salvador Figueroa

Clavo (*Syzygium aromaticum*) fermentado para el control de la podredumbre de la corona del banano (*Musa sp*) variedad “Gran enano”

María de Lourdes Adriano Anaya, Oscar Manuel Montoya González, Miguel Salvador Adriano, Gamaliel Velázquez Ovalle, Alfredo Vázquez Ovando, Miguel Salvador Figueroa

Resumen

Se estudió el efecto de fermentados de clavo (*Syzygium aromaticum*) en la incidencia de la podredumbre poscosecha de la corona del banano clon “Gran Enano”. Se realizaron fermentaciones de una suspensión acuosa de clavo con una cepa autóctona de *Bacillus subtilis*. Las variables de fermentación aireación, pH, glucosa, nitrato de amonio, luz, filtrado antes de fermentar y temperatura fueron valoradas utilizando el diseño factorial fraccionado Plackett-Burman a dos niveles. La actividad antifúngica fue determinada in vitro creciendo *Rhizopus* sp., aislado de la podredumbre del banano. De los ocho tratamientos de fermentación el T4 redujo en 100% el desarrollo de *Rhizopus* sp. La incidencia de podredumbre en bananos recién cosechados después de la aplicación pre empaque del fermentado T4 fue similar a lo observado en los bananos con tratamiento químico convencional. No se encontraron modificación en la dinámica de color ni en la firmeza de los frutos.

Palabras clave: banano, fitopatógeno, poscosecha

Clove (*Syzygium aromaticum*) fermented for control of crown rot of banana (*Musa sp*) variety “Gran enano”

Abstract

The effect of fermented cloves (*Syzygium aromaticum*) on the incidence of postharvest rot of the crown of the banana clone “Gran Enano” was studied. Fermentations of an aqueous suspension of cloves were carried out with a native strain of *Bacillus subtilis*. The variables of fermentation aeration, pH, glucose, ammonium nitrate, light, filtering before fermenting and temperature were evaluated using the Plackett-Burman fractional factorial design at two levels. The antifungal activity was determined in vitro growing *Rhizopus* sp., isolated from banana rot. Of the eight fermentation treatments, T4 reduced the development of *Rhizopus* sp. by 100%. The incidence of rot in freshly harvested bananas after the pre-packaged application of the fermented T4 was similar to that observed in bananas with conventional chemical treatment. No modification was found in the color dynamics or in the firmness of the fruits.

Keywords: minimum: banana, phytopathogen, post-harvest

Introducción

En la agricultura, las enfermedades causadas por hongos, son responsables del deterioro de raíces, tallos, hojas, flores y frutos. Se estima que las pérdidas pre- y pos-cosecha, causadas por estos microorganismos, son mayores al 25% en países desarrollados y superan al 50% en países en desarrollo (Juárez *et al.*, 2010). Un ejemplo de productos agrícolas que sufren pérdidas por causa de hongos es el banano, el cuarto cultivo más importante en el mundo y el fruto tropical más consumido (Manzo *et al.*, 2014). En México se producen más de dos millones de toneladas de diferentes variedades de plátanos y bananos, cuyo valor comercial es cercano a los siete millones de pesos, y donde la región Soconusco de Chiapas ocupa el segundo lugar como productor nacional con un área cultivada de 23,454 ha y un rendimiento de 29.45 ton ha⁻¹ (SIAP, 2019).

Además de la Sigatoka Negra, enfermedad producida por el hongo *Mycosphaera fijiensis*, de las hojas de los bananos, se han reportado pérdidas superiores al 30% de la producción debido a la podredumbre de la corona del fruto (Salazar *et al.*, 2012.; Aguilar *et al.*, 2013; López *et al.*, 2006), asociada a hongos como: *Fusarium sp.*, *Rhizopus sp.*, *Acremonium sp.*, *Colletotrichum musae* y *Curvularia sp.* (Sagastume, 2005; López *et al.*, 2006). Para disminuir el daño en la corona de los racimos (manos) de los frutos recién cortados en las empacadoras se aplican diferentes fungicidas de síntesis química [Imazalil® (1-[2-(2,4-diclorofenil)-2-(2-propeniloxi) etil]-1H-imidazol), Pireos® 70 (Dimetil- 4-4'-o – fenilenbis-(3-tioalofanato), Tecto®60 (tiabendazol: 2-(4-Tiazolil)-1H-benzimidazol), entre otros], con la consecuente residualidad y efectos negativos en el ambiente y salud humana. Una de las alternativas al empleo de fungicidas químicos, retomado recientemente, es el uso de extractos vegetales, los cuales han demostrado su efectividad en el control de hongos como *Colletotrichum musae* y *Botrytis cinerea* (López *et al.*, 2006).

Contexto

Los extractos acuosos de diversas plantas han tenido éxito en la inhibición de diferentes hongos fitopatógenos; sin embargo, las condiciones de extracción son altamente variables. En este sentido, el extracto de salvia morada (*Lippia alba*), obtenido mediante macerado por 2 h a 28 °C de hojas secas en agua (25% p/v), redujo 15% el crecimiento del micelio de *Colletotrichum musae* (López *et al.*, 2006); el extracto de maguey de cerro (*Agave scabra* Salm Dyck) obtenido macerando hojas frescas en agua y dejando reposar por 7 días a 6 °C, redujo hasta 28% el crecimiento del micelio de *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Mucor sp.*, *Fusarium sp.* y *Penicillium sp.* (González *et al.*, 2015); Los extractos de chilca (*Baccharis latifolia*), frutilla (*So-*

lanum dolichosepalum) y escobilla (*Baccharis trinervis*), obtenidos macerando hojas secas en agua y calentando a 40 °C por 30 min disminuyeron el crecimiento del micelio de *Trichophyton rubrum* y *Candida albicans* hasta 47% (Marín *et al.*, 2006). Los extractos acuosos de hojas secas de limón swingla (*Swinglea glutinosa*), salvia (*Salvia officinalis*) y neem (*Azadirachta indica*) reposados 3 d, a 32 °C, disminuyeron hasta 16% la infección por Sigatoka Negra (Marín *et al.*, 2008). En este ámbito el equipo de investigación ha tenido éxito utilizando extractos de clavo (*Syzygium aromaticum*) inhibiendo, in vitro, 24.2% el desarrollo del micelio de *M. fijiensis* (Adriano *et al.*, 2018).

El proceso de obtención de los extractos acuosos de vegetales generalmente se realiza con material biológico, si acaso, superficialmente asepticado, utilizando agua potable o destilada, temperatura del agua entre la ambiental y hasta los 90 °C, esta última se emplea por periodos cortos de tiempo (de 10 min a 20 min) y tiempos de reposo en el rango de horas hasta los 28 días.

Las condiciones de extracción previamente descritas no son lo suficientemente drásticas para garantizar la inactivación de la microbiota acompañante, por lo que es probable que durante la etapa de reposo la microbiota residual utilice los compuestos solubilizados (carbohidratos y proteínas, entre otros muchos) para sobrevivir y realizar algunas funciones metabólicas entre las que se encuentran las modificaciones a moléculas complejas y biológicamente inactivas, para transformarlas en moléculas con alguna actividad biológica, por ejemplo antibióticos.

Dado el planteamiento anterior, el grupo de trabajo ha empleado como inóculo a microorganismos previamente seleccionados, y que naturalmente producen antifúngicos, para fermentar diversos extractos de vegetales reportados como controladores de hongos, para incrementar su potencial fungicida. Uno de esos vegetales es la canela (*Syzygium aromaticum*) de reconocida capacidad para inhibir el desarrollo de diversos hongos (Sparks *et al.*, 2017) por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de fermentados de clavo (*Syzygium aromaticum*) en la incidencia de la podredumbre poscosecha de la corona del banano clon “Gran Enano”.

Contenido

Reactivación y crecimiento de cepas

Bacillus subtilis y *Rhizopus* sp. fueron reactivadas a 32 °C durante 24 h y 5 días, respectivamente, en medio ADP. Para el cultivo en medio líquido, una colonia de *B. subtilis* fue colocada

en 50 ml de medio dextrosa-papa (DP) y se incubó por 12 h a 32 °C con agitación rotatoria de 180 rpm. El micelio de *Rhizopus* sp. fue transferido a una caja de Petri con medio ADP y se incubó por 72 h a 32 °C.

Extracto acuoso de clavo (*Syzygium aromaticum*)

El extracto acuoso de clavo fue preparado utilizando 125 g l⁻¹ del aromático, previamente molido y tamizado a partículas de 0.1mm.

Tratamientos de fermentación

En el Cuadro 1 se muestra el diseño de tratamientos de los tratamientos de fermentación. El diseño de tratamientos fue factorial truncado tipo Placket-Burman a dos niveles.

Cuadro 1. Diseño de tratamientos empleados en la fermentación de clavo.

Trata*	Glucosa (+25 -0 g l ⁻¹)	(NH ₄)NO ₃ (+3 -0 g l ⁻¹)	pH (+8 -5)	Aireación (+=si; -=no)	Temperatura (+37 -30 °C)	FAF (+si -no)	Luz (+si -no)
1	+	-	+	-	+	-	+
2	-	-	-	+	+	+	+
3	+	+	-	-	+	+	-
4	+	-	+	+	-	+	-
5	+	+	-	+	-	-	+
6	-	+	+	+	+	-	-
7	-	+	+	-	-	+	+
8	-	-	-	-	-	-	-

*Trata = tratamiento; +FAF = filtrado previo a la fermentación a través de papel filtro Whatman 40; + aireación = agitación a 180 rpm, -aireación = sin agitación; +luz = ciclo día-noche, -luz = protegido de la luz.

Fermentación

Noventa mililitros de cada tratamiento fueron inoculados con 10 ml de un cultivo de 12 h de *B. subtilis* (10⁹ células ml⁻¹) y fermentadas, por 7 días, bajo las condiciones establecidas en el diseño de tratamientos. Todos los tratamientos fueron realizados por triplicado.

Actividad antifúngica in vitro

Alícuotas de 20 ml de cada tratamiento; se centrifugaron a 10000 rpm durante 10 min. El sobrenadante fue filtrado a través de membranas (poro de 0.22 µm). Una relación 1:3 filtrado:medio ADP, fue empleado para llenar las placa de Petri. Un disco (5 mm de diámetro)

Clavo (*Syzygium aromaticum*) fermentado para el control de la podredumbre de la corona del banano (*Musa* sp) variedad “Gran enano”

de micelio de *Rhizopus* sp fue colocado en el centro de la placa de Petri y 24 h después se midió (calibrador digital, resolución 0.01 mm) el diámetro de la colonia (DC). Como control (C) se utilizó el crecimiento del hongo en medio ADP. El diámetro efectivo (DE) de la colonia del fitopatógeno fue calculado como: $DE \text{ (mm)} = DC_{24} - DC_0$; donde: DC_{24} = diámetro (mm) después de 24 h de crecimiento, DC_0 = diámetro (mm) a las 0 h = 5 mm.

Incidencia de podredumbre en la corona de los frutos de banano.

Para determinar la incidencia de la podredumbre fueron establecidos tres tratamientos: orgánico (el que mostró mayor inhibición de la prueba in vitro), testigo (sin nada) y convencional [$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ al 2%; Mertec (600 ppm) 50 ml; Bankit (300 ppm) 25 ml; Magnate (600 ppm) 75 g; N Large (ácido gilberelico al 3.2%) 625ppm].

Obtención de frutos

Los frutos de banano fueron obtenidos en la cooperativa “Sector de Producción Mazatán de RSM”. Fue utilizada una caja de 20 kg [16 manos (“pencas”) con 6 dedos (frutos) por mano] por tratamiento. Las manos fueron lavadas in situ y, previo al empaque, rociados con los tratamientos orgánico (160 mL), convencional (240 mL) y testigo (agua). Posteriormente, los frutos fueron colocados en la cámara de maduración donde permanecieron por 2 días. Finalmente, los frutos fueron trasladados al laboratorio (23 °C), donde fueron colocados en mesas previamente asepticadas con una solución de etanol al 60%.

Variables estudiadas

El comportamiento de los bananos durante el almacenamiento (a 23 °C) fue seguido mediante la determinación de la aparición visible de hongos en la corona, el área de obscurecimiento de la cascara, la firmeza y el color de la cascara. Las determinaciones fueron realizadas cada 2 días a seis frutos. Para determinar el área de obscurecimiento, los frutos fueron fotografiados (cámara Nikon D7200) en sus cuatro perfiles. Para calcular el área (mm²) dañada (obscurecida), las fotografías fueron analizadas con el programa ZEN blue edition 2011. El porcentaje de área con obscurecimiento fue calculado en base al área para banano tipo “México Calidad Suprema” especificada en la Norma Mexicana FF029 (área mínima 114,725 mm²: longitud mínima 152 mm, diámetro mínimo 31 mm). El color de los frutos fue determinado empleando las variables L. a y b utilizando el programa ColorSnapper 5.11 (MacOS) previa fotografía (cámara Nikon D7200).

La firmeza de los frutos fue determinada con un penetrómetro (TR®, Italia) con punta

cilíndrica de 8 mm. en tres zonas (pedúnculo, centro y ápice). Los resultados fueron expresados en Newton (N).

Análisis de datos

Los datos de la variable dependiente (capacidad inhibitoria del extracto fermentado) para el día 8 fueron analizados mediante el procedimiento del algoritmo de Plackett-Burman, Los valores de obscurecimiento, firmeza y color fueron sometidos al análisis de varianza, y donde hubo diferencia se aplicó la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$), utilizando el programa InfoStat Profesional versión 2018.

Resultados y Discusión

Después de 8 días de fermentación del macerado de clavo la actividad antibiótica de los fermentados contra *Rhizopus* sp estuvo en el rango de 0 a 100% (Cuadro 2). La contrastante actividad antifúngica (Cuadro 2) derivada de la fermentación del extracto acuoso de clavo, en los distintos tratamientos establecidos (Cuadro 1), puede estar asociada a distintas facetas de la actividad metabólica del microorganismo empleado. En este sentido Jiménez-Delgadillo *et al.* (2018), Monteiro *et al.* (2016) y Kumar *et al.* (2009) mostraron que la temperatura, el pH inicial y la composición del medio de cultivo influyeron en la producción de metabolitos anti-fúngicos en *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *Bacillus* Y-IVI y *B. subtilis* MITC-8114, respectivamente. Dependiendo del tipo de anti-fúngico su producción fue función del pH (ácido, neutro o básico), temperatura (25, 30 o 37 °C, respectivamente) y componente del medio de cultivo (concentración de glucosa y de fuente de nitrógeno).

Cuadro 2. Actividad antifúngica (%) de los fermentados de clavo

Tratamiento	Media*
1	90.5 b
2	22.0 f
3	41.4 e
4	100.0 a
5	96.7 a
6	92.3 ab
7	79.0 d
8	86.5 c

*Literales diferentes indican diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$), prueba de Tukey.

La limitada capacidad antifúngica en los tratamientos 2 y 3 (Cuadro 2), pudiera ser resultado de la biotransformación bacteriana de los flavonoides, taninos, saponinas, antraquinonas y

triterpenos componentes bioactivos del clavo (Fateh *et al.*, 2017; Seethapathy *et al.*, 2016). El que los tratamientos 1, 4, 5 y 6 tuvieran capacidad anti-fúngica mayor a 90% pudiera ser resultado de la biotransformación, a moléculas bioactivas, de algunos componentes del clavo presentes en la materia suspendida como fue sugerido por Bianchini *et al.* (2015) o por la síntesis de novo de moléculas bioactivas derivadas del metabolismo bacteria. Por otra parte, después de 6 días de la aplicación del fermentado de clavo del tratamiento 4 en los bananos, la proporción de frutos con síntomas visibles de infección por hongos en la corona fue de $3.0 \pm 1.5\%$, valor similar a lo observado en frutos con el tratamiento convencional ($p > 0.05$) y ambos diferentes ($p < 0.05$) a los frutos sin tratamiento los cuales tuvieron 100% de incidencia. El nivel de síntomas de infección de la corona por hongos fue similar a lo reportado por Williamson *et al.* (2008) quienes utilizaron a *Pseudomonas syringae* cepa ESC-11 como controlador de *Fusarium moniliforme* Sheldon, un fitopatógeno aislado de la corona de frutos de banano, en tratamientos de infección ad hoc. La eficiencia del tratamiento biológico puede ser aumentado si se emplea mayor concentración del fermentado como fue sugerido por Lassoils *et al.* (2010). Así mismo dicho nivel de control fue similar a lo reportado para el control de enfermedades provocadas por hongos en otros frutos (Alvindia y Acda, 2015; Wang *et al.*, 2010; Carrillo-Fasio *et al.*, 2005).

En la Figura 1 se muestra la dinámica del obscurecimiento de las cascaras de banano después de la aplicación del fermentado del Tratamiento 4, la mezcla convencional y sin ninguna de las dos mezclas. Como puede observarse el nivel inicial de obscurecimiento de la cascara de los frutos en los diferentes tratamientos fue estadísticamente igual.

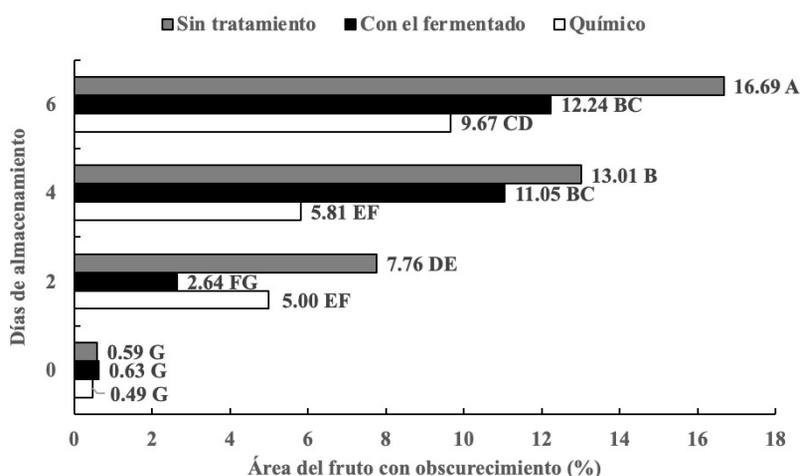


Figura 1. Comportamiento del obscurecimiento de la cascara de bananos sometidos a diferentes tratamientos de protección y almacenados a 25 °C por 6 días. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (Tukey $\alpha=0.05$; DMS = 3.26).

Conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento el oscurecimiento se incrementó en los bananos en todos los tratamientos; sin embargo, los frutos a los que no se les aplicó tratamiento antifúngico siempre fueron los que mayor nivel de oscurecimiento tuvieron. Así mismo, se puede observar que al sexto día de almacenamiento el nivel de oscurecimiento entre los frutos del tratamiento con la mezcla orgánica fue estadísticamente igual a los bananos del tratamiento convencional y ambos estadísticamente diferente a lo observado en los bananos sin tratamiento.

Por su parte tanto los valores de los componentes a y b del color (Figura 2) como el de luminosidad (L) de la cascara de los frutos de los diferentes tratamientos, respecto a los días de almacenamiento, no tuvieron diferencias significativas ($aL = 0.091$; $aa = 0.1153$; $ab = 0.2189$).

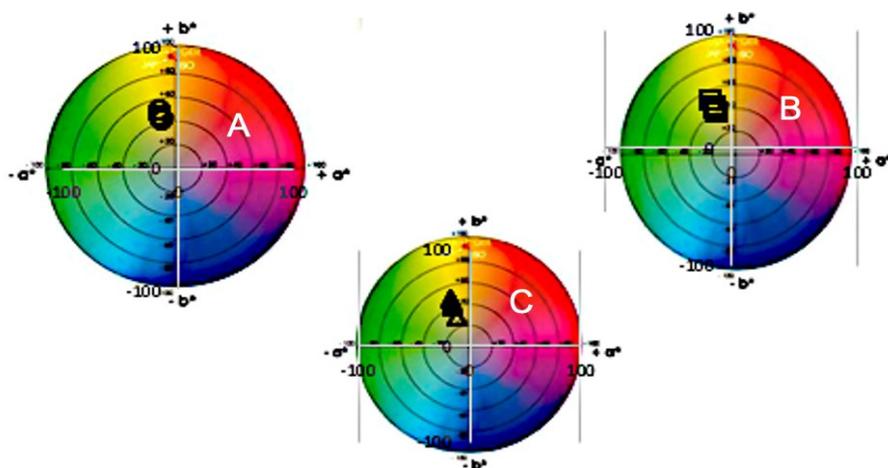


Figura 2. Ubicación de los valores de los componentes a y b del color de los bananos de los diferentes tratamientos durante el almacenamiento a 23 °C. A = fermentado de clavo, B = químico, C = sin tratamiento.

Finalmente, aunque la firmeza de los frutos disminuyó conforme transcurrieron los días de almacenamiento (Figura 3), la interacción tratamiento * día de almacenamiento no fue significativa ($a = 0.3208$).

La similitud en las características del oscurecimiento de la cascara (Figura 1), los componentes del color (Figura 2), y la firmeza de la pulpa (Figura 3) entre los frutos con aplicación del fermentado de clavo y los del tratamiento convencional fue parecido a lo reportado por Alvindia y Acda (2015), Wang *et al.*, (2010), Williamson *et al.* (2008) y Carrillo-Fasio *et al.*, (2005).

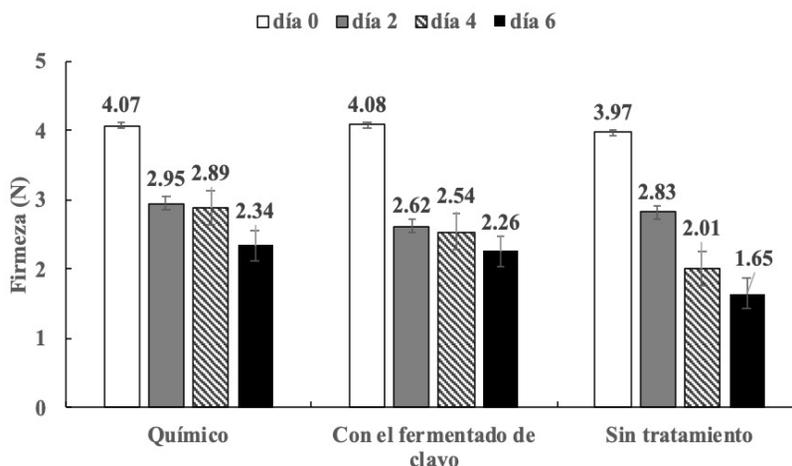


Figura 3. Dinámica de la firmeza de los frutos de bananos sometidos a diferentes tratamientos y almacenados a 25 oC. Las barras representan la desviación estándar. DMS= 1.53.

Conclusiones

El fermentado del extracto acuoso de clavo con *B. subtilis* incrementó el potencial antifúngico del aromático.

El fermentado del extracto acuoso de clavo con *B. subtilis* controló el desarrollo de hongos de la corona de frutos de banano clon “Gran Enano” con igual eficiencia que la mezcla química utilizada convencionalmente.

El fermentado del extracto acuoso de clavo con *B. subtilis* tiene el potencial para ser empleado como un método orgánico para el control de la infecciones fúngicas de la corona de las diferentes variedades de plátanos y bananos producidas en México.

Referencias

- Adriano-Anaya, M., Mejía-Ortiz, J., Ovando-Medina, I., Albores-Flores, V., & Salvador-Figueroa, M. (2018). Efecto de extractos alcohólicos de ajo (*Allium sativum*) y clavo (*Syzygium aromaticum*) en el desarrollo de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *Revista Mexicana De Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(3):379-393. DOI:10.18781/R.MEX.FIT.1805-2
- Aguilar Ancota, R., García Raymundo, R. B., Dulanto Bejarano, J. A., & Maldonado Duque, E. A. (2013). Hongos asociados a la pudrición de la corona en frutos de banano

- orgánico (*Musa* spp. L.) en Piura, Perú. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 4(1), 81-88. DOI:10.22490/21456453.983
- Alvandia DA & Acda MA. 2015. The antagonistic effect and mechanisms of *Bacillus amylo-liquefaciens* DGA14 against anthracnose in mango cv. 'Carabao', *Biocontrol Science and Technology* 25(5): 560-572. DOI: [10.1080/09583157.2014.996738](https://doi.org/10.1080/09583157.2014.996738).
- Bianchini, L. F., Arruda, M. F., Vieira, S. R., Campelo, P. M., Grégio, A. M., & Rosa, E. A. (2015). Microbial Biotransformation to Obtain New Antifungals. *Frontiers in microbiology*, 6, 1433. DOI:10.3389/fmicb.2015.01433
- Carrillo-Fasio JA, García-Estrada RS, Muy-Rangel MD, Sañudo-Barajas A, Márquez-Zequera I, Allende-Molar R, de la Garza-Ruiz Z, Patiño-Vera M & Galindo-Fentanes E. (2005). Control biológico de antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc.] y su efecto en la calidad postcosecha del mango (*Mangifera indica* L.) en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 23:24- 32.
- Fateh AL, Magbool RF, Elnima EI, Shayoub ME & Hussein SEO. (2017). Antifungal and phytochemical constituents study of clove oil from *Syzygium aromaticum*. *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*. 3(10): 211-215.
- González-Álvarez M, Moreno-Limón S, Salcedo-Martínez SM, & Pérez-Rodríguez EC. (2015). Evaluación in vitro de la actividad antifúngica de extractos de agave (*Agave scabra*, Salm Dyck) sobre hongos postcosecha. *PHYTON* 84: 427-434.
- Jiménez-Delgadillo, R., Valdés-Rodríguez, S., Olalde-Portugal, V., Abraham-Juárez, R., & García-Hernández, J. (2018). Efecto del pH y temperatura sobre el crecimiento y actividad antagónica de *Bacillus subtilis* sobre *Rhizoctonia solani*. *Revista Mexicana De Fitopatología, Mexican Journal Of Phytopathology*, 36(2). 256-275. DOI:10.18781/R.MEX.FIT.1711-3
- Juárez, G. P.; Sosa, M. E., & López A. (2010). Hongos fitopatógenos de alta importancia económica: descripción y métodos de control. *Temas selectos de ingeniería de alimentos* 4(2): 14-23. [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TZIA-4\(2\)](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TZIA-4(2))
- Lassois L, Chillet M, de Lapeyre L & Haïssam M. (2010). Crown rot of bananas: Preharvest factors involved in postharvest disease development and integrated control methods. *Plant Disease* 94 (5): 648-658. DOI: 10.1016/B978-0-12-411552-1.00003-X

- Kumar, A., Saini, P., & Shrivastava, J. N. (2009). Production of peptide antifungal antibiotic and biocontrol activity of *Bacillus subtilis*. *Indian Journal of Experimental Biology*, 47(1), 57–62.
- López, A., Vélez, M., Sánchez O, M. S., Bonilla Correa, C. R., & Gallo, P. I. (2006). Evaluación de extractos vegetales para manejo de hongos patógenos en banano y fresa almacenados. *Acta Agronómica*, 55(4), 39-44. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/478
- Manzo-Sánchez, G., Orozco-Santos, M., Martínez-Bolaños, L., Garrido-Ramírez, E., & Canto-Canche, B. (2014). Enfermedades de importancia cuarentenaria y económica del cultivo de banano (*Musa* sp.) en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 32(2): 89-107. http://rmf.smf.org.mx/Vol3222014/AR/32-2_02.pdf
- Marín OJ, Mass MJ, Barrera JL, & Robles J. (2008). Evaluación de extractos vegetales para el control de *Mycosphaerella fijiensis* en plátano en Tierralta – Córdoba. *Temas Agrarios* 13:(1): 25 – 31. <https://doi.org/10.21897/rta.v13i1.661>
- Monteiro, F. P., de Medeiros, F. H. V., Ongena, M., Franzil, L., de Souza, P. E., & de Souza, J. T. (2016). Effect of temperature, pH and substrate composition on production of lipopeptides by *Bacillus amyloliquefaciens* 629. *African Journal of Microbiology Research*, 10(36), 1506-1512. <https://doi.org/10.5897/AJMR2016.8222>.
- Sagastume, CA. 2005. Hongos asociados al manchado del fruto en banano *Musa* spp., en las fincas bananeras de Bandegua Los Amates, Izabal. Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2175.pdf
- Salazar, E., Hernández, R., Tapia, A., & Gómez-Alpízar, L. (2012). Identificación molecular del hongo *Colletotrichum* spp., aislado de banano (*Musa* spp) de la altura en la zona de Turrialba y determinación de su sensibilidad a fungicidas poscosecha. *Agronomía Costarricense*, 36(1), 53-68. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377_94242012000100004&lng=en&tlng=es.
- Seethapathy, P, Jayaraman, R, Palani, N & Kuppusami, P. (2016). Botanicals in eco-friendly postharvest disease management. *Innovative Farming*, 1(3): 67-71.

- SIAP. (2019). Servicio de información agroalimera y pesquera producción nacional. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccionagricola-por-cultivo> (consultado 23 de marzo de 2019).
- Sparks, T. C., Hahn, D. R., & Garizi, N. V. (2017). Natural products, their derivatives, mimics and synthetic equivalents: role in agrochemical discovery. *Pest management science*, 73(4), 700–715. <https://doi.org/10.1002/ps.4458>
- Wang, Y., Xu, Z., Zhu, P., Liu, Y., Zhang, Z., Mastuda, Y., Toyoda, H., & Xu, L. (2010). Postharvest biological control of melon pathogens using *Bacillus subtilis* EXWB1. *Journal of Plant Pathology* 92 (3): 645-652. DOI: <http://dx.doi.org/10.4454/jpp.v92i3.309>.
- Williamson, S. M., Guzmán, M., Marin, D. H., Anas, O., Jin, X., & Sutton T. B. (2008). Evaluation of *Pseudomonas syringae* strain ESC-11 for biocontrol of crown rot and anthracnose of banana. *Biological Control* 46: 279–286. DOI:10.1016/j.bio-control.2008.05.016

Semblanza de Autores

María de Lourdes Adriano Anaya.

Ingeniero Bioquímico Industrial, Maestra en Fruticultura, Doctora en Agricultura Tropical, Profesora de Tiempo Completo Titular “C”, miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Publicado más de 50 artículos en revistas indizadas.

Oscar Manuel Montoya González.

Ingeniero Biotecnólogo. Labora en el “Sector de Producción Mazatán de RSM”, una cooperativa productora de plátanos y bananos.

Miguel Salvador Adriano.

Biólogo y Maestro en Biotecnología. Técnico Académico Titular “B” de Tiempo Completo. Experto en equipo especializado de biología molecular y en el manejo del material genético de bacterias y plantas.

Gamaliel Velázquez Ovalle.

Ingeniero Biotecnólogo y Maestro en Biotecnología. Técnico Académico Titular “B” de Tiempo Completo. Experto en equipo especializado de análisis químico para agua, suelo y frutos.

Alfredo Vázquez Ovando.

Ingeniero Biotecnólogo, Maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos, Doctor en Biología, Profesor de Tiempo Completo Titular “A”, miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Publicado más de 35 artículos en revistas indizadas.

Miguel Salvador-Figueroa.

Ingeniero Bioquímico Industrial, Maestro en Investigación Biomédica, Doctor en Biotecnología, Profesor de Tiempo Completo Titular “C”, miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Investigador Emérito de Chiapas, Fundador del Instituto de Biotecnología, Fundador del Colegio de Biotecnólogo de Chiapas. Publicado más de 100 artículos en revistas indizadas.



Efecto del propionato de calcio en ovejas gestantes y su impacto en rumen de corderos

Luis Fernando Pérez Segura

Héctor Aarón Lee Rangel

Gregorio Álvarez Fuentes

Efecto del propionato de calcio en ovejas gestantes y su impacto en rumen de corderos

Luis Fernando Pérez Segura· Héctor Aarón Lee Rangel y Gregorio Álvarez Fuentes

Resumen

El objetivo de este experimento fue analizar el efecto de la suplementación con PrCa en diferentes mitades de gestación, en ovejas gestantes sobre el desarrollo de las papilas ruminales en la progenie. Se utilizó un diseño completamente al azar. Con tres grupos de tratamiento y un control, los tres grupos de tratamiento contenían 10% de PrCa en 300 gr de concentrado. No se observaron diferencias significativas en la producción de leche en las hembras, así como tampoco en las variables de peso medio, final y peso de la canal entre tratamientos. Existe una diferencia significativa en peso al nacimiento en el grupo de la primera mitad de gestación con respecto a los otros grupos ($P < 0.05$). Se concluyó que la suplementación con PrCa no influye en la producción de leche en las hembras, así como tampoco en el peso final de los corderos.

Palabras clave: Rumen, gestación, Cordero

Effect of calcium propionate in pregnant ewes and its impact on the rumen of lambs

Abstract

The objective of this experiment was to analyze the effect of PrCa supplementation in different half-gestations in pregnant ewes on the development of ruminal papillae in the progeny. A completely randomized design was used. With three treatment groups and one control, the three treatment groups contained 10% PrCa in 300 g of concentrate. No significant differences were observed in the milk production in the females, as well as in the variables of mean weight, final weight and carcass weight between treatments. There is a significant difference in birth weight in the group of the first half of gestation compared to the other groups ($P < 0.05$). It was concluded that the supplementation with PrCa does not influence the milk production in the females, as well as the final weight of the lambs.

Keywords: Rumen, pregnancy, Lambs

Introducción

Los sistemas ganaderos altamente productivos, deben evaluar fuentes alternativas de alimentos para maximizar el consumo de energía esto debido a que el sector ganadero se ha transformado a un ritmo acelerado en las últimas décadas, a través de la creciente demanda de alimentos derivados de los animales en las economías que más rápido crecen en el mundo. Uno de los mayores retos en producción de rumiantes es potencializar la ingesta, digestibilidad y transferencia de los nutrimentos. La nutrición juega un papel clave dentro de los rumiantes ya que una nutrición adecuada dentro de cada etapa de vida del animal la hace determinante como Influencia en la eficiencia de las mismas, esto nos lleva a que una nutrición adecuada para todos los animales es fundamental tanto para su bienestar como productividad (Giménez, 1994; FAO, 2019).

Si bien se ha descrito anteriormente la importancia de una nutrición adecuada durante el periodo de vida de los rumiantes es importante voltear la vista a la nutrición materna, ya que es un determinante importante del subsiguiente crecimiento y desarrollo fetal, resultado del embarazo y, en última instancia, salud de por vida y productividad de un individuo. En corderos gran parte del aprovechamiento económico y productivo de las dietas recae en el tiempo de desarrollo ruminal y la longitud de las papilas, esto correlacionándose con la digestibilidad de nutrientes y eventual crecimiento de crías provocando que cualquier cambio en el régimen de alimentación temprana y nutrición puedan influir en el desarrollo del rumen, y a su vez, conducir a efectos duraderos posteriores en crecimiento, salud y rendimiento de la producción. El uso de aditivos como el Propionato de Calcio (PrCa) han mostrado resultados que promueven la fermentación y desarrollo ruminal en crías ((Barker, 1998; Zhang, *et al.*, 2018; Diao, *et al.*, 2019).

Contexto teorico

Los sistemas ganaderos altamente productivos, deben evaluar fuentes alternativas de alimentos para maximizar el consumo de energía esto debido a que el sector ganadero se ha transformado a un ritmo acelerado en las últimas décadas, a través de la creciente demanda de alimentos derivados de los animales en las economías que más rápido crecen en el mundo, esto ha llevado a un incremento significativo en la producción ganadera, por lo tanto opciones como la inclusión de granos más fermentables en la dieta se ha observado que aumenta la densidad de energía, sin embargo un exceso de dicho grano en el rumen ocasionalmente reduce la ingesta de materia seca, por consiguiente la ingesta general de energía

puede no aumentar, aunado a que el costo del grano ha aumentado en todo el mundo, dichas razones han llevado al uso de precursores de glucosa como el glicerol, el propilenglicol o el propionato de calcio alzándose como una opción atractiva para reemplazar parcialmente el grano (Oba y Allen, 2003; Ferraro *et al.*, 2009; FAO, 2019).

Si bien a través del tiempo se ha descrito la importancia de una nutrición adecuada dentro de cada etapa de vida de un rumiante lo cual la hace determinante como Influencia en la eficiencia de las mismas, esto nos lleva a que una nutrición adecuada para todos los animales es fundamental tanto para su bienestar como productividad. Dentro del sistema digestivo de los rumiantes el rumen juega un papel clave para la digestión por lo tanto los cambios en el desarrollo del rumen tienen que ocurrir primero antes de que los rumiantes puedan digerir el alimento seco para garantizar sus propias necesidades de crecimiento, Ya en el rumen, el epitelio ruminal juega un papel crucial ya que realiza muchas funciones importantes y desempeña un papel clave en el desarrollo del rumen, incluida la absorción, el transporte, el metabolismo de los ácidos grasos de cadena corta y la protección. La proliferación y el crecimiento del epitelio escamoso del rumen promueven el crecimiento de las papilas, largo y ancho de las mismas, y aumenta el grosor de la pared interior del rumen (Baldwin *et al.*, 2004).

Otra particularidad del sistema digestivo de los rumiantes es la actividad metabólica de la comunidad microbiana simbiote responsable de la digestión del material fibroso que consumen dichos animales, sus productos finales y desechos son utilizados por el animal como fuente de energía, proteína y vitaminas. A medida que los rumiantes consumen más alimento inicial, el pH de la digestión ruminal disminuye, mientras que la concentración de ácidos grasos volátiles (AGVs) aumenta gradualmente durante los primeros dos meses. Los AGV son un grupo de grasas de cadena corta, los AGV más abundantes en el fluido ruminal son el acético, propiónico y butírico que representan hasta el 95% de todos los AGV, estos son rápidamente absorbidos a través del rumen y son responsables del 70% al 80% de energía en rumiantes y son utilizados por el animal para su mantenimiento y producción. Los ácidos grasos volátiles no son solo una fuente importante de energía, también actúan para señalar moléculas en la superficie de las células, facilitando la regulación de la proliferación y diferenciación celular, apoptosis, respuesta inmune, metabolismo lipídico y absorción de nutrientes (Bergman, 1990; Larue *et al.*, 2005).

Contenido

Nutrición en la gestación importancia

Dentro de la nutrición durante la gestación han aparecido conceptos como la programación fetal han aparecido y tomado mayor relevancia ya que dicho término se refiere a un período crítico en el que los tejidos y órganos son creados, sin embargo una nutrición insuficiente durante este tiempo da como resultado alteraciones permanentes a ciertas estructuras y funciones fisiológicas metabólicas del feto. El período de gestación tardía y lactancia temprana es uno de los estreses metabólicos para animales lecheros, para esto se han encontrado mejoras en el equilibrio de raciones y la entrega lo cual han disminuido los problemas y aumento de la producción, sin embargo, sigue siendo un desafío para aumentar la ingesta en cantidades suficientes para reducir los déficits de aminoácidos y energía. . El suministro de precursores gluconeogénicos, como las sales de calcio de ácido propiónico, ha mejorado el rendimiento en algunas situaciones (Barker, 1998; Drackley, 1999; Overton y Waldron, 2004).

Uso del propionato en las dietas

El uso de aditivos en la producción de rumiantes como lo es el propionato de Calcio (PrCa) ha sido una parte importante dentro de la nutrición de rumiantes debido a los beneficios que pueden otorgarles a los animales. Si bien el propionato de (Ca) se usa principalmente como conservante para alimentos de animales, también tiene el potencial para ser agregado como aditivo en dietas para ovejas, ya que el propionato es el precursor gluconeogénico más importante para rumiantes, y puede mejorar el flujo de glucosa en corderos. Además, la suplementación con PrCa mejora la acción de la insulina sobre el metabolismo de la glucosa implicada en la deposición de grasa y el crecimiento muscular (Alexandria, 2002; Sano y Fujita, 2006).

En estudios previos realizados con dietas de corderos de engorde se ha discutido la diferencia entre ganancia esperada y observada en relación con la valor de energía del PrCa, así mismo existen algunos informes que especifican los valores de energía del PrCa que puede usarse como referencia para la formulación de la dieta. De acuerdo a otros resultados se indica que la suplementación con PrCa podría mejorar la calidad de la carne aumentando la expresión de ARNm de genes adipogénicos (Liu *et al.*, 2009; Lee-Rangel *et al.*, 2012; Zhang, *et al.*, 2015; Mendoza-Martínez *et al.*, 2015).

En cuanto al impacto del PrCa en el rumen se ha descrito que la suplementación con PrCa promueve tanto la fermentación como el desarrollo ruminal en crías de terneros los resultados de este estudio sugieren una consistencia entre la concentración de propionato y la expresión de ARNm de Receptores acoplados a proteínas G41 y G43 indicando que el desarrollo mejorado del epitelio del rumen se asocia con un aumento de propionato mediante la suplementación de PrCa al estimular la expresión de ARNm tanto de GPR41 como de GPR43, sugiriendo así que este es el probable mecanismo por el cual el PrCa promueve el desarrollo ruminal (Zhang *et al.*, 2018).

Objetivo general de esta investigación fue analizar el efecto de la suplementación con PrCa en diferentes mitades de gestación, en ovejas gestantes Rambouillet sobre el desarrollo de las papilas ruminales en la progenie.

Materiales y Métodos

Animales y diseño experimental.

El experimento se realizó en la unidad ovina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Se utilizaron 32 ovejas Rambouillet fueron divididas de manera aleatoria a el día de servicio en uno de 4 grupos (n = 8).

- (1) Sin suplementación de CaP (CONTROL).
- (2) Suplementación con CaP (10%) en el primera mitad de gestación (PEG) (0-75).
- (3) Suplementación de CaP (10%) en la segunda mitad de gestación (SEG) (76-150).
- (4) Suplementación con CaP (10%) durante toda la gestación (TG).

Propionato de calcio

El fabricante del propionato de calcio fue Nutryplus, SAPI de CV de Querétaro.

Dieta y alimentación

Se prepararon 100 kg de concentrado al 10 % de PrCa siendo 50 kg de salvado 40 kg y 10 kg de PrCa agregando 2 kg de melaza. Del alimento preparado se les dio una ración de 300 g a cada individuo de los grupos primera, segunda etapa y toda la gestación, así mismo se les proporciono agua y heno de alfalfa a acceso libre.

Procedimiento de muestreo

Borregas gestantes. Se tomaran muestras de sangre para la extracción de la misma se hizo con agujas y tubos vacutainer® a través de punción de la vena yugular extrayendo 4 ml por cada individuo para su posterior análisis. Se tomaron muestras de líquido ruminal a través de una sonda la cual se introdujo por la garganta y con succión mediante una bomba de vacío se obtuvo aproximadamente 5 ml de cada individuo, posteriormente se transportaron al laboratorio para su análisis.

Análisis de variables productivas.

Hembras. A cada una de las madres se les midió la producción de leche, estas fueron ordeñadas en tres ocasiones la primera vez durante la primera semana de parto, las otras dos con un lapso intermedio de una semana. Para la ordeña se hizo manualmente, se les inyectó 0.5 ml de oxitocina para liberar la leche de la hembra, se recolectó y midió la cantidad de leche obtenida a través de un vaso graduado de medio litro.

Corderos. Los corderos, fueron pesados al nacimiento, a las 4 semanas y antes del sacrificio, a las 8 semanas de edad, se sacrificaron de acuerdo a la NOM-033-SAG/ZOO-2014, así mismo se obtuvieron muestras de tejido ruminal para determinar la altura, ancho de las papilas ruminales y el grosor de la pared ruminal. Se tomó el peso de la canal posterior al sacrificio con una balanza digital.

Análisis Estadístico

Los resultados de las variables productivas fueron analizados bajo un diseño completamente al azar, con un análisis de Anova de un solo factor y fueron analizados usando el programa minitab 15, tomando como p un valor de 0.05.

Resultados

En cuanto a las variables productivas en hembras, se evaluó la cantidad de leche por hembra, para analizar las posibles diferencias entre grupos, en dicha variable no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de tratamiento con respecto al grupo control, estos resultados son similares con los obtenidos por Kara *et al.*, (2016) en vacas lecheras al igual que los obtenidos por Liu *et al.* (2009) donde tampoco encontraron diferencias entre el grupo control como los de tratamiento.

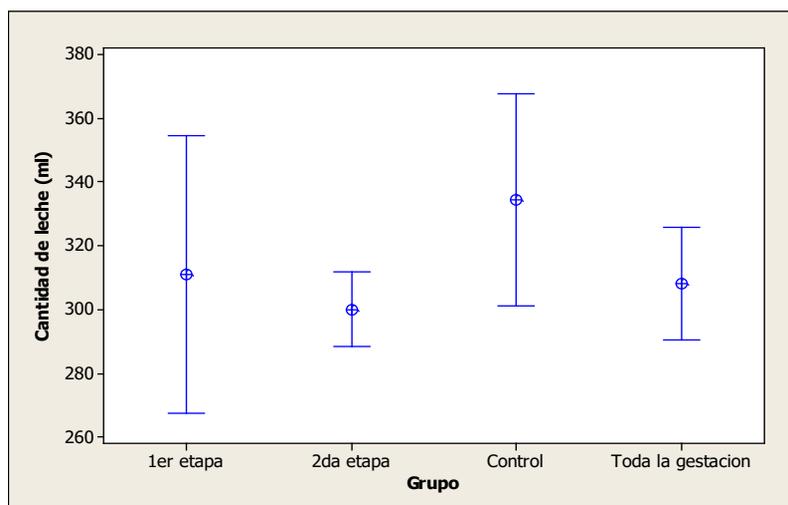


Figura 1. Grafica de intervalos promedio de la cantidad de leche en hembras suplementadas.

Estos resultados nos deja ver que la suplementación con propionato de calcio no tiene un efecto importante en cuanto a la producción de leche, sin embargo esta suplementación puede tener otros efectos como lo es un balance energético positivo tal y como lo indica Liu *et al.*, (2010) el cual se vería reflejado en concentraciones de glucosa más altas en sangre y beta-butiratos y ácidos grasos no esterificados más bajos, reflejando un menor estrés metabólico durante las etapas de mayor exigencia energética, parto y lactancia para esto es necesario analizar las muestras de sangre en los hembras suplementadas.

Cuadro 1. Medias de los pesos de los corderos en los distintos grupos analizados, Error estándar y significancia entre grupo tratamiento y control.

Variable	Primera mitad	Segunda mitad	Toda la Gestación	Control	EE	Significancia (P<0.05)
Peso(Kg) al nacimiento	3.930b	4.775ab	4.950ab	5.12b	0.327	0.023
Peso medio (Kg)	12.78	13.535	11.427	13.04	0.924	0.458
Peso final (Kg)	16.88	18.11	18.11	19.238	1.94	0.630

En el cuadro 1, se presentan los resultados obtenidos del análisis de peso para cada grupo en cada medición, en la cual podemos observar la media de los mismos, el error estándar, así como también su significancia, para el peso al nacimiento los grupos SEG, TG y grupo control se comportaron de manera igual, no existiendo diferencias significativas, sin embar-

go el grupo de la PEG, si fue diferente con TG y grupo control y apenas igual con SEG, esto puede explicarse de manera fisiológica, ya que se sabe que la mayor etapa de crecimiento durante la gestación se da en el último tercio y no en el primero (Zhu *et al.*, 2006). Por este motivo resulta lógico observar pesos mayores en los otros grupos, más allá de estos resultados debemos esperar los resultados a nivel aparato digestivo donde si puede haber diferencias de los grupos de la PEG con respecto al resto.

Así mismo el grupo control presento pesos similares, con los grupos del tratamiento, esto puede sugerir que la suplementación con PrCa no influye en el peso de los corderos, tanto en el nacimiento, como durante su desarrollo posterior al nacimiento hasta el destete, sin embargo esto no quiere decir que el PrCa no puede tener un efecto en las diferentes vías metabólicas del cordero.

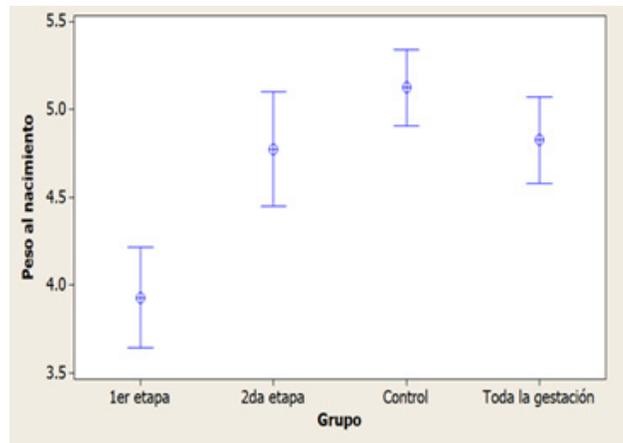


Figura 2. Grafica de intervalos peso al nacimiento de los corderos entre grupos.

Con respecto al peso inicial de los corderos, en la figura dos como se comentó anteriormente en la tabla, se observa que los corderos suplementados durante la segunda mitad y toda la gestación se comportaron de manera similar con respecto al grupo control no existiendo una diferencia significativa entre los pesos de estos grupos, sin embargo en lo que respecta al grupo de la primer mitad de gestación si se identificó una diferencia significativa en los pesos de los corderos de ese grupo con respecto a los otros tres grupos, siendo la explicación más lógica que el mayor crecimiento del feto durante la gestación se da durante la última etapa (Zhu *et al.*, 2006).

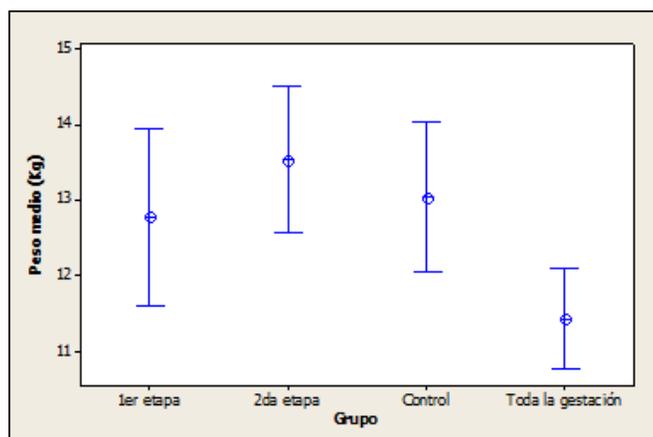


Figura 3. Grafica de intervalos peso medio de los corderos entre grupos.

La figura tres nos muestra el comportamiento de los pesos de cada grupo al primer mes de nacidos, en donde nos deja ver que los grupos se comportaron de forma similar con existiendo diferencias significativas entre ellos, los resultados son similares a los de Zhang *et al.*, (2015) en el cual no observo ganancia de peso diferentes en novillos suplementados con PrCa. Por otra parte el grupo con la media más alta fue el de la segunda etapa, aunque un dato interesante fue que el grupo más bajo en media de peso lo obtuvo toda la gestación, esto pudo derivar de factores internos dentro de la unidad ovina como enfermedades presentes observadas en los animales.

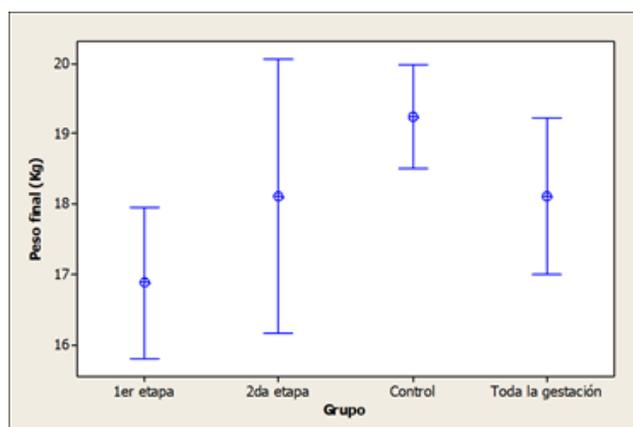


Figura 4. Grafica de intervalos peso final de los corderos entre grupos

Para el peso final el cual se obtuvo un día antes del sacrificio de los corderos, no se observan diferencias entre grupos, dejando ver que la suplementación con PrCa durante la gestación, no tiene un impacto en el peso de los corderos durante el desarrollo de los primeros 2 me-

ses posterior al nacimiento, estos resultados son similares a los encontrados por Lee *et al.*, (2012) donde tampoco observo diferencias en la ganancia de peso diaria en corderos suplementados posterior al nacimiento, a su vez esto puede indicar que tanto la suplementación durante la gestación de los corderos como posterior al nacimiento tiene resultados similares. Por otro lado no debemos descartar posibles efectos positivos durante el desarrollo de su etapa adulta, esto sugiere la idea de lograr investigar dichos efectos, a través de estudios de seguimiento, en trabajos como el realizado en esta investigación, tomando en cuenta el trabajo y tiempo que se requiere para investigaciones de dicha magnitud (Barker, 1998; Diao, *et al.*, 2019).

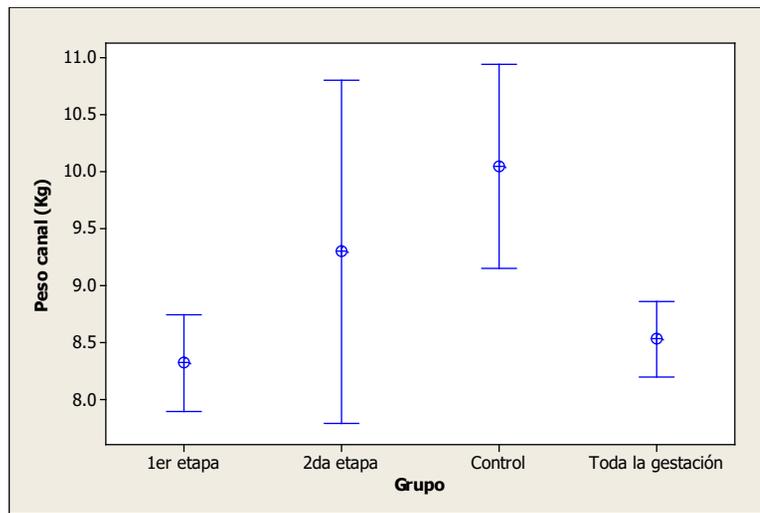


Figura 5. Grafica de intervalos peso de la canal de los corderos sacrificados

En la Figura 5 y última se presentan los resultados obtenidos del peso de la canal de los corderos sacrificados y en la cual podemos determinar que no existen diferencias significativas entre los grupos analizados, lo cual nos dice que suplementar con PrCa durante la gestación no afecta el rendimiento en canal de los corderos, aunque podría afectar la calidad de la carne tal y como lo menciona Zhang *et al.*, (2015) en su estudio en novillos por lo tanto analizar la calidad de la misma es importante para determinar si tiene un impacto en la misma o no.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados analizados obtenidos concluimos que El PrCa probablemente no tiene un impacto en la cantidad de leche que produce la hembra, sin embargo el análisis de leche y calostro nos dará un panorama mayor y con más exactitud sobre el efecto del PrCa en la leche materna.

Con respecto a los pesos en corderos, se concluye que no hay un efecto con la suplementación de PrCa durante la gestación sobre el peso de los corderos tanto para peso al nacimiento, peso medio y peso final, así como también el PrCa no afecta el peso en canal de los corderos

Si bien los primeros resultados analizados no indican diferencias significativas en cuanto a variables productivas, más allá del peso al nacimiento en corderos, cabe recalcar el análisis restantes de datos en cuanto a otras variables para ver el comportamiento tanto de la madre como los corderos y de esta forma tener conclusiones de manera más clara y concisa sobre el efecto de la suplementación con PrCa durante la gestación, tanto en las madres como en los hijos.

Referencias

- Alexandria, V. (2002). Calcium propionate. Center for Food and Nutrition Policy(CFNP) , 1–19.
- Allen, M. (1997). Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physical effective fiber. . J. Dairy Sci. , 1447–1462.
- Baldwin, R., McLeod, K., Klotz, J., y Heitmann, R. (2004). Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. . J. Dairy Sci. , E55–E65.
- Barker, D. (1998). In utero programming of chronic disease. . Clin Sci (Lond), 115-28.
- Bergman, E. (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. Physiological Reviews, 567-590.
- Diao, Q., Zhang, R., y Fu, T. (2019). Review of Strategies to Promote Rumen Development in calves. Animals, 1-15.

- FAO. (11 de octubre de 2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/animal-production/es/>
- Ferraro, S., Mendoza, G., Miranda, L., y Gutiérrez, C. (2009). In vitro gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Anim. Feed Sci. Technol.* , 112–118.
- Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., & Rufino, M. (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proc. Natl. Acad. Sci.* , 20888–93.
- Kara, Ç., Orman, A., Udum, D., Yavuz, H. M., Kara, Ç., Orman, A. Kovanlıkaya, A. (2016). Effects of calcium propionate by different numbers of applications in first week postpartum of dairy cows on hypocalcemia , milk production and reproductive disorders. *Italian Journal of Animal Science*, 8, 259–270. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.259>
- Lee-Rangel, H., Mendoza, G., y González, S. (2012). Effect of calcium propionate and sorghum level on lamb performance. *Animal Feed Science and Technology* , 237– 241.
- Liu, Q., Wang, C., Guo, G., Yang, W., Dong, K., & Huang, Y. (2009). Effects of calcium propionate on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. . *J Agric Sci.* , 201-9.
- Liu, Q.; Wang, C.; Yang, W.Z.; Guo, G.; Yang, X.M.; He, D.C.; Dong, K.H.; Huang, Y.X. Effects of calcium propionate supplementation on lactation performance, energy balance and blood metabolites in early lactation dairy cows. *J. Anim. Physiol. N.* 2010, 94, 605–614.
- Mendoza-Martínez, G., Pinos-Rodríguez, J., Lee-Rangel, H., Hernández-García, P., Rojo-Rubio, R., y Relling, A. (2015). Effects of dietary calcium propionate on growth performance and carcass characteristics of finishing lambs. . *Anim Prod Sci.*, 1194-98.
- Oba, M., y Allen, M. (2003). Extent of hypophagia caused by propionate infusion is related to plasma glucose concentration in lactating dairy cows. *J. Nutr.*, 1005–1012.

Sano, H., y Fujita, T. (2006). Effect of supplemental calcium propionate on insulin action to blood glucose metabolism in adult sheep. . *Reprod Nutr Dev.* , 9-18.

Zhang, X., Meng, Q., Lu, L., Cui, Z., & Ren, L. (2015). The effect of calcium propionate supplementation on performance, meat quality, and mRNA expression of finishing steers fed a high-concentrate diet . *Journal of Animal and Feed Sciences*, 100–106.

Zhang, X., Chen, W., Wu, X., Zhang, Y., Jiang, Y., Meng, Q., & Zhou, Z. (2018). Calcium propionate supplementation improves development of rumen epithelium in calves via stimulating G protein-coupled receptors. *Animal*, 284–2291.

Zhu, M.J., Ford, S.P., Means, W.J., Hess, B.W., Nathanielsz, P.W., Du, M. 2006.

Maternal nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. *J. Physiol.* 575: 241- 250.

Semblanza de los Autores

Luis Fernando Pérez Segura

Egresado de la Lic. En Ciencias Ambientales y Salud de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Actualmente inscrito en la maestría en Ciencias Agropecuarias. Participación como ponente en distintos congresos de agrociencias.

Héctor Aarón Lee Rangel

Egresado de la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, obtuvo Maestría y Doctorado en Ciencias en Nutrición de Rumiantes en el Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados; Autor o coautor de más de 35 artículos científicos indizados; Nivel I del Sistema Nacional de Investigadores. Profesor Investigador Tiempo Completo de la Licenciatura de Ingeniería Agrónomo Zootecnista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, Coordinador General del Centro de Biociencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Gregorio Álvarez Fuentes

Doctorado y Maestría en Ciencias en Ganadería por el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Ingeniero Agrónomo Zootecnista por la Universidad autónoma Chapingo. Estancia posdoctoral en la Universidad de California en Davis, USA. Actualmente adscrito al Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas como Profesor Investigador de tiempo Completo, cursos que imparte de estadística, análisis diseños experimentales, formulación y balanceo de raciones, Producción Animal sustentable en la facultad de Ingeniería, facultad de Agronomía y Veterinaria, Posgrado en ciencias Ambientales y en el Posgrado en ciencias Agropecuarias; asesor de tesis de licenciatura y posgrado, publicación artículos en revistas CONACYT e Indizadas; perfil PRODEP y pertenencia al Sistema Nacional de Investigadores nivel I.



**Dinámica de artrópodos en suelo con nutrición orgánica e inorgánica del cultivo
de mangostán *Garcinia mangostana* L.**

Juan Manuel Garza Hernández

Francisco Javier Marroquín Agreda

Mayra Martínez Solís

Ernesto Toledo Toledo

Dinámica de artrópodos en suelo con nutrición orgánica e inorgánica del cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L.

Juan Manuel Garza Hernández, Francisco Javier Marroquín Agreda, Mayra Martínez Solís y Ernesto Toledo Toledo

Resumen

Se estudió la dinámica de artrópodos en el suelo con nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán (*Garcinia mangostana* L.), en el Municipio de Huehuetán Chiapas. El experimento se estableció en el Rancho “la Chinita” ubicado sobre la carretera a Nueva Victoria en el municipio de Huehuetán, Chiapas, México. Con una aproximación de 6 a 7 kilómetros de Huehuetán estación situado a mano derecha. Geográficamente se localiza entre los paralelos 15° 00' 33” de latitud norte y entre 92° 26' 17” de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich. Teniendo como objetivo evaluar la abundancia de invertebrados en el suelo con nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán. El área de estudio se encuentra dividido en siete tratamientos y cinco repeticiones, de las que se obtuvieron las unidades de muestras a manera de repetición donde se obtuvo una porción de suelo, en un marco cuadrado de 30 x 30 cm, a una profundidad de suelo a 5 cm con la ayuda de una pala de jardinería. Después se recolecto los invertebrados que se alcanzan ver a simple vista. El material biológico capturado se cuantifico y se identificó de acuerdo a las claves taxonómicas de Triplehorn y Johnson (2005). Así mismo se llevó a cabo un análisis del suelo para conocer sus propiedades físicas y químicas.

Palabras claves: mangostán, artrópodos, macrofauna subterránea.

Dynamics of arthropods in soil with organic and inorganic nutrition of the mangosteen *Garcinia mangostana* L.

Abstract

The arthropods dynamics of in the soil with organic and inorganic nutrition in the mangosteen crop (*Garcinia mangostana*) in the Municipality of Huehuetán, Chiapas was studied. The experiment was established in the Rancho “La Chinita”, located on the road to Nueva Victoria in the municipality of Huehuetán, Chiapas, México. Area located approximate of 6 to 7 kilometers from Huehuetán Estación. Geographically is located between parallels 15° 00' 33” north latitude and between 92° 26' 17” west longitude with respect to The Greenwich Meridian. The present work analyzes the abundance of invertebrates in mangostan crop with organic and inorganic nutrition, including seven treatments with five repetitions, were obtained one soil sample in a square frame of 30 x 30 cm for each experimental units, at a depth of soil of 5 cm, then was collected the macroinvertebrates that can be seen. The biological material captured was quantified and identified according to the taxonomic keys of Triplehorn and Johnson (2005). Also, a soil analysis was carried out to know its physical and chemical properties.

Keywords: Arthropods, Nutrition, Ground, Fertilizers.

Introducción

El mangostán (*Garcinia mangostana* L.) es una especie originaria del sureste asiático, ha sido considerado como el fruto más exquisito de los trópicos, pero además es una importante fuente de antioxidantes naturales como las Xantonas (Bin y Rahman, 2006).

Su introducción a México fue en la década de los sesentas, en el campo Experimental El Palmar del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Tezonapa, Veracruz, a partir de semillas provenientes del sureste asiático, donde se mantuvo como una curiosidad botánica hasta los años noventa Su, en el que se realizaron proyectos de investigación por considerarse una alternativa altamente rentable para regiones tropicales húmedas del país. Este cultivo solo se conoce en el estado de Chiapas, con una superficie de 342 ha con 13 productores en los Municipios de Tuxtla Chico, Tapachula, Huehuetán, Metapa y el estado de Veracruz que cuenta con una superficie aproximada de 378 hectáreas (Díaz y Díaz, 2011).

Sin embargo, cuando se introduce una nueva especie a un agroecosistema se debe considerar las interacciones que éste pueda tener con el entorno existente. Una de estas interacciones muy importantes es la que se lleva a cabo con los organismos que se encuentran en el suelo, ya sea insectos, artrópodos, hongos, bacterias, etc, ya que muchos de ellos pueden significar a largo o corto plazo, potenciales en la actividad microbiana del suelo incrementando la fertilidad del suelo.

Los insectos son actualmente el grupo más numeroso de los animales sobre la tierra. Varios cientos de miles de diferentes especies han sido descritas, tres veces más de las que hay en el resto del reino animal y probablemente muchos más que faltan por clasificar.

Así mismo, los artrópodos en el suelo son importantes componentes de los ecosistemas naturales y agroecosistemas, participan en la regulación de procesos como la fragmentación y descomposición de la materia orgánica y el reciclado de nutrientes, modifican la estructura del suelo y regulan la actividad de otros organismos más pequeños. El objetivo principal del trabajo de investigación fue evaluar la dinámica de artrópodos en el suelo con nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L, en Huehuetan Chiapas. En el periodo de mayo del 2018 a septiembre de 2019.

Contexto teorico

Actualmente el mangostán se encuentra ampliamente distribuido en Malasia, Filipinas, Tailandia, Burma, Vietnam, Camboya, Java, Sumatra, Ceilán, Singapur y otras regiones tropicales como Costa de Marfil, Madagascar, Sri Lanka, India, China y Australia. En América existen plantaciones en Costa Rica, Puerto Rico, República Dominicana, Jamaica, Panamá, Hawái, Honduras, Guatemala, Sur de Florida, Cuba, Brasil y México (Bailey, 1946; Almeyda y Martin, 1976; Yaacob y Tindall, 1995; Díaz *et al.*,2011).

A México fue introducido a finales de la década de los 60. En los últimos años la superficie sembrada con este frutal presenta una tendencia creciente, sobre todo en Chiapas, por considerársele una alternativa viable de reconversión productiva en la región del Soconusco y en otras regiones del estado (Morales, 2008).

Características del suelo

La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos (Doran y Parkin, 1994). La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter *et al.*,1997). El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos y productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo (Romig *et al.*,1995).

A pesar de la importancia para la vida, el suelo no ha recibido de la sociedad la atención que merece. Su degradación es una seria amenaza para el futuro de la humanidad. Por lo tanto, los científicos se enfrentan al triple desafío de intensificar, preservar e incrementar la calidad de la tierra. Para ello, es necesario contar con una sólida concepción de la calidad y con indicadores de calidad o salud de la tierra y de manejo sostenible de la misma, tal como se cuenta para dar seguimiento a variables sociales y económicas (Bautista *et al.*,2004).

Los organismos del suelo

En el suelo viven un gran número de organismos. Con mucho, la mayor proporción de éstos pertenece al reino vegetal. Sin embargo, no vamos a menospreciar a los animales en vista sobre todo en los primeros estadios de la descomposición orgánica. Muchos organismos del suelo, tanto plantas como animales, son tan diminutos que solo pueden verse con la ayuda del microscopio. El número de los incorporados en esta clase es pequeño, en comparación con el de los grandes roedores (Buckman y Brady, 1966).

Generalidades de Artrópodos

El phylum Arthropoda es un conjunto muy amplio de insectos, más de 80 % del total de especies descritas son artrópodos. Su capacidad de adaptación a diversos tipos de hábitats les ha permitido sobrevivir más que a otras especies (Cabezas, 2007). Aunque la mayoría son terrestres, los hay de agua dulce, parásitos e, inclusive, especies que viven en el mar, en la zona litoral, en las cumbres más elevadas, en los polos, en los desiertos, etc. Los Artrópodos son uno de los escasos grupos de animales que han colonizado en el medio aéreo (García *et al.*, 2012). Existen más de un millón de especies de Artrópodos descritas en el mundo y sólo 35% no pertenecen a la superclase Hexápoda. El conocimiento de las más de veintitrés mil especies del Phylum Arthropoda en México varía de manera considerable de acuerdo a la entidad federativa y al grupo taxonómico (Castrezana, 2010).

Características de los Artrópodos

Los Artrópodos presentan una serie de características, únicas en el Reino Animal, conseguidas como consecuencias de un proceso denominado artropodización y que básicamente, consiste en lo siguiente: la cutícula de los Artrópodos sufre un proceso de endurecimiento (esclerotización) por lo que, tanto el cuerpo como los apéndices, deben articularse intercalando áreas endurecidas con otras membranosas.

Estos han condicionado su morfología funcional; derivado de este hecho, resultan fundamentales los caracteres morfológicos y biológicos de los Artrópodos (García *et al.*, 2012)

Los insectos pertenecen al phylum Arthropoda y según Borror *et al.*(1989) las características principales son las siguientes:

- Cuerpos segmentados, usualmente agrupados en dos o tres regiones.
- Apéndices segmentados o articulados en pares.
- Simetría bilateral.
- Poseen exoesqueleto quitinoso que es periódicamente desechado y renovado durante el crecimiento.
- Canal alimentario tubular, con boca y ano.
- El sistema circulatorio es abierto, solamente el vaso principal forma una estructura tubular ubicada en la parte dorsal del canal alimentario con aberturas laterales en la región abdominal.
- La sangre o hemolinfa fluye a través de la cavidad del cuerpo llamado hemoceloma.

- El sistema nervioso consiste de un ganglio anterior o cerebro localizado por encima del canal alimenticio; un par de conductos que se extienden ventralmente desde el cerebro alrededor del canal mencionado y una cuerda nerviosa formada por ganglios pares localizados abajo del mismo canal.
- Los músculos son estriados.
- La excreción usualmente es afectada a través de tubos (tubos de Malpighi), que descargan dentro del canal alimenticio la materia excretada al exterior por el ano.
- La respiración la efectúan a través de branquias o tranqueas y espiráculos.
- No tiene tubos ciliados o nefridios.

Importancia de los Artrópodos en la fertilidad del Suelo

El suelo contiene una población de artrópodos muy diversificada, que alcanza su mayor abundancia en hábitat poco perturbado y en situaciones en las que el clima, la vegetación, el tipo de suelo y el suministro de alimentos son adecuados. En general, el cultivo y el abono mineral disminuyen en la diversidad y la abundancia de artrópodos en el suelo (Raw, 1971).

Los macroartrópodos del suelo son un importante componente de los ecosistemas naturales y agroecosistemas, participan en la regulación de procesos como la fragmentación y descomposición de la materia orgánica y el reciclado de nutrientes, modifican la estructura del suelo y regulan la actividad de otros organismos más pequeños (Coleman *et al.*, 2004). Aunque las propiedades físicas y químicas de los suelos se han usado tradicionalmente para diagnosticar la calidad y salud de los agroecosistemas, la disminución de la capacidad productiva y la fertilidad del suelo se pueden detectar también por cambios en las poblaciones de los invertebrados edáficos (Brussaard *et al.*, 1997).

Al respecto Paoletti y Bressan (1996) argumentaron que la distribución y abundancia de la fauna del suelo están determinadas por las características de los ecosistemas relacionadas con la disponibilidad de nutrientes y alimento, la textura y la porosidad del suelo, la retención de agua y la presencia y abundancia de depredadores y parásitos. La magnitud de los efectos del uso del suelo sobre la edafofauna depende del tipo de uso, del sistema de siembra (convencional o directa), de la diversidad y rotación de cultivos, de los insumos utilizados y de las condiciones climáticas locales (Aquino *et al.*, 2008).

Metodología de investigación

Localización del Área de Estudio

El trabajo de investigación se desarrolló en el rancho “La Chinita” ubicado sobre la carretera a Nueva Victoria, Municipio de Huehuetán, Chiapas, México; a una altitud de 25 msnm, geográficamente se localiza en las coordenadas 15°00' 33" de latitud norte y 92° 26' 17" de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich. Dicho rancho se encuentra ubicado específicamente en la carretera estación Huehuetán a la Nueva Victoria, a la altura del kilómetro 5 a margen derecho.

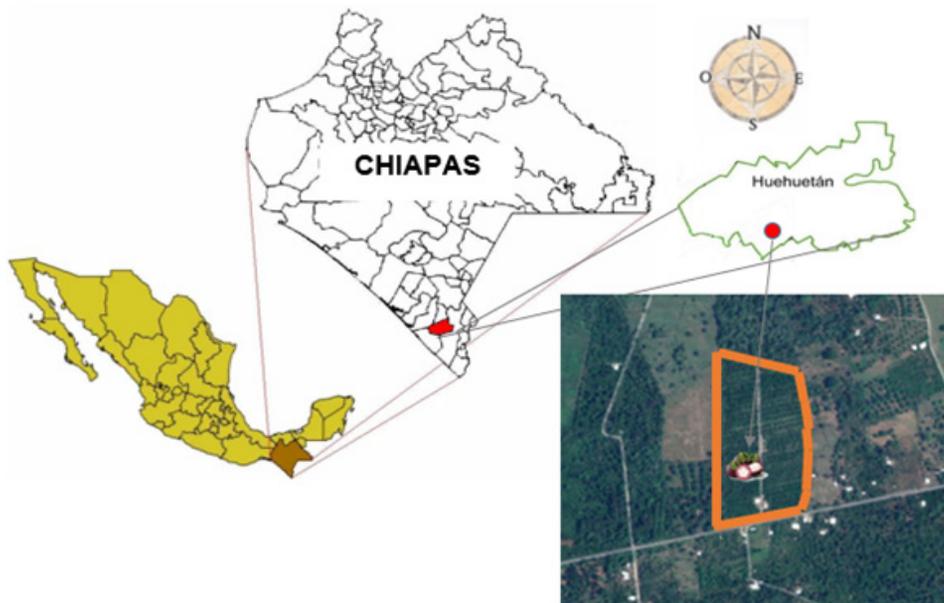


Figura 1. Localización geográfica del área experimental de la investigación

Condiciones Agroecológicas del Área de Investigación

Suelo

Las características del suelo que se encuentran en el área de estudio son las siguientes: textura – franco arenoso, con un contenido de materia orgánica de 1.63%, con un pH de 5.7, una densidad aparente de 1.31 g/cm⁻³, una conductibilidad eléctrica de 0.05 ds/m y capacidad de campo de 37% (LASAP).

Clima

El área de estudio presenta un clima AW₂(w)ig, el cual indica que esta zona presenta dos periodos máximos de lluvia, separadas por dos estaciones secas, una en la mitad fría del año,

Dinámica de artrópodos en suelo con nutrición orgánica e inorgánica del cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L.

y una corta en la mitad de la temperatura lluviosa. La precipitación pluvial de la región oscila entre 2,250 y 2,500 mm anuales, con cinco meses secos durante los cuales ocurren lluvias muy esporádicas, registrándose las mayores laminas en los meses de junio a octubre.

El promedio de temperatura anual es de 28°C registrándose la más alta (45°C) durante los meses de marzo y abril y la mínima de (14°C) en los meses de diciembre y enero.

Descripción de los Tratamientos

Las fórmulas que se aplicaron son las que se mencionan a continuación: Lixiviado de Lombriz (18.12, 18.06, 448.8 mg/L), Gallinaza (1.224, 9.576, 0.209 g/kg), Fórmulas comerciales: (21-17-3, 15-0-0 y 12-11-18), (20-10-10 y 15-5-20) y fórmulas de fertilización líquida con sus respectivos niveles de concentración y el testigo absoluto (Cuadro 1 y Cuadro 2). La forma en que se aplicaron los tratamientos fue manualmente empleando diferentes técnicas de aplicación. Se realizaron tres aplicaciones mensualmente en el primer trimestre después de la cosecha, en los meses de agosto, septiembre y octubre.

Diseño Experimental

Se utilizó el diseño bloques completos al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones, donde se obtuvo un total de 35 unidades experimentales

Método de Colecta de la Fauna de Artrópodos

El proceso metodológico para la captura de artrópodos se llevó a cabo de acuerdo con cada actividad y técnica requerida, para ello se midió un cuadrado de 30 x 30 cm a una profundidad de 5 cm en cada tratamiento y repetición. En donde se capturaron los especímenes que se encontraban en el suelo, este proceso se realizó en las primeras horas de la mañana de 7 a 10 am.

Cuadro 1. Tratamientos a evaluar en el experimento. La nutrición del mangostán *Garcinia mangostana* L. líquidos, sólidos y orgánicos, dosis y frecuencias de aplicación.

T*	Dosis	Frecuencia de aplicación	Fórmula	NA***	Dosis/ árbol/año
I	1L./19L de agua	Mensual Ago –Sep-Oct	mg / Litro	6 ‡	1200 ml
			18.12		
			18.06		
			448.8		
II	2 kg (árbol/)	Mensual Ago –Sep-Oct	g./ kg	3 †	6 kg
			1.224		
			9.576		
			0.209		
III	½ kg(árbol) ⁻¹	Mensual 1 ^{er} Etapa: Ago-Sep-Oct	21-17-3	3	1.5 kilo
	1k (árbol) ⁻¹	2 ^{da} Etapa Enero	15-0-0	1	1 kilo
	1kg(árbol) ⁻¹	3 ^{ra} Etapa: Feb- Mar-Abril	12-11-18	3	3 kilos
IV	½ kg(árbol) ⁻¹	Mensual 1 ^{er} Etapa: Ago –Sep- Oct	20-10-10	3	1.5 kg
	½ kg(árbol) ⁻¹	2 ^{da} Etapa: Ene – Feb-Mar	15-5-20	4	2 kg
V	2 L (árbol) ⁻¹	Mensual Ago-Sep-Oct	**FFL	3	6 Litros
VI	4 L (árbol) ⁻¹	Mensual Ago- Sep-Oct	**FFL	3	12 Litros
VII	-	-	-	-	-

*T= Tratamientos, I: Lixiviado de Lombriz (18.12, 18.06, 448.8 mg/L), II: Gallinaza (1.224, 9.576, 0.209 g/kg), III: Fórmula comercial (21-17-3, 15-0-0 y 12-11-18), IV: Formula comercial (20-10-10 y 15-5-20) V: Fórmula de fertilización líquida con 6 L de concentración, VI: Fórmula de fertilización líquida con 12 L de concentración, VII: Testigo absoluto. **FFL: Formula de fertilización líquida (FCA). ***NA: Número de aplicaciones. ‡200 ml/árbol †2 kg/árbol

Obtención de las Muestras de Suelos en Campo

Para la captura de especímenes que habitan en el suelo se definió una unidad de muestra que se obtuvo en un marco cuadrado de 30 x 30 cm, una vez removida la hojarasca que se encontraba en cada sitio, el siguiente paso que se realizó fue una perforación a una profundidad de suelo a 5 cm con la ayuda de una pala de jardinería. Después de la obtención del suelo se depositó dentro de una bolsa de plástico etiquetada para trasladarla al laboratorio. Las muestras de suelo obtenidas de cada punto de muestreo se trabajaron de la siguiente manera: el material se colocó sobre una cartulina negra, para desmenuzar cuidadosamente

para la captura de todos los organismos que posteriormente habitan, los cuales se preservaron en alcohol etílico con una pureza al 70% para realizar su identificación y registro. Se realizaron tres muestreos, el primero en el mes de junio después de cosecha, el segundo muestreo en el mes de noviembre del 2018, posteriormente del periodo de lluvia, para finalizar el tercer muestreo se realizó en el mes de abril del 2019.

Cuadro 2. Fórmula de fertilización líquida (FFL) en 6 y 12 litros por árbol.

Producto Comercial en 100 Litros de agua	100 Litros de agua	T5 6 L/árbol.	T6 12 L/árbol.	TNA*
25 Kg Urea(46%)	11.5 kg N	230 g	460 g	690 g
8 Kg H ₃ P0 ₄ (62%)	4.9 kg P ₂ O ₅	98 g	196 g	294 g
18 Kg KCL (60%)	10.8 kg K ₂ O	216 g	432 g	648 g
5 Kg ZnSO ₄ (35.5%)	1.77 kg Zn	35.5 g	71 g	106.5 g
10 Kg Mg SO ₄ (9.7%)	0.97 g Mg	19.4 g	38.8 g	58.2 g
1.5 Kg CuSO ₄ (24%)	0.36 g Cu	7.5 g	15 g	22.5 g
1 Kg MnSO ₄ (31.5%)	0.315 g Mn	6.3 g	12.6 g	18.9 g
0.250 g Borax (20%)	0.50 g B	1.0 g	2 g	3.0 g

*TNA= Total de nutrimentos aplicados

De las mismas muestras de suelo obtenidas para la colecta de la fauna de artrópodos se tomó una muestra para determinar las propiedades físicas del suelo como se describen a continuación: porcentaje de humedad utilizando el método gravimétrico; pH y conductividad eléctrica utilizando el método electrométrico; la textura mediante el método de Bouyoucos.

Porcentaje de materia orgánica por el método de Black y White; porcentaje de nitrógeno; densidad aparente por el método de la Probeta.

Identificación del material Biológico

Los especímenes capturados se identificaron taxonómicamente mediante la observación con un estereoscopio (3x), utilizando como referencia las claves taxonómicas reportadas por Triplehorn y Johnson (2005). Los especímenes se identificaron a nivel de familia para posteriormente cuantificarlos y así conocer la diversidad de invertebrados en el cultivo de mangostán.

Resultados y Discusión

Determinación de textura al inicio del proyecto

Se consideró evaluar esta variable al inicio del proyecto primer muestreo 04/05/2018, con el objetivo de conocer esta característica física, y observar la interacción con respecto a la presencia de artrópodos en el suelo y analizar la actividad microbiana en cada uno de los tratamientos, en la figura 2, se puede ver una textura franca, con 47.48% de arena, 41.36% de limo y 11.16% de arcilla, lo que nos indica una textura favorable para el cultivo de mangostán, aquí inicia el proceso después de haber conocido dicha propiedad.

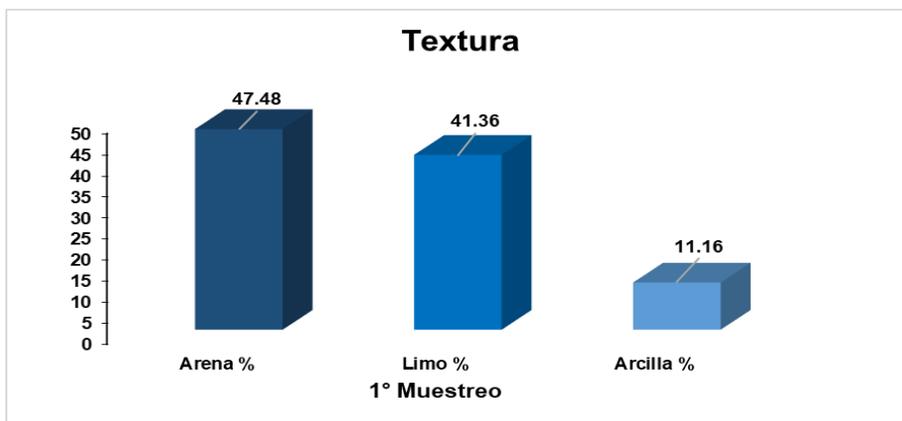


Figura 2. Textura del suelo en el primer muestreo de suelo, en el estudio. Dinámica de artrópodos en el suelo con su entorno físico en nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L, en Huehuetán, Chiapas.

Al final del proyecto como lo dice la metodología, se tomaron las muestras con una dimensión de 30 X 30 X 5 cm de profundidad, que viene siendo el segundo muestreo 15/05/2019 determinación de textura, se puede observar en la figura 3. Donde se determina que todos los tratamientos tienen una textura franca, favorable para los cultivos tropicales y frutales, este parámetro se correlaciona con la materia orgánica, donde nos indica que existe más M.O. hay probabilidades de la presencia de artrópodos, como es el caso que presentaron los tratamientos T7 testigo 2.97%, T1 lixiviado de lombriz 2.85% y T2 gallinaza 2.23%, se puede observar en la figura 1A, 2A y 7A, que se relacionan con las familias Formicidae con 75 individuos, Formicidae con 62 y Formicidae con 56; lumbricidae 35 y Spirostreptidae 32, individuos respectivamente, igualmente con la densidad aparente que es aceptable en un suelo agrícola.

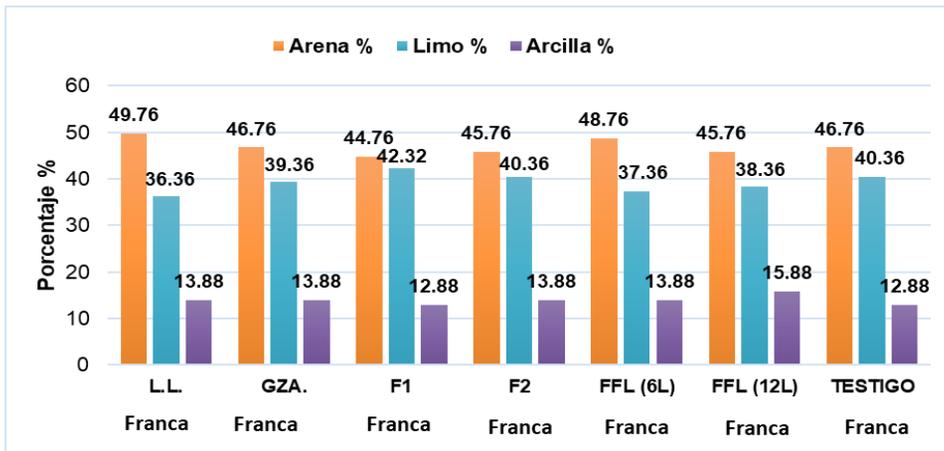


Figura 3. Textura de suelo de las muestras obtenidas en cada uno de los tratamientos. Dinámica de artrópodos en el suelo con su entorno físico en nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L, en Huehuetán, Chiapas.

Porcentaje de Humedad

En la figura 4, nos muestra la tendencia a mantener el porcentaje de humedad durante todo el año, ya que la bibliografía nos indica que es un cultivo que demanda agua durante todo su ciclo vegetativo y reproductivo. Buckman y Brady, 1966, nos menciona que un suelo de textura franca tiene la capacidad de tener entre el 15 al 30% de humedad, esto indica que, para esta profundidad de 0 a 5 cm, se mantuvo la humedad que demanda este cultivo de acuerdo a su textura del suelo.

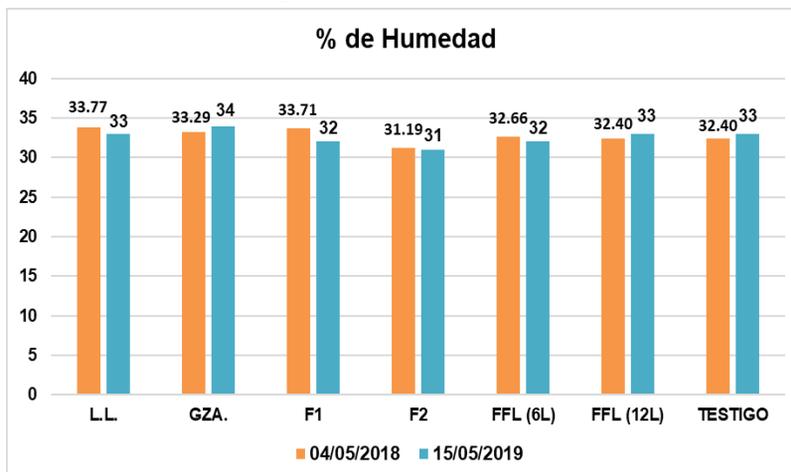


Figura 4. Porcentaje de humedad de las muestras obtenidas en cada uno de los tratamientos. Dinámica de artrópodos en el suelo con su entorno físico en nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L, en Huehuetán, Chiapas.

Así mismo para la presencia de artrópodos en el suelo, esta variable también se puede observar en la figura 2A, 3A y 7A, relaciona con la materia orgánica, como es el caso que presentaron los tratamientos T7 testigo 2.97%, T1 lixiviado de lombriz 2.85% y T2 gallinaza

2.23%, se relacionan con las familias Formicidae con 56 individuos, Formicidae con 55 y Formicidae con 62 individuos respectivamente, lumbricidae 35 y Spirostreptidae 32, individuos igualmente con la densidad aparente que es aceptable en un suelo agrícola.

Porcentaje de Materia Orgánica

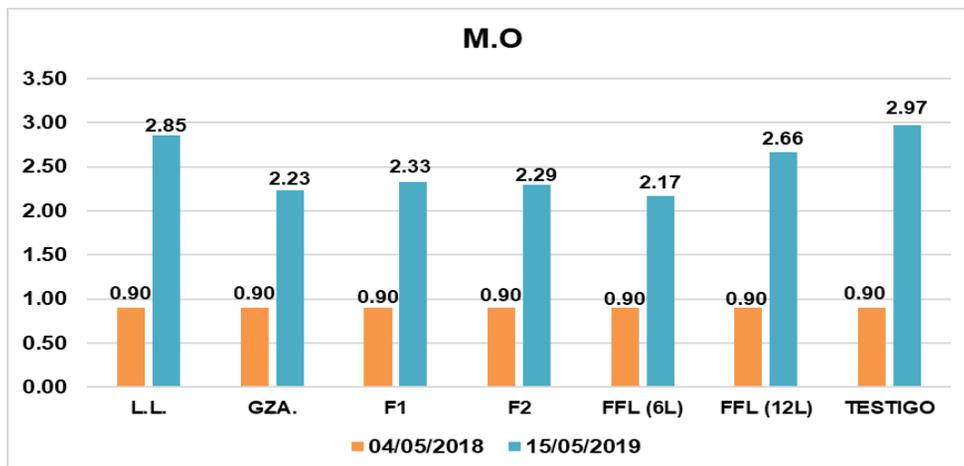


Figura 5. Porcentaje de Materia Orgánica de las muestras obtenidas en cada uno de los tratamientos. Dinámica de artrópodos en el suelo con su entorno físico en nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L., en Huehuetán, Chiapas.

Se consideró evaluar esta variable al inicio del proyecto primer muestreo 04/05/2018, con el objetivo de conocer esta característica biológica, y observar la interacción con respecto a la presencia de artrópodos en el suelo y analizar la actividad microbiana en cada uno de los tratamientos, en la figura 5, se puede ver que al inicio del estudio que se realizó por medio de un perfil se encontró un porcentaje de 0.90% de materia orgánica en el primer horizonte que se considera muy bajo, de acuerdo a Castellanos 2000, menciona que de acuerdo al clima y su clase textural es muy bajo, al final del proyecto se obtiene como resultado como es el caso que presentaron los tratamientos T7 testigo 2.97%, T1 lixiviado de lombriz 2.85% y T2 gallinaza 2.23%, en las siguientes figura 2A, 3A y 7A nos indica la relacionan con las familias Formicidae con 56 individuos, Formicidae con 55 y Formicidae con 62, lumbricidae 35 y Spirostreptidae 32, individuos respectivamente, igualmente con la densidad aparente que es aceptable en un suelo agrícola. Según el mismo autor y condiciones edafoclimaticas, es moderadamente alto. Como se puede ver, en la figura 5, este incremento se debe a la eliminación de arvenses que fueron acumulándose como residuos vegetales alrededor de la planta de mangostán en toda el área de goteo, así como el rastrojo del rambután que fue eliminado en la plantación del experimento, ya que anteriormente estaba asociado al cultivo de mangostán. Para los tratamientos T3 F1, T4 F2 y T5 FFL (6

L), presentan un porcentaje de materia orgánica muy similar a los otros tratamientos, pero disminuye la presencia de artrópodos en estos tratamientos, debido a que son tratamientos con fertilizantes minerales como se puede observar en la figura 3A, 4A y 6A y que de acuerdo a los resultados del pH 3.74, 3.64 y 3.68 respectivamente son extremadamente ácidos según Castellanos 2000, en estos niveles los microorganismos no pueden sobrevivir.

pH en el Suelo

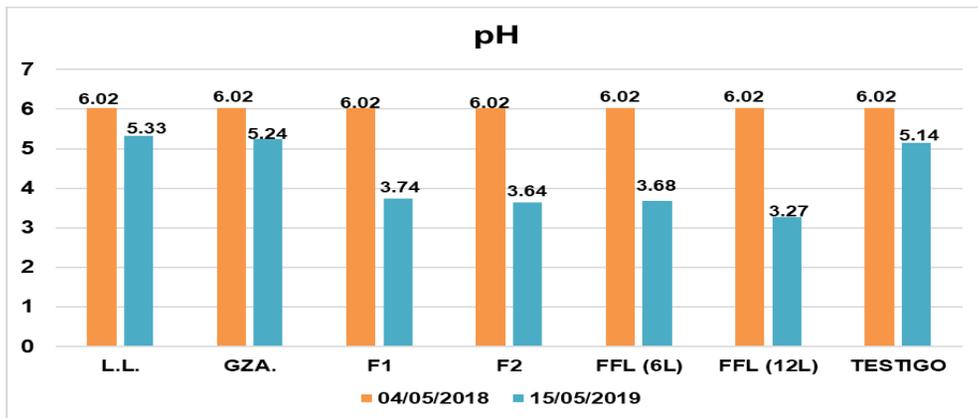


Figura 6. pH de las muestras de suelo obtenidas de cada uno de los tratamientos de estudio. Dinámica de artrópodos en el suelo con su entorno físico en nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L, en Huehuetán, Chiapas.

Se consideró evaluar esta variable al inicio del proyecto primer muestreo 04/05/2018, con el objetivo de conocer esta característica química, y observar la interacción con respecto a la presencia de artrópodos en el suelo y analizar la actividad microbiana en cada uno de los tratamientos, en la figura 6, se puede ver que al inicio del estudio que se realizó por medio de un perfil se encontró un pH de 6.02 considerándose un suelo ligeramente ácido en el primer horizonte este parámetro está relacionado con la actividad microbiana del suelo, en la misma figura se puede ver como el pH en los tratamientos T3 F1, T4 F2, T5 FFL (6 L) y T6 FFL (12 L), con 3.74, 3.64, 3.68 y 3.27 respectivamente, como influyó la aplicación de fertilizantes minerales donde se obtuvo como resultados un pH extremadamente ácido.

Como resultado podemos observar en las figuras 3A, 4A, 5A y 6A que en estos tratamientos es donde tenemos menos actividad microbiana, ya que en estos niveles los microorganismos son afectados en su actividad y ciclos biológicos, microorganismos encontrados T3 F1, 55 individuos T4 F2, 28 individuos, T5 FFL (6 L) 21 individuos y T6 FFL (12 L), 33 individuos. De acuerdo a los resultados se sugiere ir bajando los niveles de fertilización mineral e incrementar los niveles de sustratos orgánicos para este cultivo de mangostán.

Porcentaje de Nitrógeno en el suelo

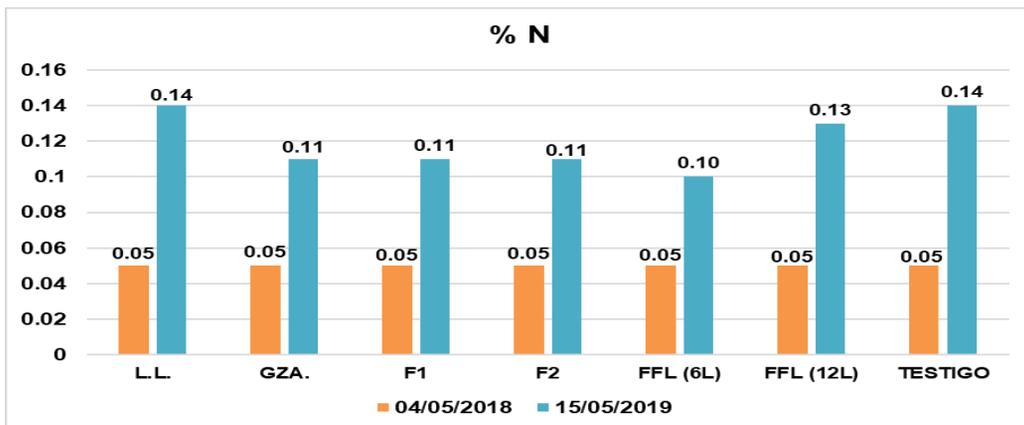


Figura 7. Contenido de nitrógeno de las muestras de suelo obtenidas de cada uno de los tratamientos de estudio. Dinámica de artrópodos en el suelo con su entorno físico en nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L, en Huehuetán, Chiapas.

Se consideró evaluar esta variable al inicio del proyecto primer muestreo 04/05/2018, con el objetivo de conocer esta característica química, y observar la interacción con respecto a la presencia de artrópodos en el suelo y analizar la actividad microbiana en cada uno de los tratamientos, en la figura 7, se puede ver que al inicio del estudio que se realizó por medio de un perfil se encontró un porcentaje de 0.05% de nitrógeno considerándose un nivel bajo en el primer horizonte este parámetro está relacionado relativamente con la materia orgánica. Como es el caso que presentaron al final del proyecto, en las figuras 7A, 1A y 2A, en donde los tratamientos T7 testigo 2.97%, T1 lixiviado de lombriz 2.85% y T2 gallinaza 2.23%, se relacionan con las familias Formicidae con 62 individuos, Formicidae con 75 y Formicidae con 56 individuos respectivamente.

En relación al nitrógeno encontramos, donde el nitrógeno al igual que la materia orgánica se elevó considerablemente por el manejo de residuos de cosecha, arvenses y de rambután ya que este fue eliminado del predio donde estuvo asociado al mangostán lo cual se aprovechó para la práctica de mejoramiento del suelo en toda el área de goteo. El nitrógeno aumento en los tratamientos T1 lixiviado de lombriz, T6 FFFL (12 L) por árbol y Tratamiento T7 testigo.

Densidad aparente en el suelo

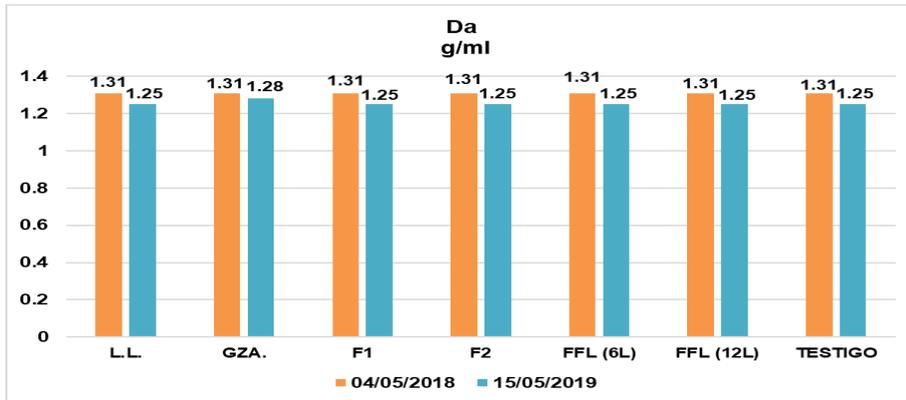


Figura 8. Densidad aparente de las muestras de suelo obtenidas de cada uno de los tratamientos de estudio. Dinámica de artrópodos en el suelo con su entorno físico en nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L., en Huehuetán, Chiapas.

Al inicio del estudio 04/05/2018 se realizó un estudio por medio de un perfil de suelo dando como resultado una densidad aparente de 1.31 g/ml media, al final del proyecto como lo dice la metodología, se tomaron las muestras con una dimensión de 30 X 30 X 5 cm de profundidad, que viene siendo el segundo muestreo 15/05/2019, se puede observar en la figura

Donde se determina que todos los tratamientos tienen una densidad aparente de 1.25 g/ml es baja favorable pues se mejoró este parámetro, favorable para los cultivos tropicales y frutales, este parámetro se correlaciona con la materia orgánica, donde nos indica que donde existe más M.O. hay probabilidades de la presencia de artrópodos, para este parámetro no es desfavorable para la actividad de microorganismos en el suelo. Como nos indican los tratamientos donde no se aplicaron fertilizantes minerales y se pueden observar en las figuras 7A, 1A y 2A.

Aspectos Agroecológicos en el Mangostan

La abundancia de especies, así como el tamaño poblacional de cada una de ellas es resultado de la disponibilidad de recursos alimenticios así como de condiciones ambientales propicias; esto incluye la disponibilidad de refugio y un nivel de interacción que sugiere el funcionamiento de redes alimenticias complejas (Odum,1972). Los datos obtenidos sobre los grupos taxonómicos y la abundancia en cada uno de los tratamientos que se realizaron en este trabajo de investigación nos ofrecen una complejidad de redes alimenticias que se manifiestan en cada uno de los tratamientos estudiados (Monterrosa, 2017).

En el cuadro 5 se muestra la cantidad de especímenes obtenidos de cada uno de los grupos taxonómicos que se identificaron en las muestras obtenidas. Dinámica de artrópodos en el suelo con su entorno físico en nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L, en Huehuetán, Chiapas.

T1 *		T2		T3		T4		T5		T6		T7	
<i>Formicidae</i>	75	<i>Formicidae</i>	56	<i>Spirostreptidae</i>	55	<i>Formicidae</i>	28	<i>Formicidae</i>	21	<i>Formicidae</i>	33	<i>Formicidae</i>	62
<i>Lumbricidae</i>	43	<i>Lumbricidae</i>	35	<i>Lumbricidae</i>	45	<i>Spirostreptidae</i>	15	<i>Spirostreptidae</i>	19	<i>Agelenidae</i>	8	<i>Lumbricidae</i>	49
<i>Spirostreptidae</i>	19	<i>Spirostreptidae</i>	32	<i>Formicidae</i>	18	<i>Agelenidae</i>	9	<i>Lumbricidae</i>	9	<i>Spirostreptidae</i>	6	<i>Spirostreptidae</i>	26
<i>Armadillididae</i>	9	<i>Armadillididae</i>	19	<i>Armadillididae</i>	16	<i>Lumbricidae</i>	6	<i>Agelenidae</i>	7	<i>Lumbricidae</i>	4	<i>Armadillididae</i>	6
<i>Scolopendridae</i>	6	<i>Agelenidae</i>	8	<i>Agelenidae</i>	8	<i>Scarabaeidae</i>	5	<i>Falangidae</i>	3	<i>Armadillididae</i>	4	<i>Scarabaeidae</i>	3
<i>Acaridae</i>	5	<i>Scarabaeidae</i>	8	<i>Oniscidae</i>	5	<i>Armadillididae</i>	4	<i>Armadillididae</i>	2	<i>Entomobryidae</i>	1	<i>Blattidae</i>	2
<i>Oniscidae</i>	3	<i>Lygaeidae</i>	5	<i>Blattidae</i>	4	<i>Falangidae</i>	2	<i>Scarabaeidae</i>	2	<i>Trigonochlamydidae</i>	1	<i>Elateridae</i>	2
<i>Blattidae</i>	2	<i>Oniscidae</i>	3	<i>Scolopendridae</i>	3	<i>Gonibregmatidae</i>	1	<i>Carabidae</i>	1	<i>Gonibregmatidae</i>	1	<i>Trigonochlamydidae</i>	1
<i>Scarabacidae</i>	2	<i>Scolopendridae</i>	3	<i>Entomobryidae</i>	1	<i>Carabidae</i>	1	<i>Ascidae</i>	1			<i>Agelenidae</i>	1
<i>Trigonochlamydidae</i>	2	<i>Carabidae</i>	2	<i>Gryllidae</i>	1	<i>Blattidae</i>	1	<i>Gonibregmatidae</i>	1			<i>Carabidae</i>	1
<i>Helicidae</i>	2	<i>Blattidae</i>	1	<i>Gonibregmatidae</i>	1	<i>Trigonochlamydidae</i>	1	<i>Japygidae</i>	1			<i>Phaleotripidae</i>	1
<i>Elateridae</i>	2	<i>Phaleotripidae</i>	1	<i>Japygidae</i>	1			<i>Blattidae</i>	1				
<i>Agelenidae</i>	2	<i>Pentatomidae</i>	1					<i>Entomobryidae</i>	1				
<i>Tenebrionidae</i>	1	<i>Isotemidae</i>	1										
Total	173	Total	175	Total	158	Total	73	Total	69	Total	58	Total	154

*T1= Tratamiento 1: Lixiviado de Lombriz (18.12, 18.06, 448.8 mg/L), T2= Tratamiento 2: Gallinaza (1.224, 9.576, 0.209 g/kg), T3= Tratamiento 3: Fórmula comercial (21-17-3, 15-0-0 y 12-11-18), T4= Tratamiento 4: Fórmula comercial (20-10-10 y 15-5-20) T5= Tratamiento 5: Fórmula de fertilización líquida con 6 L de concentración, T6= Tratamiento 6: Fórmula de fertilización líquida con 12 L de concentración, T7= Tratamiento 7: Testigo absoluto.

Los Artrópodos se caracterizan por ser descomponedores de materia orgánica, y son considerados como indicadores de un suelo fértil, por lo tanto, donde están presentes se puede comentar que existe una actividad microbiológica que favorecen las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Conclusiones

De acuerdo al estudio realizado y resultados obtenidos con respecto a la Dinámica de artrópodos en el suelo con su entorno físico en nutrición orgánica e inorgánica en el cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L, en Huehuetán, Chiapas.

Para todos los tratamientos y repeticiones las propiedades físicas le son favorables para el cultivo de mangostán, excepto el pH que al final del proyecto se presentó extremadamente ácido parámetro que se presentó en los tratamientos donde se aplicaron los fertilizantes minerales, afectando a los microorganismos en su actividad y ciclo biológico.

La hipótesis H₁, se rechaza ya que la mayor abundancia de artrópodos, se localizó en los abonos orgánicos, principalmente en el lixiviado de lombriz.

Se rechaza la hipótesis H₂, las dosis orgánicas tienden a mejorar la relación de la fauna subterránea, ya que la nutrición inorgánica de acuerdo a las condiciones físicas y químicas, afectaron el hábitat de los artrópodos en el suelo.

Se recomienda bajar los niveles de los fertilizantes minerales ya que incrementan la acidez del suelo afectando a la fauna microbiana y bloquea la nutrición del cultivo ya que se pierde la eficiencia de los fertilizantes.

Referencias

- Almeyda, N. and Martin, F. W. 1976. Cultivation of Neglected Tropical Fruits with Promise. Part 1. Mangosteen. USDA, Mayaguez, Puerto Rico. ARS-S-155.
- Bailey. L. H. 1946. Manual of Cultivated Plants. MacMillan Co. New York. 1116 p
- Bautista F, Estrada H, Jiménez J, González J (2004) Relación entre relieve y suelos en zonas Cársticas. Terra Latinoamericana 22: 243-254
- Bin, O.M. and M.A. Rahman. 2006. Mangosteen, *Garcinia mangostana*. Southampton Centre for Underutilised Crops. University of Southampton. Southampton, UK.

- 170 p. Bindi, M., L. Fibbi, and F. Miglietta. 2001. Free Air CO₂ Enrichment (FACE) of grapevine (*Vitis*).
- Borro, D.J., Triplehorn, C.A. and Johnson, N.F. 1989. An introduction to the study of insects. 6ª edición. Saunders college publishing, Philadelphia. Estados Unidos. 875 pp.
- Boudreux, H.B. 1979. Arthropod Phylogeny with Special Reference to Insects. John Wiley and Sons. Nueva York. 320 pp.
- Buckman Harry and N.C. Brady, 1966. The Nature and Properties of Soils. The Macmillan company. 590 pp.
- Brussaard, L; V Behan-Pelletier; D Bignell; V Brown; W Didden *Et al.* 1997. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio*, 26:563-570.
- Cabezas, M.F.A. 2007. Introducción a la entomología. Editorial Trillas. UAAAM. México. 148 pp.
- Coleman, Dc; Da Crossley, Jr & Pf Hendrix. 2004. Fundamentals of Soil Ecology. Second Edition. Elsevier Academic Press. San Diego. 386 pp.
- Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H. y Pierce, F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. En *Soil quality for crop production and ecosystem health* (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.
- Castrezana, S.J. 2010. Artrópodos terrestres no-hexápodos. En: F.E. Molina-Freaner y T.R. Van Devender, eds. *Diversidad biológica de Sonora*. UNAM. México. Pp. 293-314.
- Diaz, F. V. H. y Diaz, H. B. G. 2011. El mangostán (*Garcinia mangostana* L.): Una alternativa para la reconversión productiva en la región tropical húmeda en México. In: *Tecnologías de producción para el trópico. 65 Aniversario del Campo Experimental Rosario Izapa*. López G. G.; Iracheta, D. J. y Avendaño, A. C. H. (eds. Y comps.). INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa. Libro Técnico No.7. Tuxtla Chico, Chis. México. 74-78 pp.
- Diczballis, 2011. Farm and Forestry Production and Marketing profile for Mangosteen (*Garcinia mangostana* Lynn) Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources Australia. p 1-14

Dinámica de artrópodos en suelo con nutrición orgánica e inorgánica del cultivo de mangostán *Garcinia mangostana* L.

Doran, J.W. y Parkin, B.T. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.

Jung HA, Su BN, Keller WJ, Mehta RG, Kinghom AD. 2006. Antioxidant xanthenes from the pericarp of *Garcinia mangostana* L (Mangosteen). J Agric Food Chem 54:2077-2082.

Laboratorio de Analisis de Suelo, Agua y Planta (LASAP). Facultad de Ciencias Agrícolas. Huehuetán, Chiapas, México.

Mohamad B.O. And A.M. Rahman, 2006. Mangosteen *Garcinia mangostana* L. Southampton Centre for Underutilised Crops Printed at RPM Print and Design, Chichester, England, UK p 1-186

Monterrosa, L. (2017). Interacciones de artrópodos de la hojarasca y suelo con su entorno físico y la vegetación en una selva mediana subcaducifolia, al Norte de Tapachula, Chiapas (Tesis de Licenciatura). Universidad de Ciencias Agrícolas.

Morales R.M., 2008. Instituto de Fomento a la Agricultura tropical (IFAT) El Mangostán en Chiapas.

Marcason W. 2006. What are the facts and myths about mangosteen. J am Diet Assoc 106:986.

Monton, S.M. 1977. The Arthropoda: habits, functional morphology, and evolution. Clarendon Press. Oxford. 527 pp.

Morton D.a., 2005. The efect of Xanthenes of Mangosteen. Phytoceutical research rev 1: 4-3

Morton, J. F. 1987. Fruits of warm climates. Julia F. Morton. Echo Point Books and Media. Miami, Fl., USA. 550 p

Norton, J. F. 1987. Mngosteen. In: Fruits or warm climates. Norton, J.F. (ed). Miami Florida. 301-304 pp.

Odum, E, P.1972.Ecología. 3ª Edition. Impreso en Mexico. 639. Pp

Osman, M. B.; Milan, A. R. 2006. Mangostenn (*Garcinia mangostana* L.). Southampton Centre for Underutilised Crops, University of Southampton. 50 pp.

Palma G., C.J., R.C. Reyes and L.Q. Manzon. 1972. Mangosteen (*Garcinia mangostana* L., Guttiferae) In: Cultural Direction for Philippines Agricultural Crop. Vol. 1(Fruits). Bureau Plant Industry, Manila, Philippines. 169-172

Paoletti, Mg & M Bressan. 1996. Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. Crit. Rev. Plant Sci., 15:21-62.

Romig, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F. y McSweeney, K. 1995. How farmers assess soil health and quality. J. Soil Water Conservation 50: 229-236

Yaacob, O. and H.D. Tindall. 1995. Mangosteen cultivation. Plant Production and Protection Paper No. 129. FAO. Rome, Italy. 100 p.

Semblanza de los Autores

Juan Manuel Garza Hernández

Maestro en Ciencias en Producción Agrícola Tropical, de la Facultad de Ciencias Agrícolas C-IV, de la Universidad Autónoma de Chiapas, Ingeniero Agrónomo Fitotecnia. De la Facultad de Ciencias Agrícolas C-IV, de la Universidad Autónoma de Chiapas, Profesor – Investigador desde 1985. Profesor de tiempo completo. Reconocimiento a perfil Desaeable PRODEP. He publicado artículos en revistas indexadas y arbitradas, dirección de trabajos de tesis Licenciatura y de Maestría, he impartido cursos en la carrera de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, Ingeniero Agrónomo Tropical e Ingeniero Forestal y en la Maestría en Ciencias en Agropecuarias.

Francisco Javier Marroquín Agreda

Doctor en Ciencias Agrícolas (Dr. Agr.) Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Alemania; Master of Science (M. Sc.). Georg-August-Universität Göttingen, Alemania; Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chiapas. Desde agosto 2009, Profesor – Investigador de Tiempo Completo en la Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV. Presidente de la Empresa Asesoría Técnica Integral y Capacitación Agropecuaria El Triunfo S.C.. 2012-2014, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores; Evaluador Acreditado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Miembro del Sistema Estatal de Investigadores del Estado de Chiapas, México. Reconocimiento a Perfil Desaeable PRODEP. Ha publicado artículos en revistas indexadas y arbitradas nacionales e internacionales. Dirección de 42 trabajos de tesis de licenciatura y 7 tesis de Maestría. Ha impartido cursos en la carrera de Ingeniero Agrónomo Tropical e Ingeniero Forestal, Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Sustentabilidad de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Mayra Martínez Solís

Doctora en Educación por el Instituto de Estudios Superiores de Chiapas. Maestría en Agricultura Tropical por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas. Licenciatura en Biología por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Desde 1986-1993 USDA-SARHP Programa Cooperativo para el Control de Abeja África. De 1993-1995 Planta Moscafrut Metapa de Domínguez, Chiapas. Desde 1993, Profesor – Investigador a la fecha Titular de Tiempo Completo en la Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV. Miembro del Sistema Estatal de investigadores del Estado de Chiapas, México. Desde 2004 a la fecha Reconocimiento a Perfil Deseable PRODEP. Líneas de Generación de Conocimiento: Conocimiento Etnobotánico de Recursos Vegetales. Plantas Hortícolas Nativas, Conocimiento Tradicional de Plantas Medicinales.

Ernesto Toledo Toledo

Ingeniero Agrónomo Parasitólogo, Facultad de Ciencias Agrícolas, UNACH; Maestro en Ciencias en Agricultura Tropical con especialidad en Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agrícolas, UNACH; Doctorado en Ciencias Agrícolas Sostenible, Universidad Agraria de La Habana, Cuba. Profesor – Investigador de Tiempo Completo en la Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV. Reconocimiento de Perfil Deseable PRODEP. Publicación de artículos en revistas indexadas y arbitradas nacionales e internacionales. Publicación de 5 libros. Director de 64 Tesis de Licenciatura y 3 Tesis de Maestría, 42 participaciones como Sinodal de Tesis de Licenciatura, 4 de Maestría y 4 de Doctorado. Arbitro de la revista: Cultivos Tropicales del INCA, en San José de Las Lajas, Cuba; Impartición de cursos en el Plan de Estudios de Ingeniero Agrónomo Tropical y Licenciatura en Ingeniero Agrónomo; Participación como docente de cursos en la Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical de la Universidad Autónoma de Chiapas.



**Evaluación de los microorganismos de montaña activados en la producción de
maíz (*Zea mays* L.)**

González Roblero Cristi Gisela

Aguilar Jiménez Carlos Ernesto

Martínez Aguilar Franklin

Galdámez Galdámez José

Evaluación de los microorganismos de montaña activados en la producción de maíz (*Zea mays* L.)

González Roblero Cristi Gisel, Aguilar Jiménez Carlos Ernesto, Martínez Aguilar Franklin
y Galdámez Galdámez José

Resumen

La investigación se realizó en el municipio de Villaflores, Chiapas con el objetivo de evaluar el efecto de Microorganismos de Montaña Activados (MMA) en la producción de maíz, aplicados en dosis de 10 y 20% de forma foliar, además de una dosis de 50% asperjado al suelo en combinación con 10 % foliar y un testigo. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, cuyas tres repeticiones originaron 15 unidades experimentales. La siembra se realizó de forma manual con semilla criolla de maíz. El manejo del cultivo fue convencional utilizando los insumos y las dosis recomendadas para la Región Frailesca. Los mayores volúmenes de producción determinados fueron en los tratamientos de 50% aplicado al suelo más 10% asperjado al cultivo, así como el de 20 % foliar, siendo ambos superiores estadísticamente. Se concluye que existió un efecto positivo de los MMA en la producción de maíz.

Palabras clave: Biofertilizante, Orgánico

Evaluation of activated mountain microorganisms in the production of corn (*Zea mays* L.)

Abstract

The research was carried out in the municipality of Villaflores, Chiapas with the objective of evaluating the effect of Activated Mountain Microorganisms (MMA) in the production of corn, applied in doses of 10 and 20% in foliar form, in addition to a dose of 50 % sprinkled to the ground in combination with 10% foliar and a control. The experimental design used was completely random, whose three repetitions originated 15 experimental units. Sowing was done manually with native corn seed. The cultivation management was conventional using the inputs and doses recommended for the Frailesca Region. The highest production volumes determined were in the treatments of 50% applied to the soil plus 10% sprayed to the crop, as well as that of 20% foliar, both being statistically higher. It is concluded that there was a positive effect of MMA in corn production.

Keywords: Biofertilizer, Organic

Introducción

La creciente necesidad de abastecimiento de maíz para la alimentación humana y animal y transformación en bienes de consumo por parte de la sociedad moderna ha suscitado un inmenso desarrollo de actividades perjudiciales en la agricultura, dentro de ellos encontramos el uso de agroquímicos y variedades mejoradas, así como la alta utilización de la maquinaria agrícola. El uso excesivo de estos ha provocado afectación en los indicadores socioeconómicos y ecológicos, fundamentalmente el suelo. Este manejo ha llevado a que los suelos actualmente se encuentran en una situación crítica, pues las producciones no han sido las mismas en comparación de hace algunos años, pues los usos excesivos de químicos afectan a los suelos agrícolas, promoviendo su degradación química, biológica y física.

La degradación del suelo afecta al 33% de los suelos agrícolas a nivel mundial, que en términos generales la degradación del suelo provoca alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva (FAO , 2016).

El uso de los microorganismos eficientes en la agricultura está tomando mayor importancia en los últimos años, debido a la promoción de la actividad biótica en los suelos que además de repercutir positivamente en la producción y en el ambiente, promueven la producción con principios de inocuidad alimentaria. En estos ecosistemas se genera una descomposición de materia orgánica, que se convierte en los nutrientes necesarios para el desarrollo de su flora (Guzñay, 2016). Higa (2013) y Pardo (2014) mencionan que los MM contienen un promedio de 80 especies de microorganismos de unos 10 géneros, que pertenecen básicamente a cuatro grupos: bacterias fotosintéticas, actinomicetos, bacterias productoras de ácido láctico y levaduras.

Las funciones principales de los MM son recuperar la vida y salud de los suelos; facilitar la disponibilidad de los nutrientes a las plantas; suprimir o controlar microorganismos que causan enfermedades en los cultivos, y realizar un control biológico de plagas (Suchini, 2012), estos microorganismos a su vez descomponen la materia orgánica del suelo, algunos fijan nitrógeno de la atmosfera, degradan algunas sustancias toxicas incluyendo pesticidas así también producen antibióticos y otros componentes bioactivos, mejorando la agregación del suelo (Campo *et al.*, 2014).

Contexto teórico

La degradación de suelos es el cambio de una o más de sus propiedades a condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos, que afectan la productividad de los ecosistemas. Los cambios producidos en el suelo por este proceso pueden llegar a ser irreversibles y tener consecuencias sociales, económicas, ecológicas y políticas negativas. El proceso de degradación se relaciona íntimamente con el uso inadecuado de los recursos agua, suelo, flora y fauna por el hombre (Augusto, 2005). La degradación del suelo afecta al 33% de los suelos agrícolas a nivel mundial, que en términos generales la degradación del suelo provoca alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva (FAO, 2016).

Los suelos cultivados con maíz presentan una baja fertilidad evidenciada por su generalizada acidez y bajo contenido de MO, esto repercute en la capacidad de los suelos de almacenar nutrientes (CIC) provocando que, en el 59, 18 y 58% se requieran tratamientos de Ca, Mg y K respectivamente, para elevar su porcentaje de participación en la CIC a niveles óptimos (López, 2007).

Las prácticas agroecológicas contribuyen a la mejora de la sustentabilidad de los agroecosistemas a la vez que se basan en diversos procesos ecológicos y servicios de los ecosistemas, tales como la fertilización de los suelos, la fijación biológica de N, la regulación natural de las plagas y enfermedades, posibilitando una producción más sana, la conservación de suelos y agua, la conservación de la biodiversidad, además de contribuir a la no dependencia de los agroquímicos (Wezet *et al.*, 2013). Aguilar (2014) define a una práctica agroecológica como un proceso o una tecnología específica que tiene como propósito fundamentar el desarrollo de la agricultura sostenible en un ambiente ecológico y socioeconómico determinado. Su principal característica es que debe ser pertinente a esa realidad, de tal manera que pueda otorgar los impactos que se requieren para la conservación de los recursos naturales y el incremento de la productividad en los agroecosistemas. Las prácticas agroecológicas constituyen la base para el desarrollo de la agricultura sostenible, de tal manera que no se puede poner en marcha un proceso de agricultura de conservación si no se recurre al uso de estas opciones de producción y conservación.

El término biofertilizante hace referencia a un tipo de abono fabricado a base de fermentación y descomposición de los materiales orgánicos (harinas, estiércoles, residuos orgánicos, melaza, etc.) que activan los microorganismos benéficos del suelo. Estos contienen células

vivas o latentes de cepas microbianas eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo o potenciadoras de diversos nutrientes, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo, con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Ramírez y Lidia, 2012).

El termino biofertilizante hace referencia a un tipo de abono fabricado a base de fermentación y descomposición de los materiales orgánicos (harinas, estiércoles, residuos orgánicos, melaza, etc.) que activan los microorganismos benéficos del suelo. Estos contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo o potenciadoras de diversos nutrientes, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo, con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Ramírez y Lidia, 2012).

Los biofertilizantes sirven para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo, fortalecer la fertilidad de las plantas y la salud de los animales, al mismo tiempo que sirven para estimular la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades. Por otro lado, sirven para sustituir los fertilizantes químicos altamente solubles de la industria (Armenta *et al.*, 2010).

En la actualidad existen una gran variedad de biofertilizantes con múltiples funciones dependiendo el tipo de cultivo (Suneja *et al.*, 2007), estos contienen microorganismos que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y protección (Vessey, 2003).

El uso de la tecnología de microorganismos para la agricultura fue desarrollado en los años 80 por un japonés, el Dr. Teruo Higa y fue ganando popularidad a través de los productos comerciales elaborados en laboratorios y conocidos como EM (Microorganismos Eficaz). Por otro lado, se desarrolló una tecnología para reproducir los microorganismos que viven naturalmente en nuestros bosques. Estos microorganismos son llamados comúnmente “Microorganismos de Montaña” o MM (Rodríguez *et al.*, 2014).

Los microorganismos de montaña (MM) son principalmente colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de manera natural en diferentes ecosistemas. En

estos ecosistemas se genera una descomposición de materia orgánica, que se convierte en los nutrientes necesarios para el desarrollo de su flora (Guzñay, 2016).

Higa (2013) y Pardo (2014) mencionan que los MM contienen un promedio de 80 especies de microorganismos de unos 10 géneros, que pertenecen básicamente a cuatro grupos:

Bacterias fotosintéticas: que utilizan la energía solar en forma de luz y calor, y sustancias producidas por las raíces, para sintetizar vitaminas y nutrientes. Cuando se establecen en el suelo, producen también un aumento en las poblaciones de otros microorganismos eficaces, como los fijadores de nitrógeno, los actinomicetos y las micorrizas (hongos).

Actinomycetos: hongos benéficos que controlan hongos y bacterias patógenas (causantes de enfermedades), y que dan a las plantas mayor resistencia frente a estos a través del contacto con patógenos debilitados.

Bacterias productoras de ácido láctico: el ácido láctico posee la propiedad de controlar la población de algunos microorganismos, como el hongo *Fusarium*. Además, mediante la fermentación de materia orgánica, elaboran nutrientes para las plantas.

Levaduras: bacterias que utilizan sustancias que producen las raíces de las plantas y otros materiales orgánicos, para sintetizar vitaminas y activar otros microorganismos del suelo.

Las funciones principales de los MM son recuperar la vida y salud de los suelos; facilitar la disponibilidad de los nutrientes a las plantas; suprimir o controlar microorganismos que causan enfermedades en los cultivos, y realizar un control biológico de plagas (Suchini, 2012), estos microorganismos a su vez descomponen la materia orgánica del suelo, algunos fijan nitrógeno de la atmosfera, degradan algunas sustancias toxicas incluyendo pesticidas así también producen antibióticos y otros componentes bioactivos, mejorando la agregación del suelo (Campo *et al.*, 2014).

Contenido

El presente estudio se realizó en el ciclo temporal de lluvias primavera- verano 2019, en el Centro Universitario de Transferencia de Tecnología San Ramón, propiedad de la Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V, de la Universidad Autónoma de Chiapas, ubicado en municipio de Villaflores, Chiapas, México, situado a 610 msnm, en el paralelo 16° 15' 13.9" de Latitud Norte y meridiano 93° 15' 14.2" Longitud Oeste, con un clima prevaleciente cálido- subhúmedo, con una temperatura media anual de 22°C, y una precipitación pluvial

anual de 1200 mm.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, utilizando cinco tratamientos con tres repeticiones haciendo un total de 15 parcelas experimentales. Los tratamientos fueron:

- T1: 50% de MM activado asperjado al suelo
- T2: 10% de MM activado asperjado al cultivo
- T3: 20% de MM activado asperjado al cultivo
- T4: 50% de MM activado asperjado al suelo y 10% sobre el cultivo
- T5: Testigo (sin aplicación de MM activado)

Cada parcela experimental tuvo una dimensión de 5 m de ancho por 10 m de largo (50 m²), con una separación entre parcelas y repeticiones de 1 m, teniendo un área total del experimento de 918 m².

La captura de los microorganismos de montaña se realizó en el sotobosque del policultivo agroforestal de plantas maderables y frutales del CUTT San Ramón, ubicado en la vega del mismo (suelo fluvisol), colectándose residuos orgánicos en avanzado estado de descomposición y con evidencias de presencia de microorganismos (micelio). El material colectado se colocó sobre el piso de cemento, eliminándose todo material que no presentara avanzado estado de descomposición y/o presencia de microbiología. Una vez seleccionados los microorganismos de montaña capturados, se revolvieron con 50 kg de maíz molido, cuya función fue aportar carbohidratos para la reproducción de los microorganismos eficientes. Durante la realización de la mezcla homogénea, se fue agregando agua, en la cual se disolvieron 20 litros de melaza, la cual tuvo como propósito aportar energía a los microorganismos. La mezcla de los materiales se llevó a un 70 % de humedad aproximadamente.

Una vez obtenido el material con la humedad señalada, se depositó en un recipiente de 200 litros (tambo de plástico), colocándose la mezcla en capas de aproximadamente 20 cm, compactándose cada una de ellas; este proceso se repitió sucesivamente hasta agotar la mezcla de los microorganismos de montaña, el maíz molido, la melaza y el agua. Terminada la colocación de la mezcla, se cerró el recipiente con la tapa y anillo que asegura el desarrollo de reproducción anaeróbica de los microorganismos. El recipiente se dejó en reposo por 30 días sellado herméticamente.

Pasado el tiempo señalado se destapó el tambo, sacándose aproximadamente 10 kg de microorganismos de montaña reproducidos, el cual se colocó en una bolsa de tela de algodón. En otro recipiente plástico (tambo de 200 L con tapa de anillo) se colocaron aproximadamente 180 litros de agua, en donde se disolvieron 20 litros de melaza usados como energía para la activación de los microorganismos de montaña; allí se colocó la bolsa de tela con los microorganismos reproducidos, cuidando que dicha bolsa flotara, para ello se dejó un espacio vacío entre el material y la punta de la bolsa que se amarró con hilo de ixtle (no plástico). Se tapó herméticamente el tambo y se dejó reposar por 30 días para la activación. Pasado este tiempo, los microorganismos de montaña líquidos estaban listos para usarse en la experimentación.

la preparación del terreno se hizo bajo el sistema de labranza de conservación, que consistió en no utilización de maquinaria agrícola, aplicándose herbicida antes de la siembra directamente sobre el rastrojo para eliminar la flora arvense emergida.

La siembra se realizó de forma manual a espeque, con semilla criolla de maíz denominado localmente como Morales; cuando las condiciones de humedad del suelo fueron adecuadas. La distancia de siembra fue de 80 cm entre filas y 20 cm entre plantas, depositando una semilla por punto, para obtener una densidad inicial de siembra de 62,500 plantas por hectárea.

Se aplicó macronutrientes (N, P y K) de forma manual en todas las parcelas experimentales, utilizando la fórmula de fertilización 200-100-20, utilizando como fuentes Urea (46% de N), DAP (18-46-00) y Cloruro de Potasio (00-00-60).

Se realizaron dos aplicaciones, la primera aplicación fue a los 12 días después de la siembra con el 100% de potasio, 50% de nitrógeno y 100% fosforo, la segunda aplicación se realizó a los 50 días después de la siembra, aplicando el 50% de nitrógeno restante.

La fertilización foliar con MM (Microorganismos de Montaña Activados) se realizó cada 15 días, con mezclas de:

- 10L de MM activados en 10L de agua, esto se utilizó en el tratamiento uno (50 % de MM activado asperjado al suelo).
- 4L de MM activados en 16L de agua, esto se utilizó en el tratamiento tres (20% de MM activado asperjado al cultivo).

- 2L de MM activados en 18L de agua, utilizado en los tratamientos dos (10% de MM activado asperjado al cultivo) y cuatro (50% de MM activado asperjado al suelo y 10% asperjado al cultivo).

La cosecha se realizó en forma manual en el mes de noviembre del 2019, cuando el grano tuvo una humedad menor del 15%; se cosecharon los dos surcos centrales y se eliminaron las plantas de la cabecera para evitar el efecto de orilla, posterior a ello se midieron algunas variables de interés agronómico, componentes del rendimiento y rendimiento de grano.

Las variables fueron:

Altura de planta: Durante el llenado de grano, se tomaron 10 plantas al azar en los dos surcos centrales de la unidad experimental y se midió la altura desde el nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la hoja bandera.

Altura de mazorca: Se consideró las 10 plantas anteriores, midiendo desde el nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca principal.

Diámetro del tallo: Esta variable se tomó a los 30 cm de la base del suelo, con la ayuda de un vernier.

Diámetro de mazorca: A las mazorcas utilizadas anteriormente se les determinó su diámetro con un vernier, para posteriormente obtener su promedio.

Longitud de mazorca: Se midió el largo de cada una de 10 mazorcas tomadas al azar de cada unidad experimental, obteniendo el promedio de longitud.

Número de hileras por mazorca: Se contó el número de hileras que presentaba cada mazorca, obteniendo el promedio de hileras por mazorcas.

Número de granos por hilera: Se contó el número de granos por hilera de cada mazorca, y se obtuvo el promedio.

Numero de granos por mazorca: Se calculó multiplicando el número de granos por hilera por el número de hileras por mazorca.

Peso de 100 granos: Se determinó el peso de cien granos tomados al azar de cada unidad experimental.

Rendimiento por hectárea: Se obtuvo el rendimiento con la metodología propuesta

por el Centro Internacional de Maíz y Trigo (CYMMYT), el cual consiste en medir 5 metros lineales, contabilizando n total de plantas y mazorcas, mismas que se cosecharon y ordenaron de mayor a menor tamaño, para utilizar la mazorca intermedia en la cuantificación de las hileras y granos por hilera, el cálculo de la densidad de población se realizó con la siguiente formula:

El rendimiento se estimó con la fórmula:

$$\text{Rendimiento} = (\text{Densidad de población (DP)}) (\text{No. de mazorca por planta}) (\text{No. de granos por mazorca}) (0.0002857)$$

Resultados

Los resultados obtenidos en altura de mazorca el análisis de varianza indicó que para esta variable no hubo diferencia estadística, sin embargo, desde el punto de vista numérico se encontró que por efecto de los MM la mayor altura se obtuvo con la aplicación de 50% al suelo y 10% al cultivo, seguido de la aplicación de 20% asperjado al cultivo y 10% asperjado al cultivo y la menor altura de mazorca de maíz se obtuvo con el testigo (sin MM activado) (Cuadro 1). Los efectos positivos de la utilización de los microorganismos de montaña activados aplicados al suelo, son atribuidos a que aceleran la descomposición e incrementan la materia orgánica lábil del suelo, contribuyendo a la absorción de nutrientes disponibles en la solución y atmósfera del suelo, poniéndolos a disposición de las plantas cultivadas debido a que poseen relación funcional y constituyen un sistema holístico con las plantas y el suelo, esto permite un efecto benéfico sobre el crecimiento vegetal (Campo *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Altura promedio de mazorcas de maíz (m).

Tratamiento	Altura de mazorca (m)
50% de MM activado aplicado al suelo	1.46
10% de MM activado asperjado al cultivo	1.48
20% de MM activado asperjado al cultivo	1.48
50% de MM activado al suelo y 10% al cultivo	1.52
Testigo (sin MM activado)	1.36

Al realizar el análisis de varianza para longitud de mazorca no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos evaluados; sin embargo, desde el punto de vista numérico resultó mayor el tratamiento de 10% de MM activado asperjado al cultivo, seguido por los tratamientos de 20% asperjado al cultivo y 50% de MM activado aplicado al suelo y 10%

asperjado al cultivo, mientras que el tratamiento con menor longitud fue el Testigo (sin MM activado) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Longitud promedio de mazorcas (cm).

Tratamiento	Longitud de mazorca (cm)
50% de MM activado aplicado al suelo	13.8
10% de MM activado asperjado al cultivo	14.5
20% de MM activado asperjado al cultivo	14.1
50% de MM activado al suelo y 10% al cultivo	14.1
Testigo (sin MM activado)	13.3

Las mayores longitudes de mazorca obtenidos por la aplicación de los MM Activados, tanto al suelo como al follaje, se debe a que estos favorecen la biología del suelo y la inmunidad de las plantas cultivadas, lo cual en su conjunto favorecen el crecimiento y desarrollo de la planta, lo que le permite tener frutos más grandes. Lo anterior nos indica que cuando se aplican fertilizantes sintéticos en suelos degradados, como el suelo del sitio experimentas, los microorganismos de montaña ayudan a una mejor absorción y aprovechamiento de los fertilizantes, orgánicos y no orgánicos, lo que se refleja en mayor tamaño de la mazorca. Esta variable es importante, debido a que a mayor longitud de mazorca el número y peso total de granos es mayor, incrementando así el rendimiento (Valenciana, 2003).

De forma genérica la altura de planta, diámetro del tallo, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y mazorca y peso de 100 granos fueron mejor con el tratamiento de 50% de MMA aplicado al suelo más 10% asperjados al cultivo (Cuadro 3). La superioridad estadística de este tratamiento nos señala los efectos positivos de los MMA sobre la descomposición de los residuos orgánicos y la biología del suelo (Peña, 2007). Al aplicar MMA al follaje se activan bacterias fotosintéticas que sintetizan aminoácidos, ácidos nucleicos, azúcares de las secreciones provenientes de raíces y materia orgánica (Gutiérrez *et al.*, 2012), favoreciendo así el crecimiento saludable de las plantas debido a un mejor aprovechamiento de los nutrientes para su desarrollo (García, 2011), atribuyendo que con la aplicación al suelo aceleran la descomposición de residuos e incrementan la materia orgánica lábil del suelo (Campo *et al.*, 2014), así también promueven la microbiología del agroecosistema, controlando los microorganismos patógenos y aportando nutrimentos (Valencia, 2003).

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de los MMA en el cultivo de maíz.

Tratamientos	Altura de planta (m)	Diámetro del tallo (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Rendimiento por hectárea (ton)
50% al suelo	2.5ab	2.7a	4.7ab	4108.8b
10% al cultivo	2.6a	2.7a	4.8a	4226.5b
20% al cultivo	2.6a	2.7a	4.7ab	5383.3a
50 al suelo y 10% al cultivo	2.6a	2.6ab	4.7ab	6313.9a
Testigo	2.4b	2.3b	4.4b	4083.2b

Letras diferentes en la columna indican diferencias estadísticas (Tukey 0.05)

El rendimiento de grano de maíz es producto del buen desarrollo de las variables agronómicas y de los componentes de rendimiento de las plantas, lo que nos señala que la utilización de los microorganismos eficientes favorece a estas, y como producto se obtienen mayores volúmenes de cosecha cuando se utilizan. Debe destacarse la superioridad estadística del tratamiento aplicado al suelo en combinación con la aspersión sobre la planta, los efectos positivos de los MM activados sobre la descomposición de los residuos orgánicos y la biología del suelo, así como los beneficios en la parte aérea de la planta al favorecer la inmunología de la misma, traen consigo una combinación que se ve reflejada en mayor rendimiento de granos por hectárea. Peña (2007) menciona que con la utilización de biofertilizantes el productor puede obtener mejores rendimientos, además de generar mayor actividad microbiana en los suelos y aumentar la materia orgánica para que puedan ser mejor aprovechadas por las plantas, beneficiando también al suelo en un proceso de manejo ecológico de los mismos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos de acuerdo a las condiciones que prevalecieron durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, permiten establecer las siguientes conclusiones:

De los cinco tratamientos el que mejor resultado mostró fue donde se aplicó 50% de MM activado asperjado al suelo y 10% de MM activado asperjado al cultivo mostrando una mejor respuesta en el rendimiento de grano de maíz con 6313.9 t ha⁻¹ seguido del tratamiento tres 20% asperjado al cultivo con 5383.3 t ha⁻¹.

La mayor respuesta que tuvo el cultivo de maíz fue con la aplicación de MM activado que se expresó de la siguiente manera según las variables de crecimiento evaluadas (altura de planta y mazorca, diámetro del tallo y mazorca, longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, número de granos por mazorca, peso de 100 granos).

Referencias

- Armenta B. A. D., C. García G., J. R. Camacho B., M. Á. Apodaca S., L. G. Montoya y E. Nava P. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Revista Ra Ximhai*. 6(1):51-56. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46112896007>
- Augusto B. P. 2005. Evaluación preliminar del estado de contaminación en suelos de la provincia del Neuquén donde se efectúan actividades de explotación hidrocarburífera. Tesis profesional. Escuela Superior de Salud y Ambiente, Universidad Nacional del Comahue.
- Campo-Martínez A; Acosta-Sánchez R; Morales-Velasco S; Alonso-Prado F. 2014. Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol. 12 (1): 79-87.
- García, I. 2011. Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas. *Revista Argentina de Microbiología*. Vol. 43 (1): 1-3
- Gutiérrez, L; Seguro, S; Arenas, J; Moreno, J. 2012. Evaluación del poder fertilizante de dos abonos orgánicos preparados con microorganismos eficientes en plantas de tomate y maíz. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*. Vol. 1 (2): 8-13.

Guzñay, C 2016 Guía agroecológica para una agricultura resiliente en la parte baja de la Subcuenca del río Daule. Gráficas Andina. Quito-Ecuador. Pp: 12-13

Guzñay, C 2016 Guía agroecológica para una agricultura resiliente en la parte baja de la Subcuenca del río Daule. Gráficas Andina. Quito-Ecuador. Pp: 12-13

Higa, T. 2013 Reproducción de Microorganismos de Montaña - MM A2-02, 21. Retrieved from [En línea] documento sugerido en internet. Fecha de consulta: 09 de julio del 2019 disponible en: https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Subsidi-zing_Inequality_Ch_9_Robles_Berlanga.pdf.

Higa, T. 2013 Reproducción de Microorganismos de Montaña - MM A2-02, 21. Retrieved from [En línea] documento sugerido en internet. Fecha de consulta: 09 de julio del 2019 disponible en: https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Subsidi-zing_Inequality_Ch_9_Robles_Berlanga.pdf.

López, M., I. López de Rojas, M. España, A. Izquierdo y L. Herrera. 2007. Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrícicos arbusculares en plantaciones de *Theobroma cacao* L. *Agronomía Trop.* 57(1):31-43.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2016. Estado Mundial del Recurso Suelo. Roma, Italia. 7 p.

Pardo P. J. 2014 Relación de temperatura y potencial de hidrogeno en la elaboración de abonos orgánicos con microorganismos eficientes. Tesis profesional. Universidad Nacional Agraria de la Selva Facultad de Recursos Naturales Renovables Departamento Académico de Ciencias Ambientales. Pp: 3-7

Pardo P. J. 2014 Relación de temperatura y potencial de hidrogeno en la elaboración de abonos orgánicos con microorganismos eficientes. Tesis profesional. Universidad Nacional Agraria de la Selva Facultad de Recursos Naturales Renovables Departamento Académico de Ciencias Ambientales. Pp: 3-7

Peña D.R. 2007. Uso de biofertilizantes para la producción de maíz forrajero en condiciones de temporal. Folleto científico No.2. Campo Experimental San Luis-CIRNE-INI-FAP. San Luis Potosí, S.L.P. México. 60 p.

- Ramírez, F y Lidia, O, 2012 Los biofertilizantes. Guantánamo, noviembre, 2012.
- Rodríguez C., Yohel N. Torres T., Kiara Z. 2014 Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricu
- Suchini Ramírez, J. G. 2012. Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Suchuni R. G. 2012 Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio. Real Embajada de Noruega. Cartago. Costa Rica. Pp: 4-11
- Suneja P., S. S. Dudeja and N. Narula. 2007. Development of multiple co-inoculants of different biofertilizers and their interaction with plants. Archives of Agron. Soil Sci.53:221-230.
- Valenciana, G. M. 2003. La función de los nutrientes secundarios y microelementos, 2^a. Edición. Editorial "ASAJA" No. 13. 19 pp.
- Vessey J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil. 255:571-586.

Semblanza de los Autores

González-Roblero Cristi Gisel

Estudiante de la Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V de la Universidad Autónoma De Chiapas.

Aguilar Jiménez Carlos Enrique

Licenciatura: Ingeniero agrónomo, Universidad Autónoma de Chiapas, maestría: Agro ecosistemas Tropicales, Colegio de Postgraduados, Doctorado: Ciencias Agrícolas: Agroecología, Universidad de la Habana, Temas o áreas de interés en investigación: Agroecología, Agricultura orgánica, Conservación de recursos naturales, Abonos verdes y orgánicos.

Martínez-Aguilar Frankiln

Licenciatura: Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chiapas. Maestría: Agroecología Tropical, Universidad Autónoma de Chiapas. Temas o áreas de interés en investigación: Enfoque agroecológico, Agricultura orgánica.

Galdámez Galdámez José

Licenciatura: Ing. Agrónomo especialidad en irrigación, Universidad Autónoma Chapingo, Maestría: Agro meteorología, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, doctorado: Edafología, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Temas o áreas de interés en investigación: Uso y manejo ecológico del suelo, Conservación y rehabilitación de suelos agrícolas, Manejo de micro cuencas, Clasificación de tierras agrícolas, Clasificación de suelos, Zonificación Agroecológica.



**Germinación y proteínas LEA's en semillas de chile habanero con diferentes grados
de madurez**

Carlos David Hernández Pinto

René Garruña Hernandez

Rubén Humberto Anduez Noh

Carlos Juan Alvarado López

Emanuel Hernández Núñez

Germinación y proteínas LEA's en semillas de chile habanero con diferentes grados de madurez

Hernández Pinto Carlos David, Garruña Hernandez René, Andueza Noh Rubén Humberto, Alvarado López Carlos Juan y Hernández Núñez Emanuel

Resumen

El chile habanero es una de las hortalizas más importantes en México por su pungencia. Sin embargo, uno de sus principales problemas es la heterogeneidad en la viabilidad de sus semillas, atribuido a factores como la presencia de proteínas que modifican su viabilidad y vigor. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la madurez del fruto sobre caracteres moleculares y fisiológicos en semillas de chile habanero. Se estableció una parcela de chile habanero y se cosecharon frutos verdes, pintos y maduros. El diseño experimental fue completamente al azar. Se realizó la extracción y perfil electroforético de proteínas y se evaluó el porcentaje y tasa de germinación, porcentaje y tasa de emergencia, la altura y el diámetro del tallo. Las semillas de frutos pintos y maduros presentaron un mayor perfil electroforético de proteínas, así como una mayor germinación (89 y 94%, respectivamente) y emergencia (83 y 88%, respectivamente), también obtuvieron una mayor altura (5.4 y 4.8 cm respectivamente) y diámetro del tallo (2.15 y 1.8 mm respectivamente). El estado de madurez del fruto influyó en el desarrollo y madurez de las semillas.

Palabras clave: *Capsicum chinense*, proteínas, viabilidad

Germination and LEA's proteins in habanero pepper seeds with different degrees of maturity

Abstract

The habanero pepper is one of the most important vegetables in Mexico due to its pungency. However, one of its main problems is the heterogeneity in the viability of its seeds, this is attributed to factors such as presence of proteins that modify both viability and vigor. Therefore, the objective of this research was to determine the effect of fruit maturity on molecular and physiological characteristics of habanero pepper seeds. A habanero pepper plot was established. Then, green, half-ripe and ripe fruits were harvested. The experimental design was completely randomized. The extraction and electrophoretic profile of proteins were carried out and the percentage and rate of germination, percentage and emergence rate, height and diameter of the stem were evaluated. The seeds of half-ripe and ripe fruits had a higher protein electrophoretic profile, as well as greater germination (89 and 94%, respectively) and emergence (83 and 88%, respectively), they also obtained a greater height (5.4 and 4.8 cm respectively) and stem diameter (2.15 and 1.8 mm respectively). The maturity stage of fruits influenced the development and maturity of seeds.

Keywords: *Capsicum chinense*, proteins, viability

Introducción

México, cuenta con una gran diversidad de especies del género *Capsicum* (Nuez *et al.*, 2003), donde destacan cinco: *C. chinense*, *C. annum*, *C. frutescens*, *C. pubescens* y *C. baccatum* que han sido domesticadas, las cuales contrastan en forma, color, olor, sabor y pungencia, de las cinco especies de chile domesticadas, sobresale *Capsicum chinense* por la presencia de Capsaicinoides que le otorgan pungencia a sus frutos, atributo de alto valor comercial que potencializó la demanda de este cultivo (Garruti *et al.*, 2013). En este contexto se ha incrementado la demanda de chile habanero a nivel nacional e internacional, de acuerdo con SIAP (2019) la superficie sembrada a nivel nacional fue de 971.45 Ha con una producción de 16306.31 t, esto aumentó paralelamente la demanda de semillas de calidad para garantizar un cultivo exitoso.

En Yucatán, el cultivo de chile habanero *Capsicum chinense* Jacq., es de gran importancia por su pungencia, extensiones de siembra y derrama económica, así como por su consumo en fresco o industrializado en diversos productos como: salsas, polvos, productos farmacéuticos, cosméticos, entre otros (Nuez *et al.*, 2003).

Se ha observado que las semillas del género *Capsicum* presentan heterogeneidad en su viabilidad, característica genética-ambiental que torna lenta la germinación de la semilla y la emergencia de las plántulas, lo que afecta el establecimiento del cultivo en el campo (Garruña *et al.*, 2014). Esto es ocasionado por factores que modifican los atributos de calidad de las semillas durante su desarrollo, como son el estado de madurez del fruto, el balance hormonal (ácido abscísico/ácido giberélico) y la concentración endógena de proteínas abundantes en embriogénesis tardía (LEA's), los cuales influyen directamente en la viabilidad y vigor de las semillas (Argyris *et al.*, 2008; Vidigal *et al.*, 2009).

La madurez del fruto al momento de extraer las semillas influye en la calidad de las semillas. Vidigal *et al.* (2009) mencionan que existe correlación entre la madurez del fruto y la viabilidad de la semilla, de esta manera el estado de madurez del fruto al momento de la cosecha afecta la calidad de las semillas. Sayed y Essam (1952) indican que los frutos cosechados en una fase inmadura producen semillas de baja calidad, mientras que los frutos cosechados en estado maduro producen semillas de mayor calidad. Así mismo, algunas investigaciones sugieren que el estado de madurez del fruto modifica los atributos moleculares de las semillas. Al respecto, Vidigal *et al.* (2009) determinaron que la madurez del fruto influyó en la presencia de proteínas "LEA's" en las semillas de *Capsicum annum*, donde las semillas extraídas

de frutos completamente maduros tuvieron una mayor presencia de proteínas con respecto a las semillas de frutos inmaduros (verdes). Sin embargo, ante este panorama la información generada en México sobre el cultivo de chile ha sido generada principalmente para la especie *C. annuum* y de manera general, está enfocada hacia el estudio de la biodiversidad, manejo agronómico, caracterización morfológica y conservación de los recursos genéticos de Chile. Por lo tanto, la información existente para la especie *C. chinense*, con respecto a la variación en los atributos de calidad de la semilla, particularmente la relacionada con el conocimiento de la importancia que tienen algunas características fisiológicas y moleculares en el desarrollo de la semilla y su influencia en su viabilidad y vigor aún es escasa. Considerando lo mencionado anteriormente, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la madurez del fruto sobre caracteres moleculares y fisiológicos de semillas de Chile habanero.

Contexto teórico

Las semillas de calidad permiten la rentabilidad de los cultivos, porque permiten una mayor probabilidad de éxito durante el establecimiento de las plántulas en campo, la calidad de semilla comprende aspectos genéticos, fitosanitarios, físicos y fisiológicos (Doijode, 2001). Esto indica que: las semillas deben estar libres de plagas y enfermedades, deben tener una alta viabilidad, un buen desarrollo y una identidad genética (Ayala *et al.*, 2014). Sin embargo, la calidad es afectada por factores como el estado de madurez del fruto al momento de la extracción de las semillas. Las semillas maduras tienen un mejor comportamiento en su capacidad germinativa, esta madurez fisiológica de la semilla, en algunas especies coincide con el cambio de color del fruto en algunos tipos de Chile (Vidigal *et al.*, 2009). Los frutos cosechados en una etapa inmadura producen semillas de baja calidad, con baja viabilidad y vigor, mientras que las semillas extraídas de frutos completamente maduros presentan mayor germinación y vigor más alto en plántulas (Doijode, 2001). En este sentido, la maduración de los frutos del género *Capsicum* afecta la germinación de las semillas (Vidigal *et al.*, 2006). Como se indica en algunos estudios realizados en *Capsicum annuum* donde se determinó que el estado de madurez de los frutos antes de extraer las semillas, es un factor que interviene en la madurez del embrión, por lo cual obtener semillas fisiológicamente maduras de frutos maduros permite incrementar la germinación y el vigor de las semillas (Dias *et al.*, 2006; Dos-Santos *et al.*, 2016).

Bajo este contexto, la madurez del fruto influye en el desarrollo de las semillas el cual se divide en tres fases: i) histodiferenciación, ii) acumulación de reservas y iii) adquisición de tolerancia a la desecación. En cada una de estas fases está inmersa una serie de reacciones a

nivel celular que determina el inicio y la conclusión de los procesos mediante la activación o silenciamiento de genes (Taiz y Zeiger, 2010). La histodiferenciación ocurre inmediatamente después de la polinización, cuando el óvulo se activa para iniciar el desarrollo de las principales estructuras de la semilla: el embrión, el endospermo y las cubiertas seminales. El crecimiento inicial se debe a la división y al alargamiento celular que se completan en los primeros días de su formación (Bradford, 2004).

La acumulación de reservas ocurre en órganos de almacenamiento; en esta etapa disminuye el contenido de humedad debido a que los materiales de reserva sustituyen el agua de las células (Bradford, 2004). El contenido de agua declina en proporción con la acumulación de la materia seca, lo cual resulta en un incremento de reservas, pero sin presentarse un incremento en el tamaño seminal (Blasiak *et al.*, 2006). Los compuestos específicos acumulados por las semillas varían entre especies, pero se agrupan generalmente en carbohidratos, lípidos y proteínas (Taiz y Zeiger, 2010).

La tolerancia a la desecación está dada por la síntesis de proteínas y azúcares específicos que se sintetizan durante las fases iniciales del desarrollo cuando el contenido de ácido abscísico aún es elevado, su acumulación se acelera durante la deshidratación, alcanzando el máximo en la madurez. A este conjunto de proteínas cuya función es proteger al embrión de la desecación se les conoce como proteínas abundantes en embriogénesis tardía. Las proteínas abundantes en embriogénesis tardía (LEA's, por sus siglas en inglés) se acumulan en grandes cantidades, se caracterizan por componerse de aminoácidos hidrofílicos que las hacen solubles en agua y resistentes a la desnaturalización causada por altas temperaturas, por lo cual confieren protección ante diferentes tipos de estrés (hídrico, salino y frío), esto sugiere que actúan en el mantenimiento de la conformación de la membrana celular durante la deshidratación (Shih *et al.*, 2008). Algunas investigaciones indican que existe una ausencia de proteínas LEA's en los estados iniciales de madurez de la semilla 40 días después de anthesis (dda) en *Capsicum annuum* (Vidigal *et al.*, 2009). En semillas obtenidas de frutos cosechados a los 50, 60 y 70 dda, acumularon mayores cantidades de proteínas indicando que su concentración ocurre después del estado de maduración del fruto, momento en que la semilla inicia con la adquisición de tolerancia a la desecación (Dos-Santos *et al.*, 2016).

Las semillas al completar su desarrollo por lo general tienen una forma aplastada hemidisoidal, en donde el hilio se localiza en el lado más recto y tienen la superficie relativamente lisa sin aspecto pubescente (Nuez *et al.*, 2003). Está compuesta por: (1) el embrión, resultado de la fertilización del núcleo de la célula huevo en el saco embrionario por uno de los

núcleos espermáticos del tubo polínico; (2) el endospermo, que surge de la fusión de dos núcleos polares de la célula central en el saco embrionario con el otro núcleo del tubo polínico; y (3) la testa (capa de semilla), formada a partir de uno o ambos integumentos internos o externos alrededor del óvulo (Bewley *et al.*, 2013). Sin embargo, durante el desarrollo de las semillas existen factores que modifican la calidad de las semillas, entre los cuales abordaremos los factores fisiológicos y moleculares de la semilla que ocasionan alteraciones en la capacidad germinativa y el vigor de las semillas.

Contenido

La investigación se realizó en el laboratorio de genética molecular y fisiología vegetal del Instituto Tecnológico de Conkal. Se estableció un semillero de chile habanero en charolas de poliestireno de 200 cavidades, con sustrato Sunshine mezcla 3, a los 40 días después de la siembra, las plántulas se trasplantaron en una parcela de 400 m². La distancia de siembra entre plantas fue de 0.30 m y entre filas de 1.50 m como habitualmente lo realizan los productores. El manejo agronómico se realizó de acuerdo a Tun (2001). Cuando el 50 % de las plantas estuvieron en fructificación se cosecharon frutos en tres estados de madurez: verdes, pintos y maduros. A los frutos cosechados se les extrajo las semillas de manera manual, se seleccionaron y desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2% durante 3 minutos, se lavaron, enjuagaron y se secaron hasta alcanzar una humedad entre el 6 y 10% (SNICS, 2014).

La presencia de proteínas LEA's se determinó a través de la extracción de proteínas en una muestra de 3 g de semillas por cada estado de madurez, se utilizó el kit ReadyPrep™ Protein, se realizó un perfil electroforético con geles de SDS page para observar el perfil proteico. Posteriormente, se determinaron los atributos fisiológicos de las semillas, se evaluó el porcentaje y tasa de germinación y el porcentaje de emergencia. El porcentaje de germinación se evaluó en 5 cajas Petri de 20 semillas cada una por estado de madurez, se utilizó papel humectado con 4 ml de agua destilada como sustrato germinativo. Se considero una semilla germinada cuando se observó protrusión radicular. El porcentaje se calculó de acuerdo con Hernández-Pinto *et al.* (2020).

$$TG = \Sigma \frac{n_i}{T_i}$$

Dónde %G = porcentaje de germinación, n = número total de semillas germinadas al final de la evaluación y N = número de semillas sembradas.

El porcentaje de emergencia se evaluó en charolas germinadoras donde se contabilizó todos los días las plántulas emergidas durante siete días después de la siembra. Este se calculó con la misma fórmula propuesta por Hernández-Pinto *et al.* (2020) para calcular el porcentaje de germinación.

La tasa de germinación (TG) se determinó durante 14 días, en la cual se contabilizó la germinación, la tasa de emergencia se evaluó registrando durante 7 días las plántulas emergidas. Con los datos obtenidos se calculó ambas tasas con la fórmula propuesta por Hernández-Pinto *et al.* (2020).

$$\%G = \frac{n}{N} \times 100$$

Dónde TG = tasa de germinación, ni = número de semillas germinadas durante el intervalo ti, ti = tiempo desde la siembra hasta el día del conteo.

La altura se midió de la base del cuello al brote apical con un flexómetro y el diámetro del tallo a 1cm del cepellón con un vernier digital. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los datos en porcentajes fueron transformados con la raíz cuadrada del arcoseno. Se realizó un ANDEVA y donde hubo diferencias estadísticas se realizó una comparación de medias con Tukey ($p \leq 0.05$). En el perfil electroforético se determinó que las semillas de frutos verdes presentan una baja presencia de proteínas al observarse una sola banda de aproximadamente 25 kda, por el contrario, las semillas de frutos pintos y maduros presentaron una mayor presencia proteica con un mayor número de bandas (25, 55 y 65 kda) en ambos tratamientos (Figura 1). La presencia de proteínas LEA's está en función del desarrollo de las semillas y se correlaciona con el estado de madurez del fruto. En este sentido, Ohto *et al.* (2007) indicaron que la madurez de frutos influye en la expresión de proteínas y la concentración de reguladores de crecimiento (ABA y AG3), modificando los atributos fisiológicos de las semillas de Capsicum. Las semillas de frutos pintos y maduros que presentaron mayor número de bandas proteicas, también fueron las que presentaron mayor viabilidad y vigor.

Cuadro 1. Variables fisiológicas en semillas de chile habanero.

Variables	%G	TG	%E	TE
Semillas de frutos verdes	18b	0.25b	5b	0.11b
Semillas de frutos pintos	89a	7.44a	83a	8.33a
Semillas de frutos maduros	94a	10.55a	88a	9.74a

Literales diferentes indican diferencias significativas en la misma columna. Tukey ($P < 0.05$).

González-Zertuche *et al.* (2001) indican que la alta presencia de proteínas LEA's mejora la germinación de las semillas de *Buddleja cordata* y *Opuntia tomentosa*, además de que la síntesis de proteínas LEA's permitió incrementar la capacidad amortiguadora de las semillas ante el estrés. Las semillas de frutos maduros y pintos obtuvieron el mayor porcentaje de germinación (94 y 89 %, respectivamente), superaron estadísticamente a las semillas de frutos verdes (18 %). En el porcentaje de emergencia (%E) las semillas de frutos maduros y pintos registraron el valor más alto (88 y 83%, respectivamente), mientras que las semillas de frutos verdes tuvieron el menor valor con 5% (Cuadro 1). Es evidente que el estado de madurez del fruto influyó en la viabilidad y vigor de las semillas obtenidas, las semillas de frutos maduros incrementaron en un 81 % la germinación y en un 94 % el vigor de las semillas. En este sentido, Vidigal *et al.* (2009) mencionan que frutos inmaduros producen semillas de baja calidad, mientras que frutos maduros producen semillas de mayor calidad, es decir, con una alta germinación y emergencia de plántulas.

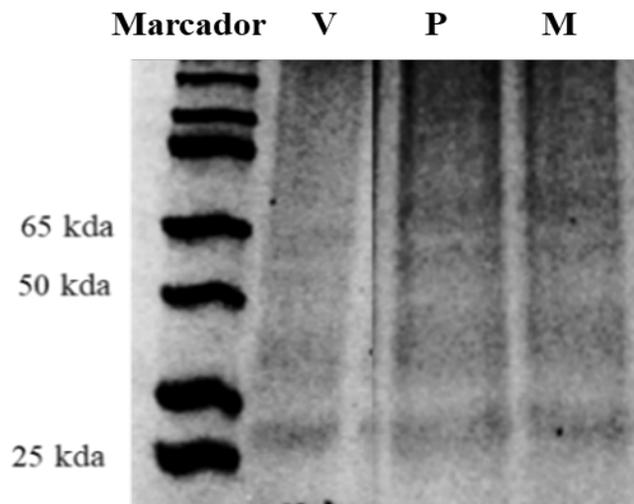


Figura 1. Perfil electroforético de proteínas LEA's en semillas de chile habanero.

En la tasa de germinación y emergencia las semillas de frutos maduros (10.55 germinadas día⁻¹ y 9.74 plántulas día⁻¹ respectivamente) y pintos (7.44 germinadas día⁻¹ y 8.33 plántulas día⁻¹ respectivamente) fueron estadísticamente similares, pero, diferentes con respecto a las semillas de frutos verdes (0.25 germinadas día⁻¹ y 0.11 plántulas día⁻¹ respectivamente) (Cuadro 1). El estado de madurez del fruto homogenizó la germinación y emergencia de plántulas. Al respecto, Demir *et al.* (2008) indicaron que una germinación lenta produce plántulas heterogéneas, pero tasas altas de emergencia se correlacionan con plántulas más grandes y homogéneas.

En las variables de altura y diámetro del tallo, se observó que las plántulas obtenidas de semillas de frutos maduros ($M = 5.4$ cm y $M = 2.15$ mm) fueron estadísticamente superiores con respecto a la altura de las plantas provenientes de semillas de frutos verdes ($V = 1.3$ cm y $V = 0.5$ mm), pero similares a las plántulas provenientes de semillas extraídas de frutos pintos ($P = 4.8$ cm y $P = 1.8$ mm) (Figura 2). Los valores en la altura y diámetro del tallo de las plántulas indican que son propicias para el trasplante definitivo en campo. En este sentido, Montaño-Mata y Núñez (2003) indican que el momento idóneo para trasplantar es cuando las plántulas alcanzan una altura superior a los cuatro centímetros.

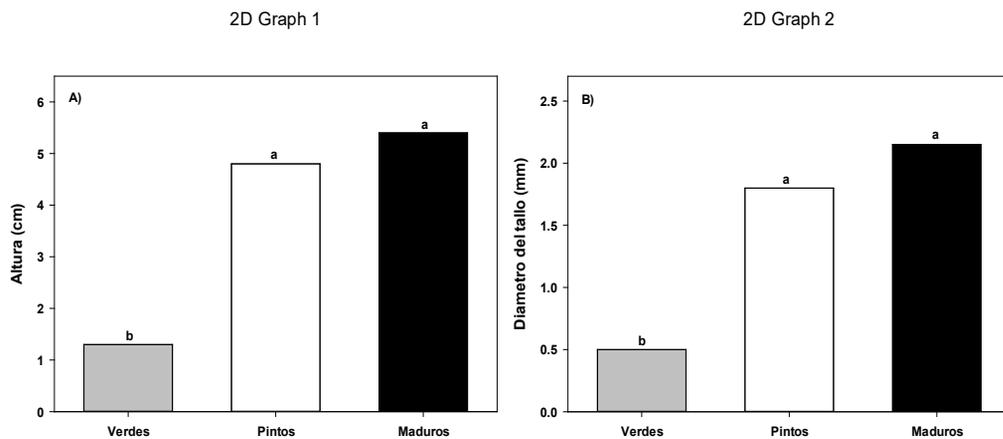


Figura 2. Altura y diámetro del tallo de plántulas de chile habanero.

Conclusiones

La maduración del fruto permitió a las semillas alcanzar su madurez fisiológica y por consiguiente aumentó la presencia de proteínas en las semillas. Las semillas extraídas de frutos pintos y maduros incrementaron la viabilidad y vigor de las plántulas. El estado de madurez del fruto homogenizó la velocidad de germinación y emergencia de las plántulas, también aumentó la altura y diámetro de las plántulas de chile habanero.

Referencias

- Argyris, J., Dahal, P., Hayashi, E., Still, D. W. and Bradford, K. J. (2008). Genetic variation for lettuce seed thermoinhibition is associated with temperature-sensitive expression of abscisic acid, gibberellin, and ethylene biosynthesis, metabolism, and response genes. *Plant Physiol* 148(2):926–947.
- Ayala-Villegas, M. J., Ayala-Garay, O. J., Aguilar-Rincón, V. H. y Corona-Torres, T. (2014). Evolución de la calidad de semilla de *Capsicum annum* L. durante su desarrollo en el

- fruto. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 37 (1): 79-87, 2014
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, W. M. H. and Nonogaky, H. (2013). *Seeds physiology of development, germination and dormancy*. Third Edition. Springer. New York, U.S.A. 392 p.
- Blasiak, J., Kuang, A., Farhangi, C. S. and Musgrave, M. E. (2006). Roles of intra- fruit oxygen and carbon dioxide in controlling pepper (*Capsicum annuum* L.) seed development and storage reserve deposition. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 131(1):164-173.
- Bradford, K. J. (2004). *Seed Production and Quality*. Department of Vegetable Crops. University of California. Davis, California, U.S.A. 134 p.
- Demir, I., Ermis, S., Mavi, K. and Matthews, S. (2008). Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annuum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. *Seed Science and Technology* 36:21-30.
- Dias, D. C. F. S., Ribeiro, F. P., Dias, L. A. S., Silva, D. J. H. and Vidigal, D. S. (2006). Tomato seed quality in relation to fruit maturation and postharvest storage. *Seed Science and Technology* 34: 691-699.
- Doijode, S. D. (2001). *Seed Storage of Horticultural Crops*. Haworth Press. New York, USA. p 339.
- Dos-Santos, H. O., Franchi, S. M., Wallace, R., Oliveira, R. M., Von-Pinho, E.V., Franco, S. D. and Moreira, M. L. (2016). Physiological quality of habanero pepper (*Capsicum chinense*) seeds based on development and drying process. *African Journal of Agriculture* 11: 1102-1109.
- Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., Ayala-Garay, O., Santamaría, J. y Pinzón-López, L. (2014). Acondicionamiento pre-siembra: una opción para incrementar la germinación de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia*. 48:420-422.
- Garruti, D., Pinto, N. O., Alves, V. C., Penha, M. F., Tobaruela, E. C. and Araújo, I. M. (2013). Volatile profile and sensory quality of new varieties of *Capsicum chinense* pepper. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 33: 102-108

- Hernández-Pinto, C., Garruña, R., Andueza-Noh, R., Hernández-Núñez, E., Zavala-León, M. J. and Pérez-Gutiérrez, A. (2020). Post-harvest storage of fruits: An alternative to improve physiological quality in habanero pepper seeds. *Revista Bio Ciencias* 7, e796.
- Montaño-Mata, N. J. y Núñez, J. C. (2003). Evaluación del efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento en tres selecciones de ají dulce *Capsicum chinense* Jacq. en Jusepín, estado Monagas. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 20: 144-155.
- Nuez, F., Gil-Ortega, R. y Costa, J. (2003). *El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes*. Ed.undi-Prensa. Madrid, España. 586 p.
- Ohto, M. A., Stone, S. L. and Harada, J. J. (2007). Genetic control of seed development and seed mass. In: K J Bradford, H Nonogaki (eds). *Seed Development, Dormancy and Germination*. Blackwell Publishing. Iowa, USA. pp:1-49.
- Sayed, M. S. and Essam, M. (1952). Viability of seeds harvested from fruits at different stages of maturity. *Proceedings of American Society for Horticultural Science* 60:327-329.
- Shih, M. D., Hoekstra, F. A. and Hsing, Y. I. C. (2008). Late embryo- genesis abundant proteins. *Adv. Bot. Res.* 48: 211-255.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Anuario estadístico de la producción agrícola. (2019). Consultado 13 de octubre de 2020. Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2014). Reglas para la calificación de semilla de chile (*Capsicum* spp.). México. 13 p.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*. 5th Ed. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. 764 p.
- Tun, D. J. C. (2001). Chile habanero: Características y tecnología de producción. SAGARPA Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mocochoá, Yucatán, México. 74 p.
- Vidigal, D., Dias, D., Von-Pinho, E. R.V. and Dias, L. A. S. (2009). Sweet pepper seed quality and lea-protein activity in relation to fruit maturation and post-harvest storage. *Seed Science and Technology*. 37: 192-201.

Vidigal, D. S., Dias, D. C. F. S., Pinho, E. V. R. V. y Dias, L. A. S. (2006). Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. *Revista Brasileira de Sementes* 28(3): 87-93.

Semblanza de los Autores

Carlos David Hernández Pinto

Ingeniero Agrónomo con Maestría en Ciencias en Horticultura Tropical por el Instituto Tecnológico Nacional de México campus Conkal. Ha realizado investigaciones en el área de producción tecnológica de semillas, enfocado a factores internos que modifican su desarrollo, madurez y su viabilidad. También a publicado en revistas científicas como autor y colaborador.

René Garruña-Hernández

Ingeniero Agrónomo por el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, con Maestría en Ciencias en Horticultura Tropical por el Instituto Tecnológico de Conkal y Doctor en Ciencias Biológicas por el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Encargado del Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal del Instituto Tecnológico de Conkal. Línea de investigación Interacciones Planta-Ambiente y la fisiología de las semillas.

Rubén Humberto Andueza-Nob

Ingeniero Agrónomo por el Instituto Tecnológico de Conkal, con Maestría en Ciencias en Semillas por el Instituto Tecnológico de Roque y doctor en Ciencias Biológicas por el centro de Investigación Científica de Yucatán, actualmente, es Catedrático CONACYT en el Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, como profesor Investigador de tiempo completo, es nivel 1 del SNI y su línea de investigación es manejo y conservación de recursos fitogenéticos.

Carlos Juan Alvarado-López

Ingeniero Químico por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, cuenta con una Maestría en Ciencias en Biotecnología Enzimática por la Universidad Autónoma de Coahuila y con un Doctorado en Ciencias Biológicas por el Instituto de Investigaciones Químico Biológicas (IIQB) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Emanuel Hernández-Núñez

QFB por la Universidad Autónoma de Chiapas, Maestro en Ciencias por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y Doctor en Farmacia por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. investigador nivel 1 del SNI, sus principales áreas se relacionan con la Química Analítica instrumental y Química farmacéutica aplicada al análisis estructural (RMN) y al estudio de la cuantificación de marcadores bioquímicos.



**Diagnóstico tecnológico y socioeconómico de las unidades de producción familiar
en el municipio de Campeche.**

Mario Saturnino Durán Castillo

Martín Aquino Ramírez

Rubén Guillermo Medina Hernández

Diagnóstico tecnológico y socioeconómico de las unidades de producción familiar en el municipio de Campeche.

Mario Saturnino Durán Castillo, Martín Aquino Ramírez y Rubén Guillermo Medina Hernández

Resumen

Se realizó un diagnóstico Tecnológico y Socioeconómico de las Unidades de Producción Familiar (UPF) en el municipio de Campeche, Campeche, México. Para esto se levantaron un total de 40 encuestas distribuidas entre productores de maíz, calabaza chihua, cítricos y miel residentes de seis localidades distintas inscritas a la iniciativa federal: “Proyecto de Desarrollo Territorial (PRODETER) Campeche”. Como resultado se encontraron problemas relacionados con el desconocimiento del manejo del suelo, del manejo fitosanitario de plagas y enfermedades, con la selección de semillas y problemas relacionados con la comercialización de los productos y la necesidad de proporcionar un valor agregado a la miel. En este trabajo se propone un modelo de transferencia de tecnología que busca responder a estas problemáticas detectadas y se proporcionan recomendaciones para el mejoramiento de las UPFs y futuras áreas de investigación.

Palabras clave: Diagnóstico, Unidades de Producción Familiar, Proyecto de Desarrollo Territorial

Technological and socioeconomic diagnosis of family production units in the municipality of Campeche

Abstract

A Technological and Socioeconomic diagnosis of the Family Production Units (UPF) in the municipality of Campeche, Campeche, Mexico was carried out. For this, a total of 40 surveys distributed among producers of corn, Chihuahuas squash, citrus fruits and honey residents of six different localities registered to the federal initiative: “Project of Territorial Development (PRODETER) Campeche” were carried out. As a result, problems related to ignorance of soil management, phytosanitary management of pests and diseases, with the selection of seeds and problems related to the commercialization of the products and the need to provide added value to honey were found. This paper proposes a technology transfer model that seeks to respond to these detected problems and provides recommendations for the improvement of UPFs and future research areas.

Keywords: Diagnostic, Family farmers, PRODETER

Introducción

Los Proyectos de Desarrollo Territorial (PRODETER) son una iniciativa gubernamental para incrementar de manera sostenible la productividad de las Unidades de Producción Familiar (UPF), con el fin de contribuir a mejorar el ingreso de la población rural en general. Un PRODETER consiste en la iniciativa de un conjunto de UPFs asociadas de manera formal o informal en un territorio para la mejora de las actividades primarias y para crear o fortalecer las empresas que permitan asumir las funciones económicas prioritarias. Como metas principales se espera el reducir costos de producción, generar y retener valor agregado, mejorar los precios de sus productos o servicios y mejorar sus ingresos, así como para mejorar las condiciones productivas, la rentabilidad y la sustentabilidad de las UPFs (Secretaría de Gobernación, 2019).

La iniciativa del PRODETER se encuentran dividida en cuatro componentes principales: 1) El desarrollo de capacidades, extensionismo y asesoría rural; 2) La integración económica de las cadenas productivas; 3) El fortalecimiento de las Unidades de producción familiar y 4) la investigación y transferencia de tecnología. Es dentro de este último componente que se busca el realizar una caracterización rápida de los territorios propuestos para el establecimiento de un PRODETER. Esta caracterización se pretende realizar mediante un diagnóstico técnico productivo de las UPFs y mediante la propuesta de un modelo de transferencia de tecnología y soporte técnico para atender las necesidades de cada PRODETER.

El diagnóstico Tecnológico y Socioeconómico de las Unidades de Producción Familiar (UPF) en el municipio de Campeche, Campeche, México se realizó para determinar el nivel tecnológico actual de las UPFs en las cadenas productivas más importantes (miel, calabaza chihua, maíz y cítricos) dentro de la iniciativa PRODETER y así identificar las necesidades o posibles oportunidades de mejora en los procesos productivos. Para esto se levantaron un total de 40 encuestas distribuidas entre productores de seis localidades distintas inscritas a la iniciativa federal: “Proyecto de Desarrollo Territorial (PRODETER) Campeche”. Como resultado se encontraron problemas relacionados con el desconocimiento del manejo del suelo, del manejo fitosanitario de plagas y enfermedades, con la selección de semillas y problemas relacionados con la comercialización de los productos y la necesidad de proporcionar un valor agregado a la miel.

Contexto Teórico

En el municipio de San Francisco de Campeche (Figura 1) el cultivo de maíz (*Zea mays*), la calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma*), los cítricos (*Citrus spp.*) y la producción de miel son cuatro de las actividades primarias más importantes por superficie de siembra y por volumen de producción (Ireta-Paredes *et al.*, 2018; SIACON, 2019; Tucuch-Cauich *et al.*, 2006). De manera que, el conocimiento del nivel tecnológico actual de las UPFs de estas cadenas productivas es considerado de especial importancia dentro de la iniciativa PRODETER para identificar las necesidades o posibles oportunidades de mejora en los procesos productivos.

En el estado de Campeche, existen alrededor de 30 mil productores de maíz los cuales siembran aproximadamente unas 150 mil hectáreas. La siembra de maíz se da en su mayoría en condiciones de temporal y tiene lugar de mayo a junio, a inicio de la temporada de lluvias, y se extiende hasta principios de agosto. El estado de Campeche también destaca por ser el principal productor de calabaza chihua, la cual es alternada con la producción de maíz en la milpa. En 2018 Campeche ocupó el primer lugar de producción de calabaza chihua a nivel nacional produciendo 18,845 toneladas sembradas en 22,297 hectáreas de extensión (SIACON, 2019).

Por su lado el cultivo de limón persa es una actividad que ha cobrado importancia relativamente reciente en el estado de Campeche. La gran mayoría de los huertos se encuentran en el norte y centro de la entidad, estimándose que únicamente el 50% de éstos se encuentra actualmente en etapa productiva. Sin embargo, en la entidad hay registro de huertas produciendo desde hace más de 30 años. Actualmente no existe un registro de la productividad por hectárea de cultivo de limón persa para la entidad, pero de acuerdo al paquete tecnológico del INIFAP para la producción de limón persa es posible llegar a tener rendimientos de entre 17 y 25 ton/ha al implementar un nivel tecnológico intermedio. Esto implica que existe un gran potencial productivo para el estado en la producción de cítricos de implementarse los paquetes tecnológicos adecuados. De acuerdo al Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2019) de la SAGARPA, a nivel nacional el estado de Campeche ocupa el segundo lugar de producción de miel y junto con los estados de Yucatán y Quintana Roo producen alrededor del 36% de la producción total del país. En Campeche no hay registro del número aproximado de apicultores. Sin embargo, al cumplir un papel importante en la economía del sector rural se sabe que existe un gran número de pequeños productores que se dedican a esta actividad (Porter Bollan, 2010).

Contenido

Método

El diagnóstico se realizó mediante la caracterización tecnológica de las Unidades de Producción Familiar (UPF). Esta caracterización se enfocó en identificar y evaluar el estado de los productos agrícolas y pecuarios y de la tecnología con la que se producen en el territorio del municipio de Campeche. De esta manera, se evaluó el nivel de productividad actual y potencial de los diferentes productos del territorio, que deriven de la cuantificación de brechas de tipo tecnológico, productivo y financiero. También en el diagnóstico se evaluó la influencia cultural en el proceso productivo.

Para el diagnóstico de las UPF, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en coordinación con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), elaboró un cuestionario titulado “Desarrollo Rural” y una aplicación móvil. El cuestionario “Desarrollo Rural” está compuesto por 10 módulos que corresponden a:

- Identificación del cuestionario.
- Datos del productor.
- Datos de la unidad de producción.
- Caracterización del cultivo agrícola.
- Caracterización de hortalizas.
- Caracterización de frutales.
- Actividad apícola.
- Actividad pecuaria.
- Infraestructura, maquinaria y equipo.
- Comercialización.

La aplicación móvil (v 1.3 SIAP) fue instalada en varios dispositivos móviles (celulares), los cuales fueron usados para realizar entrevistas estructuradas en el mes de Febrero de 2019. Dichas entrevistas fueron realizadas a los representantes de cada UPF del PRODETER Campeche. El tamaño de muestra se determinó utilizando la fórmula sugerida por Snedecor y Cochran (1967):

$$n = \frac{\frac{Z^2 p_n q}{d^2}}{1 + \frac{Z^2 p_n q}{N d^2}}$$

En donde, Z= nivel de confianza, d= nivel de precisión, Pn=proporción de la población que pertenece al grupo de interés, N= tamaño de la población, n=tamaño de muestra y q=(1-pn).

Diagnóstico tecnológico y socioeconómico de las unidades de producción familiar en el municipio de Campeche.

De un total de 385 participantes inscritos al PRODETER Campeche, se realizó un ajuste por porcentaje relativo de las UPF registradas en cada localidad. En consecuencia en el diagnóstico se levantaron un total de 40 entrevistas distribuidas entre productores residentes de seis localidades distintas con la mayor cantidad de productores. Dichas comunidades fueron Pich (7 encuestas), Adolfo Ruiz Cortinez (9 encuestas), Kikab (10 encuestas), Tikinmul (6 encuestas), Pocyaxun (6 encuestas) y Tixmucuy (2 encuestas) (Figura 1). Estas 40 entrevistas abarcaron tres de las cadenas productivas más importantes en términos económicos del municipio de Campeche: maíz y calabaza chihua (cadena productiva milpa); cítricos y miel (Figura 1). Además, como parte de la encuesta se registró la georreferencia de los predios de cada productor participante junto con fotografías de cada actividad productiva. Cada entrevista fue de aproximadamente 90 min. Al término del levantamiento de las encuestas, éstas fueron enviadas a los técnicos del SIAP, quienes procesaron la información y enviaron 65 archivos de Excel con la información registrada.

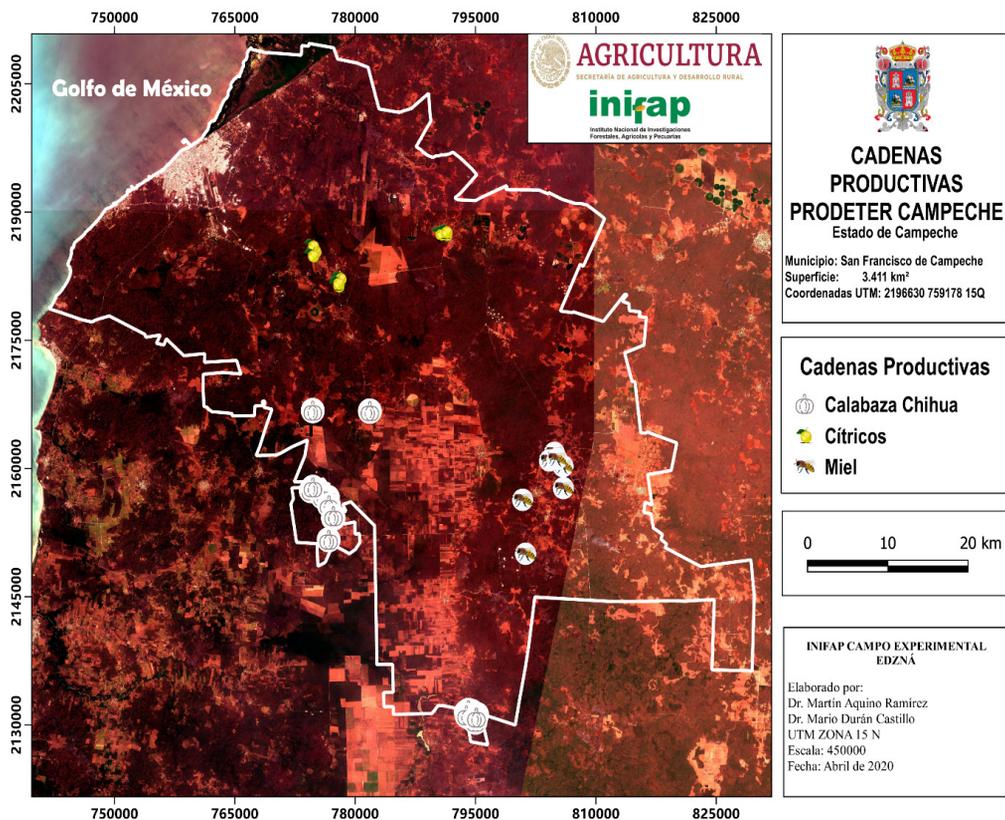


Figura 1. Ubicación geográfica de los predios de los 40 productores encuestados en las seis poblaciones diferentes a través del territorio del PRODETER Campeche.

Resultados

Ubicación geográfica

El PRODETER Campeche se encuentra en el municipio de San Francisco Campeche, ubicado entre los paralelos 19°13' y 19°58' de latitud norte; los meridianos 89°51' y 90°42' de longitud oeste; altitud entre 0 y 200 m. Colinda al norte con el Golfo de México y los municipios de Tenabo y Hopolchén; al este con los municipios de Hopolchén y Champotón; al sur con el municipio de Champotón y al oeste con el municipio de Champotón y el Golfo de México (Figura 2). Ocupa el 5.63% de la superficie del estado y cuenta con 471 localidades y una población total de 259 005 (INEGI, 2010).

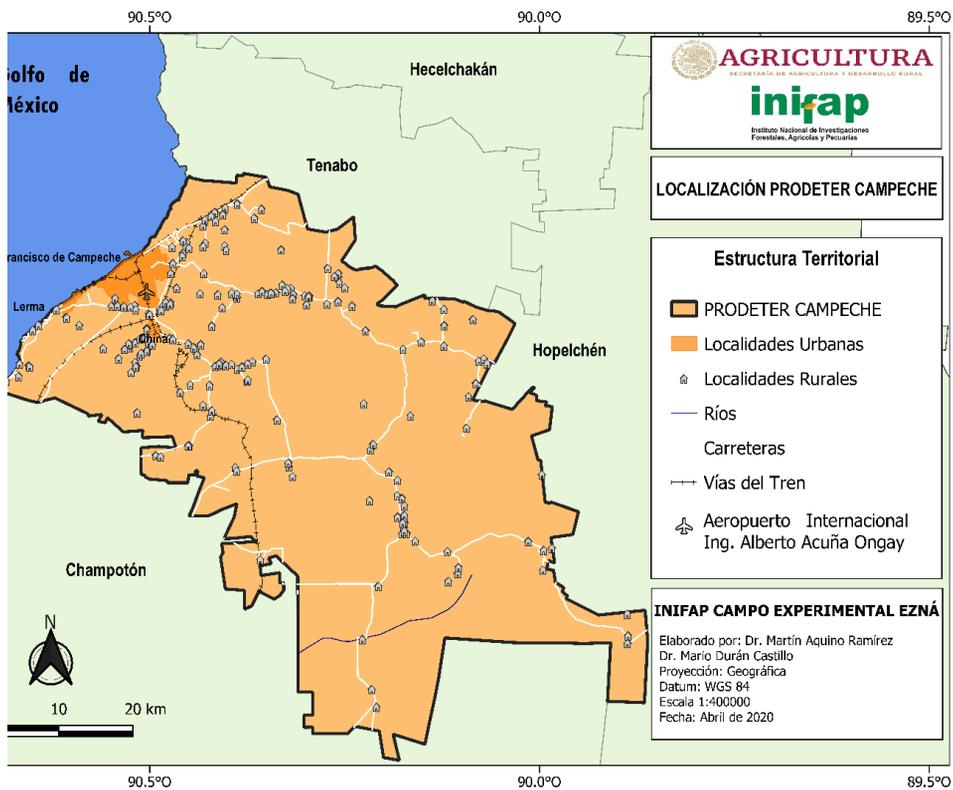


Figura 2. Mapa del territorio cubierto por el PRODETER Campeche que muestra la locación de las principales localidades urbanas y rurales y el acceso mediante carreteras.

Caracterización tecnológica de las Unidades de Producción Familiar

De las 40 personas encuestadas, se registraron 92% hombres y 8% mujeres. A pesar de esta diferencia en la proporción de sexos, la mayoría de los productores admitió que toda la familia participa en las labores de mantenimiento de la UPF. La UPF promedio cuenta

con al menos tres integrantes aunque el mínimo registrado fue de una persona y el máximo fue de siete personas (Figura 10). De estos integrantes, el 54% es de sexo femenino con una edad promedio de 38 años y el 56% es de sexo masculino con una edad promedio de 25 años. Cabe mencionar que los encuestados afirmaron que los hombres siguen siendo los responsables directos de las parcelas, reclutando principalmente a los hijos varones desde pequeña edad para que ayuden con las actividades productivas al mismo tiempo que reciben educación pública.

Existe mucha variación en los tamaños registrados de la UPFs. A pesar de que el tamaño promedio de los predios de los productores es de 22 ha, cuatro productores realizan actividades agrícolas en un predio de una hectárea, mientras que un productor afirmó ser dueño de 100 hectáreas. El ingreso promedio mensual por las actividades realizadas en las UPF es de 1,026 pesos, aunque el 10% de los productores afirmó tener una fuente adicional de recursos que les proporciona entre 1500 y 8000 pesos extra al mes.

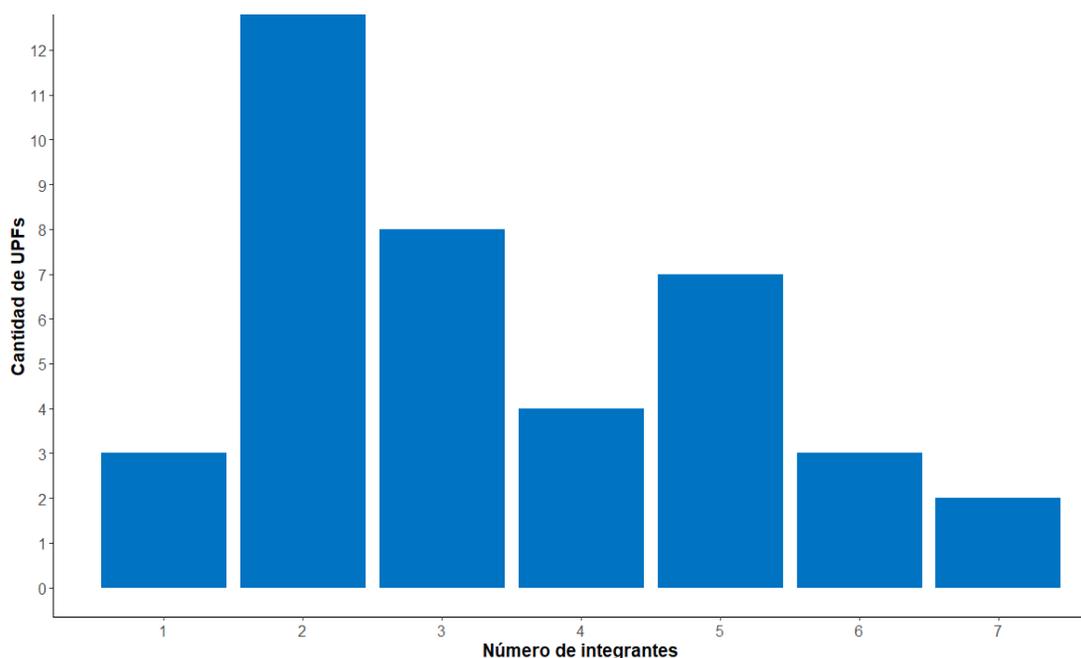


Figura 3. Número de integrantes por Unidad de Producción Familiar en el municipio de Campeche.

La mayoría de los productores (62%) realiza más de un tipo de actividad productiva para subsistir, el 95% realiza actividades agrícolas, el 40% realiza actividades apícolas, 12% realiza actividades ganaderas y únicamente el 5% realiza actividades de comercialización (Figura 4).

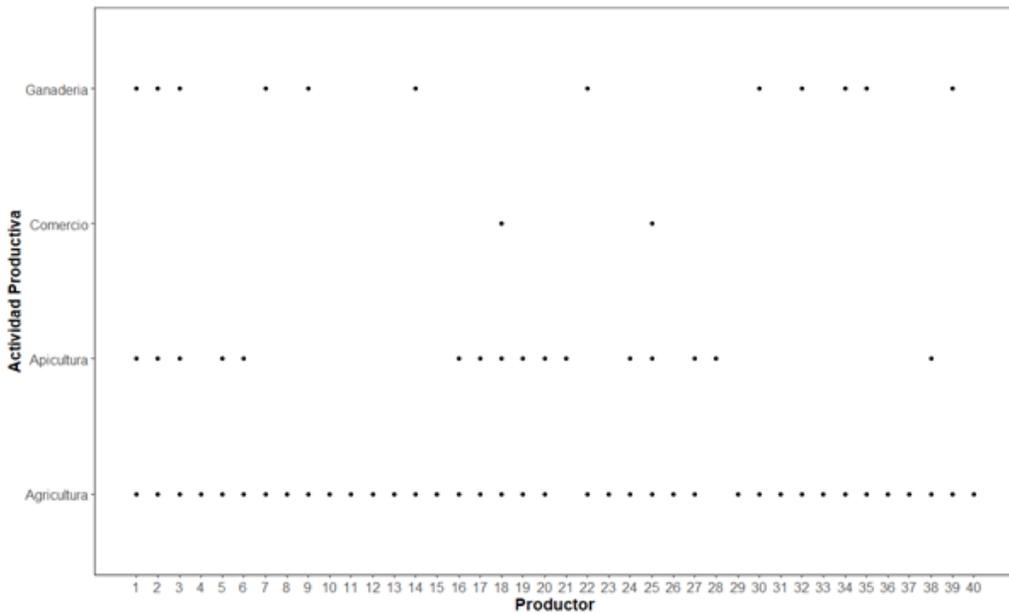


Figura 4. Tipo de actividades productivas realizadas por los productores del PRODETER Campeche.

Perfil sociodemográfico de los productores

La edad promedio de los productores es de 52 años, siendo el encuestado más joven de 31 años de edad y el más viejo de 76. La gran mayoría de los entrevistados (62%) mencionó tener origen e identificarse como mayas. Sin embargo, únicamente el 37% admitió hablar maya de manera fluida. Dentro de las familias únicamente el 34% de los miembros reportó hablar maya. También se registró gente que habla otras variantes del maya como chol (Tabasco), akateko (Guatemala) y tsotsil (Chiapas).

El 12% de los encuestados afirmó no saber leer ni escribir, un 42% reportó el haber estudiado hasta la primaria, 30% hasta la secundaria y únicamente 12% por ciento mencionó tener estudios de licenciatura. En conjunto, esto implica que el productor promedio en el municipio de Campeche es un hombre mayor de origen maya y con escolaridad a nivel primaria. Estos datos reflejan la necesidad de diseñar estrategias de enseñanza enfocadas a adultos mayores para facilitar la transferencia de tecnologías de las instituciones de investigación a las comunidades rurales.

El 85% de los productores afirmó vivir en casas hechas de block o ladrillo, 10% afirmó vivir en casas de madera y únicamente 5% afirmó vivir en casas de mampostería. El 68% de las casas tiene piso de cemento, 14% de loseta o azulejo y el 18% de tierra. En cuanto a los techos, el 42% de las casas tiene techo de lámina, otro 42% de losa y 16% de otro material,

Diagnóstico tecnológico y socioeconómico de las unidades de producción familiar en el municipio de Campeche.

como asbesto o concreto. De estos, 72% cuenta con baño, solamente 20% tiene drenaje y todos dijeron contar con agua potable, cocina y electricidad.

Con respecto a los servicios de salud, el 100% de los encuestados afirmó contar con servicio de salud pública en su comunidad. Sin embargo, los niveles de satisfacción fueron muy bajos ya que todos consideran que no hay suficiente personal ni medicinas. Además, afirmaron que los horarios de trabajo son muy inconvenientes ya que no abren los fines de semana, por lo que a veces tienen que llevar a sus enfermos a la capital para ser atendidos en caso de emergencia.

Cadena productiva milpa

Los resultados obtenidos en las encuestas apuntan a que un 57% de los productores encuestados alterna la siembra de maíz con la de chihua. Esta práctica consiste en la siembra de maíz a mediados de julio y posteriormente la siembra de chihua dos meses más tarde en septiembre. Únicamente 10% de los productores entrevistados dijeron contar con tecnología de riego, sugiriendo que la agricultura predominante en el municipio es de temporal. Aunado a esto, ninguno de los productores mencionó haber realizado un estudio de fertilidad del suelo o foliar de las plantas. Sin embargo 61% de los productores afirmó tener prácticas de preparación del suelo. De estos, el 75% realiza rastra, 8% realiza barbecho, 13% realiza surcado y únicamente un 4% realiza desvare, esto utilizando máquinas alquiladas ya que únicamente el 10% afirmó ser propietario de su propia maquinaria.

Siembra

El 47% de los productores afirmó utilizar semilla criolla y de estos 28% mencionó utilizar semilla criolla mejorada, 8% afirmó utilizar su propia semilla y 8% semilla de otra procedencia. El 40% de los productores mencionó utilizar semillas de maíz certificadas de las marcas Pioneer, Dekalb y San Pablito (Figura 5). Esta variación en la procedencia y marca de las semillas ocasiona una gran variación en el costo, aunque los productores usan una cantidad promedio de 20 Kg de semillas por hectárea, con costos que van desde 70 pesos hasta 3000 pesos por un costal de semillas. En el caso de los productores que dijeron seleccionar su propia semilla, para su selección utilizan únicamente datos de la producción anual del cultivo para dicho proceso. Además, el rendimiento de un cultivo es medido una vez colectado el fruto. Sin considerar aspectos ambientales o morfológicos del desempeño de la planta. Esto puede ser la causa por la que el rendimiento de la calabaza chihua sea muy variables dependiendo del productor y bajo en comparación con el maíz ($0.49 \text{ Tn/ha} \pm 0.25 \text{ Tn}$).

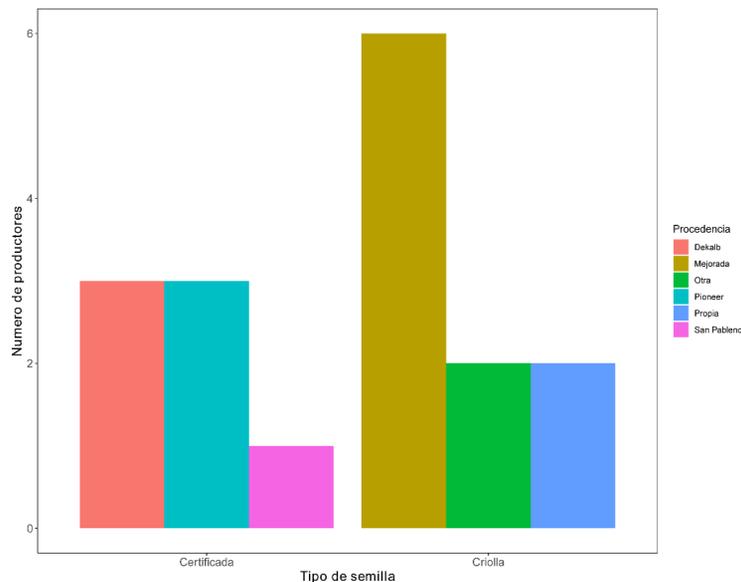


Figura 5. Procedencia de las semillas utilizadas por los productores de maíz en el municipio de Campeche.

Fertilización y Manejo Fitosanitario

Al mismo tiempo de la siembra, el 80% de los productores fertiliza sus campos con un promedio de 189 Kg de DAP 184600 por hectárea y un 28% realiza una segunda fertilización en el mes de septiembre con 142 Kg de urea por hectárea en promedio.

Del total de productores de maíz y chihua entrevistados, 71% dijo que la mayor amenaza a sus cultivos es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), aunque también mencionaron a la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y al gusano barrenador (*Diatraea lineolata*) como posibles amenazas. La principal forma de control utilizada es la química para la cual emplean hasta siete compuestos diferentes. Los más comunes son el Spinetoram al 5.87%, seguido por el compuesto Lambda cihalotrin. Sin embargo, las cantidades aplicadas por hectárea varían de productor a productor y de compuesto a compuesto, con un mínimo registrado de 0.05 L hasta un máximo de 0.250 L por hectárea para el Spinetoram al 5.87% y un mínimo de 0.5 L y un máximo de 1.0 L por hectárea para el Lambda cihalotrin. Este manejo variable de agroquímicos también se ve reflejado en el control de malezas, donde los productores afirmaron usar al menos 11 compuestos diferentes. El compuesto más utilizado fue la amina (33%), seguida por el glifosato (23%) y el DEFENSA (23%). Cabe mencionar que los productores admiten desconocer detalles sobre el ciclo biológico del gusano cogollero, el cual puede ser controlado más eficientemente en los primeros estadios de desarrollo (García-Nevárez y Tarango-Rivero, 2009).

Todos los puntos previamente mencionados sugieren una falta de conocimiento sobre el manejo fitosanitario adecuado de los cultivos y del uso adecuado de agroquímicos.

Cosecha

Durante la cosecha, un 48% de los productores afirmó no realizar ningún tipo de actividad, un 38 % afirmó realizar el acarreo y pizca y solamente un 14% afirmó realizar el doblado de mazorca. En el caso de la chihua, la semilla debe ponerse a secar al sol durante varios días antes de poder ser comercializada.

Se encontró un rendimiento promedio para el maíz de 3.32 Tn por ha y para la chihua se encontró un rendimiento promedio de 0.51 Tn por ha. El volumen total de producción fue mucho mayor para maíz que para chihua, con una producción promedio de 32 Tn de maíz por productor, mientras que de chihua se alcanzó únicamente un volumen promedio de 1.68 Tn por productor.

Comercialización

El 67% de los productores vende sus productos al pie de su parcela, mientras que el otro 33% transporta sus productos al mercado o al intermediario con costo promedio de 1,086 pesos por el flete. Los productores de maíz afirmaron que venden sus productos a una compañía que se encarga de la reventa y almacenamiento de sus productos. Sin embargo, también expresaron su descontento ante los bajos precios por tonelada y los castigos por la supuesta baja calidad de sus productos. Es por eso que el 80% de los productores afirmó que los principales problemas de comercialización son los intermediarios y los castigos por la baja calidad de sus productos.

Esto fue mencionado frecuentemente por los productores ya que afirman perder hasta cinco toneladas de producción ante estos recargos. Sin embargo, al 57% de los productores les gustaría tener un contrato directo con la industria. Para el maíz el precio medio rural registrado fue de 3,900 pesos por tonelada y para la chihua de 30,954 pesos por tonelada.

Costos de Producción

Cuadro 1. Costo de producción de una hectárea de maíz con cultivo de calabaza chihua asociado calculado con base a los datos de las encuestas digitales.

Proceso	U n i - dad	C a n t i - dad	Precio Unita- rio	Importe (\$ MXN)	Porcenta- je (%)
Preparación del suelo					
Rastra	Ha	2	1276.47	2552.94	23.81
Actividades en la siembra					
Semilla Maíz	Kg	20	115	2300	21.45
Semilla Chihua	Kg	2	50	100	0.93
Siembra	Jornal	1	150	150	1.40
Fertilización					
Fosfato Diamónico DAP 184600	Kg	189	13	2457	22.92
Control de malezas					
Amina	L	1	81	81	0.76
Glifosato	L	3	81	243	2.27
Aplicación	Jornal	4	150	600	5.60
Manejo Fitosanitario					
Palgus	L	0.37	2400	888	8.28
Actividades durante la cosecha					
Pisca	Jornal	4	150	600	5.60
Acarreo	Jornal	1	150	150	1.40
Secado	Jornal	4	150	600	5.60
Total				10721.94	100.00

Cadena productiva cítricos

La producción de cítricos en el municipio de Campeche parece estar centrada en la producción de limón persa (*Citrus x latifolia*) a cielo abierto, ya que la totalidad de los encuestados de la cadena productiva cítricos afirmaron tener esta variedad de cultivo. Algunos productores mencionaron el tener (en menor cantidad) cultivos de naranja agria (*Citrus x aurantium*), toronja (*Citrus x paradisi*), lima (*Citrus limetta*) y mango ataulfo (*Magifera indica var ataulfo*) alternados en la misma parcela.

Al cuestionar las razones por las cuales eligieron cultivar limón persa los productores mencionaron como razones tanto la demanda como la adaptabilidad del cultivo y su facilidad

de manejo. Sin embargo, algunos productores también mencionaron que esa fue la variedad obtenida mediante apoyos gubernamentales o la única que pudieron conseguir en viveros certificados.

Características de la plantación

Todos los encuestados dijeron tener una plantación en producción, lo cual en promedio toma alrededor de tres años desde su establecimiento. La edad de las plantaciones es muy variable siendo la más joven de 3 años de edad y la más antigua de 22 años. En general, todos los productores dijeron tener plantaciones de cítricos de menos de dos hectáreas de superficie, con un promedio 0.86 ha de cítricos en producción por UPF actualmente. El promedio de densidad es de 398 plantas por hectárea con una distancia mínima entre individuos de 3m x 3m, una máxima de 7m x 7m y promedio de 5m x 5m.

Inicio y mantenimiento de las plantaciones

El 88% de los productores de cítricos mencionó haber hecho un análisis del suelo antes de iniciar su plantación. Ellos mencionan que esto fue parte de algún programa gubernamental realizado hace ya varios años. Además, el 77% admite el haber preparado el suelo con una rastra al inicio de la plantación de una a tres veces. Todos los productores comenzaron su plantación mediante injertos obtenidos de viveros. El 45% lo obtuvo de viveros privados, 33% de viveros gubernamentales y un 22% de viveros propios.

Para el mantenimiento de las plantaciones el 88% de los productores efectúa deshierbes y podas manuales. Únicamente un productor mencionó el realizar podas con maquinaria rentada. Para la producción de cítricos es necesaria una fuente de agua. En consecuencia, el 66% de los productores encuestados afirmó realizar algún tipo de riego, ya sea por goteo, gravedad o acarreo de agua con cubetas desde el pozo más cercano a la parcela y un 33% afirmó realizar este riego una vez por semana.

Fertilización y Manejo Sanitario

La fertilización de los cultivos se lleva a cabo mayormente antes de la floración (56%) y durante el crecimiento (44%). Para esto un 56% de los productores utiliza un promedio 141 Kg/ha de DAP 184600 y un 44% utiliza un promedio 198 Kg/ha de 17-17-17.

En el manejo fitosanitario, los productores reportan una gran variedad de plagas para el cul-

tivo de limón, incluyendo insectos tales como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y los pulgones (*Aphididae*), ácaros como la araña roja (*Tetranychus urticae*), y hongos como el de la gomosis (*Phytophthora citrophthora*). De igual manera, en las malezas reportan gran diversidad de plantas de importancia tales como altamisa (*Parthenium hysterophorus*), chichibé (*Sida acuta*) y el zacate Johnson (*Sorghum halepense*). En cuanto a su control ocurre algo muy similar a lo reportado para maíz y chihua. Los productores mencionaron utilizar hasta cuatro compuestos químicos en cantidades variables. En cuanto al control de malezas 34% de los productores utiliza 2.3 L/ha de glifosato y un 33% utiliza 2.6 L/ha de gramoxone. Para el control de insectos, utilizan hasta nueve compuestos diferentes pero los más usados son la citrolina (1 L/ha) y el aceite vegetal (1 L/ha) obtenido de la SESAVECAM de manera gratuita.

Al igual que en el caso del maíz y de la chihua existe un desconocimiento de las buenas prácticas para el manejo fitosanitario de los cítricos y del uso correcto de agroquímicos. Un claro ejemplo de esto es el hecho de que todos los individuos entrevistados en la localidad de Pocyaxun mencionaron el uso de un compuesto químico para el control de la gomosis que obtienen de la SESAVECAM (Secretaría de Sanidad Vegetal de Campeche). Sin embargo, ninguno fue capaz de recordar el nombre o la composición de dicha sustancia.

Cosecha

Para la colecta del fruto el 88% realiza corte y un 45% realiza colecta, ya sea con la mano, bajador, canasta o bolsas especiales. Una vez cosechado el fruto todos los productores afirmaron vender su producto en cajas que cuestan alrededor de 55 pesos cada una. Tal vez la principal problemática de esta cadena se encuentra durante la etapa de comercialización. Todos los productores encuestados afirmaron medir el volumen de producción en cantidad de cajas vendidas, desconociendo tanto la cantidad de frutos por caja, como el peso promedio de cada una, el número de jornales que les toma empaquetar su producto y el costo del flete. Únicamente dos productores fueron capaces de mencionar su volumen de producción en toneladas de frutos. Este problema ocasionó que no fuera posible el estimar el rendimiento del cultivo, así como el volumen de la plantación por productor. Este problema se ve acrecentado con la variación en los precios por pieza dependiendo de la época del año. Como es el caso de la naranja agria que llega a costar hasta diez pesos la pieza en algunas temporadas. En consecuencia tampoco nos reportaron el precio medio rural de su producto. Este mal manejo de la comercialización causa que los productores desconozcan las ganancias obtenidas con sus cultivos o inclusive si presentan pérdidas económicas.

Costos de Producción

Cuadro 2. Costo para el establecimiento y el mantenimiento de una plantación de cítricos de 1 ha con una densidad de 400 árboles sembrados a una distancia de 5m x 5m. Los costos fueron estimados de los datos de las encuestas digitales.

Proceso	Unidad	Canti- dad	Precio Unitario	Importe (\$ MXN)	Porcen- taje (%)
<i>Preparación del suelo</i>					
Rastra	Ha	2	800	1600	8.42
<i>Actividades en la siembra</i>					
Injertos	Unidad	400	20	8000	42.11
Siembra	Jornal	1	150	150	0.79
<i>Riego</i>					
Electricidad y agua	1 hr/riego	6	383	2298	12.10
<i>Fertilización</i>					
Fosfato Diamónico DAP 184600	Kg	141	17.14	2416.74	12.72
Triple 17	Kg	198	12	2376	12.51
<i>Control de malezas</i>					
Gramoxone	L	2.6	88	228.8	1.20
Glifosato	L	2.3	113	259.9	1.37
Aplicación	Jornal	2.3	150	345	1.82
<i>Manejo Fitosanitario</i>					
Citrolina	L	1	200	200	1.05
Aplicación	Jornal	1.5	150	225	1.18
<i>Actividades durante la cosecha</i>					
Corte y recolección	Jornal	6	150	900	4.74
Total				18999.44	100.00

Cadena productiva miel

Los resultados de las encuestas apuntan a que la apicultura en el municipio de Campeche es una actividad donde participan todos los miembros de la familia. En promedio cada UPF apícola es trabajada por 6 personas. Aunque en algunos casos los apicultores forman sociedades para solventar sus necesidades de asesoramiento o trabajo.

En promedio cada apicultor tiene alrededor de 83 colmenas, con un mínimo registrado de 15 colmenas y un máximo de 150. En cuanto a la división en apiarios, en promedio cada productor tiene 8, con un mínimo de 1 y un máximo registrado de 18 apiarios; con un promedio de 18 colmenas por apiario.

El 75% de los productores afirmaron el haber recibido capacitación sobre el manejo, control y aprovechamiento de apiarios en el último año. De estos, el 80% recibió capacitación de técnicos como parte de algún programa gubernamental y únicamente el 20% mencionó el haber recibido capacitación de alguna institución de investigación.

Manejo de colmenas

Las prácticas realizadas por los productores apícolas no son uniformes. Por ejemplo, el 50% de los productores mencionó visitar sus apiarios semanalmente mientras que el otro 50% afirma visitarlo cada 12 o 15 días. 60% de los productores menciona cambiar sus panales una vez al año, mientras que el resto lo realiza cada ocho meses o inclusive cada dos años. El 75% divide las colmenas cuando la población es abundante o cuando creen tener una buena reina. Sin embargo, ese mismo 75% también mencionó tener épocas de enjambrazón en las colmenas a través de diferentes periodos del año.

El 50% de los apicultores entrevistados efectúan cambio de reinas cada dos años para la renovación de la colmena, evitar la consanguinidad y mejorar la producción de miel. Sin

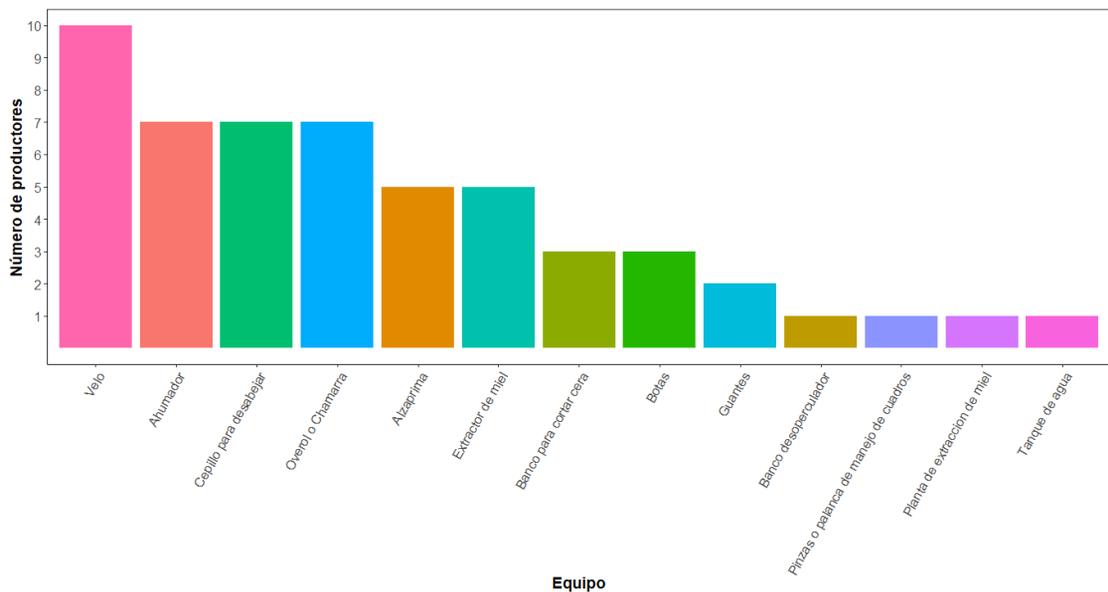


Figura 6. Disponibilidad de herramientas y equipo de los apicultores del PRODETER Campeche.

Alimentación

Todos los productores mencionaron el proporcionar alimentación de soporte durante la época crítica para las abejas. Por otro lado la duración de dicha época crítica es variable entre productores y aunque la mayoría mencionó los meses de agosto, septiembre y octubre

Diagnóstico tecnológico y socioeconómico de las unidades de producción familiar en el municipio de Campeche.

como los más difíciles, para algunos productores la época crítica inicia desde junio y para otros se extiende hasta diciembre.

La alimentación proporcionada por los productores está principalmente compuesta de jara-be de azúcar (fructosa o glucosa) con un valor promedio de 20 pesos el litro. Un productor mencionó el agregarle vitaminas (vitafor) a la mezcla para mejorar el contenido nutricional aunque ninguno mencionó el considerar el contenido proteico. En su mayoría, los produc-tores proporcionan esta alimentación de soporte mediante bolsas de plástico, aunque un 25% de los productores cuenta con alimentadores.

Manejo sanitario

Uno de los principales problemas en esta cadena productiva es el manejo fitosanitario de enfermedades. Entre las principales plagas presentadas en los apiarios, los productores men-cionan a los ácaros del género *Varroa* como un problema serio que es capaz de matar las colmenas. Además, los apicultores mencionan un incremento en la aparición del escarabajo de colmena (*Aethina tumida*) y del cual desconocen medidas para su control. En el caso de la *Varroa* predomina el control químico con tau-fluvalinato o timol en cantidades variables.

Cosecha

La duración de la época de cosecha de miel varía entre uno y siete meses dependiendo del productor. Sin embargo todos los apicultores cosechan miel entre los meses de febrero a mayo. El 62% de los productores realiza la colecta de miel de manera mecánica mientras que el resto (38%) lo hace de manera manual tomándoles en promedio seis jornales. Para la cosecha, el productor utiliza ahumadores, baldes de colecta, extractores de miel y un 37% cuenta con un área dentro de la parcela para la extracción (cuartos de extracción).

En el municipio de Campeche la totalidad de los apicultores entrevistados cría abejas para la producción de miel y solamente un productor mencionó la obtención de cera para venta, aunque con bajos niveles productivos (5 Kg/año). En cuanto a la miel, el promedio ge-nerado por apicultor es de 2,388 Kg/año con un mínimo registrado de 500 Kg/año y un máximo de 6,000 Kg/año.

Comercialización

Los productores afirmaron que el periodo de comercialización de miel abarca los meses de febrero a mayo, coincidiendo con los meses de cosecha de miel. Sin embargo algunos

productores reportaron el vender miel de enero a julio. En promedio el precio medio rural de la miel en el municipio de Campeche es de 28.60 pesos por L. El 37% de los productores declaró vender la totalidad de su producción a la industria mientras que el resto asigna un promedio de 1% para su autoconsumo. El 63% de los productores transporta la miel al mercado para su venta con un costo promedio de 2,295 pesos por el flete. El otro 37% vende sus productos al pie del apiario. El 87% de los productores opinó que existe la necesidad de asignarle un valor agregado a la miel mencionando la producción de jabón o cosméticos e inclusive mediante el envasado de sus productos. Entre los principales problemas de comercialización los productores mencionaron el bajo precio de venta, los castigos por la baja calidad del producto, la presencia de intermediarios y la baja producción de la colmena. Al 50% de los productores le gustaría tener un contrato directo con la industria, al 38% le gustaría vender sus productos directo al consumidor y al 12% restante le gustaría tener un contrato directo con la central de abastos para la venta de sus productos.

Costos de producción

Cuadro 3. Costo de producción de miel para un apiario con 30 colmenas por un año. Los costos fueron estimados utilizando los datos de las encuestas digitales.

Proceso	Unidad	Can-tidad	Precio Unita-rio	Importe (\$ MXN)	Porcentaje (%)
<i>Alimentación</i>					
Insumos (e.g. fructosa, glucosa.)	L	30	20	600	3.73
<i>Sanidad</i>					
Timol	L	3	1480	4440	27.57
<i>Equipo de manejo</i>					
Velo	Unidad	1	195	195	1.21
Chamarra	Unidad	1	875	875	5.43
Ahumador	Unidad	1	400	400	2.48
Cepillo para desabejar	Unidad	1	64	64	0.40
Alzaprima	Unidad	1	135	135	0.84
<i>Equipo de cosecha</i>					
Extractor de miel	Unidad	1	6200	6200	38.50
Mano de obra	Jornales	6	150	900	5.59
<i>Flete</i>					
Transporte	Servicio	1	2295	2295	14.25
Total				16104	100.00

Identificación de la problemática productiva.

Cadenas productivas Milpa y Cítricos

En general fueron detectados tres problemas comunes en las cadenas productivas milpa y cítricos. El primero consiste en el desconocimiento de las características del suelo, sus necesidades e implicaciones. Esto quedó claro en la falta de interés mostrado por los productores en realizar monitoreos o análisis del suelo. El conocimiento de las características del suelo es fundamental para el manejo de las áreas de cultivo y la producción de alimentos de manera sostenible (Parikh & James, 2012). Sin esta información no es posible la selección de la mejor variedad de semilla y el uso correcto de fertilizantes. Además es bien conocido que inclusive los suelos más productivos presentarán un declive en su fertilidad si no existe un manejo apropiado (Estefan *et al.*, 2013).

El segundo problema detectado es la falta o desconocimiento de criterios de selección de semillas (en el caso de la milpa) o injertos (en el caso de los cítricos). En cuanto al maíz y la chihua, esta selección de semillas se da únicamente cuando el fruto ya ha sido cosechado y considerando únicamente las características del fruto o semilla. Es decir, en este proceso no se consideran otras variables que también pudiesen influenciar la producción de un cultivo incluyendo las condiciones del suelo, el clima y la variación fenotípica de las partes no reproductivas de la planta. En el caso específico de la chihua, la semilla es colectada de los frutos de la temporada pasada mediante la selección del fruto de mayor tamaño. Para los cítricos, el problema radica en la disponibilidad de los injertos. Gran parte de los productores menciona que la principal razón para cultivar limón persa fue el haber obtenido esquejes de esta variedad de apoyos gubernamentales y de viveros certificados.

El tercer problema radica en la falta de conocimiento del manejo fitosanitario de plagas y enfermedades en los cultivos. Si bien existe un consenso entre los productores acerca de las principales amenazas para sus cultivos, se desconocen las prácticas adecuadas de manejo que en ocasiones no requieren del uso de agroquímicos. Durante el desarrollo de las encuestas los productores admitieron desconocer cualquier detalle acerca de la biología de plagas tan importantes como el gusano cogollero, lo cual podría ayudar a un manejo mucho más eficiente de estas.

Además de los problemas mencionados anteriormente, existe un dilema en el aspecto comercial de los cítricos. Únicamente dos productores fueron capaces de hablar del volumen de su producción en toneladas. Los demás mencionaron usar un sistema de cajas en el cual

desconocen la cantidad, el número o el peso de los frutos dentro de cada paquete. El desconocimiento del volumen de producción hace imposible la medición del rendimiento y de la estimación de la relación costo beneficio en la producción de cítricos.

Cadena productiva miel

En la cadena productiva miel encontramos dos problemas principales. El primero consiste en la correcta aplicación de alimentación artificial para sustento y estímulo. En el municipio de Campeche, los apicultores crían a las abejas con base en experiencias propias y en muchas ocasiones desconocen las buenas prácticas para el mantenimiento de las colmenas.

Los apicultores mencionaron el uso de diferentes fórmulas alimenticias basadas únicamente en azúcar y algunas veces adicionadas con vitaminas aunque sin considerar el contenido proteico. Aunque mencionaron que suplementan a sus abejas en los meses de octubre a diciembre, desconocen de una alimentación estratégica para estimular el crecimiento poblacional de las abejas.

El segundo problema radica en el desconocimiento del manejo sanitario de plagas y enfermedades en las colmenas. En una cadena productiva como la de miel de abeja, en donde el uso de antibióticos y pesticidas está fuertemente penalizado, los apicultores desconocen de métodos orgánicos de control de enfermedades, especialmente para el control de la varroosis. Además, muchas enfermedades pueden ser prevenidas mediante la implementación de buenas prácticas en el mantenimiento de los apiarios y sin la implementación de pesticidas.

Definición y estimación de indicadores productivos.

La estimación de las metas a lograr en cada indicador productivo se contemplaron en base a los paquetes tecnológicos disponibles para maíz, calabaza chihua y limón persa del INIFAP. Para la cadena productiva de maíz los productores del PRODETER Campeche obtuvieron un rendimiento promedio de 3.32 Tn/ha y para la chihua uno de 0.51 Tn/ha. De acuerdo con el paquete tecnológico del INIFAP para el Centro y Norte de Campeche, el rendimiento es de 5 a 6.5 Tn de grano de maíz por hectárea. En el caso de la Calabaza chihua el paquete tecnológico indica que el rendimiento esperado es de 600 Kg de semilla por hectárea. Para ambos tipos de cultivo la producción en el PRODETER Campeche es más baja de lo esperado. Sin embargo, con la aplicación del modelo tecnológico se espera que el rendimiento del maíz se alcance en un plazo mediano y el de la calabaza chihua a un plazo corto. En el caso de la cadena productiva cítricos, en las UPFs del PRODETER Campeche

Diagnóstico tecnológico y socioeconómico de las unidades de producción familiar en el municipio de Campeche.

se encontró que el rendimiento promedio para el cultivo de limón persa fue de 3.6 Tn por hectárea. Este valor es mucho más bajo que el sugerido en el paquete tecnológico, el cual propone que la producción es de 20 Tn por hectárea.

A continuación se presenta la tabla con la definición de los indicadores productivos por cadena productiva.

Cadena productiva	Indicador productivo	Definición	Metas
Maíz	Volumen de producción por ha	Rendimiento óptimo de Tn de grano por ha.	Mediano plazo
Maíz	Costo de producción del Tn de grano por ha	Relación beneficio-costo de la Tn de grano producido.	Mediano plazo
Chihua	Volumen de producción de Kg de semilla por ha	Rendimiento óptimo del Kg de semilla por ha.	Corto plazo
Chihua	Costo de producción del Kg de semilla por ha.	Relación beneficio-costo del Kg de semilla por ha.	Corto plazo
Cítricos	Volumen de producción por ha	Rendimiento óptimo de la Tn de fruto por ha.	Largo plazo
Cítricos	Costo de producción de la Tn de fruto por ha	Relación beneficio-costo de la Tn de fruto producido.	Largo plazo
Miel	Volumen de producción por colmena	Rendimiento óptimo de miel por colmena.	Mediano plazo
Miel	Costo de producción del Kg de miel	Relación beneficio-costo del Kg de miel producido.	Mediano plazo
Miel	Número de colmenas	Cantidad óptima económica que debe manejar un productor.	Mediano plazo
Miel	Número de apiarios	Cantidad óptima de apiarios que puede manejar un apicultor.	Mediano plazo

Propuesta de modelo tecnológico para resolver los problemas detectados

A partir del modelo técnico-productivo de cada UPF, se propone considerar los componentes tecnológicos apropiados para las condiciones de las UPFs:

Cadena productiva	Tema	Descripción
Milpa y Cítricos	Características y manejo del suelo	Características básicas del suelo, sus necesidades y técnicas de manejo.
Milpa y Cítricos	Evaluación, selección y conservación de semillas	Criterios para la selección de semillas, su importancia y características de las principales variedades. Estrategias para la conservación de variedades.
Milpa y Cítricos	Manejo integral de plagas y enfermedades	Principales plagas y enfermedades, caracterización y estrategias para su manejo y control.
Miel	Nutrición y alimentación estratégica	Características básicas de la nutrición de las abejas y estrategias de alimentación.
Miel	Manejo sanitario	Control y manejo adecuado de apiarios para controlar plagas y enfermedades.
Miel	Control orgánico de la Varroa	Estrategias de control orgánico de la varroasis.

Propuesta de capacitación para productores y extensionistas en las siguientes tecnologías:

Cadenas productivas milpa y cítricos

- Principales tipos de suelo, sus características y técnicas básicas de manejo.
- Importancia del uso de material genético variable.
- Importancia de la selección de semilla.
- Importancia de la conservación de semilla.
- Importancia de las plagas y enfermedades en variedades.
- Manejo integral de plagas y enfermedades.

Cadena productiva miel

- Aplicación del manual de buenas prácticas en el apiario.
- Cosecha y conservación de polen para alimentación estratégica.
- Manejo sanitario de crías y obreras.
- Control orgánico de Varroa.

Estrategia de intervención con el modelo tecnológico para cadenas productivas milpa y cítricos:

- Establecimiento de módulos demostrativos sobre el o los modelos y componentes identificados y realización de eventos demostrativos con los productores del territorio.
- Diseño y ejecución de un programa de desarrollo de capacidades técnicas a extensionistas y productores.
- Realización de sesiones de intercambio de experiencias y conocimientos entre los productores del territorio (organizar a los productores con el modelo de transferencia de escuelas de campo).

Breve descripción del modelo de escuelas de campo

Las Escuelas de Campo (EC) se conciben como un ámbito en donde los productores y los agentes de cambio analizan problemas comunes para buscar soluciones conjuntas, mediante un proceso de información-capacitación-acción.

La metodología de la EC incluye un espacio físico-biológico-social donde los campesinos y técnicos facilitadores analizan problemas comunes y observan los resultados experimentales de la investigación y los aportes tecnológicos. Se dispone de la experiencia de los productores del trabajo cotidiano con la tecnología generada a través de la investigación. La base de la EC la integran los técnicos y los productores-promotores, quienes capacitan a los productores a través del proceso “aprender-haciendo”(López Gaytán *et al.*, 2008).

Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este diagnóstico para las cadenas productivas milpa, cítricos y miel se recomiendan lo siguiente:

Una de las problemáticas mayormente mencionadas por los productores de calabaza chihua, maíz y cítricos fue el desconocimiento del uso y manejo del suelo. Lo cual lleva a los productores a una selección ineficiente de semillas y al uso inadecuado de fertilizantes. Esto resulta en fluctuaciones en el rendimiento total de producción. Es por ello que se recomienda una caracterización fenotípica y genética de las variedades de semillas (o injertos en el caso de los cítricos) utilizadas por los productores del PRODETER Campeche. Para

calabaza chihua existen descripciones de las principales accesiones con potencial productivo (Rangel-Fajardo *et al.*, 2018), sin embargo no existe un listado de las variedades de la calabaza chihua, ni estudios que evalúen su rendimiento bajo diferentes tipos de suelo. Estos estudios son de gran importancia en la actualidad, ya que permiten la caracterización de la diversidad genética de los cultivos de la región, y la realización de base de datos y bancos de germoplasma que podrían ser usados para mejoramiento genético o intercambio de semillas dentro o fuera del territorio. Estudios genéticos similares han sido realizado en otros países para especies de cítricos y maíz (Carrillo-Medrano *et al.*, 2018; Môro *et al.*, 2017; G. A. Wu *et al.*, 2018; Y. Wu *et al.*, 2016). Lo cual hace más accesible la obtención de marcadores moleculares y protocolos de genotipificación.

Uno de los problemas en la cadena productiva de miel fue el desconocimiento de alimentación suplementaria para las colmenas. Debido a las variaciones en las condiciones ambientales y los efectos del cambio climáticos, los patrones de floración de las especies vegetales se ven afectados, causando cambios en la cantidad de recursos disponibles para los polinizadores (Cleland *et al.*, 2007; Potts *et al.*, 2010) Estos cambios pueden ser críticos si los polinizadores no sincronizan sus ciclos reproductivos y de desarrollo de la misma manera que las plantas a estos cambios ambientales (Forrest, 2015). Es por eso que el monitoreo de la fenología floral es fundamental para las actividades económicas que dependen de esta interacción como la agricultura y en especial la apicultura. Es por esto que se propone la actualización del calendario floral de la Península de Yucatán mediante el uso de diferentes herramientas metodológicas como la caracterización de la vegetación circundante a los sitios de producción y mediante encuestas abiertas a los productores. Adicionalmente, se puede identificar la composición de la miel mediante el uso de herramientas moleculares en muestras de polen y miel, colectadas a diferentes intervalos de tiempo en diferentes sitios de la península.

Conclusiones

- Se considera importante que en las prácticas de transferencia de tecnología se considere el perfil sociodemográfico de los productores de Campeche, que mayormente consiste en hombres de edad avanzada de etnia maya y escolaridad primaria.
- Desconocimiento de las características del suelo, sus necesidades e implicaciones. Al no realizarse análisis del suelo, no se puede tener un control eficiente sobre las mejores variedades de cultivos para sembrar y las cantidades de fertilizantes correctas.
- Falta o desconocimiento de criterios de selección de semillas (en el caso de la milpa)

o injertos (en el caso de los cítricos). Generalmente el agricultor se decide por la semilla que mejor rendimiento produce en sus parcelas una vez colectado el fruto y sin considerar variables como las características del suelo o el fenotipo de la planta.

- Desconocimiento de las prácticas adecuadas de manejo fitosanitario de plagas y enfermedades en los cultivos. Este da origen a un uso inapropiado de agroquímicos y a un incremento en los costos de producción.
- Grave problema con la comercialización de los cítricos. La falta de una forma eficiente de cuantificar la producción puede ocasionar pérdidas económicas importantes para los productores y además limitar el potencial de mejora en el proceso productivo.
- Falta o desconocimiento de las buenas prácticas en la cría de abejas. Esto puede ocasionar bajos niveles de producción, colmenas débiles y propensas a enfermedades.
- Desconocimiento de las prácticas adecuadas de manejo fitosanitario de plagas y enfermedades en los apiarios. Al igual que con los cultivos de maíz, los apicultores desconocen el uso correcto de pesticidas para el control de enfermedades.

Referencias

- Carrillo-Medrano, S. H., Gutierrez-Espinosa, M. A., Robles-González, M. M., & Cruz-Izquierdo, S. (2018). Identification of Mexican lemon hybrids using molecular markers SSR. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1).
- Cleland, E. E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H. A., & Schwartz, M. D. (2007). Shifting plant phenology in response to global change. In *Trends in Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.04.003>
- Estefan, G., Sommer, R., & Ryan, J. (2013). Methods of Soil , Plant , and Water Analysis : A manual for the West Asia and North. In International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). <https://doi.org/10.1038/modpathol.3800701>
- Forrest, J. R. K. (2015). Plant-pollinator interactions and phenological change: What can we learn about climate impacts from experiments and observations? *Oikos*. <https://doi.org/10.1111/oik.01386>
- García-Nevárez, G., & Tarango-Rivero, S. H. (2009). Manejo biorracional del gusano cogollero en maíz. *INIFAP*, 37.

- Ireta-Paredes, A. R., Pérez-Hernández, P., Bautista-Ortega, J., & Rosas-Herrera, E. L. (2018). Análisis de la red de valor Calabaza Chihua (*Cucurbita Argyrosperma* Huber) en Campeche, México. *Agrociencia*, 52(1), 151–167.
- López Gaytán, J., Jiménez Sánchez, L., León Merino, A., Figueroa Rodríguez, O. L., Morales Guerra, M., & González Romero, V. (2008). Escuelas de campo, para capacitación y divulgación con tecnologías sustentables en comunidades indígenas. *Agricultura Técnica En México*, 34(1), 33–42.
- Môro, G. V., Santos, M. F., & de Souza Júnior, C. L. (2017). Use of genomic and phenotypic selection in lines for prediction of testcrosses in maize I: grain yield and its components. *Euphytica*, 213(6), 128. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-2018-x>
- Parikh, S. J., & James, B. R. (2012). Soil: The Foundation of Agriculture Agriculture. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 2.
- Porter Bollan, L. (2010). Estudio de caso: flora melífera de Campeche. In A. Cruz Angón (Ed.), *La Biodiversidad en Campeche. Estudio de Estado* (pp. 456–459). CONABIO.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. In *Trends in Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Rangel-Fajardo, M. A., Tucuch-Haas, J. I., Villalobos-Gonzalez, A., García-Sandoval, J. A., & Canales-Cruz, R. (2018). Acciones de calabaza chihua con potencial productivo para la Península de Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Secretaría de Gobernación. (2019). ACUERDO por el que se dan a conocer los Lineamientos de Operación del Programa de Desarrollo Rural de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio fiscal 2019. *Diario Oficial de La Federación*, 39.
- SIACON. (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Snedecor, G. W., & Cochran, W. G. (1967). *Statistical methods*, 6th edn. Ames. Iowa, USA: Iowa State University Press, 129, 31.
- Tucuch-Cauich, F. M., Ku Naal, R., Estrada Vivas, J. D., & Palacios Pérez, A. (2006). Carac-

terización de la producción de maíz en la zona centro-norte del estado de Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana*, 18(2), 263–270. <https://doi.org/10.15517/am.v18i2.5056>

Wu, G. A., Terol, J., Ibanez, V., López-García, A., Pérez-Román, E., Borredá, C., Domingo, C., Tadeo, F. R., Carbonell-Caballero, J., Alonso, R., Curk, F., Du, D., Ollitrault, P., Roose, M. L., Dopazo, J., Gmitter, F. G., Rokhsar, D. S., & Talon, M. (2018). Genomics of the origin and evolution of Citrus. *Nature*, 554, 311–316. <https://doi.org/10.1038/nature25447>

Wu, Y., San Vicente, F., Huang, K., Dhliwayo, T., Costich, D. E., Semagn, K., Sudha, N., Olsen, M., Prasanna, B. M., Zhang, X., & Babu, R. (2016). Molecular characterization of CIMMYT maize inbred lines with genotyping-by-sequencing SNPs. *Theoretical and Applied Genetics*, 129(4), 753–765. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2664-8>

Semblanza de Autores

Mario Saturnino Durán Castillo

Licenciado en Biología por la Universidad Autónoma de Yucatán, con una especialidad en taxonomía en plantas por el Real Jardín Botánico de Edimburgo y un doctorado en biología evolutiva de la Universidad de Edimburgo. Especialista en identificación de plantas, análisis florísticos en comunidades vegetales, filogenética, genética de poblaciones, especiación, genómica y bioinformática. Actualmente se encuentra trabajando en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias como investigador en botánica, participando en proyectos para mejorar la productividad del campo mexicano.

Martin Aquino Ramírez

Ingeniero Forestal con especialidad en Manejo de Recursos Forestales por el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, maestro en Ciencias Forestales y doctor en Ciencias Forestales por el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Especialista en las áreas de biomasa y captura de carbono forestal, plantaciones forestales, sistemas agroforestales y dendrocronología. Autor de diferentes artículos científicos y ponentes en congresos nacionales e internacionales en temas relacionados al área forestal, asimismo, ha impartido cursos de sistemas de información geográfica, modelos para el manejo forestal. Actualmente labora como investigador titular en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en el Campo Experimental Edzná en el área de Plantaciones y sistemas agroforestales.

Rubén Guillermo Medina Hernández

Licenciado por el Instituto Tecnológico de Conkal y con maestría y doctorado de la Universidad Autónoma de Yucatán en ciencias Agrícolas y Manejo de recursos Tropicales respectivamente. Especialista en abejas, sus principales intereses son el impacto del cambio climático en la adecuación de las abejas nativas y melíferas y en los efectos ambientales sobre su morfología. Actualmente se encuentra laborando en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en el Campo Experimental Edzná en el área de sanidad forestal.



Nematodos entomopatógenos sobre *Alphitobius diaperinus*

Montiel Maya Ismael

Ángel Sahagún César Andrés

Hernández Marín José Antonio

Cruz Avalos Ana Martha

Nematodos entomopatógenos sobre *Alphitobius diaperinus*

Montiel Maya Ismael, Ángel Sahagún César Andrés, Hernández Marín José Antonio y

Cruz Avalos Ana Martha

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la patogenicidad de cepas de nematodos entomopatógenos sobre larva del séptimo estadio de *A. diaperinus* en condiciones de laboratorio a una concentración de 400JI/totales. Los nematodos fueron multiplicados en *Galleria mellonella*. El estudio evaluó la patogenicidad de cuatro cepas (M26, M18, M40 y M35) con una inoculación por baño con la concentración de nematodos. Las mortalidades fueron verificadas por la recuperación de JI y variaron de 32.50 a 67.50% con respecto al grupo control. Se concluye que los nematodos entomopatógenos utilizados pueden considerarse como potenciales agentes de control biológico de larva del séptimo estadio de *A. diaperinus*.

Palabras clave: plaga, control biológico, entomopatógeno, patogenicidad.

Entomopathogenic nematodes on *Alphitobius diaperinus*

Abstract

The aim of the present study was to evaluate the pathogenicity of entomopathogenic nematode strains on larvae of the seventh stage of *A. diaperinus* under laboratory conditions at a concentration of 400JI / total. The nematodes were multiplied in *Galleria mellonella*. The study evaluated the pathogenicity of four strains (M26, M18, M40 and M35) with a bath inoculation with the nematode concentration. Mortalities were verified by JI recovery and ranged from 32.50 to 67.50% with respect to the control group. It is concluded that the entomopathogenic nematodes used can be considered as potential biological control agents of larvae of the seventh stage of *A. diaperinus*.

Keywords: pests, biological control, entomopathogenic

Introducción

Los sistemas intensivos de producción pecuaria son más eficientes en la producción animal, pero de igual forma aumentan los problemas de manejo y eliminación de residuos como las heces, desperdicios, sustrato de alimentos y secreciones, que funcionan como fuente de alimentación de plagas donde pueden reproducirse fácilmente, este problema afecta a los animales y a las personas que se encuentran dentro y en lugares cercanos a la producción (Pérez, 2001; Luna, 2012). Dentro de la producción avícola, se encuentra *Alphitobius diaperinus diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) conocido como coleóptero de la cama, cucarrón o gusano menor de harina, afecta a las instalaciones avícolas produciendo daños físicos, como así también en forma directa a las aves a través de la transmisión de patógenos como virus (*Birnavirus*, *Avulavirus*, entre otros), bacterias (*Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, entre otros), nematodos gastrointestinales (*Ascaris*), hongos (*Aspergillus*) y protozoos (Coccidias) (Cecco *et al.*, 2005). *A. diaperinus* es una plaga cosmopolita y es originario del trópico donde vive en árboles en descomposición, nidos de aves, troncos de palmeras muertas en la sabana donde la temperatura del aire fluctúa entre 24 y 30°C, y la humedad relativa del aire entre 70-80% (Salin *et al.*, 2003).

A. diaperinus es uno de los mayores problemas en el mundo de la avicultura, esta plaga destruye la fibra de vidrio y material aislante de poliestireno, lo que ocasiona pérdidas económicas; en Georgia, Estados Unidos de Norteamérica (EE. UU.) se estimó un costo anual de \$1,000,000 de dólares por uso de insecticidas para el control del escarabajo de las camas avícolas para evitar daños de alrededor de los \$8,476,000 dólares (Hamm *et al.*, 2006). Debido que es un problema que afecta notablemente a la producción pecuaria se han utilizado algunos métodos para controlar la presencia de esta plaga y el método más utilizado es el control químico, aunque no siempre el más efectivo debido a la resistencia que han desarrollado por el uso inadecuado e indiscriminado de estos productos (organofosforados y piretroides) y al riesgo de contaminación de productos avícolas e intoxicaciones de las aves debido a los tiempos tan cortos que permanecen las aves vacías (Chernaki-Leffer, 2004).

Contexto teórico

A. diaperinus es un insecto holometábolo que pertenece a la familia tenebrionidae, es de distribución cosmopolita establecida a lo ancho del mundo. Es bien conocido que es un insecto plaga y está asociado con productos alimenticios de grano que se encuentran

almacenados que se encuentra en mayor cantidad y frecuencia en la cama de las casetas avícolas. En el estadio adulto llega a medir 6 mm y tiene forma oval, es de color marrón a negro brillante ya que va oscureciendo conforme madura. Sus antenas son pálidas en las puntas y están cubiertas por pequeñas cerdas amarillas. Los huevos son estrechos y blanquecinos, midiendo 1mm de largo aproximada mente. Las larvas pueden medir 11mm siendo de color amarillo oscuro a café, son segmentadas y tienen 3 pares de patas, constan de siete estadios larvarios antes de pupar (Dunford y Kaufman, 2006).

El control de *A. diaperinus*, se basa en el uso de productos químicos (organofosforados y piretroides), pero su eficacia está limitada por el continuo flujo de aves dentro de las casetas y a pesar de que son efectivos, pueden causar intoxicación en estas (Del Valle *et al.*, 2015), además de que el escarabajo tiene hábitos crípticos, la eficiencia del insecticida se reduce porque se aplica solo en la superficie y su vida media es corta. Se han estudiado nuevas alternativas para el control de plagas con el fin de disminuir la utilización de productos químicos para evitar resistencia y daños a los depredadores de la plaga y a insectos benéficos. Además, la temperatura, la humedad relativa, y el suelo de las casetas avícolas proveen de un ambiente adecuado para la sobrevivencia de hongos y nematodos entomopatógenos (Leucona, 1996; Badii y Abreu, 2006; Sánchez-Arroyo y Capinera, 2014; Prado-Rebolledo *et al.*, 2014).

A. diaperinus como otros insectos tienen enemigos naturales los cuales pueden ser usados para su control, se ha demostrado que en los suelos y en las mismas camas de las aves se han aislado hongos entomopatógenos en especial *Beauveria bassiana* el cual se hospeda en un amplio rango de insectos y posee un potencial como control biológico. Además, tiene ventajas sobre los plaguicidas convencionales (Prado-Rebolledo *et al.*, 2014). Aunque por sus hábitos crípticos y las temperaturas es difícil el establecimiento de depredadores que los controlen en las producciones avícolas en el medio ambiente podemos encontrar otros enemigos naturales como los son los nematodos entomopatógenos los cuales se encuentran en los suelos agrícolas y pueden ser aislados para el control de este coleóptero (Alves *et al.*, 2012), hongos entomopatógenos (Moreno *et al.*, 2019), Bacterias (Park *et al.*, 2014) y parasitoides (Badii y Abreu, 2006).

Se han propuesto otras opciones para el control de plagas como el control biológico el cual utiliza organismos vivos (parasitoides, depredadores, hongos, virus, nematodos, protozoarios y bacterias) para suprimir la densidad de una plaga a niveles por debajo del umbral económico (Driesche y Abell, 2008). Con respecto a este tipo de control existen

evidencias de la utilización de nematodos entomopatógenos del género *Steinernema spp.* y *Heterorhabditis spp.*, para el control de *A. diaperinus* (Alves *et al.*, 2012). Kusakabe *et al.* (2019) aislaron *Heterorhabditis sonorensis* de un insecto del orden *Hymenoptera*, se cultivó in vivo usando las larvas de los últimos instar de la polilla de cera mayor, *Galleria mellonella* L. y fue evaluada en insectos de seis géneros (Lepidoptera, Orthoptera, Diptera, Spodoptera Coleoptera y Blattodea) en diferentes condiciones y temperaturas, concluyendo que *H. sonorensis* puede ser patógeno para un amplio rango de insectos, como en el caso de los Lepidopteros que fue más patógeno y virulento que en insecto que se aisló. Alves *et al.* (2012) evaluaron catorce aislados de nematodos entomopatógenos de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae sobre adultos de *A. diaperinus* a nueve concentraciones (1, 5, 10, 50, 100, 150, 200, 300 y 400 JI) para seleccionar el aislado más efectivo, determinando que todos los aislamientos fueron patógenos, con variaciones en la virulencia, con niveles de mortalidad entre 1.0 y 99.0%, la CL_{50} y CL_{90} se determinaron mediante el análisis Probit, la CL_{90} fue estimada fue de 106 JI por insecto (aproximadamente 25JI/cm²), la cepa más virulenta fue de la especie *Steinernema arenarium* a una concentración de 100 JI/cm².

Los nematodos entomopatógenos son patógenos para una amplia gama de plagas de insectos con hábitos crípticos y existen estudios realizados sobre *A. diaperinus* que indican el posible éxito para su control, aunque la mayor parte de este esfuerzo está dirigido actualmente a plagas agrícolas y pocos estudios se han realizado para evaluar su patogenicidad sobre insectos médicamente importantes para el humano como para la producción pecuaria (Ginsberg *et al.*, 2002; Alves *et al.*, 2012). Rocha *et al.* (2007). Además, no existe resistencia por parte del insecto a los nematodos y por su especificidad de hospederos no son dañinos para el hombre ni para los animales de producción, por lo cual es inocuo para mamíferos y aves, y este medio de control es amigable con el medio ambiente porque no deja residuos como los productos químicos. Ya que en la transición de este estadio a pupa es cuando más daño generan a los aislantes y paredes de las casetas de aves, causando pérdidas económicas y alteración del medio ambiente para el bienestar de las aves. Con base a lo anterior en la Universidad de Guanajuato se cuenta con cepas nativas del estado que no se han evaluado como una alternativa sobre la larva del séptimo estadio de *A. diaperinus*.

Contenido

Lugar de experimentación.

Los experimentos se están realizando en las instalaciones del Laboratorio Parasitología y Control Biológico (LPCB) del Departamento de Veterinaria y Zootecnia de la División Ciencias de la Vida del Campus Irapuato-Salamanca, ubicado en la Ex Hacienda “El Copal” Km. 9 de la carretera Irapuato-León, Municipio de Irapuato, Guanajuato.

*Cría de *Alphitobius diaperinus**

El insectario de *Alphitobius diaperinus* pertenece al LPCB, los cuales fueron recolectados de una granja de pollos de la empresa Majahual situada en el Municipio de Comala en el Estado de Colima con las coordenadas longitud-103,701667 y una latitud 19,401667 a una altura media de 1237 metros sobre el nivel del mar.

La dieta se elaboró cada 8 días y estuvo formada por: salvado de trigo 300 g (60%), avena (hojuelas) 100 g (20%), alimento para pollo (fase crecimiento) 100 g (20%), levadura en polvo 15 g y materia orgánica (fruta: manzana, guayaba, plátano o verdura: chayote, jitomate, entre otros) para mantener el medio húmedo (Prado-Rebolledo *et al.*, 2014). Una vez que las larvas completaron el tercer instar se adicionaron tiras de cartón de almacenamiento de huevo para facilitar la pupación y postura de las hembras adultas.

En un recipiente se mantuvieron a los adultos para incubarse a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ (1,000 adultos aproximadamente) por 8 días los cuales fueron transferidos a una dieta nueva.

La dieta de la cual se sustrajeron los adultos fue trasladada al insectario (a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$) en donde se le adicionaron tiras de cartón corrugado para estimular el desarrollo de la larva y se puedan producir las larvas que fueron utilizadas en los experimentos.

Las larvas que se utilizaron en los bioensayos fueron larvas de 35 días (larvas del séptimo instar larval).

Nematodos Entomopatógenos.

Las cepas de nematodos entomopatógenos (NEP) de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* que fueron utilizadas en el siguiente estudio pertenecen al LPCB, las cuales fueron aisladas inicialmente de muestras de suelos de diversas poblaciones del estado de Guanajuato (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación geográfica de origen de los nematodos entomopatógenos aislados de los municipios de Irapuato y León, Guanajuato.

CLAVE	LUGAR DE ORIGEN	US	*NORTE	*OESTE
M18	Hda. Santiago Pradera, León	Pecuario	21°18'13.7''	101°39'33.1''
M26	Manuel Sn. Roque Establo, Irapuato	Pecuario	20°36'04.5''	101°20'43.7''
M35	Centro Agaves UG, Irapuato	Pecuario	20°44'33.1''	101°19'48.8''
M40	Granja Sr. Medel, Irapuato	Pecuario	20°31'26.6''	101°27'58.4''

*US: Uso de suelo, *: coordenadas

Cultivo de Nematodos Entomopatógenos.

La reactivación y reproducción de las cepas de NEP se realizó in vivo en larvas de *Galleria mellonella* (*Lepidoptera: Pyralidae*) las larvas fueron transferidas a cajas de Petri (1.5 X 9 cm), con papel filtro Wathman No.1 humectado con agua destilada estéril a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ (Poinar, 1979) (Figura. 3). Los NEP se obtuvieron con la ayuda de trampas de White modificadas para poder obtener los juveniles infectivos (J3) de las larvas infectadas de *G. mellonella* (Peters *et al.*, 2017). Cada tercer día se revisaron las cajas de Petri con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Carl Zeiss, Stemi DV4) para verificar el adecuado desarrollo de los NEP (infestación de las larvas, presencia de los JI, humedad, presencia de contaminantes).

Evaluación de nematodos entomopatógenos sobre *Alphitobius diaperinus*.

La evaluación de los NEP se realizó para poder determinar los porcentajes de mortalidad de las diferentes cepas a una misma concentración (400JI) sobre larvas de *A. diaperinus* de séptimo Instar y un control negativo o testigo, se utilizó 20 larvas/ repetición de cada tratamiento.

Los infectivos juveniles de NEP se colectaron de las larvas de *G. mellonella* con la ayuda de trampas de White modificadas y fueron separadas con agua destilada estéril para posteriormente ser contabilizadas y poder obtener las concentraciones de nematodos (JI) por mililitro de mezcla, lo cual se realizó con un microscopio estereoscópico y por dilución se ajustaron las concentraciones que se utilizaron, posteriormente se diluyeron en 3 ml de agua destilada estéril (Patil *et al.*, 2017)

Para realizar la inoculación primero se contabilizaron 20 larvas de séptimo estadio de *A. diaperinus* por repetición y se colocaron en vasos de precipitado de 100 ml, las larvas se colocaron en las cajas de Petri con el papel filtro Wathman No.1 previamente humectado, en donde se inocularon con tres ml de la solución de agua destilada y los NEP a las diferentes concentraciones (Rocha *et al.*, 2007). La parte de inoculación de las larvas con los juveniles infectivos de los NEP se realizó dentro de una campana de extracción de flujo laminar previamente desinfectada con alcohol y rayos UV.

En total se utilizaron dos cepas de NEP de la familia Steinernematidae (M18 y M35) y dos de la familia Heterorabditidae (M26 y M40), cada cepa se consideró un tratamiento, en total se evaluaron cuatro cepas. La inoculación se realizó por medio el baño de las larvas de séptimo instar. Se utilizó la concentración de 400IJ totales en 3 mL. Una vez inoculadas las larvas se mantuvieron en la incubadora a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$. Se registró la mortalidad cada 24h y las larvas muertas fueron transferidas a cajas de Petri de 1.42 X 5.5cm donde se continuó con las revisiones durante 10 días. Cada tratamiento constó de cinco repeticiones, con 20 larvas por repetición y a un tratamiento solo se le agregó agua destilada estéril para considerarlo un control negativo o testigo. Después de 10 días pos-inoculación se determinaron los porcentajes de mortalidad de larvas de *A. diaperinus* por NEP por el método de Del Valle *et al.* (2015).

A los porcentajes de mortalidad de los bioensayos de patogenicidad obtenidos de los diferentes tratamientos se les realizó un análisis de varianza con arreglo completamente al azar, previa transformación angular de los porcentajes, además de una prueba de separación de medias por Tukey al 95% de confianza, lo anterior con la ayuda del software estadístico Statgraphics 18.

Resultados

Evaluación de patogenicidad de NEP de las familias Steinernematidae y Heterorabditidae sobre larvas de séptimo estadio de *A. diaperinus*.

Los resultados de patogenicidad muestran que, de acuerdo con las condiciones en las que se realizaron los experimentos hasta este momento, todas las cepas utilizadas de NEP sobre larvas de séptimo estadio de *A. diaperinus* causaron mortalidad a una concentración de 400JI. La mortalidad verificada por la recuperación de JI varió de 32.50 a 67.50% con respecto al grupo control, la cepa M26 obtuvo el menor porcentaje de mortalidad y la cepa M40 el mayor.

El análisis de varianza mostró diferencias entre los tratamientos ($F=43.40$, $p<0.0000$) y la prueba de Tukey formó tres grupos donde el primero y más sobresaliente estuvo formado por las cepas; M40, M35 y M18; el segundo grupo se formó por las cepas M18 y M26, el tercer grupo menos sobresaliente fue el tratamiento testigo, el cual no compartió igualdad con ninguna cepa de nematodos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Mortalidad de larvas de séptimo instar de *A. diaperinus* por cepas de NEP de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae a una concentración de 400JI.

Cepas	Mortalidad (%) *
M18	41.67±2.00ab
M26	32.50±12.00b
M35	60.00±9.00a
M40	67.50±9.00a
Testigo	0.00±0.00c

±= desviación estándar, *Diferentes literales muestran diferencias significativas entre los tratamientos.

Conclusiones

Las cepas de nematodos entomopatógenos de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae evaluadas en el presente estudio (M18, M26, M35 y M40) fueron patógenas en diferente grado a una concentración de 400JI (J3) para larvas de séptimo estadio de *Aalphitobius diaperinus* en condiciones de laboratorio.

Referencias

- Alves, S. V., Neves, M. P., Alves, A. L. F., Moino, A., Holtz, N. 2012. Entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) screening for lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) control. Revista Colombiana de Entomología 38 (1) 76-80.
- Angunos, A., Pierson, F. W., Lungu, B., Dunn, P. A., Talabante, N., 2016. Review of Non-foodborne Zoonotic and Potentially Zoonotic Poultry Diseases. Avian Diseases 60:553–575.
- Badii, M. H. y Abreu, J. L. 2006. Control biológico una forma sustentable de control de plagas. International Journal of Good Conscience. 1(1): 82-89.
- Cecco, L., González. H., Deluchi, P., Barrios, H. y De Franceschi, M. 2005. Determi-

- nación de los estados de desarrollo de *Alphitobius diaperinus* en granjas avícolas. Revista Argentina de Producción Animal (25) 93-99.
- Chernaki-Leffer, A. M. 2004. Dinâmica populacional, estimative da resistência a inseticidas e suscetibilidade do cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) a inseticidas reguladores de crescimento e a fungos entomopatogênicos. Tese (Pós-Graduação em Ciências Biológicas) Universidade Federal do Paraná – UFPR. 128 p.
- Del Valle, E. E., Frizzo, L. S., Malmierca, M., Zbrun, M. V., Lax, P., Doucet, M. E. 2015. Biological control of *Alphitobius diaperinus* with *Steinernema rarum* CUL and *Heterorhabditis bacteriophora* SMC and feasibility of application in rice hull. Journal Pest Science. 1-10
- Dunford, J. C., Kaufman P. E. 2006. Lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*. Entomology and Nematology. Gainesville, FL, USA: University of Florida, IFAS.
- Georgis, R., 1990. Formulation and application technology. In: Gaugler, R., Kaya, H.K. (Eds.), Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. CRC Press, Boca Raton, pp. 173–191
- Hamm, R., Kaufman, P., Reasor, C., Rutz, D. y Scott, J. 2006. Resistance to cyfluthrin and tetrachlorvinphos in the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*, collected from the eastern United States. Pest Management Science, 62(7), 673-677.
- Kusakabe, A., Paterson, F. B., Orduño, R. B., Stock, S. P. 2019. Ecological characterization of *Heterorhabditis sonorensis* (Caborca strain) (Nematoda: Heterorhabditidae), an entomopathogenic nematode from the Sonoran Desert. Zoology 135,1-8.
- Leucona, E., R. 1996. Técnicas empleadas con hongos entomopatógenos. Microorganismos Patógenos Empleados en el Control Microbiano de Insectos Plaga. Argentina. 35-42.
- Luna A. O., 2012. Biología y control de moscas en un establo de producción pecuario. Universidad Autónoma de México. Tesis para Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. pp. 12-79.

- Moreno, B. M., Prado, R. O., García, C. A., Angel, S. A., Sánchez, C. D., Garcia, M. L. 2019. Effect of different *Beauveria bassiana* strains against *Alphitobius diaperinus* from poultry farms in the state of Colima. *Abanico Veterinario*. 9(1):1-8.
- Park, Y., Hua, G., Taylor, M. D., Adang, M. J. 2014. A coleopteran cadherin fragment synergizes toxicity of *Bacillus thuringiensis* toxins Cry3Aa, Cry3Bb, and Cry8Ca against lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 123: 1–5
- Patil, J., Rangasamy, V., Lakshmi, L. 2017. Efficacy of entomopathogenic *Heterorhabditis* and *Steinernema* nematodes against the white grub, *Leucopholis lepidophora* Blanchard (Coleoptera: Scarabaeidae). *Crop Protection* 101: 84-89
- Pérez, R. 2001. Porcicultura y contaminación del agua en la Piedad, Michoacán, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 17 (1): 5-13.
- Poinar Jr, G. O. 1979. *Nematodes for Biological Control of Insect Pests*. CRC Press, Boca Raton.
- Prado-Rebolledo, O., Lezama-Gutiérrez, R., Contreras-Benicio, D., Contreras-Lara, D., Morales-Barrera, E., Téllez, G. 2014. Patogenicidad del hongo *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes) en adultos del escarabajo *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) de casetas avícolas del estado de Colima. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. ISSN 2334-2501. (1) 87-93.
- Rocha, C. J. C., Pedroso, Días. R. J., Frota, M. M. J. 2007. Determining the adaptation potential of entomopathogenic nematode multiplication of *Heterorhabditis riobravus* and *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Heterorhabditidae, Steinernematidae) in larvae of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Parasitology Research* 102:139–144.
- Rodríguez, G. M., Hernández-Ochandia, D., Gomez, L. 2012. Nematodos entomopatógenos: elementos del desarrollo histórico y retos para su consolidación como biorreguladores en la agricultura en Cuba. *Revistas de Protección Vegetal*. 3: 137-146
- Sallin, C., Deletre, C. Y. R., Vernon, P. 2003. Controlling the Mealworm *Alphitobius diaper-*

- inus* (Coleoptera: Tenebrionidae) in Broiler and Turkey Houses: Field Trials with a Combined Insecticide Treatment: Insect Growth Regulator and Pyrethroid. Journal of Economic Entomology. (96) 1.126-130.
- Sanchez-Arroyo, H y Capinera, J. L. 2014. House fly, *Musca Domestica Linnaeus* (Insecta: Diptera: Muscidae). Entomology and Nematology Department, University of Florida. 1-8.
- Van Driesche, R. G., Abell, K. 2008. Classical and Augmentative Biological Control. Encyclopedia of Ecology. 486-492.

Semblanza de los Autores

Montiel Maya Ismael

Egresado del Programa Educativo de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato y actualmente estudiante de la Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria de la Universidad de Guanajuato. Ha trabajado distintos tópicos de control biológicos de plagas pecuarias dentro de las que se incluyen hongos y nematodos entomopatógenos sobre *Alphitobius diaperinus*.

Ángel Sabagún César Andrés

Egresado del Programa Educativo de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Maestría y Doctorado en Producción Pecuaria de la Universidad de Colima y es profesor del Departamento de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato. Ha trabajado distintos tópicos de control biológicos de plagas pecuarias dentro de las que se incluyen hongos y nematodos entomopatógenos sobre garrapatas, piojos, pulgas, mosca doméstica y *Alphitobius diaperinus*, entre otros.

Hernández Marín José Antonio

Egresado del Programa Educativo de Ingeniero Agrónomo Especialidad en Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Maestría y Doctorado en Ciencia en Recursos Genéticos Productividad-Ganadería, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Ha trabajado distintos tópicos de control biológicos de plagas, reproducción animal, Interacción nutrición reproducción en ovinos, Biotecnologías reproductivas en rumiantes y posee experiencia en el análisis estadístico de datos y escritura de documentos formales.

Cruz Avalos Ana Martha

Egresado del Programa Educativo de Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Colima, Maestría en Biotecnología del Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes, Doctorado en Biociencias de la Universidad de Guanajuato y actualmente es profesora de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. Ha trabajado distintos tópicos de control biológicos de plagas pecuarias dentro de las que se incluyen hongos entomopatógenos sobre garrapatas, piojos, pulgas, mosca doméstica y *Alphitobius diaperinus*, entre otros.



Microbiota fúngica en quesos artesanales de mercados abiertos en Saltillo, Coahuila

José Luis Arispe Vázquez

Abiel Sánchez Arizpe

Ma. Elizabeth Galindo Cepeda

Microbiota fúngica en quesos artesanales de mercados abiertos en Saltillo, Coahuila

José Luis Arispe Vázquez, Abiel Sánchez Arizpe y Ma. Elizabeth Galindo-Cepeda

Resumen

El queso es un alimento importante en la cocina mexicana, el consumo per cápita en México es de 6 kg; sin embargo, puede transportar numerosos hongos dañinos para las personas, como micotoxigénicos. El objetivo del trabajo fue evaluar la microbiota fúngica presente en los quesos artesanales del mercado abierto en Saltillo, se obtuvieron cinco tipos de quesos por semana de diferentes orígenes; uno de Saltillo, dos del general Cepeda (A y B), uno de Mazapil, Zacatecas y uno de Ciudad Fernández, San Luis Potosí. De cada queso se y se colocaron en placas de Petri con medio de cultivo PDA mantenido a $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ durante 120 h. Los hongos se identificaron utilizando la técnica de Medina y colaboradores. *Geotrichum candidum*, *Fusarium verticillioides*, *Rhizopus nigricans*, *Cladosporium* sp. y *Penicillium* sp. fueron identificados morfológicamente, con una incidencia entre 0 y 100 %. *F. verticillioides* y *Penicillium* sp. son hongos *toxigénicos*, y *G. candidum* causa infección en los bronquios, pulmones y membranas mucosas, llamada geotricosis, por lo que es importante implementar medidas de calidad para garantizar la producción segura de quesos para el consumo humano.

Palabras clave: Hongo, Alimento, Calidad

Fungal microbiota in artisan cheeses from open markets in Saltillo, Coahuila

Abstract

Cheese is an important food in Mexican cooking, the per capita consumption in Mexico is 6 kg; however, it can carry numerous harmful fungi for people, as mycotoxigenics. The objective of the work was to evaluate fungal microbiota present in artisanal cheeses from the open market in Saltillo, five types of cheeses were obtained per week from different origins; one from Saltillo, two from General Cepeda (A and B), one from Mazapil, Zacatecas and one from Ciudad Fernandez, San Luis Potosi. Each cheese was cut and were placed in Petri dishes with PDA culture medium kept at $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ for 120 h. Fungi were identified using the Medina and collaborators technique. *Geotrichum candidum*, *Fusarium verticillioides*, *Rhizopus nigricans*, *Cladosporium* sp. and *Penicillium* sp. were identified morphologically, with an incidence ranging from 0 to 100 %. *F. verticillioides* and *Penicillium* sp. are toxigenic fungi, and *G. candidum* cause infection in the bronchial tubes, lungs and mucous membranes, called geotrichosis, so it is important to implement quality measures to guarantee the safe production of cheeses for human consummation.

Keywords: Fungi, Food, Quality.

Introducción

Las enfermedades de transmisión alimentaria (ETAS) constituyen un problema de salud pública creciente en todo el mundo. Se deben a la ingestión de alimentos contaminados por microorganismos o sustancias químicas.

La presencia de contaminantes fúngicos en alimentos no sólo se interpreta como una fuente potencial de deterioro, sino como la posibilidad de encontrar micotoxinas (Carrascal *et al.*, 2003), debido a que algunos hongos causan reacciones alérgicas y problemas respiratorios y otros, en las condiciones adecuadas, producen micotoxinas, sustancias venenosas (USDA, 2010) que en niveles considerados pueden provocar intoxicaciones o enfermedades en personas como en animales producidas por la ingestión de micotoxinas en alimentos, producidas por distintos hongos frecuentes en los mismos (Perusia y Rodríguez, 2001).

Hay micotoxinas que producen estos efectos toxicológicos por exposición a las mismas a largo plazo y otras que presentan, además, efectos agudos (principalmente gastrointestinales) (Cuadro 1), como el deoxinivalenol (OMS, 2018).

Cuadro 1. Micotoxinas frecuentes en los alimentos.

Toxina	Hongo	Efectos toxicológicos
Aflatoxinas (B1, B2, G1, G2 y M1)	<i>Aspergillus flavus</i> y <i>Aspergillus parasiticus</i>	Hepatotóxica, inmunotóxica, teratogénica
Ocratoxina A,	<i>Aspergillus spp.</i> y <i>Penicillium spp.</i>	Nefrotóxica, inmunotóxica, teratogénica, mutagénica, embriotóxica, trastornos neurológicos
Patulina	<i>Aspergillus spp.</i> , <i>Penicillium spp.</i> y <i>Byssosclamyces spp.</i>	Trastornos gastrointestinales, neurológicos, nefrotóxica, mutagénica
Tricotecenos como nivalenol y desoxinivalenol, toxinas T-2 y HT-2	<i>Fusarium spp.</i>	Necrosis cutáneas, alteraciones digestivas, hemorragias, taquicardia, inmunotóxica, hematotóxica, neurotóxica
Fumonisinias (B1 y B2)	<i>Fusarium spp.</i>	Neurotóxica, inmunotóxica, nefrotóxica, hepatotóxica
Zearalenonas	<i>Fusarium spp.</i>	Efectos estrogénicos, problemas reproductivos

Reséndiz *et al.* 2012 mencionó que los productos artesanales, por su tradición y por sus características relacionadas con su presentación, gozan de una alta aceptación entre la po-

blación mexicana. Desde el punto de vista higiénico-sanitario los riesgos del consumo de este tipo de quesos implica un alto riesgo de enfermedades, debido a que no se conocen los estándares de calidad durante todo el proceso de su elaboración, regularmente se usa leche cruda, de vacas criollas, con fermentación espontánea y corta maduración, utilizando metodologías muy rudimentarias, no estandarizadas, por ejemplo: se han identificado especies de mohos en la leche cruda: *Penicillium camemberti*, *Cladosporium herbarum*, *Chrysosporium sulfureum*, *Rhizomucor fuscus*, *Rhizomucor plumbeus* y *Trichothecium domesticum* (Cécile, 2011).

La microbiota del queso se caracteriza por la presencia de una gran variedad de bacterias, levaduras y mohos, que interactúan para desempeñar un papel importante durante la fabricación y la maduración del queso (Malcata y Kongo, 2016). La prevalencia de varias especies de hongos en los quesos puede estar influenciada por el tipo de queso (Dugat-Bony *et al.*, 2016), el tiempo de maduración, la forma en como son elaborados, debido a que la mayoría son artesanales y en muchas ocasiones las condiciones higiénico sanitarias no son las más adecuadas, es decir, son muy deficientes. Algunos microorganismos igualmente utilizados en la fabricación de quesos son; *Propionibacterium freudenreichii*, *Brevibacterium linens*, *Debaryomyces hansenii*, *Geotrichum candidum*, *Penicillium roqueforti* y *P. camemberti* (Beresford y Williams, 2004).

Contexto teórico

En México existen más de 1,300 establecimientos que elaboran productos artesanales como queso, crema y mantequilla y dentro de estos productos, los más importantes son los quesos y el yogur. La producción de crema, queso (amarillo, chihuahua, doble crema, fresco, oaxaca y panela) mantequilla y yogur han mantenido un crecimiento constante. Cabe destacar que la producción local de queso está enfrentando un fuerte mercado informal y una competencia importante con productos importados (Torres y Acosta, 2005).

La higiene de los alimentos comprende el conjunto de condiciones y medidas necesarias para garantizar la seguridad y salubridad de los productos alimentarios (ICMSF, 2005), en una investigación previa se estudió la diversidad de los hongos presentes en el queso Paipa (único queso típico madurado de Colombia) (López, 2010) y dentro de los hongos identificados se encuentran: *Penicillium* el cual posee especies tanto benéficas como perjudiciales; el género *Aspergillus* donde se han reportado especies que son toxigénicas; *Fusarium*, *Phoma*, *Cladosporium* y *Botrytis* donde la mayoría, presentes en los quesos, son contaminantes y *Geotrichum* responsable de las características organolépticas en quesos madurados, además de

la identificación de levaduras como: *Trichosporum beigeli*, *Cryptococcus albidus*, *Candida guilliermondii*, *Cryptococcus uniguttulatus*, responsables de otorgar características organolépticas en este tipo de quesos; además se identificaron *Rhodotorula minuta* y *Rhodotorula rubra*, *Candida rugosa*, las cuales son generalmente contaminantes en el proceso de producción.

En otro estudio se reportaron hongos presentes en quesos artesanales de cinco zonas de la ciudad de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. En la zona I identificaron a especies de los géneros *Penicillium* (64.71 %), *Aspergillus* (21.56 %), *Cladosporium* (5.88 %), *Drechslera* y *Curvularia* (3.92 %). En la zona II *Cladosporium* (48.48 %), *Aspergillus* (24.24 %), *Penicillium* (15.15 %) y *Drechslera* (12.12 %). En la zona III *Penicillium* (78.72 %) y *Aspergillus* (21.27 %). En la zona IV *Aspergillus* (64.31 %) y *Penicillium* (35.68 %). En la zona V *Penicillium* (80 %), *Aureobasidium* (14.28 %) y *Aspergillus* (5.71 %). Hongos similares como contaminantes de alimentos, reportados en este trabajo fueron *Penicillium* y *Cladosporium* con una incidencia del 25,47 y 4,0 % respectivamente (Medina *et al.*, 2014).

En el lapso de un año (marzo de 2004-marzo de 2005) se realizaron en el establecimiento rural perteneciente a la familia Goiriz, ubicado en la localidad de Ramada Paso, provincia de Corrientes, 8 elaboraciones artesanales de quesos a lo largo de las 4 estaciones climáticas del año (otoño, invierno, primavera y verano), 2 por estación, con la producción de solo un queso artesanal en cada elaboración, aislaron en total 90 cepas de levaduras correspondientes a los géneros *Candida*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Mycosyza*, *Pichia*, *Stephanoascus* y *Rhodotorula* y de ellas, 9 provenían de muestras de leche y 28 de muestras del agente coagulante artesanal, 10 de muestras de cuajada y 43 de muestras de quesos con distintos períodos de maduración (Cardoso *et al.*, 2016).

Es necesario implementar medidas sanitarias para la elaboración de quesos, especialmente en regiones donde es su principal fuente de economía, por ejemplo: en Colombia, el departamento de Boyacá es conocido como uno de los principales productores y comercializadores de queso artesanal, debido a que su economía se basa en la industria láctea (Castrillón, 2018). Kure y Skaar en el 2000, en Noruega trabajaron con dos tipos de queso semiduro (Jarlsberg y Norvegia) de alto consumo en ese país, donde identificaron: *Penicillium roqueforti*, *P. commune*, *P. palitans* y *P. solitum*, estas 4 especies representaban el 69.80 % del total de los aislamientos de queso Norvegia y 81 % del número total de aislamientos de queso Jarlsberg, además, en menores porcentajes se identificaron: *Aureobasidium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Phoma* y *Ulocladium*.

Se investigó la calidad microbiológica desde el punto de vista de la flora fúngica del queso Paipa de una fábrica en el municipio de Paipa y en las muestras de queso, el recuento de hongos filamentosos estuvo dentro del rango 1.43 y 2.52 log₁₀ UFC/g, y de levaduras entre 4.0, y 4.98 log₁₀ UFC/g. Se encontró en las muestras de leche y en las de queso los géneros de hongos filamentosos: *Penicillium*, *Geotrichum*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Phoma*, y levaduras: *Trichosporum beigelli*, *Candida rugosa*, *Cryptococcus uniguttulatus* y *Rhodotorula* spp. Algunas especies de hongos filamentosos y levaduras pueden potencialmente causar problemas tanto económicos como sensoriales, y la posible producción de micotoxinas, las cuales pueden convertirse en un riesgo de salud pública. Aunque existe riesgo de adquirir enfermedades transmitidas por alimentos, la biodiversidad de la microflora indígena que envuelve a los quesos elaborados con leche cruda puede ser considerada un aspecto fundamental para mantener las características típicas de los quesos tradicionales (Demarigny *et al.*, 1997)

Contenido

Área de estudio

Las muestras de quesos maduros artesanales tipo “ranchero” hechos a partir de leche de vaca, se obtuvieron del mercado abierto de Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas son 25°24'03.5" N 101°00'35.0" W.

Muestreo

El muestreo se realizó del 22 agosto al 10 de octubre de 2019, cada semana se obtenían 5 tipos de quesos del mercado, uno de Saltillo, dos de General Cepeda (A y B) uno de Mazapil, Zacatecas y uno de Ciudad Fernández, San Luis Potosí (Figura 1).

Aislamiento

Los quesos se evaluaron 3 h después de adquirirlos y cada uno se dividió en tres niveles, posteriormente con un sacabocados de 1 cm de ancho y 10 cm de largo, se obtenía una muestra de 1 cm sobre los lados Norte, Sur, Este, Oeste y Centro de cada nivel, replicado cuatro veces por tipo de queso (Figura 2). Cada muestra de queso obtenida se colocaba solamente la mitad (.5 cm) sobre una placa de Petri (de 8.5 de diámetro) con medio de cultivo sintético Papa Dextrosa Agar (PDA, Bioxon) + Antibiótico (Gentamicina, 1mL L⁻¹), para evitar el crecimiento de bacterias, posteriormente se rotularon las placas y se sellaron, y por último se incubaron a una temperatura de 25 °C ± 2 °C por 120 h.



Figura 1. Quesos de distintas regiones A= Saltillo, B y C= General Cepeda (A y B), D=Mazapil Zacatecas y E= Ciudad Fernández, San Luis Potosí



Figura 2. Esquema utilizado para la evaluación de la microbiota en los quesos, A= Queso completo, B= Queso en estratos, C= Puntos de evaluación

Purificación de los patógenos mediante cultivos monoconidiales

Se extrajeron explantes de 5 mm de diámetro de cada colonia de hongo y se pusieron en tubos de ensayo con 9 mL de agua destilada previamente esterilizada y con ayuda de una micropipeta se extrajo solo 30 μ L y se colocó en una placa de Petri con medio de cultivo PDA sintético y con una varilla estéril se dispersó, posterior a las 24 h se extrajo un solo conidio germinado y éste se colocó en placas de Petri nuevamente con medio PDA, las cuales se incubaron a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 120 h.

Identificación de los patógenos

Se identificaron mediante criterios morfológicos de Samson (2014) y Barnett and Hunter (2006) utilizando la técnica de cinta adhesiva transparente en azul de lactofenol sobre una porta objetos.

Procedimiento para el análisis de resultados

La incidencia se reportó como porcentaje de hongos presentes en cada punto evaluado por estrato por repetición y tipo de queso.

Identificación de hongos

De acuerdo a las características macro y micro morfológicas, se identificaron 2 géneros (*Cladosporium* y *Penicillium*) y 3 especies de hongos (*Rhizopus nigricans*, *Geotrichum candidum* y *Fusarium verticillioides*) presentes en los quesos (Figura 3, Cuadro 2).

Cuadro 2. Incidencia (%) de hongos en las distintas localidades.

Género	Saltillo	General Cepeda (A)	General Cepeda (B)	San Luis Potosí	Zacatecas
<i>G. candidum</i>	30,70	39,34	53,34	73,33	100
<i>F. verticillioides</i>	36,03	0	0	0	0
<i>Cladosporium</i> sp.	0	20	0	0	0
<i>Penicillium</i> sp.	26,67	40,66	33,33	26,67	0
<i>R. nigricans</i>	6,60	0	13,33	0	0
Total	100	100	100	100	100

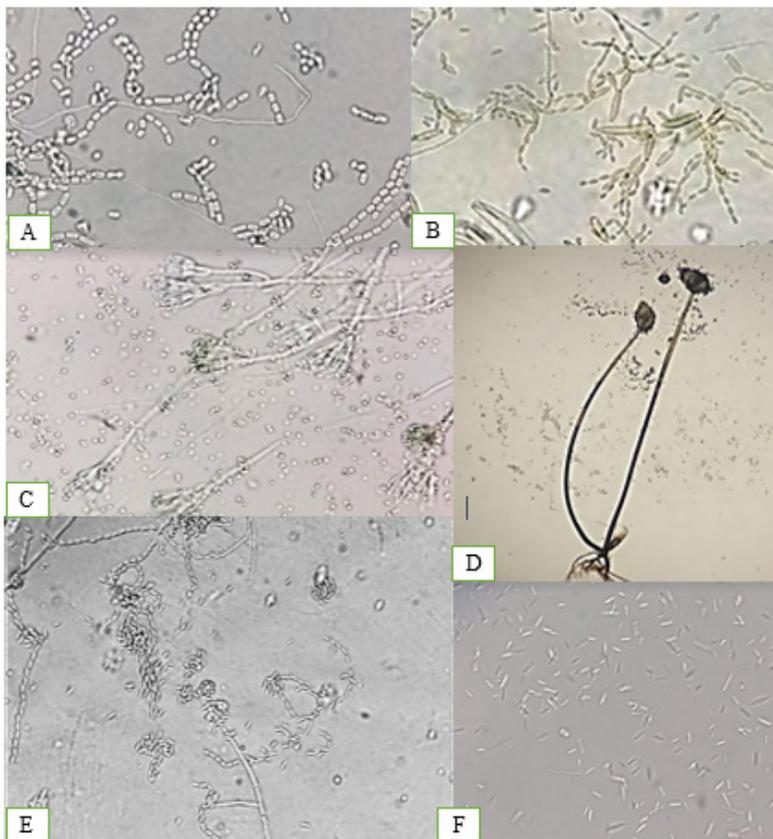


Figura 3. Hongos presentes en quesos. A= Artrosporas de *G. candidum*, B= Conidios de *Cladosporium* sp., C= Estructura de *Penicillium* sp., D= Estructura de *R. nigricans*, E= Microconidios en cadena y F= Macroconidios con microconidios de *F. verticillioides*

En la presente investigación el hongo con más incidencia en los diferentes quesos estudiados fue *G.candidum* (59,34 %) (Figura 4 y 5), otra especie identificada en los quesos mexicanos examinados fue *F. verticillioides* (54,54 %) (Una alta incidencia de estos patógenos puede representar una producción mayor de metabolitos perjudiciales para las personas).

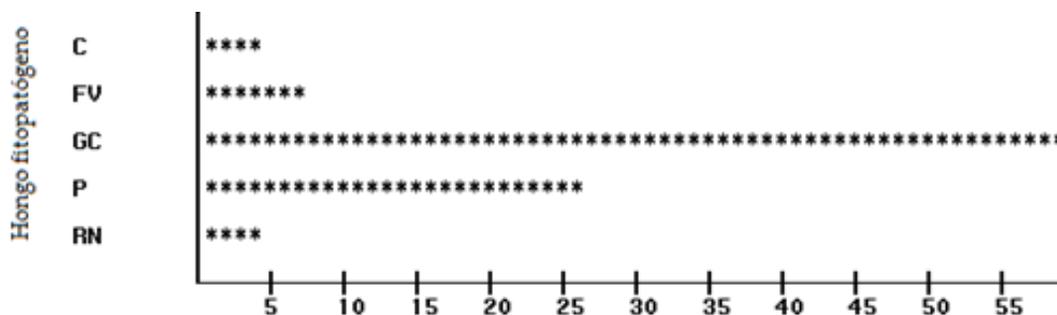


Figura 4. Porcentaje total de los hongos aislados en muestras de quesos artesanales en cinco localidades. C= *Cladosporium* sp., FV= *F. verticillioides*, GC= *G. candidum*, P= *Penicillium* sp., RN= *R. nigricans*.

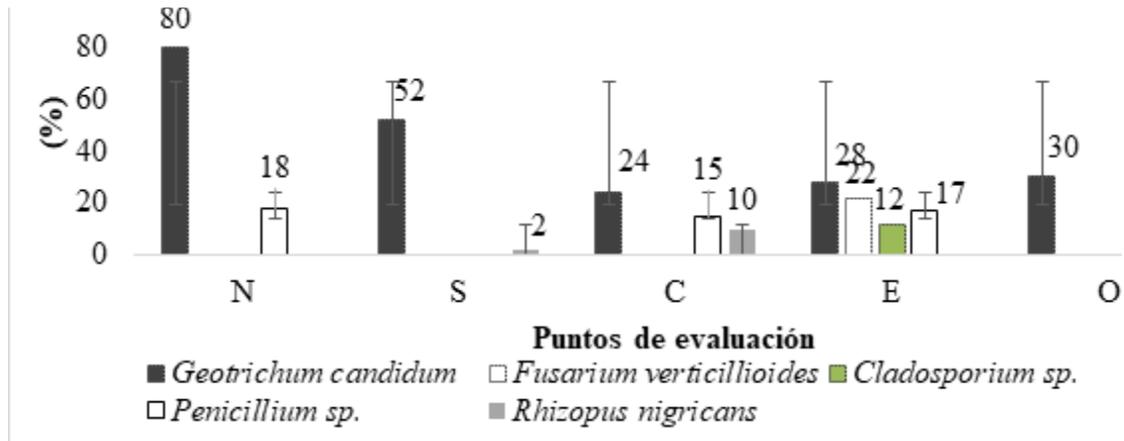


Figura 5. Porcentaje total de los hongos aislados en muestras de quesos artesanales en cada punto de evaluación (N=Norte, S=Sur, C=Centro, E=Este y O=Oeste).

Conclusión

Dentro de la microbiota fúngica del queso fresco se encuentran microorganismos necesarios como lo son: *G. candidum* y *Penicillium* spp. *G. candidum*, una especie dimórfico que interviene en la maduración en quesos madurados y en la elaboración de yogures a los que confiere una textura sedosa muy especial y también agentes perjudiciales causante de enfermedades que pueden provenir de la materia prima o de la contaminación durante la manufactura. A pesar de establecer medidas sanitarias que exigen un control microbiológico estricto para la comercialización de estos productos, la prevalencia de los microorganismos patógenos en los alimentos como el queso maduro en estudio aún representa un problema social de salud social, además de *Penicillium* spp.

Los géneros y las especies identificadas podrían ser perjudiciales para la población que consume queso con mayor frecuencia, debido a que algunos son considerados como micotoxigenicos (*F. verticillioides* y *Penicillium* sp.) y otros causantes de enfermedades en las personas (*Geotrichum candidum* y *Rhizopus nigricans*), por lo que es muy necesario implementar medidas de calidad que garanticen la producción de quesos inocuos para el consumo humano.

Referencias

- Barnett, L. H. & Hunter, B. B. (2006). Illustrate genera of imperfect fungi. Minnesota. The American Phytopathology Society Press. 978-0-89054-192-0. 200-220 p.
- Beresford, T. y Williams, A. (2004). The Microbiology of Cheese Ripening. Page 287 in Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Vol. vol. 1. P. F. Fox, McSweeney, P.

- L., Cogan, T. M y Guínee, T., ed. Elsevier Academic Press.
- Cardozo, M.C., Fusco, Á.J.V., Carrasco, M.S. (2016). Microbiota levaduriforme en quesos artesanales de Corrientes, Argentina, *Revista Argentina de Microbiología*, V. 50, Issue 2,
- Carrascal, C. A., Morales, P.A. & Burbano, R.M. (2003). *Manual de laboratorio: microbiología de alimentos*. Bogotá: CEJA.
- Castrillón D. (2018). Report: Dairy basins, engines of production. <http://www.fedegan.org.co/noticias/informe-cuencas-lecheras-motores-de-la-produccion-nacional>
- Cécile, L. (2011). Microflore du lait cru. <http://iccheesemongers.com/wp-content/uploads/MicrofloreDulaitcru-RMT-juillet2011BD.pdf>
- Demarigny, Y., Beuvier, E., Buchin, S., Pochet, S., Grappin, R. (1997). Influence of raw milk microflora on the characteristics of Swiss-type cheeses. II. Biochemical and sensory characteristics. *Lait* 77:151-167.
- Dugat-Bony, E., Garnier, L., Denonfoux, J., Ferreira, S., Sarthou, A.S., Bonnarme, P., y Irlinger, F. (2016). Highlighting the microbial diversity of 12 French cheese varieties. *International Journal of Food Microbiology*, 238, 265-273.
- International Commission on the Microbiological Specifications for Foods. (2005) *Métodos de muestreo para análisis microbiológicos*. *Microorganismos de los Alimentos: Técnicas de Análisis Microbiológico*. 3. Ed. España: Ed Acribia, p.84-96.
- Kure C., Skaar I. (2000). *Int J Food Microbiol* 62: 133-137.
- Malcata, F.X., y Kongo, J. M. (2016). Cheese: types of cheeses-soft. *Encyclopedia of Food and Health*.
- Medina, O., León-Montero, Y., Delmonte, M., Fernández, P., Silva-A, R.A., y Salcedo, A. (2014). Mohos y levaduras en queso artesanal semiduro expendido en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. *CIENCIA* 22(4), 197 – 204. pp 1-6.
- Perusia, O.R., Rodríguez, A.R. (2001). Micotoxicosis. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 12(2), 87-116.

- Reséndiz, M.R., Hernández, Z.J.S., Ramírez, H.R., y Pérez, A.R. (2012). El queso fresco artesanal de la canasta básica y su calidad sanitaria en Tuzuapan, México. *Acta Iberoamericana de Conservación Animal* 2:253-255.
- Samson, R., Hoekstra, E., y Frisvad, J. C. (2004). *Introduction to food and airborne fungi*. Séptima edición. Editorial CBS. Holanda, 389.
- Torres, M. y Acosta, R. (2005). *Agroindustria láctea en México. Empresas líderes y patentes*.
- United States Department of Agriculture. (2010). *Hongos en los Alimentos: ¿Son Peligrosos?* https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/03e22c03-8062-4ca1-a8c2-fe94bafc0222/Molds_Are_They_Dangerous_SP.pdf?MOD=AJPERES
- World Health Organization. (2019). *Enfermedades de transmisión alimentaria*. https://www.who.int/topics/foodborne_diseases/es/

Semblanza de los Autores

José Luis Arispe Vázquez

Maestría en Ciencias en Parasitología Agrícola con Mención Honorífica, por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Estancia de investigación en el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agropecuaria. (SENASICA). Participación en más de 12 tesis de licenciatura así como en artículos de investigación en diferentes áreas de investigación con enfoque agronómico.

Abiel Sánchez Arispe

Maestría en Fitopatología, por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Profesor- Investigado. Participación en más de 100 tesis de licenciatura., así como en artículos de investigación en diferentes áreas de investigación con enfoque en la línea de la agronomía.

Ma. Elizabeth Galindo Cepeda

Doctorado en Ciencias en Parasitología Agrícola, por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Profesor- Investigador. Participación en más de 100 tesis de licenciatura así como en artículos de investigación en diferentes áreas de investigación con enfoque en la agronomía.