

Instituto Tecnológico de Roque

CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. SOMECTA.

ARTÍCULOS *in extenso*

Publicados en Formato Digital por:

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C.

e Instituto Tecnológico de Roque

ISBN 978-607-96093-1-3

Roque, Celaya, Guanajuato
Agosto 15, 2013

Domicilio Postal: Andador Vehicular San Jorge No. 134. Fraccionamiento Rinconada San Jorge, Celaya, Guanjuato. CP. 38080

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

NOTA:

El contenido técnico de cada artículo *in extenso*, es la expresión y responsabilidad únicamente del(los) autor(es), no necesariamente el de la SOMECTA o el del Instituto Tecnológico de Roque.

Cita Correcta: Autor(es). 2013. Título. *In*: Rangel Lucio, José Antonio; Juan Carlos Raya Pérez; Francisco Cervantes Ortíz; César Leonardo Aguirre Mancilla; Juan Gabriel Ramírez Pimentel; Mariano Mendoza Elos (Editores). 1er. Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. SOMECTA. ISBN 978-607-96093-1-3. Roque, Celaya, Guanajuato, de 14 a 16 de noviembre de 2012. pp. …..

Primera edición 2013
Tiraje: 500 ejemplares en formato digital.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

COMITÉ EDITORIAL

Editor

Dr. José Antonio Rangel Lucio

Revisores

Dr. César Leobardo Aguirre Mancilla	Biotecnología de Plantas y Alimentos.
Dr. Francisco Cervantes Ortíz	Mejoramiento Genético y Producción de Semillas.
MVZ. Francisco Ponce de León	Medicina y Zootecnia.
Dr. José Antonio Rangel Lucio	Edafología y Ecofisiología de Plantas y Semillas.
Dr. Juan Carlos Raya Pérez	Biotecnología de Plantas y Alimentos.
Dr. Juan Gabriel Ramírez Pimentel	Biotecnología de Plantas y Agricultura Sustentable.
Dr. J. Guadalupe Rivera Reyes	Biotecnología de Plantas y Producción de Semillas.
Dr. Jorge Covarrubias Prieto	Mejoramiento Genético.
Dr. Mariano Mendoza Elos	Mejoramiento Genético y Producción de Semillas
M.C. Nicolás Morán Vázquez	Producción de Semillas y Agricultura Sustentable.

Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

PRESENTACIÓN

La Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C., es un organismo que tiene como misión apoyar y difundir el desarrollo de la investigación científica y tecnológica relacionada con aspectos agrícolas, pecuarios y forestales que se realiza en instituciones académicas o de investigación, gubernamentales o privadas, nacionales o internacionales, cuya meta permita contribuir a la dinamización de los sectores de la producción de alimentos y de la industria de la transformación.

Por ello, pone a su consideración resultados de investigación que demuestran las importantes aportaciones para el sector agropecuario y forestal, con el fin de que sean adoptados por los organismos involucrados, los productores, o bien como fuente de información científica en la formación académica de nuevos talentos que cada año se integran a éstos importantes campos.

La información se divide en las tres áreas que comprende el sector primario de la producción. En el primer caso se presentan los resultados de investigación científica y tecnológica obtenida en el sector agrícola, con temas que cubren desde los sistemas de la producción y los actores participantes del sector rural, agroalimenticio, pecuario y forestal. Predomina el área de semillas, se abordan temas tradicionales, agroecológicos y actuales enfocados a la innovación y sustentabilidad de los recursos naturales y se plantean soluciones a la problemática que los originó. En segundo lugar, la parte forestal trata de preservar especies en riesgo y se plantean alternativas de manejo objetivo. El área pecuaria, como tercer parte, busca alternativas alimenticias sin alterar la fisiología del animal y la calidad del producto consumible. En general, se utiliza la ciencia y la tecnología para promover mejores garantías de la producción y calidad de alimentos para la población humana.

Sirvan estos resultados de investigación como preliminares, pues el propósito de indagar nunca termina, al rebatir con nuevas hipótesis científicas que constantemente se plantean sobre lo encontrado y, principalmente, lo publicado.

Comité Editorial

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

CONTENIDO

Temática/Título/Autores	Pág.
Agrícola	9
Conocimiento tradicional e innovación tecnológica para el mejoramiento del agroecosistema de chile poblano (*Capsicum anuumm* L.) en Tlalancaleca, Puebla. *Mariana Díaz-Jarquín; Castañeda-Hidalgo Ernesto; Rodríguez-Marchan Jorman; Lozano-Trejo Salvador; Marini-Mánica Gerson.*	10-15
Caracterización del agroecosistema de milpa en la sierra de Etla, Oaxaca. *Oscar Clemente Herrera; Ernesto Castañeda Hidalgo; Flavio Aragón Cuevas; Salvador Lozano Trejo; Gerardo Rodríguez Ortiz; Gisela J. Flores Leyva.*	16-25
Los maíces criollos y su conservación desde la perspectiva de los productores. *Lorena Cortés Espinoza; Juan Manuel Hernández Casillas; Dora María Sangerman-Jarquín; Sara Hirán Morán Bañuelos.*	26-37
Potencial de rendimiento bajo temporal de poblaciones criollas de maíz del estado de Morelos. *Antonio Castillo Gutiérrez; José F. Romero Portillo; Vicente E. Carapia Ruiz; María G. Almaguer Sierra; Henry González Rodríguez.*	38-47
Formación del ciclo cuatro de selección en una población de maíz pozolero del estado de Morelos. *José F. Romero Portillo; Antonio Castillo Gutiérrez; María Andrade Rodríguez; Vicente E. Carapia Ruíz; Dagoberto Guillén Sánchez; Sergio A. Rodríguez Herrera.*	48-56
Determinación de calidad en semillas de híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.) productores de granos blancos. *Francisco Radillo Juárez; Javier Farías Larios; Saúl I. Zaragoza Ruiz.*	57-62
Determinación de la germinación de las semillas de maíz por el método rápido de exudado. *Raymundo Velasco Nuño; Hugo Ernesto Flores López; Aldo A. Castañeda Villanueva; Cynthia Denisse Bojórquez Sánchez; Ricardo Alonso Rentería Ramírez.*	63-67
Determinación del vigor en semillas de maíz mediante la prueba de envejecimiento acelerado por el método Ger-Box . *Raymundo Velasco Nuño; Hugo E. Flores López; Aldo A. Castañeda Villanueva; María de los Á. Ruezga Gómez; Carmen C. Guerrero Acosta.*	68-71
Evaluación agrónomica de híbridos de maíz forrajero. *Olague R.J.; Montemayor T.J.A.; Aldaco N. R.A; Segura C.M.A.; Frías R.E.*	72-76
El amaranto y su rentabilidad en México. *Alma V. Ayala Garay; Lorena Cortes Espinoza; Patricia Rivas Valencia; Eduardo Espitia Rangel.*	77-81
Fertilización y densidad de población I. Calidad física y fisiológica en la semilla de amaranto (*A. hypochondriacus*). *Ma. de la Luz Ramírez Vazquez; Eduardo Espitia Rangel; Aquiles Carballo Carballo; Rosalba Zepeda Bautista; Humberto Vaquera Huerta; Leobigildo Córdova Téllez.*	82-92
Fertilización y densidad de siembra en el rendimiento y calidad de semilla de cebada maltera. *Miguel A. Avila Perches; J. Roberto A. Dorantes González; Rocío E. Hernández Caldera; Mauro R. Zamora Díaz; Salomón Solano Hernández; Ramón Huerta Zurita.*	93-101
Efecto del silicio en la germinación de semillas de arroz (*Oriza sativa*), frijol y chan (*Cyptis suavelens*). *Juan C. Raya Pérez; Cesar L. Aguirre Mancilla; Jorge Covarrubias Prieto; Francisco Chablé Moreno; J. Guadalupe García Rodríguez; J. Gabriel Ramírez Pimentel.*	101-108
Evaluación de dos métodos de secado de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para la conservación del material genético. *Martina I. Contreras-Giron; Karen R. Astorga-Cienfuegos; Marisela Rivera-Domínguez.*	109-119
Efecto de la radiación gamma (^{60}CO) en *Chenopodium* y A*maranthus. Juan M. García Andrade; Eulogio de la Cruz Torres; Diana A. Flores Reyes.*	120-125
Longitud y peso de fruto en dos genotipos de chile jalapeño (Capsicum annuum) a diferentes dosis de fertilizantes en invernadero. *Juan F. Guerrero Ramos; Esmeralda A. García Tierrablanca; José R. A. Dorantes Gonzáles; Francisco Chablé Moreno; Cesar Aguirre Mancilla; J. Gabriel Ramírez Pimentel.*	126-130
Arquitectura foliar en hojas de guayaba de nueve accesiones del banco de guayaba sometidos a	131-138

calmeo (*Psidium guajava* L.). *Alicia Castañeda Moreno; Rosa del Carmen Beas; Jorge Soria Cruz; Lucero del Mar Ruiz Posadas; Ernesto González Gaona; José Saúl Padilla Ramírez.*	
Modelos de índice de área foliar en maíz forrajero bajo condiciones de acolchado y cintilla. *José A. Montemayor Trejo; Edith Suárez González; Juan Munguía López; Miguel Rivera González; José E. Frías Ramírez; Pablo Yescas Coronado.*	139-143
Curvas de absorción de nutrimentos en melón en áreas potenciales de la Comarca Lagunera. *Natanhael Flores González; Andrés Flores Reza; Adrián Fabela Zacarías; Damián Aguilera Tapia; Carlos A. Flores Márquez; Leticia Alfaro Hernández.*	144-149
Distribución de biomasa en cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo*) desarrollada en sustratos orgánicos. *Jorge A. Orozco Vidal; Elsa A. Galindo Ponce; Miguel A. Segura Castruita; Zaida Crispín del Rio; Pablo Yescas Coronado; Manuel Fortis Hernández; Pablo Preciado Rangel; Cinthia Catalina Vidal Caballero.*	150-157
Acumulación y distribución de biomasa en tomate con fertilización orgánica bajo invernadero. *Pablo Yescas Coronado, Jorge A. Orozco Vidal, J. Ernesto Frías Ramírez, Guillermo García Legaspi, Miguel Á. Segura Castruita, José A. Montemayor Trejo, Sergio López Lira.*	158-163
Materia seca y fijación de carbono por *Pennisetum purpureum*. *Salvador Paredes Rincón; Armando Domínguez Torres; José A. Fernández Viveros; José L. Cordero Sanchez; Ricardo Cruz-Balcazar; Carlos O. Forstall Cortes.*	164-173
Descripción morfológica y usos de Opohuira var. Chía Roja (*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*) y de Huirapeo var. Chía Negra o Prieta (*Amaranthus hypochondriacus* raza Mixteca). *Juan M. García Andrade; Eulogio de La Cruz Torres; Adriana López Monroy; Maricela Ibáñez Montiel; Martín Rubí Arriaga.*	174-183
Producción de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) con abonos orgánicos y micorriza bajo condiciones semicontroladas. *Ignacio Garay Peralta; Alfredo Díaz Criollo; Jacel Adame García; Brígido Castrejón Sánchez; Marco A. Díaz Ramos; Jaime Perdomo Contreras.*	184-190
Calidad de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), con abonos orgánicos y micorriza bajo condiciones semicontroladas. *Ezdeiby Utrera Flores; Ignacio Garay Peralta; José C. Martínez Vázquez; Alfredo Díaz Criollo; Marco A. Díaz Ramos; Ramiro Sánchez Uranga.*	191-195
Dinámica de fluidos computacional (cfd) para modelar y optimizar el ambiente de un invernadero. *Jorge Flores-Velázquez; Pablo Delgado Sánchez; Federico Villareal Guerrero; Abraham Rojano Aguilar.*	196-206
Desarrollo de un modelo matemático para estimar retención de humedad en sustratos. *José Ernesto Frías Ramírez; Pablo Yescas Coronado; Guillermo García Legaspi; Miguel A. Segura Castruita; José A. Montemayor Trejo; Guillermo Acosta López.*	207-212
Uso del lixiviado de lombriz en la producción orgánica de plantas de ornato. *Cesar O. Macías González; Idalia de J. Ruíz García; Felipe de J. Vázquez Villaseñor; José R. Orozco Hernández; Rodolfo O. Baumbach Ceballos.*	213-216
Lixivado de lombricomposta sobre las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de maíz forrajero. *Rogelio A. Aldaco Nuncio; María E. Juárez Huitrón; Miguel A. Segura Castruita; Jesús Olague Ramírez; Guillermo Hernández Ordáz.*	217-220
Uso de cromatogramas en el análisis de composta tipo *bocashi* y comparación con dos suelos. *Tarcisio Medina Saavedra; Gabriela Arroyo Figueroa; Blanca E. Gómez Luna; Carlos H. Herrera Méndez.*	221-228
Respuesta génica asociada a la tolerancia a sequía en dos variedades contrastantes de frijol común. *Glenda M. Gutiérrez-Benicio; Víctor Montero-Tavera; Jorge A. Acosta Gallegos; José Luis Anaya López; César L. Aguirre-Mancilla; Juan C. Raya-Pérez; Juan G. Ramírez-Pimentel.*	229-235
Fertilización mineral, orgánica y biológica del sorgo (*Sorghum vulgare*) en la zona central de Veracruz. *Ricardo Cruz-Balcázar; Manuel Villarruel Fuentes; Armando Domínguez-Torres.*	236-241
Efecto de *Azospirillum* sp. en plántula de papaya (*Carica papaya* L.) en invernadero. *Rosalinda Mendoza Villarreal; Juan C. Rivera López; Juan M. Ruiz Nieves; Violeta Aspeitia Echegaray; Alberto*	242-247

Sandoval Rangel.	
Aislados de rizobacterias con capacidad de promoción de crecimiento de plantas. *Blanca E. Gómez Luna; Jennifer Barrera Lara; Adriana Hidalgo Villagómez; Carlos H. Herrera Méndez; Lorena Vargas Rodríguez.*	248-256
Complejo hormonal con micronutrimentos, en producción y calidad de naranja 'Valencia' en cuatro etapas experimentales. *Juan J. Galván Luna; Andrés Martínez Cano; Víctor M. Reyes Salas; Marcelino Cabrera de la Fuente; Fabiola Aureoles Rodríguez*	257-264
Comportamiento de la sandía injertada expuesta a suelos con problemas fitosanitarios y densidades de población. *Juan C. Álvarez Hernández; Javier Z. Castellanos Ramos; Francisco Camacho Ferre; Cesar L. Aguirre Mancilla; José A. Rangel Lucio; María V. Huitrón Ramirez.*	265-272
Efecto de nim (*Azadirachta indica*) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleóptera: Curculionidae) en granos de maíz almacenado. *María Martha Reyes Zavala; Fernando Bahena Juárez; Margarita García Becerra.*	273-283
Elaboración de un *champú* empleando el extracto hidrosoluble de la grana cochinilla. *Gabriela Arroyo Figueroa; Brenda I. Martínez Pérez; Antonio Pérez Nieto; Lorena Vargas Rodríguez.*	284-290
Gas chromatography: an analytical platform in metabolomics for quantifying ethanol of maize plants. *Martín García Flores; Axel Tiessen.*	291-296
Evaluación de medios de cultivo *in vitro* para vaquita (*Stanhopea oculata* Lindl.) orquídea amenazada de México. *Daniel Utrera López, Juana Fabiola Jiménez Flores, Salvador Paredes Rincón, Jacel Adame García, Ramiro Sánchez Uranga, Daniel Utrera Villa.*	297-306
Evaluación de medios de cultivos naturales para la cuantificación de bacterias ácido lácticas en *yogurth*. *Román Jiménez Vera; Nicolás González Cortés; Arturo Magaña Contreras; Alejandro Lizcano Cruz.*	307-313
Estudio microbiologico de muestras de carne de pollo para hamburguesa adicionando con extracto de guayaba (*Psidium guajava* L.) como agentes de antioxidantes. *Jessica P. Nava Hernández; Carlos H. Herrera;* *Alma D. Trujillo Santoyo; María C. Duran Arreola; Bernardo Vélez Moreno; Carlos F. Rico Martínez.*	314-319
Niveles de poda para incrementar el rendimiento y calidad de fruto del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka), en Jareros Mpio. Úrsulo Galván, Ver. *Alfredo Díaz Criollo; Ignacio Garay Peralta; Teodoro Montiel Olguín; Ramiro Sánchez Uranga; Daniel Utrera López; Juana F. Jiménez Callejas.*	320-329
Comparativo del contenido de pectina en limón persa, naranja valencia y toronja var. Doble Roja. *Ramiro Rosas Hernández; Gerardo Serrano Valencia; Benito López Mendoza; Juan Ignacio Barrera López; Lázaro Gabriel Trujillo Juárez; José Luis Cordero Sánchez.*	330-333
Crecimiento y actividad probiótica de bacterias lácticas cultivadas en jugo de caña de azúcar. *Román Jiménez Vera; Nicolás González Cortés; Arturo Magaña Contreras; Zabdy K. Zetina Moreno.*	334-340
Parámetros fisicoquímicos e indicadores microbiológicos de la calidad del agua riego residual proveniente del gran canal de la ciudad de México. *Rodolfo A. Perea Cantero; Mario H. Alva Reséndiz; Jesús M. Tarín Ramírez; José L. Sánchez Ríos, Ivonne Barrera Jiménez.*	341-347
Rehabiltación de un suelo salino sódico en el ejido de Santiago Tulyehualco, delegación de Xochimilco, D.F. *Benjamín Miramontes-Flores**;** Jesús M. Tarín-Ramírez; Rodolfo A. Perea-Cantero; Mario H. Alva-Reséndiz.*	348-353
Utilización de levaduras como procedimiento de bioremediación inicial de aguas residuales de planta procesadora agroindustrial. *Rodolfo Alberto Perea Cantero; Mario Héctor Alva Reséndiz; Jesús Manuel Tarín Ramírez; José Luis Sánchez Ríos; Ivonne Barrera Jiménez.*	354-361
Degradación de los suelos por erosión hídrica en la región de Parrés, Tlalpan, D.F. *Jesús M. Tarín Ramírez**;** Matilde Borroto P.; Gilberto V. Correa; Reyna R. Cristian; Rodolfo A. Perea Cantero.*	362-367
Cambio de uso de suelo y cuantificación de carbono almacenado en *Quercus* spp. en una microcuenca del estado de Guanajuato. *María de Lourdes Suaste Franco; Miguel Á. Hernández Martínez; Nabor Durán Hernández; Rubén Paredes Uribe; Carlos Ortega Rodríguez.*	368-376
El efecto climático en el proceso de salinización: estudio de caso Ejido San José del Carmen, Salvatierra, Guanajuato, México. *Jesús M. Tarín-Ramírez; Matilde Borroto Pérez; Rodolfo A. P. Cantero; Gilberto Vela; Correa; Eduardo C. Tornel.*	377-383

Establecimiento y producción de remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.) variedad bola roja en suelos salinos del CBTa No. 105. *J. Encarnación García Portuguéz.*	384-387
Forestal	388
Germinación y longevidad de *Echinocactus grusonni* y *Astrophytum myriostygma. Estéfana Alvarado Bárcenas; Francisco Chablé Moreno.*	389-395
Reproducción asexual de *Echinocereus pentalophus* (DC) Lem. con el empleo de reguladores de crecimiento, cactácea endémica de México. *Francisco Chablé Moreno; Estéfana Alvarado Bárcenas; Juan C. Raya Pérez; J. Guadalupe García Rodríguez; Blanca C. López Ramírez; Juan G. Ramírez Pimentel; Cesar L. Aguirre Mancilla.*	396-403
Sistematización del proceso de certificación ecoturística en comunidades de la Sierra Juárez de Oaxaca. *Abril G. Castellanos Salinas; Ernesto Castañeda Hidalgo; Salvador Lozano Trejo; Judith Ruiz Luna.*	404-411
Pecuaria	412
Determinación de la concentración ideal de pollinaza fermentada en ovinos. *Ignacio Mejía Haro; Gustavo Tirado Estrada; Ana Julia Azuara Hernández; José Mejia Haro; Raúl Rodríguez M.; Rubén Larios González; Mauro E. Mora de Alba.*	413-419
Productividad forrajera de genotipos de cuatro cereales de grano pequeño en zonas semiáridas. *Marco Antonio Rivas Jacobo, Tania S. Alatriste Jiménez, José Marín Sánchez, Camelia A. Herrera Corredor.*	420-432

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

TEMÁTICA AGRÍCOLA

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

CONOCIMIENTO TRADICIONAL E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL AGROECOSISTEMA DE CHILE POBLANO (*Capsicum anuumm* L.) EN TLALANCALECA, PUEBLA

Díaz-Jarquín Mariana[1]; Castañeda-Hidalgo Ernesto[2§]; Rodríguez-Marchan Jorman[3]; Lozano-Trejo Salvador[2]; Marini-Mánica Gerson[1]

[1]TInstituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca. INIA, Venezuela.§ Autor responsable: casta_h50@hotmail.com

RESUMEN

El chile es una hortaliza de gran importancia a nivel mundial. La importancia económica es por su amplia distribución y usos. En San Matías Tlalancaleca, Puebla, los productores sufrieron una pérdida paulatina de este agroecosistema, a partir de la pérdida de los recursos genéticos locales, las formas de manejo tradicional y las oportunidades de generar empleos e ingresos. Los esfuerzos encaminados a mejorar la producción de chile (*Capsicum annuum* L.) han originado nuevas variedades, más productivas, uniformes, resistentes a enfermedades y de mejor calidad; pero al mismo tiempo han conllevado a la desaparición de los tipos nativos, ocasionando la llamada erosión genética (Laborde, 1984). Este trabajo tiene como objetivo dar a conocer el proceso de sistematización de los conocimientos que poseen los productores locales sobre este agroecosistema con el fin de hacer una propuesta de mejora a partir de la innovación tecnológica participativa. El trabajo no sólo cuestiona la forma convencional de intervención externa en las comunidades y la concepción limitada de actividades propuestas por las instituciones gubernamentales; también propone un nuevo proceso de institucionalidad basada en las relaciones sociales locales, tolerancia, respeto, discusión y negociación, que transita del esquema convencional, hacia un modelo de desarrollo local con enfoque agroecológico para soportar desde el interior, las acciones de los grupos para ser auto-dependientes. El desarrollo de capacidades es una actividad común a todos los proyectos, lo que es diferente en este caso, es que se está desarrollando un proceso social controlado por los propios actores; centrado en el fortalecimiento de las capacidades para regir sus propios procesos.

Palabras clave: Proceso social, actores, manejo agroecológico, fitomejoramiento participativo.

INTRODUCCIÓN

El chile es una hortaliza de gran importancia a nivel mundial. En México ha ocupado un lugar importante debido a una larga tradición cultural en el área culinaria y por poseer una gran biodiversidad de chiles cultivados y silvestres. La importancia económica es por su amplia distribución y usos.

Puebla es un estado productor de chile poblano y posee un gran número de especies nativas. En la región de la Sierra Nevada es común que los productores siembren exclusivamente variedades criollas, mantenidas durante generaciones. Sin embargo, se han vuelto susceptibles a la "secadera", enfermedad causada por varios organismos infecciosos (bacterias, virus, nematodos), esta enfermedad data desde hace aproximadamente 10 años, cuya principal característica es la pudrición de la raíz y una marchitez general, que inicia con una decoloración oscura del tallo y hojas, se presenta en etapas avanzadas de la planta y en los almácigos; en cualquier caso llega a ocasionar la pérdida hasta del 100% de la producción, (Rodríguez, 2004).

En San Matías Tlalancaleca y Juárez Coronaco, los productores de chile poblano sufrieron una pérdida paulatina de éste agroecosistema, a partir de la pérdida de los recursos genéticos locales, las formas de manejo tradicional y las oportunidades de generar empleos e ingresos. Esto también se refleja en el aspecto cultural, ya que entre mayor es el grado de desorganización de las culturas campesinas, se incrementa el nivel de erosión de los recursos genéticos relacionados a las especies cultivadas, lo que significa que la cultura es un factor importante de las comunidades que ha permitido mantener y generar diversidad genética (Toledo, 1991).

En México, los esfuerzos encaminados a mejorar la producción de chile (*Capsicum annuum* L.) han originado nuevas variedades, más productivas, uniformes, resistentes a enfermedades y de mejor calidad; pero al mismo tiempo han conllevado a la desaparición de los tipos criollos, ocasionando la llamada erosión genética (Laborde, 1984). Lo anterior es motivo de preocupación, pues la diversidad genética conservada por la cultura mexicana en *Capsicum,* constituye un verdadero arsenal de elementos defensivos contra factores ambientales adversos, que se encuentran dispersos en las variedades criollas cultivas y en sus parientes silvestres. Por ello, la conservación y rescate del germoplasma nativo (cultivado y silvestre) es de vital importancia para disminuir la erosión genética (Rodríguez, 2004).

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer el proceso de sistematización de los conocimientos que poseen los productores locales sobre el agroecosistema de chile poblano con el fin de de hacer una propuesta de mejora a partir de la innovación tecnológica participativa.

MATERIALES Y METODOS

El proyecto se desarrolla en las comunidades de San Matías Tlalancaleca y Juárez Coronaco en el Municipio de San Matías Tlalancaleca. En la parte centro oeste del Estado de Puebla. Dicho municipio cuenta con una superficie de 52.30 km^2, con clima templado sub-húmedo con lluvias en verano, los tipos de suelos predominantes son los Regosoles. . La población es Nahuatl y sus actividades económicas son la práctica de sistemas de cultivo bajo temporal, debido a que la superficie de riego es limitada, por depender de pozos perforados en la región, y cuyo caudal se reduce en verano. Cuando hay escasez, el agua de riego se prioriza para cultivos como la alfalfa y el chile poblano. La actividad agrícola se orienta a la producción de granos como el maíz, frijol, hortalizas como la espinaca, haba verde, cilantro, col, chile poblano, chile loco y calabacitas; en forraje se cultiva avena, alfalfa y cebada. El sistema de producción pecuaria es de traspatio y está relacionado a la cría de especies como ganado vacuno y equino y en mayor grado a la cría de especies menores como: porcinos, ovinos y aves.

El enfoque fue el de la Investigación–Acción Participativa que, buscó que los productores participaran en el proceso de investigación desde la definición de sus problemas, su priorización e identificación de posibles soluciones; valorizó el conocimiento técnico nativo, producto de la experimentación del agricultor llamada también experimentación adaptativa que es la que realizó el productor de forma informal y rutinaria al ensayar nuevas técnicas de producción. Otro enfoque fue el de fitomejoramiento participativo que se considera “como el arte y la ciencia de mejorar los patrones genéticos de las plantas, en relación a su uso económico”. Como actividad humana y humanitaria el fitomejoramiento buscó el beneficio de productores incorporándolos en la participación por medio de la generación y diseminación del germoplasma, así como la conservación y comercialización de los productos.

Para el diagnóstico se utilizó la Planeación Estratégica, complementada con talleres, seguimiento de procesos, e intercambio de experiencia y entrevistas semiestructuradas. La metodología se desarrolló con dos grupos de productores (Juárez Coronaco y San Matías Tlalancaleca); y un grupo de mujeres de San Matías Tlalancaleca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El empoderamiento de los grupos y organizaciones de base, al ser capaz de construir capacidades individuales y colectivas en el ámbito local y municipal para mejorar la calidad de vida y transformar las

estructuras sociales, económicas y políticas que limitan dicha capacidad, construye los cimientos para un desarrollo endógeno local.

En las comunidades es estudio se percibe un proceso de reapropiación de los recursos naturales, como son sus tierras y sus cultivos, especialmente del chile poblano. En ambas comunidades ya habían dejado de sembrar en algunas tierras por su alta contaminación con hongos y nematodos. Actualmente algunas parcelas se están recuperando con medidas de control sanitarias, basadas principalmente en los saberes tradicionales compartidos con las técnicas modernas.

Sistematización del conocimiento local

El manejo del cultivo de chile poblano era dominado por los productores, debido a que se producía bajo el mismo manejo de sus antepasados (bisabuelos, abuelos y padres). Los productores, manifestaron que sumando los años de experiencia entre las generaciones, sus prácticas y conocimientos en el manejo del cultivo tienen aproximadamente 300 años, considerando que existen productores con más edad en el grupo cuyas edades oscilan entre 67 y 77 años.

El trabajo describe, analiza y documenta de manera participativa los conocimientos campesinos sobre el manejo del agroecosistema de chile y sus recursos. Esto se proyecta como un aporte a la mejora del agroecosistema y los recursos. El trabajo pretende contribuir a la construcción del desarrollo tecnológico bajo el enfoque agroecológico. La información se centró en conocer el manejo local del suelo, del sistema y sobre la interpretación de los factores climáticos. Por lo que la propuesta se considera importante al permitir el rescate de los saberes comunitarios, que le son propios y han sido de utilidad para crear, recrear, producir, modificar y adaptarse a sus condiciones.

Acción participativa

La propuesta de líneas de acción como alternativas a la solución de los problemas de manejo del agroecosistema, los productores plantearon las siguientes acciones:

1) Conocimiento de la situación actual del agroecosistema
2) Promoción de la organización mediante la conformación de grupos
3) Realización de acciones de capacitación para mejorar el proceso productivo, organización, desarrollo humano y mercado
4) Formulación y gestión de proyectos
5) Aplicación del fitomejoramiento participativo.

Fitomejoramiento participativo

Los productores siembran exclusivamente variedades criollas, mantenidas durante generaciones, heredadas de sus padres o de procedencia desconocida, plantadas algunas desde hace más de 20 años. Por otra parte estas variedades se han vuelto muy susceptibles al ataque de la "secadera" y a la marchitez por *Nacobbus aberrans,* que en conjunto ocasionan pérdidas hasta del 100%, ocasionando la sustitución del chile por otros cultivos; por esta razón se considera a este germoplasma local (chile) en peligro de desaparecer. Por lo invaluable del recurso fitogenético se hace necesario unir esfuerzos y formular una estrategia tomando como punto de partida el conocimiento local para su rescate y conservación en sistemas de agricultura tradicional. Por lo que se diseñó una metodología participativa para el rescate de cultivares criollos de chile poblano, mejorar la calidad e la semilla y mantener el conocimiento local e intrageneracional. En las plantas fue de importancia identificar características que el agricultor considera importantes para decidir sobre la aceptación de una variedad, como fueron: el promedio de frutos por individuo, porcentaje de plantas secas, porcentaje de plantas marchitas, porcentaje de floración. Así mismo existen criterios y preferencias sobre la calidad de un semillero (almácigo) como son la sanidad e la plántula, uniformidad del tamaño y el tamaño de la hoja; en la fase de campo entre los criterios más importantes están que se trate de un cultivar de buen rendimiento, resistente a la "secadera", con la forma típica del chile poblano (botelludo), además de considerar características como tamaño, forma, lisura y color del fruto.

El procedimiento ha sido útil para establecer un mecanismo de mejoramiento genético *in situ* de la biodiversidad de chile poblano, dando como resultado la obtención de siete ciclos de selección. Se ha detectado lo señalado por Salazar (1992) la experiencia del fitomejoramiento significa un cambio profundo de actitud por los productores, al desarrollar habilidades para una comunicación constante, motivación e interacción con investigadores, permitiendo la selección de materiales en cada ciclo como parte del rescate de su germoplasma. Estos "nuevos" materiales han mostrado mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades, mayor calidad, uniformidad y manejo.

CONCLUSIONES

El trabajo no sólo cuestiona la forma convencional de intervención externa en las comunidades y la concepción limitada de actividades propuestas por las instituciones gubernamentales; también propone un nuevo proceso de institucionalidad basada en las relaciones sociales locales, tolerancia, respeto, discusión

y negociación, que transita del esquema convencional, hacia un modelo de desarrollo local con enfoque agroecológico para soportar desde el interior, las acciones de los grupos para ser auto-dependientes. El desarrollo de capacidades es una actividad común a todos los proyectos, lo que es diferente en el presente caso, es que se está desarrollando un proceso social controlado por los propios actores; centrado en el fortalecimiento de las capacidades para regir sus propios procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Laborde, C. J. A. 1984. Los recursos genéticos del chile Mexicano. En: Laborde y Pozo (Eds). Presente y pasado del chile en México. México, D.F. 76 p.

Rodríguez, M. J. N. 2004. Desarrollo endógeno local de productores rurales de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) en dos comunidades rurales de Puebla, México. Tesis doctoral. Colegio de Posgraduados. México. pp. 111-112.

Salazar, L. A. 1992. La acción comunicativa como complementación al enfoque de sistemas. Revista de Investigación/Desarrollo para América Latina (Ven) N° 1:68-75.

Toledo, V. M.1991 El juego de la supervivencia (un manual para la investigación Etnoecológica en Latinoamérica. Centro de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 96.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

CARACTERIZACIÓN DEL AGROECOSISTEMA DE MILPA EN LA SIERRA DE ETLA, OAXACA

Oscar Clemente Herrera[1§]; Ernesto Castañeda Hidalgo[1]; Flavio Aragón Cuevas[3]; [2]Salvador Lozano Trejo[1]; Gerardo Rodríguez Ortiz[2]; Gisela J. Flores Leyva[3]

[1]Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca. [2]INIFAP. Campo Experimental Valles Centrales. Oaxaca. [3]Investigador independiente. Oaxaca. [§]Autor responsable: cleho691212@hotmail.com

RESUMEN

La presente investigación se realizó, en el municipio de Santa María Peñoles, Etla, Oaxaca. Se ubica en las coordenadas 93° 52' al 98° 32' longitud O y 15° 39' y 18° 39' latitud N, a una altura promedio de 1,755 msnm. Este municipio presenta climas del tipo (C); subtipos (Cf) y la mayoría del territorio presenta (Cw) con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 18°c, los meses más fríos son diciembre y enero con temperaturas que llegan a –3 °C. El municipio está catalogado como de alta y muy alta marginación con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.532 (CONEVAL, 2005), la población depende en un 90% de las actividades del campo, la siembra de cultivos en su mayoría, de temporal, de riego, así como al aprovechamiento del bosque extrayendo leña, carbón y madera. El agroecosistema de milpa es el principal y más diverso sistema y base alimenticia de los peñolenses pero a pesar de disponer de alta riqueza genética, en el municipio de Santa María Peñoles, incluso en el estado de Oaxaca, existe un alto déficit de maíz y frijol, por la que en este trabajo se propone sistematizar una estrategia en la milpa, con base en el fitomejoramiento participativo. A través de valorar, rescatar y mejorar las semillas nativas o criollas del agroecosistema, principalmente los maíces, frijoles, calabazas, y demás especies que lo componen en busca de la seguridad alimentaria de las familias y posteriores generaciones dependientes del agroecosistema de milpa. La investigación se fundamentó en el enfoque de la Investigación Acción-Participativa (I-AP). Para el diagnóstico del agroecosistema se utilizó el proceso metodológico del Diagnóstico Rural Participativo (DRP), complementado con un cuestionario, talleres de planeación participativa y transectos agroecológicos.

Palabras clave: milpa, agroecosistema, participativo, nativas, diversidad, participativo.

INTRODUCCIÓN

México es un país megadiverso, multicultural y centro de origen, de domesticación y diversificación genética de 15.4% de todas las especies que constituyen el sistema alimentario mundial; esto se debe a la persistencia de los sistemas agrícolas tradicionales, en donde se cultivan germoplasmas nativos,

principalmente en el territorio de pueblos indígenas y comunidades campesinas. Expósito (2003) menciona que el DRP es un conjunto de técnicas y herramientas que permite que las comunidades hagan su propio diagnóstico y de ahí comiencen a auto-gestionar su planificación y desarrollo, su objetivo principal es apoyar la autodeterminación de la comunidad a través de la participación y así fomentar un desarrollo sostenible. La Alianza Cambio Andino (2009) menciona que en el diagnóstico se identifican los problemas que afectan al agroecosistema y que tipo de solución es la más plausible; se definen las áreas de desarrollo y se priorizan los objetivos del proyecto.

El agroecosistema de milpa en Santa María Peñoles lo realiza el 100% de las unidades familiares de la muestra, básica y principalmente siembran y cosechan para su atuconsumo, es decir para alimentación, poseen y manejan una gran diversidad de cultivos, pero a pesar de ello existe un déficit en la producción de los granos básicos: maíz y frijol. La población de este municipio mixteco está catalogada como de alta y muy alta marginación y un bajo índice de desarrollo humano es de 0.532 (CONEVAL, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó, en el municipio de Santa María Peñoles, Etla, Oaxaca, región de Valles Centrales de Oaxaca, enclavada en el Noreste del Estado de Oaxaca. Se ubica en las coordenadas 93° 52’ al 98° 32’ longitud oeste y 15° 39’ y 18° 39’ latitud norte y a una altura promedio de 1,755 msnm. La superficie total del municipio es de 181.17 km^2 y la superficie del municipio en relación a la del estado es del 0.25%. Este municipio presenta climas semicálidos, subhúmedos y templados subhúmedos, pertenecientes a los tipos de clima (C); principalmente los subtipos de clima (Cf) y la mayoría del territorio presenta (Cw) con lluvias en verano. Donde la temperatura media anual es de 18 °c, siendo los meses más fríos diciembre y enero con temperaturas que llegan a –3 °C.

Proceso metodológico

La Agencia de Desarrollo Rural (ADR) operada por la Consultora y Capacitación Integral Municipal (COCIM, SC) a partir del año 2007, en este municipio, se obtuvo la información de línea base de la población, dentro de todos los rubros resaltó de manera general la milpa como principal actividad generadora de alimentos y que ésta produce solo para el autoconsumo de las familias peñolenses, pero a pesar de ello existe un déficit en maíz y frijol.

Para el diagnóstico se utilizó la metodología del DRP, con las herramientas pertinentes para éste estudio, además de otras técnicas complementarias como la aplicación de cuestionarios, talleres de planeación participativa y transectos agroecológicos. Las cuales nos dieron un panorama de la situación pasada, presente de los recursos con que cuenta la comunidad y lo que las familias campesinas quieren en un futuro del agroecosistema de milpa. Participaron 33 productores del municipio de diferentes comunidades. Se aplicó un cuestionario piloto y posteriormente se realizó la aplicación de un cuestionario a todos los campesinos elegidos, el cual abarcó 11 apartados, enfocado al agroecosistema de la milpa. Para la caracterización del agroecosistema se tomó como base en la metodología propuesta por Gelfius (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar el diagnóstico y la caracterización del agroecosistema milpa para la alimentación de las familias peñolenses se hizo uso de diversas herramientas metodológicas las cuales nos proporcionaron información valiosa y complementaria. Las actividades se realizaron con los 33 unidades familiares de la muestra, hombres y mujeres de las 14 comunidades, de un total de 33 que forman el municipio de Santa María Peñoles, originarios de las comunidades y agencias de Recibimiento, Cañada de Hielo, Río de Manzanita, Rio Contreras, Santa María Peñoles (cabecera municipal), Río Rosario, Río Hondo, Corral de Piedra, Santa Catarina Estetla, El Progreso, Los Sabinos, San José Contreras, Cerro de Águila y Tierra Caliente, las cuales fueron elegidas en forma aleatoria, tomando en cuenta la altitud sobre el nivel del mar en la parte baja, media y alta del municipio, con alturas que van desde los 1,600 hasta los 2,600 msnm.

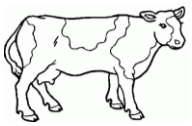
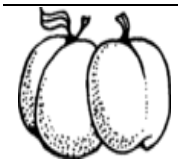
Diagnóstico del agroecosistema milpa

El perfil del grupo de las 33 unidades familiares con las que se trabajó fue posible identificar actividades productivas agrícolas bajo riego y temporal, crianza de especies menores de traspatio, ovinos, caprinos, especies mayores bovinos y equinos, recolección de productos de las parcelas y del campo (Cuadro 1).

Aspectos socioeconómicos

Con el uso herramientas para el diagnóstico participativo, el cual fue la base para definir los problemas y causas del agroecosistema de milpa. Como primer tema se abordaron aspectos generales de la comunidad, donde el perfil de la comunidad muestra una población total de 7,865 habitantes en el 2010, que son pobres, con un grado de marginación por municipio y por localidades de alto y muy alto, esto se reafirmó con los datos del INEGI, CONAPO, CONEVAL y SEDESOL.

Cuadro 1. Perfil de la comunidad de las actividades del agroecosistema de milpa de la Sierra de Etla, Oaxaca.

Producción					
	MAIZ 33 U.F.		FRIJOL 33 U.F.		CALABAZAS 33 U.F.
	GANADO 23 U.F.		CERDOS 13 U.F.		GALLINAS 30 U.F.
	FRUTALES 33 U.F.		LEÑA 33 U.F.		CARBON 13 U.F.
Otros ingresos					
	JORNALERO AGRICOLA 16 U.F.		COMERCIO 1 UF		ARTESANIA 1 U.F.

U.F.: Unidad familiar

En la estructura familiar el promedio de edad de los jefes de la unidad familiar, para este estudio, es de 45.8 años, son 100% población de la etnia mixteca. El grado de estudio, en escala de 1 a 3 (primaria, secundaria y bachillerato) en promedio es de 1.42; es decir, en su mayoría es de nivel primaria; 21 jefes de familia la acreditan, 10 más terminaron el nivel secundaria y dos de ellos concluyeron el nivel bachillerato.

El número promedio de integrantes de la familia es de seis, de los cuales 2.7 son hombres y 3.2 son mujeres y el 4.83 promedio de integrantes realizan actividades de apoyo o trabajan en la milpa.

De los jefes de unidades familiares cuestionados, 16 de ellos han salido a trabajar fuera de su comunidad, a la capital de estado, la capital de país o a otros estados del país, sobre todo a los del norte (Sinaloa, Sonora, Baja California), incluso a los Estados Unidos de América (EUA), realizan emigraciones temporales de algunos meses cada año, cuando no tienen actividades del campo o por contratos de seis meses a los campos agrícolas, incluso de uno a cinco años; cuatro unidades familiares tienen hijos migrantes en los EUA (10 personas) y otras 10 unidades tienen hijos en otros estados del país (capital del estado, capital del país, Veracruz, Sinaloa, Sonora, Baja California) las cuales suman 30 hombres y 15 mujeres en esta situación.

La diversidad de la milpa es de gran importancia para la población peñolense en la siembra de este agroecosistema, en promedio siembran 3.55 tipos de maíces y el total de las unidades familiares siembran 117 maíces; siembran 2.58 frijoles en promedio y un total de 80; de calabazas siembran 1.66 en promedio y 48 en total; finalmente de otras especies cosechadas, en las que se incluyen arvenses, frutales y fibras, en promedio cosechan 2.77 especies con un total de 83 especies.

La diversidad de especies aprovechables en el agroecosistema de milpa en Santa María Peñoles es muy amplia, desde especies comestibles anuales como berros, chepiche, yerbasanta; semiperennes y perennes como frutales, agaves de los cuales las unidades familiares tienen en sus parcelas durazno, pera, ciruela, membrillo, aguacate, lima, limón, anona, mandarina, naranja agria, plátano, caña, níspero, pitayo, granada, chayote, granada de moco y otras especies maguey, guajes, nopal, zarzamora, biznaga, pipe de las cuales aprovechan flores, frutos, fibras, cladodios (raqueta).

Respecto a la conservación de semillas en el agroecosistema de milpa en Santa María Peñoles el 1.7% de las unidades familiares compro su semilla de los maíces, el 7.69% la adquirió por medio de préstamo y el 90.59% fue herencia de sus ancestros (padres, abuelos, suegros). Para el caso del frijol el 17.07% compro sus semillas, el 10.7% las obtuvo prestadas y el 71.95% son herencia de abuelos y padres. Las semillas de calabazas en su totalidad son producto de herencia de sus ancestros. La compra de semillas fue hace cuatro a cinco años y a partir de allí las unidades familiares las han conservado, en el invierno de 2010 se presentó una fuerte helada que les hizo perder su cosecha y semillas. Por lo que podemos observar el 75.6% tiene y siembra semilla propia y el 24.4% de las unidades familiares obtuvo sus semillas a través de préstamo y el 100% selecciona sus semillas para la siembra en la casa ya cosechado y/o en la troja.

La siembra de sus semillas la realizan “al paso” el 100% de la UF, el 60% generalmente mezclan las semillas, para una parcela 2500 m^2, la medida o proporción es que a un kilo de maíz, se le adiciona 0.5 kg de frijol y 200 gr (3 a 4 puños) de calabaza o chilacayota, se distribuyen uniformemente en la parcela. Las parcelas se siembran de acuerdo a la presencia de lluvias, a la carga de trabajo o a la distancia que se encuentra la parcela de la casa de la UF, el 27% siembra primero las parcelas de la parte alta, el 33% siembra primero las parcelas de la parte baja, el 12% siembran primero las parcelas de la parte media; el 27% restante le es indistinto sembrar sus parcelas. Las actividades previas a la siembra que realizan son barbecho o “quebrado”, rastreo y surcado, el 78.8 realizan la primera y tercera actividad y solo el 21.2% realiza el rastreo. Las actividades posteriores a la siembra son primer deshierbe, segundo deshierbe el cual lo realiza el 60% y la cosecha que al igual que la primera actividad la realiza el 100% de las unidades familiares. El abonado a las parcelas es mediante abonos orgánicos y químicos, el primero lo realiza solo el 21.2% de las UF con abono caprino, ovino, bovino, aves y equino, amarran a los animales en el terreno cuando no hay cosecha y lo extienden al momento de iniciar las labores de preparación del terreno (“quebrado”, “rotura” o barbecho). El 90% aplica fertilizantes químicos, donde el 60% usa sulfato de amonio (“blanquito”), 30% usa superfosfato de calcio triple (DAP) y el 18% usa otros (urea y triple 17), esto se basa en que los campesinos manifiestan que el sulfato es el más barato de todos, otros mencionan que si mezclan sulfato con el DAP la milpa “se pone más chula”. El total de las UF no aplican insecticidas y tampoco herbicidas. El 30% de las UF tienen parcelas con riego, realizan la siembra en el mes de febrero con maíz tempranero, frijol y calabaza, estas parcelas están ubicadas en la ribera del río. El 100% de las UF siembran sus parcelas de temporal, la fecha de siembra depende de la presencia de las lluvias, regularmente inicia en el mes de mayo, pero en los últimos años ha cambiado mucho, según los productores el clima, depende como vengan las lluvias, pues ya no son parejas. El comportamiento de los cultivos es diferente de acuerdo a la zona altitudinal, en la zona baja el ciclo es más corto, a medida que la altura es mayor la temperatura disminuye y el ciclo es más largo, es decir las parcelas de la zona alta se siembran primero y se cosechan al final (de mayo a diciembre), en la zona baja siembran después y cosechan antes (de junio a octubre).

El territorio de Santa María Peñoles está bajo el régimen de Bienes Comunales, aunque internamente existe un parcelamiento de las tierras agrícolas y forestales y superficie de uso común; el acceso a los recursos lo define cada dueño y en el caso de lo común el comisariado. La tenencia de la tierra en todo el municipio es comunal, donde la forma de regular el orden y desarrollo del territorio del municipio es a través de asambleas de bienes comunales, las cuales se realizan de la siguiente manera: Santa María

Peñoles cada dos meses, Santa Catarina Estetla, San Mateo Tepantepec y San Pedro Cholula, se reúnen cuando las necesidades lo ameritan. Los datos de producción y consumo de alimentos indican que el 100% de las UF siembran milpa, principalmente maíz, frijol y calabazas (de cáscara dura, blanda y chilacayotas), que fundamentalmente usan los productos para la alimentación de sus familias, es decir producen solo para su autoconsumo, la producción obtenida no es suficiente para cubrir las necesidades todo el año, dependiendo del número de integrantes de la familia, se ponen a cocer desde 1 hasta 4 kg de maíz diario, de frijol es 1 a 3 kg cada dos o tres días y las calabazas varía de 2 a 3 días hasta un mes para consumirlas. Es importante aclarar que la esposa o mujer campesina es la responsable y la más indicada de administrar el consumo de la cosecha y al mismo tiempo de la selección de la semilla, la fecha de seleccionarla y como se realiza.

Además, cosechan otras plantas que crecen en sus parcelas como son quelites, quintoniles, mostaza, piojito, miltomate de milpa, verdolagas, las cuales las consumen de acuerdo como van creciendo en la parcela, llegando a cosecharlas a diario; frutales como capulines, duraznos, lima, plátano, manzana, así como maguey, guaje, zompantle, entre otros. Los residuos de la cosecha como rastrojo o totomoxtle, pajón o paja son para el consumo de los animales. La problemática de los cultivos es de gran importancia, aunado a la época de siembra, la pobreza de los suelos, los factores climáticos y las condiciones socioeconómicas de la UF, esta se vuelve más compleja. Al realizar la siembra y hasta unos 15 días después de la germinación las principales plagas que atacan son la gallina ciega y el gusano de alambre y es más fuerte su ataque si las siembras son tardías (en la segunda mitad del julio), otra fase de ataque de plagas es cuando las semillas han alcanzado la madurez fisiológica aún en la planta o ya cosechados, principalmente atacan a las semillas de maíz y frijol los gorgojos y palomillas, las larvas de barrenadores y hongos por exceso de humedad atacan a la calabaza. Los gorgojos y palomillas atacan a los granos desde antes de cosechar en el montón o troja incluso ya almacenados, el cual es un problema preocupante para los y las campesinas de la UF.

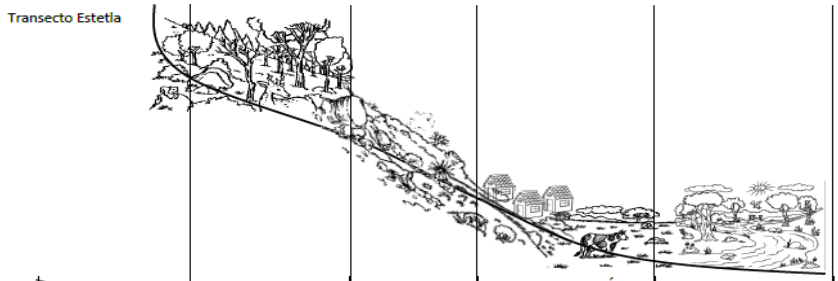
Caracterización del agroecosistema milpa
Sistema de manejo
1) Agroecosistema milpa tradicional de temporal y de riego

Denominado así porque está basado en el inicio de la temporada de lluvias, en la pendiente del terreno, en el conocimiento indígena (herencia de conocimientos de generación en generación), desarrollando actividades agrícolas tradicionales, en minifundio, con mano de obra familiar y principalmente siembran y cultivan maíces, frijoles y calabazas y colectan: quelites, mostaza, miltomate, piojito, verdolagas, entre

otros. El agroecosistema de riego se basa en el fin de la temporada de heladas y se práctica en las parcelas que están localizadas al margen (ribera) del río, la siembra se realiza en el mes de enero y febrero. Esta superficie la realizan el 12.2% del total de campesinos de la muestra. Las actividades que se identificaron dentro del agroecosistema milpa fueron:

a) Selección de semillas.
b) Preparación del suelo.
c) Labores culturales.
d) Fertilización
e) Control de humedad.
f) Cosecha.

Como resultado de la realización del transecto agroecológico se generó la información presentada en la Figura 1.



ZONA / RECURSO	MONTE 2460 msnm	LOMA BAJA 2218 msnm	RIBERA DEL RÍO 2000 msnm	RIO SAN JUAN 1860 msnm
SUELO	Monte cerrado Tierra de monte *Si te yusa'a*	Pie de monte Tierra de ladera *Ñuu tande'e*	Pie de monte/tierra amarilla arenoso Ñuu cua'a	Tierra amarilla Arenoso Ñuu cua'a
AGUA	Absorbe humedad	Se escurre y se lleva el suelo	buena humedad pero se seca rápido	Arrastra suelo en tiempo de lluvias Se seca muy rápido
CULTIVOS	Milpa de temporal: maíz azul, amarillo, chilacayota, frijol de milpa, trigo ligero maguey.	De temporal: maíz pinto, frijol boludo, nopales, maguey	De riego: maíz, tomate verde, frutales, frutales, encino amarillo,	de riego: maíz, tomate verde, frutales, sauces, chamizales, rabo de peine, carrizo, palo de águila,
ANIMALES	Pastoreo de bovinos	Pastoreo de bovinos	Pastoreo de ovinos y caprinos	Pesebre o tejavana de animales
QUIEN TRABAJA?	Toda la comunidad, la familia buscan leña	Parcelas comunales	Parcelas privadas	Campesinos que riegan parcelas
QUE SE HACIA ANTES	había más bosque, se sacaba leña y carbón	Antes se daba mejor la cosecha	Antes se sacaba leña	Antes más agua

Figura 1. Realización de transectos en papel por parte de los campesinos de la Sierra de Etla, Oaxaca.

La caracterización de especies vegetales en el agroecosistema milpa indica que está compuesto principalmente por maíces, frijoles y calabazas, los pasos realizados son: acopio de colectas, toma y registro de datos, acondicionamiento de las colectas, toma de datos de las colectas, colectas de maíz y mazorcas (Figura 2).



Figura 2. Pasos realizados en la caracterización de especies del agroecosistema de milpa en la Sierra de Etla, Oaxaca.

Se realizó la caracterización de razas y especies de las colectas de maíces (Cuadro 2), frijoles y calabazas. Se observan las diversas razas así como la mezcla entre ellas, de las 23 razas identificadas, se mezclan en grados diferentes, en porcentaje de colores (Figura 3).

Cuadro 2. Número de colectas y raza de maíz cultivadas y caracterizadas en la Sierra de Etla, Oaxaca.

Raza de maíz	Número de colectas
Cónico	19
elotes cónicos	18
Bolita	15
Cónico x bolita	6
Olotón x elotes cónicos	5
Bolita x elotes cónicos	4
Cónico x olotón	4
Serrano	3
Elotes cónicos x serrano	2
Elotes cónicos x olotón	2
Bolita x elotes occidentales	1
Bolita x conejo	1
Bolita x cónico	1
Bolita x olotón	1
Chalqueño x cónico	1
Chalqueño x olotón	1
Cónico x nal tel	1
Elotes cónico x bolita	1
Elotes occidentales x cónico	1
Olotón	1
Tepecintle	1
Tuxpeño x bolita	1
Sin registro*	14
Total	104

*las UF no tenían mazorcas en el momento de la colecta, ya se había sembrado o aún no habían cosechado



Figura 3. Caracterización por raza y especie de las colectas realizadas del agroecosistema de milpa de la Sierra de Etla, Oaxaca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alianza Cambio Andino. 2009. *Diagnóstico Rural Participativo, DRP. Catálogo de Metodologías Participativas. Métodos participativos*. 1-3 pp. Ed. CIAT. Bolivia.

Consejo Nacional de Evaluación de la política de desarrollo social (CONEVAL). 2005. {en línea} http://www.coneval.gob.mx/mapas. consultado el 15/05/2012.

Consejo Nacional de Evaluación de la política de desarrollo social (CONEVAL). 2010. {en línea}. http://www.coneval.gob.mx/mapas., consultado el 15/06/2012.

Estimaciones de CONEVAL con base en el Censo de Población y Vivienda 2010. http://www.coneval.gob.mx. Consultado el 15/06/2012.

Expósito, V. M. 2003. *Diagnóstico Rural Participativo Una guía práctica*. pp 7-14. Centro Cultural Poveda. República Dominicana. 118 pp.

Geilfus, F. 2009. 80 *Herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación*. Novena reimpresión. pp:65-66. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).. San José, Costa Rica. 217 pp.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

LOS MAÍCES CRIOLLOS Y SU CONSERVACIÓN DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS PRODUCTORES

Lorena Cortés Espinoza[1§]; Juan Manuel Hernández Casillas[1]; Dora María Sangerman-Jarquín[1]; Sara Hirán Morán Bañuelos[2]

[1]Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Campo experimental valle de México. México. [2]Campo experimental Zacatepec, Morelos. [§]Autor responsable: cortes.lorena@inifap.gob.mx

RESUMEN

La diversidad de poblaciones criollas de maíz continúa siendo la base de la agricultura campesina mexicana. Actualmente la conservación de este importante recurso genético se lleva a cabo por los agricultores, principalmente los tradicionales, quienes basan su alimentación en el maíz y otros productos locales. Sin embargo existen productores que han cambiado el maíz por otro cultivo; por lo que la finalidad de este trabajo es conocer la perspectiva de los productores sobre la conservación que están haciendo con los maíces criollos e identificar a los agricultores que los han cambiado por otros cultivos en el Estado de México y Distrito Federal. La información fue recopilada a través de una entrevista diseñada por 80 preguntas, para realizarlas se visitaron a 195 productores de maíz, 165 en las ocho regiones del Estado de México y 30 en las principales delegaciones productoras del Distrito Federal; la información se recabó durante el periodo enero a abril del 2011 en 26 municipios y 62 comunidades del Estado de México y en 4 delegaciones y 15 comunidades del Distrito Federal. También se entrevistaron a 58 agricultores que cultivan un producto distinto a maíz, para lo cual se diseñó una encuesta con 61 preguntas. Por lo tanto, se entrevistaron a 253 productores. Se trazaron rutas para realizar las visitas a los productores; estas visitas se dirigieron a contactar principalmente a productores de maíces criollos y después a agricultores con algún cultivo distinto a maíz. De acuerdo a la información proporcionada por los productores, se identificaron los factores que han influido en la declinación de las razas criollas de maíz y en el cambio de éste por otro en el Estado de México y Distrito Federal. Estos factores son los siguientes: baja productividad y rentabilidad de los maíces criollos, condiciones agroecológicas y climáticas para cultivar productos en condiciones de riego, precios bajos en el mercado, cambios climáticos que afectan en las épocas de siembra principalmente, falta de conocimiento sobre la importancia de la conservación de las razas nativas y su diversificación, uso limitado de algunas razas, entre otros factores. También se identificaron los principales factores que influyen en la conservación de los maíces nativos en orden de importancia son: los sistemas agroecológicos y las condiciones climáticas, aunados a los socioculturales; debido a que la mayoría de los productores cultivan en condiciones de temporal y estas razas son las que

se adaptan; además, les gusta consumir el maíz nativo por su sabor y además quieren conservar su tradición de cultivarlo, porque así ha sido de generación en generación.

Palabras clave: Conservación, Perspectiva de los productores, Maíces criollos

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la FAO (1996), en la actualidad se ven amenazados muchos recursos fitogenéticos que pueden ser vitales para el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria en el futuro; en los informes de los países se indica que las pérdidas recientes de diversidad han sido elevadas y que continúa el proceso de "erosión". Preocupa de manera particular la pérdida irreversible de genes, unidad funcional básica de la herencia y fuente primordial de la variación del aspecto, las características y el comportamiento de las plantas.

La agricultura mexicana se caracteriza por practicarse en pequeñas extensiones (Ramírez *et al*., 2007). Las áreas de temporal, fundamentalmente a cargo de pequeños agricultores campesinos, que cultivan sobre todo para el autoconsumo, en sistemas donde se combinan técnicas prehispánicas, coloniales y modernas, aplicando algunos insumos industriales (Aguilar *et al*., 2003). Es decir estos sistemas campesinos mexicanos se han caracterizados por el uso de tecnologías tradicionales donde se cultiva principalmente el maíz (Ramírez *et al*., 2007). México es un centro de origen, domesticación y de diversidad de numerosos cultivos (Mittermeier y Goettsch, 1992; Bellon *et al.,* 2009), el maíz, frijol, aguacate, nopales y agaves son los que tienen gran importancia global (Bellon *et al*., 2009).

El maíz es uno de los cultivos más importantes a nivel nacional, desde el punto de vista alimentario, industrial, social y cultural. En cuanto a diversidad genética, México es uno de los centros, donde se encuentra la mayor riqueza y el centro de origen de su domesticación (Ortega, *et. al*., 1991; Matsuoka, *et. al*., 2002; Doebley, 2004). Debido a la diversidad de agroecosistemas territoriales que son una herencia patrimonial de la agricultura mexicana que se basa en el manejo de los maíces criollos (Navarro *et al*., 2009). Esto ha llevado a que una de las principales características del maíz sea su enorme variabilidad y su gran diversidad genética; no obstante, es un rasgo que constituye al mismo tiempo un problema, ya que torna difícil la preservación de los caracteres seleccionados (Carrillo, 2009). Los pequeños agricultores del país, en su mayor parte indígenas y campesinos, son quienes continúan manteniendo esta diversidad en sus campos, solares y huertas; sin embargo, hay consenso en que la diversidad de maíz está

disminuyendo y que dicha tendencia continua (Bellon *et. al*., 2009). Es decir, los encargados de conservar mucha de la diversidad biológica de México han sido los pequeños productores, principalmente en las regiones donde se práctica la agricultura de temporal y juega un papel importante en la alimentación y el bienestar de las familias (Aguirre *et al*., 2009). Debido a que han permanecido por largo tiempo en sus territorios conservando las líneas genéticas originales de las plantas domesticadas (Boege, 2009), transmitiéndolas de generación a otra.

Para describir la diversidad del maíz en México, el concepto más utilizado ha sido el de raza, término originalmente propuesto como una forma de clasificación ―natural‖. Una raza se define como ―un grupo de individuos relacionados con suficientes características en común que permiten su reconocimiento como un grupo‖ (Anderson y Cutler, 1942). Es un concepto basado en la morfología de la mazorca y de la planta, y en el origen geográfico del maíz. Algunas razas van en declinación día con día como son Tuxpeño, Celaya, Cónico Norteño, Elotes Occidentales, Tablilla, Tabloncillo e incluso en peligro de extensión como es la raza Toluqueño (Gil, 2006); de igual forma Ron (2006), indica que obtuvieron pocas accesiones en la colecta de 2004 de las razas Dulce, Jala, Bofo, Pepitilla, Elotero de Sinaloa, Celaya, Reventador, Elotes Cónicos y Tabloncillo Perla. también, existen razas con poca representación en los bancos de germoplasma como son las razas Harinoso de Ocho, Palomero de Chihuahua, Elotero de Sinaloa, Complejo Cónico, Serrano de Jalisco, Jala, Palomero Toluqueño, Cacahuacintle y Arrocillo, entre otras (Juan Manuel Hernández Cacillas, Comunicación Personal, 2010). El riesgo de perder la diversidad del maíz es muy alto; debido a las condiciones económicas de marginación y pobreza que enfrentan los campesinos, como ya es evidente en muchas regiones, (Serratos, 2009). Algunos otros factores que pueden influir en la declinación de estas razas son, las nuevas variedades de maíz, los cambios culturales, sociales, de mercado y económicos, las políticas de apoyo, entre otros. Por lo tanto, la conservación in situ del maíz no está dictada puramente por lo económico, sino ante todo por un complejo entramado de costumbres, conocimientos, gustos y necesidades subjetivas. Por lo que la diversidad no es simplemente resultado de factores ambientales y biológicos, sino también de procesos humanos de domesticación y diversificación.

Existen dos especies nativas anuales más importantes económica y socialmente son el maíz y el frijol (González, 2009; Lépiz y Rodríguez, 2006). Además el maíz también ocupa el primer lugar desde el político ocupa, presentándose predominantemente la pequeña producción (González, 2009). Su importancia radica en la superficie que se siembra anualmente, la cantidad de mano que se utiliza, la

presencia en la dieta de la gran mayoría de los mexicanos, el porcentaje de la población que depende del grano para subsistir (Andrio *et al*., 2011). La superficie sembrada a nivel nacional para el 2011 fue de 6´391,689.66 de hectáreas -de maíz para diferentes finalidades, forraje, grano y semilla de variedades mejoradas-, que representan el 57.5% de la superficie total sembrada en el país (SIACON, 2012). En el estado de México se cultivaron 529,941.4 hectáreas, que representan el 71.3% de la superficie sembrada estatal y en el Distrito Federal se sembraron 5,465.20 hectáreas, que representan el 33.5% del total de la superficie sembrada (SIACON, 2012).

En esta región y en casi todas las regiones del país por lo general la mayoría de los pequeños campesinos utilizan variedades criollas locales, mientras que los agricultores comerciales comúnmente utilizan híbridos comerciales. Sin embargo, existen productores que cambiaron el maíz por otro cultivo; por lo que es importante identificar el por qué lo hicieron; además de conocer la perspectiva de los productores sobre la conservación que están haciendo del maíz nativo en el Estado de México y Distrito Federal. En base a lo anterior se planteó como objetivo conocer la perspectiva de los productores sobre la conservación que están haciendo con los maíces nativos e identificar a los agricultores que los han cambiado por otros cultivos en el Estado de México y Distrito Federal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información fue recopilada a través de una entrevista dirigida a productores de maíz y diseñada por 80 preguntas y se conformó con los apartados de datos generales, información generales del cultivo, siembra y flujo de semilla, fertilización, plagas, enfermedades, cosecha, almacenamiento, comercialización, destino, uso, conservación, inventario, costos e ingresos, apoyos institucionales y migración. Dos preguntas específicas que se hicieron a los agricultores fueron ¿Desea cambiar las razas criollas por los maíces mejorados o híbridos? y ¿Desea seguir conservando las razas criollas? Para realizar las entrevistas, se visitaron a 195 productores de maíz, 165 en las ocho regiones del Estado de México y 30 en las cuadro delegaciones del Distrito Federal donde todavía se cultiva el maíz (Milpa Alta, Xochimilco, Tláhuac y Tlalpan). Se identificaron a 177 productores que cultivan maíces criollos; los cuales, proporcionaron 197 muestras de maíces criollos que recopilaron en la troje de cada uno de ellos, este sitio o lugar lo construyen para almacenar y conservar el grano. Las muestras no llegaron a ser accesiones; debido a que, sólo se obtuvieron entre 3 y 8 mazorcas; éstas se llevaron al Campo Experimental en donde se identificaron.De igual forma se entrevistaron agricultores que no cultivan maíz, se buscaron en las ocho regiones del Estado de México y en las cuatro Delegaciones del Distrito Federal y solo se pudo identificar y

entrevistar a 58 productores que cumplieron con este requisito. También se diseñó una entrevista con 61 preguntas y conformada con los apartados de datos generales, información general del principal cultivo, siembra y flujo de semilla, fertilización, plagas, enfermedades, cosecha, almacenamiento, comercialización, destino, uso, conservación del maíz, inventario, costos e ingresos, apoyos institucionales y migración.

La información se recabó durante el periodo de enero a abril del 2011 en 62 comunidades pertenecientes a 26 municipios del Estado de México y 15 comunidades pertenecientes a las cuatro delegaciones del Distrito Federal.

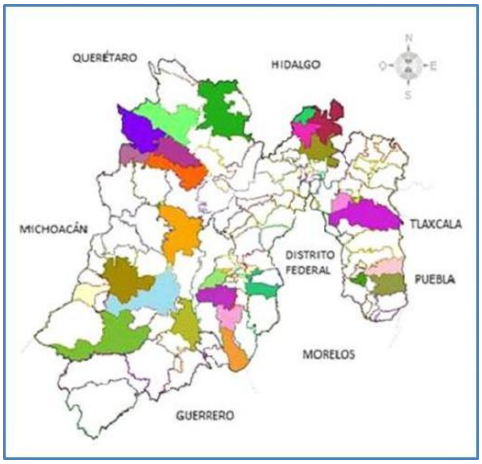


Figura 1. Municipios y del Estado de México donde se realizaron las entrevistas.

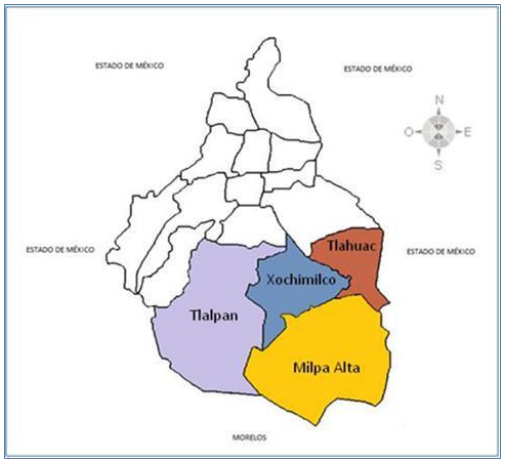


Figura 2. Delegaciones del Distrito Federalo donde se realizaron las entrevistas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La perspectiva de los productores de maíz

De acurdo a la información colectada en campo, la edad promedio que tienen los productores entrevistados es de 57 años, el agricultor con menor edad tiene 20 años y el de mayor edad tiene 80 años, siendo la moda de 64 años. De los campesinos entrevistados, un 89.74% cultiva maíces criollos y solamente un 9.23% cultiva maíces híbridos; también se identificaron productores que cultivan tanto maíces criollos como híbridos (1.03%).

Los productores que cultivan maíces criollos tienen en promedio 33 años haciéndolo; los que tienen menos tiempo, lo han hecho por dos años y los que tienen más tiempo, lo han hecho por 70 años. De los 20 productores que se identificaron que producen maíces híbridos, dos campesinos además de cultivar híbridos también conservan *in situ* semilla criolla y siete dejaron de conservar las razas criollas, debido a que, las cambiaron por híbridos. Por lo tanto, la mayoría de los productores entrevistados han realizado la conservación in situ de razas criollas de maíz a través del tiempo, teniendo en promedio tres décadas y otros lo han realizado durante siete décadas. Por consiguiente, este sistema ha permitido la conservación de los recursos genéticos de maíz; así que, se deben de desarrollar estrategias que contribuyan a que siga reproduciendo dicho sistema y en donde lo hayan dejado se pueda retomar. Las razas criollas de maíz son sembradas en una gran variedad de regiones agroecológicas que van desde el nivel del mar hasta los 3000 metros de altitud (Hernández, 1999). Con la información obtenida en campo se identificó el número de razas cultivadas por agricultor, encontrándose que los productores que cultivan solamente una raza de maíz criollo representan un 71.75%, los que cultivan dos razas son un 17.51%, los que conservan tres razas es el 9.60% y los que tienen cuatro razas únicamente es un 1.13%. Con respecto a la representatividad de los maíces nativos cultivados en la región y de acuerdo a la información recopilada, las principales razas de maíz cultivadas son Cónico y Chalqueño, representan poco más del 60% del total identificadas (Cuadro 1).

Cuadro1. Razas de maíz localizadas.

Raza	Frecuencia	%
Cónico	64	32.8
Chalqueño	60	30.8
Cacahuacintle	24	12.3
Elotes Cónicos	20	10.3
Celaya	8	4.1
Ancho	7	3.6
Arrocillo	7	3.6
Mushito	2	1.0
Palomero Toluqueño	2	1.0
Bolita	1	0.5
Total	195	100.0

Las variedades nativas son conservadas por los agricultores, quienes son los que las cultivan (Collins y Hawtin, 1999; (Kato *et al.,* 2009) señalan que se han descrito a la fecha 59 razas de maíz. Este grano

poseer un fuerte contenido socio-cultural y es el alimento básico en nuestro país (Massieu y Lechuga, 2002) De acuerdo a la información proporcionada por los productores, se identificaron los factores que intervienen en la conservación de los maíces nativos en el Estado de México y Distrito Federal, desde la perspectiva de los agricultores, se muestra en los Cuadros 2, 3 y 4 se enlistan los principales factores y van de mayor a menor importancia. De 195 productores entrevistados 177 cultivan maíces criollos, de éstos el 74.40% indicó que los cambiarían por híbridos, un 22.03% que si lo cambiaría y el resto que le gustaría probar pero sin dejar de cultivar el maíz nativo. Sin embargo, al incluir en la pregunta la palabra conservación, la respuesta cambia a un 97.70% los que quieren seguir conservando las razas criollas; sin embargo un 2.30% indicó que quizás ya no seguirían cultivando los maíces nativos.

Cuadro 2. Razones por las que los productores no cambiarían los maíces nativos por híbridos (74.40%).

Porque los híbridos no se adaptan a la región y sobre todo al temporal y se arriesgaría mucho.
Porque le gusta el criollo por su sabor, para las tortillas y le ha funcionado.
No le gusta el mejorado porque no es bueno para las tortillas, no tienen buen sabor, la planta tiene hoja muy gruesa y no produce semilla y ésta es muy dura.
La semilla mejorada es muy cara por eso sigue con las criollas.
No saben que existen los híbridos.
Tienen dudas sobre si se adaptarán los híbridos a las condiciones de la región.
No hay mercado en la región para el híbrido.
Quieren conservar el criollo y seguir con la tradición de cultivarlo.
Siempre ha sembrado criollos y no le llama la atención los híbridos.
Los híbridos actualmente son también transgénicos.
Tienen el apoyo del PROCAMPO y no les permiten cultivar otro producto.
Ha hecho mejoramiento seleccionando su semilla criolla y no la cambiaría.

Cuadro 3. Motivos por lo que los productores cambiarían los maíces nativos por híbridos (2.03%)

Si tuviera riego o hubiera uno que se adapte a la región, porque tienen mayor rendimiento.
La semilla mejorada es más resistente.
Le gustaría probar para compararlo con el criollo y ver cuál es mejor.
Porque han escuchado comentarios de que es bueno y de calidad.
El ciclo de la semilla mejorada es más corto.
Se puede usar maquinaria con la semilla mejorada.

Cuadro 4. Motivos para conservar las razas criollas de maíz (97.70%)

Los maíces criollos son los que se adaptan mejor a las condiciones de cada región.
Porque a las familias les gusta el sabor; ya que es más rico que las variedades mejoradas.
Por tradición, porque ya está acostumbrado y quiere conservar la cultura.
Para que no se pierda la semilla criolla porque después es difícil de conseguirla.
Considera que los maíces criollos son naturales y que no están contaminados con químicos y además son más nutritivos y saludables.
La semilla criolla es más barata y se consigue fácil.
Ya conoce el proceso de producción de los maíces criollos.
Es el que se puede vender en la región.
Porque los criollos tienen mayor calidad

Cuadro 5. Razones para no conservar las razas criollas de maíz (2.30%)

Tienen mejor rendimiento los híbridos o mejorados.
Quieren probar si tiene mayor rendimiento.
La semilla mejorada es más resistente.

La perspectiva de los productores que no cultivan maíz y que alguna vez lo hicieron

Se identificaron 58 productores que no cultivan maíz, localizándose 51 en el Estado de México y siete en el Distrito Federal que no cultivan maíz. En la región Coatepec Harinas es donde se encontró un mayor porcentaje (50%) que cultivan algún producto distinto al grano básico, resto se distribuyen entre las regiones de Texcoco, Zumpango y la Delegación de Milpa Alta. Fue complicado localizar a estos productores, debido a que la mayoría que se dedican a la agricultura producen maíz independientemente si es un cultivo complementario o el principal. La edad promedio de los entrevistados es de 45 años, la máxima de 80 años y la mínima de 21 años. Como actividad principal para el 62% de los entrevistados es la agricultura, para el 21% además tienen otra actividad y el resto tienen dos y hasta tres más.

Los productores que actualmente no siembran maíz, algunos si lo hicieron en algún momento de su vida; así se tiene que de 58 agricultores entrevistados, 50% afirmaron que cultivaron maíz, mientras que ocho no lo hicieron. De los 50 que cultivaron el grano el 50% informó que hace cinco años dejó de sembrar el maíz; en tanto que el otro 50% indicó que tiene entre seis y cincuenta años que ya no lo cultiva. Con respecto a los años que estuvieron cultivando el maíz, el 58% lo estuvieron sembrando entre uno a 10 años, el 32%

entre 11 y 20 años y solamente 10% entre 21 y 40 años. Cambiaron el grano principalmente por flores, fresa, nopal, papa sorgo, hortalizas -jitomate, brócoli, chícharo, espinaca y acelga- así como, forrajes –alfalfa, cebada y avena- y frijol (Figura 3).

La principal causa por lo que realizaron el cambio fue porque ya no era rentable producir el grano, aunado a la falta de mercado y precios altos de los insumo (Figura 4).

Estos productores también indicaron que quizás volverían a cultivar el maíz si hubiera un mejor mercado y un mejor precio más alto del grano (Figura 5).

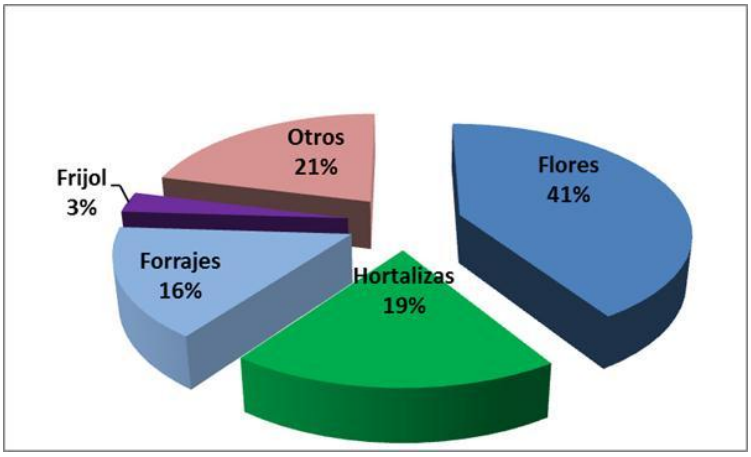


Figura 3. Cultivos por los que cambiaron el maíz.

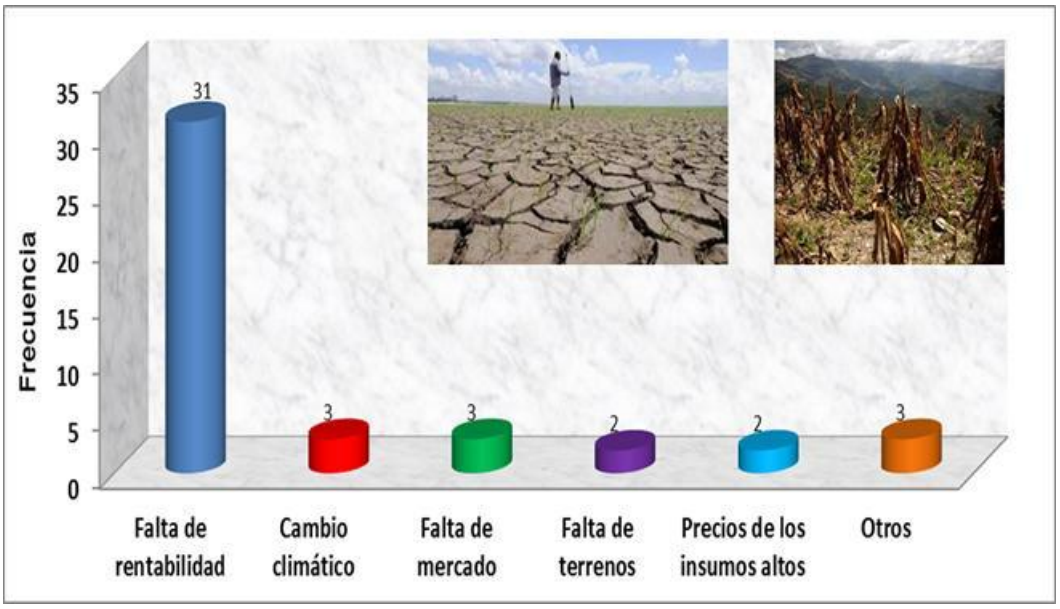


Figura 4. Principales causas de los productores por las que ya no cultivan maíz.

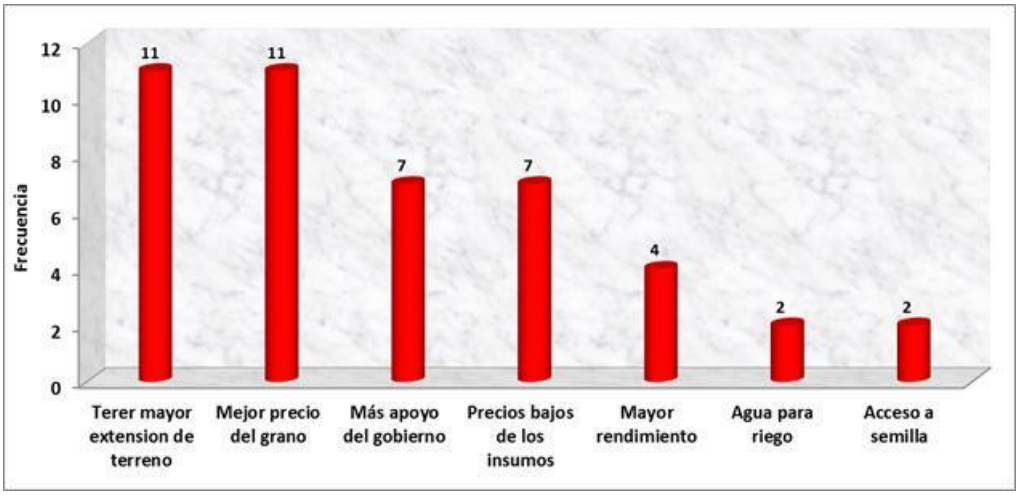


Figura 5. Condiciones bajo las cuales los productores volverían a cultivar maíz.

CONCLUSIONES

Desde la perspectiva de los productores, los principales factores que influyen en la conservación de los maíces nativos en orden de importancia son: los sistemas agroecológicos y las condiciones climáticas; debido a que la mayoría de los productores cultivan en condiciones de temporal y los criollos son las que se adaptan mejor a esas condiciones. Otro factor determinante es el sociocultural, ya que por tradición cultivan, conservan y consumen este cereal; esto ha sido de generación en generación. También son los factores los técnicos, porque han identificado que los maíces criollos son más resistentes a plagas y enfermedades y por los apoyos gubernamentales, principalmente PROCAMPO. También es importante señalar que los productores mostraron que les interesa conservar el maíz nativo; ya que hay una mayor respuesta positiva al preguntar si lo “conservarían”, que preguntando si lo cambiaría o no.

Sin embargo, el principal motivo por el cual los agricultores han cambiado el maíz por otros cultivos es la baja productividad y rentabilidad del grano, relacionados con sus costos de oportunidad o coste alternativo, por lo que prefieren cultivar otro producto más rentable como son flores, hortalizas, forrajes, papa, frijol; aunado a los altos costos de los insumos y precio bajo del cereal. Además algunos de los productores que sigue conservando el grano, su deseo es cambiarlo por otro cultivo, pero están conscientes de que es difícil que se adapte a las condiciones agroecológicas y climáticas de la región y sobre todo al temporal; debido a ello los agricultores siguen cultivando maíces nativos aunado a la cultura del maíz. Por lo que es necesario diseñar y establecer estrategias interdisciplinarias para contrarrestar dicha declinación y la necesidad de algunos productores de querer cambiar el cultivo del grano por otro. Para ello se necesita que los

programas de investigación, apoyo, transferencia de tectología y los que se relacionen con el subsector agrícola definan un mismo enfoque de conservación y sustentabilidad que permita impactar positivamente sobre el desarrollo de este subsector y el medio rural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar J.; C. Illsley; C. Marielle (2003). El maíz como cultivo I: Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos. pp. 83-122. *Sin maíz no hay país*. M.L. Martínez P. (Ed.), 1ª edición. Consejo Nacional para la Cultura. México.

Aguirre G.J.A. (2009). Acciones para proteger la diversidad del maíz en Guanajuato. p. 51. *III Reunión Nacional para el mejoramiento, conservación y usos de los maíces criollos.* Ricardo E. Preciado O.; B. Coutiño E.; M. Andrio E. (Eds.), 1ª edición. SOMEFI-Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato.

Anderson E.; H.C. Cutler. (1942). Races of Zea mays: I. Their recognition and classification. Ann. Mo. Bot. GANDERSON, E. 1943. Races of Zea mays. II. A general survey of the problem. Acta Americana 1:58-68.

Andrio E.E.; S.A. Rodríguez H.; A. Palomo B.; A. Espinoza B.; F. Cervantes O. E. Gutiérrez A.; G. Arambula V.; M Mendoza E. (2011). *Caracterización del potencial agronómico de maíces criollos para el mejoramiento genético*. pp. 59-73. Amplitud, mejoramiento, uso y riesgos de la diversidad genética de maíz en México. R.E. Preciado O.; S. Montes H. (Eds), 1ª edición. Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. Chapingo, Estado de México.

Bellon M.R.; A. F. Barrientos P.; P. C. García M.; H. Perales; J. A. Reyes A.; R. Rosales S.; D. Zizumbo V. (2009). Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. pp. 355-382. Capital natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. E. Boege; R. Lira S.; R. Ortega P. (Eds), 1ª edición. CONABIO, México.

Boege E. (2009). Centros de origen, pueblos indígenas y diversificación del maíz. *Ciencias.* [online] Núm. 92 - 93, octubre-marzo, 2009, pp. 18-28. Universidad Nacional Autónoma de México. México. http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=64412119004. Consultado: 26 marzo 2012.

Carrillo T. C. (2009). El origen del maíz naturaleza y cultura en Mesoamérica. *Ciencias.* [online] Núm. 92 - 93, pp. 4-13.Universidad Nacional Autónoma de México. México. http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=64412119003. Consulta: 24 marzo 2012.

Collin W. W.; C. Hawtin G. (1999). Conserving an using crop plant biodiversity in agroecosistems. pp. 267-82. *Biodiversity in Agroecosistems*. W. Collins W.; O. Qualset C. (Eds.). 1st. edition. CRC Press. USA.

Doebley, J. F. (2004). The genetics of maize evolution. *Annual Review of Genetics*. 38: 37-59.

FAO. 1996. Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos en el Mundo. [online] (http://www.fao.org). Consulta: 14 mayo de 2011.

Gil, M. A. (2006). Conservación in situ. pp. 20-58. *Recursos Fitogenéticos en México para la alimentación y la agricultura, Informe Nacional*. Chapingo, México. J. Molina M.; L. Córdova T. (Eds), 1a edición. SAGARPA, SOMEFI Y SNICS. México, D.F.

Gonzales-Estrada A. (2009). Estimación de las estructuras agraria y económica de la producción de maíz y frijol en México. *Revista Mexicana de Economía Agrícola y de los Recursos Naturales.* Chapingo, Edo. México. 2(1): 7-30.

Hernández, C. J. M 2010. Comunicación personal. Investigador del Programa de Recursos Genéticos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarios.

Hernández-Casillas J.M. (1999). La diversidad del maíz mexicano y su conservación. Pp. 1-13. *Segundo Taller Nacional de Especialidades de Maíz.* J. Espinosa V.; J. del Bosque C. (Eds), 1ª edición. Saltillo, Coahuila, México.

Kato Y. T.A.; C. Mapes S.; L.M. Mera O.; J.A. Serratos H.; R.A. Bye B. (2009). Origen y su diversificación del maíz: Una revisión analítica. 1ª edición. 116 pp. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.

Lépiz I.R.; E. Rodríguez G. (2006). Recursos fitogenéticos de México. pp. 1-18. *Recursos Fitogenéticos en México para la alimentación y la agricultura, Informe Nacional*. Chapingo, México. J. Molina M.; L. Córdova T. (Eds), 1a edición. SAGARPA, SOMEFI Y SNICS. México, D.F.

Massieu T.Y.; Lechuga M.J. (2002). El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Revista Análisis Económico*. Universidad Autónoma Metropolitana. Dstrito Federal, México. XVII (036): 281-303. Yoshihiro Matsuoka, Yves Vigouroux, Major M. Goodman, Jesus Sanchez G., Edward Buckler, and John Doebleyll

Matsuoka Y.; Y. Vigouroux; M.M. Goodman, J. Sánchez G., E. Buckler; J. Doebley (2002). *A single domestication for maize shown multilocus microsatellite genotyping. Proceedings of the National Academy of Sciences.* 99: 6080-6084.

Mittermeier R.; C. Goettsch (1992). La diversidad biológica de México. pp. 57-62. México ante los retos de la biodiversidad. J. Sarakhán K.; R. Dirzo (Eds). 1ª edición. CONABIO. México.

Navarro G. H.; M.A. Pérez O.; M. Hernández F.; F. Castillo G. y D. Flores S. (2009). Sistemas de producción con maíces criollos y necesidades socioeconómicas en Costa Chica, Guerrero, México. p. 67. *III Reunión Nacional para el mejoramiento, conservación y usos de los maíces criollos*. Ricardo E. Preciado O.; B. Coutiño E.; M. Andrio E. (Eds.), 1ª edición. SOMEFI-Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato.

Ortega, P. R. A., J. J. Sánchez G., F. Castillo G. y J. M. Hernández C. (1991). Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. pp.161-186. *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. 1ª edición. Chapingo, México.

Ramírez V.B.; G. Ramírez V.; J.P. Juárez S.; A. Cesín V. (2007). Tecnologías e implementos agrícolas: estudio longitudinal en una región campesina de Puebla. Revista de Geografía Agrícola. Universidad de Chapingo. Texcoco, México. 038: 55-70.

Ron, P.J.; J.J. Sánchez G.; A.A. Jiménez C.; J.A. Carrera V.; J.G. Martín L.; M.M. Morales R.; L. De la Cruz L.; S.A. Hurtado de la P.; S. Mena M.; J.G. Rodríguez F. (2006). Maíces nativos del Occidente de México I. 1-139*Colectas 2004*. Volumen 8 No. 1. Scientia-CUCBA. 1ª edición. Tecnología y Aplicaciones Gráficas, Universidad de Guadalajara, México.

Serratos H. J. A. (2009). El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. 1ª edición. pp.

Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México.

SIACON. (2012). Estadísticas Agropecuarias. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. [online] SIACON, SAGARPA. México, D.F.

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350. Consulta: 14 de agosto 2012.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

POTENCIAL DE RENDIMIENTO BAJO TEMPORAL DE POBLACIONES CRIOLLAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE MORELOS

Antonio Castillo Gutiérrez[1§]; José F. Romero Portillo[1]; Vicente E. Carapia Ruiz[1]; María G. Almaguer Sierra[2]; Henry González Rodríguez[3]

[1]Instituto Profesional de la región Oriente, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. [2]Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario no. 55. [3]Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario no. 39. [§]Autor responsable: acastillo-g@hotmail.com

RESUMEN

Los maíces criollos presentan una amplia variabilidad genética la que ha sido aprovechada por fitomejoradores para desarrollar variedades mejoradas adaptadas a diversos ambientes. En ésta investigación se evaluaron 47 poblaciones criollas de maíz de distinto origen geográfico y dos testigos regionales con los objetivos de: ***i)*** evaluar el potencial de rendimiento de las poblaciones criollas de maíz en condiciones de temporal del estado de Morelos y ***ii)*** seleccionar poblaciones criollas sobresalientes en rendimiento de grano, floración y altura de planta intermedias. Las poblaciones criollas se evaluaron en Primavera-Verano 2010 en condiciones de temporal, en el campo experimental del Instituto Profesional de la Región Oriente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. El diseño experimental fue un Látice Alfa con tres repeticiones. Se midieron 13 caracteres morfológicos incluyendo dos tipos de rendimiento de grano, uno denominado "total" que incluyó plantas acamadas y no acamadas y el denominado "parcial" el que se obtuvo sólo de plantas no acamadas. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza, comparación de medias, análisis de correlación fenotípica y estimación de parámetros genéticos. Los análisis de varianza revelaron una alta variabilidad genética entre las poblaciones criollas, identificándose a seis poblaciones con un promedio del rendimiento de grano "parcial" de 7.19 t ha^{-1}, los que igualaron estadísticamente el rendimiento de grano de los testigos H-515 y Costeño Mejorado (6.29 t ha^{-1}).

Palabras clave: maíz, poblaciones criollas, comportamiento agronómico.

INTRODUCCIÓN

En el Estado de Morelos, en el ciclo Primavera–Verano se cultiva una superficie de 25,624 hectáreas con maíz en la modalidad de temporal, con un rendimiento promedio de 3.04 t ha^{-1}, mientras que en condiciones riego se destinan alrededor de 1086 ha, produciendo un rendimiento promedio de 3.29 t ha^{-1}. En Morelos el maíz ocupa el tercer lugar de importancia solo después de los cultivos de sorgo y gladiola

(SIAP-SAGARPA, 2009). Los bajos rendimientos de grano, sobre todo en zonas de temporal pueden parcialmente ser explicados por el uso de germoplasma criollo, lo que en Morelos representa el 70% de la superficie sembrada. México como centro de origen del maíz, posee un gran número de poblaciones criollas generadas por productores que continuamente seleccionan semilla, lo que crea poblaciones con adaptaciones a condiciones ambientales específicas y casi particulares a diferentes lotes de producción (Aceves *et al*., 2002).

La alta variabilidad genética en poblaciones criollas regionales, se encuentra presente tanto entre como dentro de dichas poblaciones. La variabilidad genética presente en razas de maíz, ha sido aprovechada por fitomejoradores y utilizada para desarrollar variedades mejoradas, las cuales se han adaptado satisfactoriamente a muy distintos ambientes (Bringas, 1998). Sin embargo, el grado de variabilidad genética no ha sido explotado al máximo, debido en gran parte al reducido número de criollos utilizados, básicamente pertenecientes a lo raza Tuxpeño (Valdivia *et al*., 1996). Por otro lado, al existir un gran número de criollos, se desconoce la raza a la que pertenecen. Así como una falta de conocimiento sobre la relación genéticas entre poblaciones criollas (Nava y Mejía, 2002). Asimismo, la gran cantidad de criollos regionales ha limitado la posibilidad de evaluar el gran inventario germoplásmico de maíz que posee México. Lo que hace necesario que dicho germoplasma deba ser valorado principalmente con base en rasgos morfológicos de importancia agronómica. La evaluación agronómica del germoplasma criollo proporciona conocimiento sobre el uso potencial de poblaciones en programas de mejora genética, asimismo facilita la formación de complejos germoplásmicos con poblaciones similares con el fin de mantenerlos y/o mejorarlos genéticamente, lo que puede llevarse a cabo por medio de métodos de selección recurrente. La caracterización y clasificación del germoplasma se constituye como una importante meta en programas actuales de mejoramiento de maíz. Antes de la era de los marcadores moleculares de ADN, tanto la caracterización como la clasificación del germoplasma estuvieron basadas en el comportamiento de caracteres morfológicos (Bird y Goodman, 1977; Duvick, 1984; Smith *et al*. 1990). Pero aun cuando los marcadores de ADN facilitan la clasificación y medición de la relación de parentesco del germoplasma, la evaluación morfológica se hace indispensable para medir el efecto del ambiente en la expresión genética. Adicionalmente, se ha comprobado que la relación entre germoplasma medido por coeficientes de similitud, no es lineal entre las distancias morfológicas y las moleculares (Dillmann *et al*., 1997). Sugiriendo la necesidad de combinar los estudios fenotípicos y de diversidad genética para

identificar grupos de genotipos similares de una manera más confiable y que faciliten la conservación, evaluación y utilización de los recursos genéticos (Franco *et al*., 2001).

Recientemente en México, se ha incrementado el interés de los fitomejoradores por las poblaciones criollas, motivados por comparar el comportamiento de criollos contra híbridos específicos (Aceves *et al*., 2002), evaluar el comportamiento de germoplasma producido por combinaciones entre maíces criollos y mejorados (Ramírez *et al*., 2003), y descubrir el potencial de rendimiento de grano y caracteres agronómicos en criollos de maíz azul (Arellano *et al*., 2003; Antonio *et al*., 2004). La Universidad Autónoma del Estado de Morelos ha iniciado un programa de colecta, caracterización, clasificación y preservación de maíces criollos regionales, por lo que aquí se reportan los primeros esfuerzos por contribuir en el conocimiento y organización de la variación genética de maíz en el Estado de Morelos, por lo que el presente estudio tuvo como objetivos: i) evaluar el potencial de rendimiento de las poblaciones criollas de maíz en condiciones de temporal del estado de Morelos y ii) seleccionar poblaciones criollas sobresalientes en rendimiento de grano, floración y altura de planta intermedias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El germoplasma evaluado en esta investigación estuvo representado por cuarenta y nueve poblaciones de maíz, de las cuales 47 fueron poblaciones criollas y dos variedades mejoradas el híbrido H-515 y la variedad de polinización libre Costeño Mejorado, los dos últimos fueron usados como testigos de referencia (Cuadro 1). La evaluación de las poblaciones criollas y los testigos se condujo en un experimento de campo establecido durante el ciclo agrícola de Primavera-Verano 2010, en condiciones de temporal. El experimento se instaló en el campo experimental del Instituto Profesional de la Región Oriente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, el cual se encuentra localizado en Ayala, Morelos (18º 44’ 37” de latitud Norte y 98° 54´ 34” longitud Oeste). Esta localidad presenta una altura sobre el nivel del mar de 1285m, tipo de suelo vertisol y un clima cálido sub-húmedo (Aw0), caracterizándose por presentar lluvias durante el verano. La época seca comprende de los meses de octubre a mayo. Su precipitación media anual es de 800 mm, con una temperatura media anual de 24°C. El diseño experimental utilizado fue un Látice Alfa con tres repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo, con una separación de 0.8 m. En cuanto a la distancia entre plantas se sembraron dos semillas cada 0.25 m y se practicó un aclareo cuando las plantas tuvieron aproximadamente 15 cm.

Utilizando las plantas de la parcela útil, se registraron datos sobre 13 variables morfológicas de respuesta, siete correspondieron a caracteres relacionados a la planta como fueron; floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH) y acame de plantas (PA); cuatro caracteres asociados a la mazorca principal; longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), hileras por mazorca (HM) y granos por mazorca (GM). En cuanto al rendimiento de grano se estimaron dos tipos de rendimiento, uno denominado en el trabajo como "total" (RG_T), el que se determinó mediante cosechar la totalidad de plantas en la parcela útil, considerando tanto plantas que no presentaron acame como aquellas acamadas, el otro tipo rendimiento se refirió como rendimiento de grano "parcial" (RG_P), el cual se obtuvo incluyendo solo las plantas no acamadas en la parcela útil. El manejo agronómico del experimento consistió en preparar el suelo con un barbecho, rastreo y surcado a 0.8 m de distancia, se estableciéndose una densidad poblacional de 50,000 plantas ha^{-1}. La fertilización fue con la fórmula 120–46–00 en dos aplicaciones, la primera se realizó al momento de la siembra con el 50 % de Nitrógeno y el total de Fósforo; la segunda aplicación se realizó cuando las plantas de maíz se encontraron aproximadamente en la etapa fenológica V6 (Ritchie *et al.,* 1992), aplicando el resto del Nitrógeno.

El análisis estadístico consistió en probar la normalidad de las variables y en el caso de falla de normalidad se procedió a normalizar los datos mediante transformaciones estadísticas convencionales. Posteriormente se realizaron análisis de varianza, comparación múltiple de medias mediante con el procedimiento de diferencia mínima significativa ($DMS_{0.05}$) y análisis de correlación, finalmente usando las esperanzas de cuadrados medios se procedió a estimar los parámetros genéticos de varianza genética ($\boldsymbol{\delta^2_G}$), varianza fenotípica (δ^2_F) y heredabilidad ($\mathbf{h^2}$) en sentido amplio para todos los caracteres medidos. Los análisis estadísticos se realizaron usando el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestran los cuadrados medios y coeficientes de variación de los trece caracteres morfológicos medidos en las poblaciones criollas evaluadas. En el mencionado cuadro, se observa que en siete de los trece caracteres se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) o altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre Repeticiones. En tanto que en la fuente de variación que evalúa la diferencia entre Bloques, sólo en seis caracteres se encontraron efectos estadísticos significativos. Sin embargo, en la fuente de variación que valora la presencia de variación entre poblaciones criollas, todos los

caracteres resultaron con diferencias altamente significativas (P≤0.01). Los valores de los coeficientes de variación indicaron que el carácter que presentó la menor variación fue la floración femenina (FF) con

Cuadro 1. Germoplasma de maíz criollo evaluado en Ayala, Morelos. 2010.

No. Id	Población	Origen	No. Id	Población	Origen
1	MOPoz1	Morelos	26	Caballeros-R	Tamaulipas
2	PNP	Puebla	27	RTeM1	Morelos
3	BAM1	Morelos	28	NAbM1	Morelos
4	BTHM1	Morelos	29	NPM1	Morelos
5	BCP1	Puebla	30	NIG1	Guerrero
6	BTG1	Guerrero	31	PBP	Puebla
7	RNM1	Morelos	32	KTM1	Morelos
8	RPM2	Morelos	33	Caballeros	Tamaulipas
9	RAM2	Morelos	34	BAHM1	Morelos
10	BSAM1	Morelos	35	Moreño	Tamaulipas
11	BNP1	Puebla	36	BIG1	Guerrero
12	NSM1	Morelos	37	RAHM1	Morelos
13	H-515*	INIFAP	38	RAM1	Morelos
14	NJM1	Morelos	39	BIM2	Morelos
15	RAJ1	Jalisco	40	NTeM1	Morelos
16	NNM1	Morelos	41	NPM2	Morelos
17	Ratón	Tamaulipas	42	NJM3	Morelos
18	NArM1	Morelos	43	BJM1	Morelos
19	NIM1	Morelos	44	UAEM-08-G1	Morelos
20	UAEM-08-G2	Morelos	45	PPZ	Puebla
21	BCM1	Morelos	46	NAM1	Morelos
22	RSG1	Guerrero	47	NTM1	Morelos
23	BJM2	Morelos	48	Costeño Mej.*	INIFAP
24	NJM2	Morelos	49	RTM1	Morelos
25	TPAmar1	Tamaulipas			

*Variedades mejoradas testigo.

un valor de 1.07 %, y el de mayor variación correspondió al rendimiento de grano "parcial" (RG_P) con un valor de 27.54 %.

La existencia de diferencias significativas entre repeticiones y bloques, revela la alta heterogeneidad entre unidades experimentales que se pueden presentar en experimentos de campo, lo que se puede atribuir a variación en factores relacionados al suelo agrícola, como pueden ser gradiente de fertilidad, profundidad, pendiente y otros (Steel y Torrie, 1960). Con relación de las altas diferencias significativas detectadas entre poblaciones, estos resultados están dentro de lo esperado, debido a que la poblaciones criolla se

caracterizan por contener una gran variabilidad genética tanto entre como dentro de las poblaciones (Bringas, 1988). La existencia de variación genética en éste tipo de poblaciones permite contar con germoplama base para iniciar programas mejoramiento genético (Aceves *et al*., 2002) e integrar

Cuadro 2. Cuadrados medios para variables morfológicas medidas en 49 poblaciones de Maíz. Ayala, Morelos. 2009.

Variable	Repeticiones	Bloques(Rep.)	Poblaciones	Error	CV (%)
Grados de Libertad	2	18	48	78	
FM (d)	3.78NS	3.05**	50.41**	0.74	1.41
FF (d)	14.21**	1.48**	52.61**	0.46	1.07
AP (cm)	194.11NS	626.09**	1219.27**	254.84	6.20
AM (cm)	498.70NS	249.09*	801.72**	127.11	8.25
DT (cm)	0.06NS	0.23**	0.04*	0.02	6.63
HP (No.)	3.30*	2.23NS	2.67**	0.44	4.71
LM (cm)	19.20*	2.42NS	8.89**	3.32	12.09
DM (cm)	2.04*	0.28NS	1.16**	0.37	14.70
HM (No.)	4.00NS	1.23NS	13.16**	1.42	10.20
GM (No.)	21527.00*	2232.88NS	27640.00**	2898.89	13.73
AC (%)	260.51NS	133.96*	557.90**	70.54	42.80
RG_T¶ (t ha^{-1})	10.02*	1.34NS	9.45**	1.11	23.40
RG_P§ (t ha^{-1})	8.01*	1.56NS	10.41**	1.09	27.54

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. NS= no significativo; ¶: Rendimiento de grano estimado con todas la plantas de la parcela útil (Total); §Rendimiento de grano estimado no considerando las plantas acamadas (Parcial).

poblaciones de amplia base genética, en complejos germoplásmicos que facilitan incrementar el rendimiento y caracteres agronómicos de interés, cuando son incorporados a variedades mejoradas (García *et al.,* 2002). El comportamiento agronómico de las seis poblaciones de mayor y menor rendimiento de grano junto con sus floraciones y altura de planta se muestran en el Cuadro 3. Las poblaciones criollas que mostraron el más alto rendimiento de grano total (RG_T), promediaron 7.75 t ha^{-1}, mientras que las de menor rendimiento tuvieron un promedio de 2.31 t ha^{-1}, lo que representa una diferencia de 5.44 t ha^{-1}. En tanto que para el rendimiento de grano parcial (RG_P) la diferencia fue de 5.86 t ha-1. Así mismo, se encontró que las poblaciones criollas de mayor rendimiento igualaron el rendimiento que las variedades testigo (H-515 y Costeño Mejorado).

En lo que respecta al carácter de altura de planta, ambos grupos de poblaciones mostraron muy similar altura, sin embargo la población BCM1 mostró la menor altura con 205.1 cm. Acerca de la floración masculina y femenina todas las poblaciones se comportaron similarmente, promediando 61.0 y 62.9 días

para las de mayor y menor rendimiento agronómico, respectivamente. Los rendimientos de las poblaciones sobresalientes son muy similares a los rendimientos reportados en otros estudios con poblaciones criollas en distintos ambientes, tal es el caso del estudio realizado en el Valle de Toluca con42 variedades criollas de maíz, en donde los rendimientos estuvieron en un rango de variación de 7.5 a 8.9 t ha^{-1} (Arellano *et al*., 2010).

Cuadro 3. Caracteres agronómicos en Poblaciones criollas de maíz. Ayala, Morelos. 2010.

Población	FM d	FF d	AP cm	RG_T¶ t ha^{-1}	RG_P§ t ha^{-1}
		Poblaciones de Mayor Rendimiento de Grano			
Moreño	61.7	62.7	250.3	8.66	7.79
BJM2	59.7	60.7	289.5	8.34	7.53
BJM1	61.3	62.0	269.9	8.17	8.00
Caballeros	63.3	65.0	255.3	7.27	6.75
BTHM1	60.7	62.7	299.2	7.08	6.50
BCM1	59.3	62.0	205.1	6.98	6.59
		Poblaciones de Menor Rendimiento de Grano			
PBP	62.3	66.0	273.1	2.74	0.99
PPZ	61.0	62.3	271.4	2.48	1.57
NIG1	64.7	65.7	252.2	2.47	2.19
PNP	63.3	64.3	293.5	2.38	0.96
MOPoz1	63.3	65.3	247.0	2.22	1.66
BIG1	65.3	67.3	260.9	1.58	0.63
			Testigos		
H-515 (T)	60.3	62.0	237.8	7.26	6.68
CosMej (T)	61.0	63.0	275.4	6.99	5.90
Promedio	61.0	62.9	257.6	4.53	3.81
EE	0.6	0.6	3.1	0.27	0.28
$DMS_{(0.05)}$	1.4	1.1	26.0	1.71	1.70

¶: Rendimiento de grano estimado con todas la plantas de la parcela útil. §: Rendimiento de grano estimado no considerando las plantas acamadas.

Los resultados del análisis de correlación (Cuadro 4) fenotípica entre las trece variables medidas en las 49 poblaciones de maíz evaluadas, revelan que 38 de los 78 coeficientes de correlación manifestaron una alta significancia estadística ($P<0.01$), lo que representa 48.7 %. En tanto que el 17.9 % de los coeficientes de correlación solo mostraron una diferencia estadística significativa ($P<0.05$), el resto de los pares de caracteres no mostraron estar correlacionados. La asociación entre caracteres que resultaron una correlación positiva alta y significancia al 0.01 de probabilidad fueron la floración masculina (FM) con la floración femenina (FF) con valor de correlación de 0.98**, así mismo los caracteres de altura de planta

(AP) y altura de mazorca (AM) tuvieron un valor de 0.88**. En cuanto a valores negativos en los coeficientes de correlación, se determinó que la más alta correlación negativa correspondió a la asociación entre el acame de planta (AC) y los dos tipos de rendimiento: total (RG_T) y parcial (RG_P), con valores de -0.65** y -0.77**, respectivamente. Los valores estimados de los parámetros genéticos y sus errores estándar se exponen en el Cuadro 5. Los valores tanto de las varianzas genéticas (σ^2_G) como fenotípicas (σ^2_F) fueron relativamente altos lo que significa una alta variabilidad presente entre las poblaciones criollas en los 13 caracteres estudiados.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación fenotípica entre 13 caracteres morfológicos.

	FF	AP	AM	DT	HP	LM	DM	HM	GM	AC	RG_T	RG_P
FM	0.98**	0.32*	0.42**	0.11	0.43**	-0.34*	-0.60**	-0.35**	-0.41**	0.38**	-0.36**	-0.37**
FF		0.28*	0.39**	0.07	0.40**	-0.37**	-0.61**	-0.36*	-0.41**	0.40**	-0.40**	-0.40**
AP			0.88**	0.28*	0.43**	0.04	-0.14	-0.20	-0.16	0.27	-0.04	-0.11
AM				0.21	0.32*	-0.22	-0.35*	-0.26	-0.33*	0.51**	-0.34*	-0.40**
DT					0.19	0.15	0.06	0.22	0.22	0.02	0.28	0.24
HP						0.24	-0.19	0.14	0.23	-0.11	0.28*	0.28*
LM							0.51**	0.38**	0.61**	-0.33*	0.58**	0.54**
DM								0.58**	0.59**	-0.29*	0.49**	0.45**
HM									0.89**	-0.19	0.55**	0.50**
GM										-0.32*	0.70**	0.65**
AC											-0.65**	-0.77**
RG_T												0.98**

*, **; significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad

Cuadro 5. Estimación de parámetros genéticos de 49 poblaciones criollas de maíz evaluadas en el ciclo Primavera-Verano 2009, en Ayala, Morelos.

Variable	σ^2_G	EE σ^2_G	σ^2_F	EE σ^2_F	h^2	EEh^2
FM (d)	16.6	3.33	16.8	3.33	0.99	0.20
FF (d)	17.4	3.50	17.5	3.50	0.99	0.20
AP (cm)	321.5	81.97	406.4	80.88	0.79	0.20
AM (cm)	224.9	53.60	267.2	53.18	0.84	0.20
DT (cm)	0.005	0.003	0.012	0.002	0.44	0.24
HP (No.)	0.7	0.18	0.9	0.18	0.84	0.20
LM (cm)	1.9	0.61	3.0	0.60	0.63	0.20
DM (cm)	0.3	0.08	0.4	0.08	0.68	0.21
HM (No.)	3.9	0.88	4.4	0.88	0.90	0.20
GM (No.)	8247.0	152.03	9213.3	1833.43	0.90	0.01
AC (%)	83.3	19.42	97.0	19.30	0.86	0.20
RG_T (t ha^{-1})	2.8	0.63	3.2	0.63	0.88	0.20
RG_P (t ha^{-1})	3.1	0.70	3.5	0.70	0.90	0.20

Las heredabilidades en sentido amplio de los caracteres morfológicos manifestaron un rango de 0.44 hasta 0.99. El diámetro de tallo resultó con la menor heredabilidad (0.44 ± 0.24), en tanto que la floración masculina (FM) y la femenina (FF) mostraron los mayores valores de heredabilidad (0.99 ± 0.20). La altura de planta (AP) como uno de los caracteres importantes en la evaluación varietal reflejó un valor de heredabilidad de 0.79 ± 0.20. En cuanto al rendimiento de grano, las heredabilidades estimadas para el rendimiento total (RG_T) fueron de 0.88 ± 0.20 y para el rendimiento parcial (RG_P) de 0.90 ± 0.20. En general las estimaciones de las heredabilidades de los caracteres medidos presentaron valores superiores a 0.5.

CONCLUSIONES

Las conclusiones basadas en los objetivos planteados en la presente investigación son fundamentalmente; que existe una gran variabilidad genética entre las poblaciones criollas de maíz que se evaluaron, lo que se observó en la totalidad de los caracteres morfológicos medidos. Por lo que fue posible la identificación de un grupo de seis poblaciones criollas con rendimientos de grano que fluctuaron desde 6.6 hasta 8.0 t ha^{-1}, igualando el rendimiento de grano producido por las variedades mejoradas usadas como testigos. Lo que las convierte en germoplasma promisorio para iniciar un programa de mejoramiento genético de maíz para alto rendimiento. Los altos valores de correlación entre acame de planta y rendimiento de grano "total" (-0.65**) y rendimiento de grano "parcial" (-0.77**) permitirá una efectiva selección para incrementar el rendimiento de grano reduciendo simultáneamente la proporción de plantas acamadas. La selección será efectiva debido a que se estimaron altos valores de heredabilidad los que superaron en 12 de 13 caracteres el valor de 63% de heredabilidad en sentido amplio.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por el financiamiento parcial de ésta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aceves R.E.; Turrent F.A.; Cortes F.J.I.; Volke-Haller V. (2002). Comportamiento agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el Valle de Puebla. Rev. Fitotec. Mex. 25(4):339-347.

Antonio M.M.; Arellano V.J.L.; García de los S.G.; Miranda C.S.; Mejía C.J.A.; González C.F.V. (2004). Variedades criollas de maíz azul raza chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. Rev. Fitotec. Mex. 27(1):9-15.

Arellano V.J.L.; Tut C.C.; María R.A.; Salinas M.Y.; Tabeada G.O.R. (2003). Maíz azul de los valles altos de México. I. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. Rev. Fitotec. Mex. 26(2):101-107.

Bird R.M.; Goodman M.M. (1977). The races of maize V: Grouping maize races on the basis of ear morphology. Econ. Bot. 31:471-481.

Bringas L. (1998). La revolución regresa a casa. Anuario del Maíz. Nueva Era en la Agricultura. 1:8-10.

Dillman C.A.; Bar-Hen; Guérin D.; Charcosset A.; Murigneux A. (1997). Comparison of RFLP and morphological distances between maize Zea mays L. inbred lines. Consequences for germplasm protection purposes. Theor. Appl. Genet. 95:92-102.

Duvick D.N. (1984). Genetic diversity in major farm crops on the farm and in reserve. Econ. Bot. 38:157-174.

Franco J.; Crossa J.; Ribaut J.M.; Betrán J.; Warburton M.L.; Khairallah M. (2001). A method for combining molecular markers and phenotypic attributes for classifying plant genotypes. Theor. Appl. Genet. 103:944-952.

García Z.J.; Molina G.J.; López R.J. 2002. La selección masal como método para obtener líneas de alta altitud combinatoria específica en maíz. Rev. Fitotec. Mex. 25:299-304.

Nava P.F.; Mejía C.J.A. (2002). Evaluación de maíces precoces e intermedios en valles altos centrales de México. II. Divergencia genética. Rev. Fitotec. Mex. 25(2):187-192.

Ramírez M.C.A.; Márquez S.F.; Rodríguez H.S.A.; Ron P.J. (2003). Comportamiento de retrocruzas divergentes y cruzas entre retrocruzas de maíces criollos y mejorados. Rev. Fitotec. Mex. 26(4):215-221.

Ritchie S.W.; Hanway J.J.; Benson G.O. (1992). How a corn plant develops. Special Report No. 8. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa.

SAS Institute. 1999. SAS user's guide. Statistics. Versión 8.2.

SIAP-SAGARPA. 2009. Avances de cosechas y siembra. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera http://www.siap.sagarpa.gob.mx/. Consulta: 15 de mayo de 2010.

Smith O.S.; Smith J.S.C.; Bowen S.L.; Tenborg R.A.; Wall S.J. (1990). Similarities among a group of elite maize inbreds as measured by pedigree, F1 grain yield, grain yield, and RFLPs. Theor. Appl. Genet. 80:833-840.

Steel R.G.D.; Torrie J.H. (1960). Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. P481.

Valdivia B.R.; Preciado O.R.E.; Gómez M.N.; Sierra M.M. (1996). Mejoramiento de maíces criollos tropicales mediante selección recurrente. Rev. Fitotec. Mex. 19:9-20.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

FORMACIÓN DEL CICLO CUATRO DE SELECCIÓN EN UNA POBLACIÓN DE MAÍZ POZOLERO DEL ESTADO DE MORELOS

José F. Romero Portillo[1]; Antonio Castillo Gutiérrez[1§]; María Andrade Rodríguez[2]; Vicente E. Carapia Ruíz[1]; Dagoberto Guillén Sánchez[1]; Sergio A. Rodríguez Herrera[3]

[1]Instituto Profesional de la Región Oriente. [2]Universidad Autónoma del Estado de Morelos. [3]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. [§]Autor responsable: acastillo-g@hotmail.com

RESUMEN

En el estado de Morelos el maíz pozolero se siembra en la parte alta del estado, en altitudes superiores a los 1500 metros sobre el nivel del mar, y se dedica una superficie anual de cerca 3000 hectáreas, con un promedio de rendimiento de 4.27 t ha^{-1}. En la actualidad no existen variedades mejoradas de pozolero por lo que uno de los esfuerzos del programa de mejoramiento genético de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos es la formación de una a partir de germoplasma criollo nativo del estado. Los objetivos principales del presente estudio fueron; *i)* realizar el cuarto ciclo (C_4) de selección recurrente a través de familias de medios hermanos y *ii)* seleccionar las familias de mayor rendimiento y reducido acame de plantas. El germoplasma utilizado estuvo constituido por 190 familias de medios hermanos derivadas del ciclo tres de selección, los ciclos de selección cero, dos y tres, además de dos variedades mejoradas no pozoleras como testigos. Las 196 entradas se evaluaron en experimentos de campo en tres localidades del estado de Morelos bajo temporal. El diseño experimental fue Latice Alfa con dos repeticiones. Las características estudiadas fueron acame de plantas, mazorcas por planta, diámetro y longitud de mazorca, diámetro de olote y rendimiento de grano. Los resultados indicaron que la población de pozolero bajo selección aún presenta una gran cantidad de variación genética. Cuatro ciclos de selección basada en familias de medios hermanos ha incrementado en un 31.3 % el rendimiento de grano de la población original. El acame de plantas se ha reducido en casi un 28%, factor que es de gran utilidad sobre todo en lugares donde se pretenda mecanizar la cosecha del maíz.

Palabras clave: maíz pozolero, selección recurrente, familias de medios hermanos.

INTRODUCCIÓN

México es el cuarto productor de maíz en el mundo, pero también es un importante consumidor del mismo. Aunque se cubre prácticamente la totalidad de demanda del maíz blanco con la producción nacional, el país es deficitario en maíz amarillo, que tiene diversos usos, principalmente pecuario (Cruz *et al*., 2007). El maíz es un cultivo de enorme importancia en el país por ser la fuente principal de proteínas y de

carbohidratos. Particularmente en el año de 2009, la superficie dedicada al cultivo de maíz en México, fue de aproximadamente 6.6 millones de hectáreas, de las cuales 88.5 por ciento se destinaron a siembras de temporal, alcanzando un rendimiento promedio de 2.042 t ha^{-1}. En tanto que en condiciones de riego durante el mismo año, se sembraron alrededor de 761,137 ha, obteniendo un rendimiento promedio de 6.05 t ha^{-1}. En el Estado de Morelos en el mismo año de 2009, se dedicaron a la siembra de maíz de temporal aproximadamente 25,624 ha, cosechándose un rendimiento promedio de grano de 3.04 t ha^{-1}. En tanto que en condiciones de riego se destinaron alrededor de 1,086 ha, obteniendo un rendimiento promedio de 3.287 t ha^{-1} (SIAP-SAGARPA, 2009). Los bajos rendimientos pueden parcialmente ser explicados por el uso de germoplasma criollo, lo que en Morelos representa el 70% de la superficie sembrada de autoconsumo.

Las poblaciones criollas que cultivan los productores en los centros de origen y diversidad genética tienen un gran valor social, debido a que dichas poblaciones son fuentes de nuevos alelos o combinaciones génicas que pueden ser de gran utilidad. Tanto productores rurales de maíz como fitomejoradores han usado este tipo de germoplasma para incrementar la adaptación de cultivos a ambientes de producción fluctuantes y para mejorar su potencial genético para producir alimento, fibra, y otros productos (Smale *et al*., 2003). Los criollos son poblaciones heterogéneas y continúan modificándose genéticamente en respuesta a las diferentes presiones de selección impuestas por el ambiente y por los productores, conservando su capacidad para adaptarse a distintos ambientes (Jackson, 1995).

En cuanto a la producción de maíz pozolero en México, en el año 2005 sembró una superficie de 5950 hectáreas, con un rendimiento promedio de 2.94 t ha^{-1} (CIMMYT, 2008). Para el año de 2009, prácticamente la superficie dedicada a este tipo de maíz no se modificó, ya que se reportó la siembra de 5889 hectáreas, con un promedio de rendimiento de grano ligeramente superior de 3.60 t ha^{-1}. Particularmente en el Estado de Morelos en el 2009, se dedicaron 2921 hectáreas a la producción de maíz pozolero, registrando un promedio en el rendimiento de 4.35 t ha^{-1} (SIAP-SAGARPA, 2009). El maíz ancho es un tipo histórico de maíz del estado de Morelos, donde una distinción básica de los diferentes tipos de maíces de Morelos está entre los maíces anchos y delgados. El origen de los maíces anchos posiblemente haya ocurrido por la hibridación de dos razas, que son, maíz Ancho y Tabloncillo Perla, seguida de selección de acuerdo al tipo de mazorca por varios años (Perales *et al.,* 2003). La raza de maíz ancho fundamentalmente se caracteriza por tener mazorcas anchas cerca de la base, con hileras de grano

definidas (de 8 a 12 hileras), granos anchos y dentados, y de olote cuyo grosor es de delgado a intermedio, además de ser flexible (Benz, 1986).

En la selección intra-poblacional interviene una sola población y la respuesta directa es medida en el comportamiento de la población *per se* de la población bajo selección. Dentro de los métodos que pertenecen al mejoramiento intra-poblacional están los basados en la selección familial, los que tienen un mayor avance genético por ciclo de selección en comparación con la selección masal (Paliwal, *et al*., 2001). Por lo que uno de los propósitos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos dentro de su programa de mejoramiento genético de maíz, es la identificación de poblaciones criollas promisorias que puedan ser utilizadas como germoplasma base en la formación y liberación de variedades mejoradas de maíz. Por lo que uno de los propósitos del programa de maíz de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos es la utilización de germoplasma criollo de maíz para la formación variedades mejoradas de polinización libre de maíz. En el presente estudio se presenta parte de lo realizado en lo que respecta a maíz pozolero, por lo que el objetivo principal de ésta investigación fue; realizar el cuarto ciclo (C_4) de selección recurrente a través de familias de medios hermanos y seleccionar las familias de mayor rendimiento y reducido acame de plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El germoplasma base en la presente propuesta de investigación estuvo constituido por 190 familias de medios hermanos (FMH) obtenidas de plantas pertenecientes al ciclo tres de selección (C_3). Adicionalmente a las 190 FMH, se incluyó el criollo original de maíz pozolero (C_0) y los ciclos de selección C_1, C_2 y C_3, así como las variedades mejoradas H-515 y la variedad de polinización libre Costeño Mejorado de uso regional como testigos de referencia, para dar un total de 196 tratamientos.

La derivación de las FMH se realizó en el ciclo de Otoño-Invierno 2010/2011 con el uso de germoplasma proveniente del ciclo tres de selección (C_3). Dicho germoplasma estuvo constituido por 38 FMH seleccionadas del C_3. La siembra de las 38 FMH se realizó en condiciones de riego, en el campo experimental del Instituto Profesional de la Región Oriente, dependiente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, localizado en Ayala, Morelos. La siembra se realizó utilizando un surco por familia, con una longitud de 6 metros de largo, a 0.80 m entre surcos y a una distancia de 0.25 m entre matas, depositando una semilla. Se seleccionaron visualmente cinco plantas por familia para generar un total de

190 FMH. La cosecha se realizó de forma individual para obtener la semilla de las FMH que se utilizó en el estudio. La evaluación de las 190 FMH y las seis poblaciones testigo, se realizó en el ciclo agrícola de Primavera-Verano 2011, en tres localidades del estado de Morelos, las que abarcan altitudes desde los 1285 hasta los 1920 metros sobre el nivel del mar. Algunas características de las localidades de evaluación se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Datos agro-climatológicos de las localidades de evaluación.

Descripción	Ayala	Ocuituco	Temoac
Localización			
	18º 44´36´´ latitud N 98º 54´39´´latitud W	18º 52´03´´latitud N 98º 46´00´´latitud W	18º 46´ 43.6´´ latitud N 98º 47´11.3´´ latitud W
Altitud (msnm)	1285	1920	1592
Tipo de suelo	Vertísol	Adosol	Regosol
Tipo de clima	Cálido-subhúmedo	Templado Sub-húmedo	Semicalido subhumedo
Temperatura promedio anual (ºC)	24	16	20
Precipitación promedio	912 mm	1300 mm	943 mm

msnm, ºC, mm; metros sobre el nivel del mar, grados Celsius y milímetros, respectivamente. Fuente: INEGI 2010.

El diseño experimental utilizado fue un Alfa Látice con dos repeticiones por localidad. El tamaño de la unidad experimental estuvo constituida por un surco de cinco metros de largo y a una distancia entre surcos de 0.8 m. La siembra se realizó depositando una semilla por mata cada 0.25 m, estableciendo una densidad poblacional de 50,000 plantas ha^{-1}. La conducción agronómica de los experimentos se llevó a cabo con base a las recomendaciones para zonas de temporal establecidas en la guía técnica para el cultivo de maíz (Anónimo, 1996) del Campo Experimental de Zacatepec, Morelos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las características medidas en los experimentos fueron; acame de plantas (AC), mazorcas por planta (MP), diámetro de mazorca (DM), longitud de mazorca (LM), diámetro de olote (DO) y el rendimiento de grano. Los datos generados por la medición de características mencionadas se analizaron por medio de análisis de varianza por localidad y combinado para el rendimiento de grano, así como mediante una comparación de medias de tratamientos usando el procedimiento de Tukey al 0.01 de probabilidad. La totalidad de los análisis estadísticos se realizaron usando el software Statistical Analysis System (SAS, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza (ANOVA) para la localidad de Ayala, Mor. (Cuadro 2), mostraron diferencias altamente significativas (P<0.01) entre familias de medios hermanos para el rendimiento de grano (RG), en tanto que para el acame de plantas (AC) y longitud de mazorca las diferencias entre familias fueron significativas (P<0.05). Para el resto de las características analizadas no se detectaron diferencias estadísticas significativas. Así mismo los ANOVAs mostraron heterogeneidad en un sentido en el terreno donde se llevó a cabo el experimento, debido a que se identificaron diferencias significativas en la fuente de variación de repeticiones para cuatro de seis características analizadas. La eficiencia del diseño alfa no fue muy evidente, ya que solo en la característica de acame de plantas (AP) resultaron diferencias significativas en la fuente de variación de Bloques (Reps).

Cuadro 2. Cuadrados medios de las variables medidas en el germoplasma de maíz evaluado en Primavera-Verano 2011. Ayala, Morelos.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	AC (trans[1])	MP (No.)	DM (cm)	LM (cm)	DO (cm)	RG (t ha^{-1})
Repeticiones	1	2994.78*	0.52**	0.08ns	10.93ns	4.44**	14.92*
Bloque(Reps)	26	331.40**	0.03ns	0.09ns	8.77ns	0.19ns	1.67ns
Familias	195	233.97*	0.02ns	0.08ns	10.21*	0.18ns	2.36**
Error	169	173.35	0.02	0.07	8.22	0.20	1.14
CV (%)	- - -	24.77	14.36	12.87	19.48	19.77	23.83
R^2	- - -	0.68	0.58	0.59	0.63	0.57	0.74
Promedio	- - -	18.95 %	1.08	4.47	14.72	2.29	4.47

R^2= coeficiente de determinación; *, **, ns, CV, R^2: Significancia al 0.05, 0.01 de probabilidad, no significativa, coeficiente de variación.

Los valores de los coeficientes de variación en Ayala, Mor., indicaron que diámetro de mazorca tuvo el menor valor, en tanto que el mayor valor correspondió a la característica de acame de plantas (AC), con valores de 12.87 y 24.77%, respectivamente. Respecto a los ANOVAs para la localidad de Ocuituco, Mor. (Cuadro 3), se observó un comportamiento agronómico similar de las características medidas a lo encontrado en la localidad de Ayala. Las características que mostraron diferencias altamente significativas (P≤0.01) entre familias de medios hermanos fueron acame de plantas (AC), diámetro de mazorca (DM) y diámetro de olote (DO) y el rendimiento de grano mostró significancias al 0.05 de probabilidad, las otras dos características resultaron con nulas significancias. Sin embargo en lo concerniente a los coeficiente de variación, estos fueron en general más altos que en Ayala determinando que el diámetro de olote tuvo el

menor valor (12.19%) y la característica de mayor valor fue el acame de plantas (33.35%). El experimento de Ocuituco manifestó un nivel de homogeneidad entre repeticiones que no se encontraron significancias estadísticas en la fuente de variación de Repeticiones, en cuanto a las diferencias entre bloques provenientes del diseño alfa látice, solo las características de acame de plantas y mazorca por plantas fueron significativos.

Cuadro 3. Cuadrados medios de las variables medidas en el germoplasma de maíz evaluado en Primavera-Verano 2011 en Ocuituco, Morelos.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	AC (trans[1])	MP (No.)	DM (cm)	LM (cm)	DO (cm)	RG (t ha^{-1})
Repeticiones	1	316.49ns	0.20ns	0.03ns	1.02ns	0.12ns	6.42ns
Bloque(Reps)	26	1331.54**	0.08**	0.43ns	10.04ns	0.06ns	3.02ns
Familias	195	216.21**	0.02ns	1.83**	9.90ns	0.12**	2.85*
Error	169	143.62	0.03	0.49	7.85	0.07	2.09
CV (%)	- - -	33.35	15.80	15.40	18.90	12.19	27.19
R^2	- - -	0.76	0.67	0.83	0.62	0.68	0.67
Promedio	- - -	25.54(%)	1.12	4.56	14.82	2.23	5.32

*, **, ns, CV, R^2: Significancia al 0.05, 0.01 de probabilidad, no significativa, coeficiente de variación, coeficiente de determinación.

El Cuadro 4 presenta los resultados de los ANOVAs para la localidad de Temoac, Mor. En ésta localidad las diferencias entre familias solo se identificaron para las características de longitud de mazorca (LM) y rendimiento de grano (RG), siendo las diferencias significativas al 0.05 de probabilidad. En lo que se refiere a la fuente de variación de repeticiones, se observó un comportamiento muy similar al detectado en la localidad de Ocuituco. En cuanto a la fuente de Bloques dentro de repeticiones, no se detectaron diferencias significativas. Los valores en los coeficientes de variación indicaron que la longitud de mazorca tuvo la menor variación (10.91%) y al igual que en las otras dos localidades, la característica de acame de plantas (AC) resultó con el mayor coeficiente de variación (25.27%).

El análisis de varianza combinado de las tres localidades, para la característica de rendimiento de grano, reveló que existe una diferencia altamente significativa entre localidades ($P<0.01$). Lo que está de acuerdo a lo esperado ya que las localidades no solo difieren en altitud, además difieren en tipo de suelo y clima. En cuanto a las diferencias entre familias para rendimiento de grano, dichas diferencias fueron igualmente altamente significativas. En lo que respecta a la interacción genotipo x ambiente, también se encontraron

significancias estadísticas al 0.01 de probabilidad. Identificó que el tipo de interacción prevaleciente en el grupo de familias en evaluación fue del tipo de diferencias en magnitud.

Cuadro 4. Cuadrados medios de las variables medidas en el germoplasma de maíz evaluado en Primavera-Verano 2011. Temoac, Morelos.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	AC (trans[1])	MP (No.)	DM (cm)	LM (cm)	DO (cm)	RG (t ha^{-1})
Repeticiones	1	9.46ns	1.69**	0.01ns	6.91ns	1.63*	11.83*
Bloque(Reps)	26	267.64ns	0.13ns	0.40ns	1.88ns	0.08ns	1.81ns
Familias	195	241.56ns	0.10ns	0.33ns	3.47*	0.12ns	2.49*
Error	169	234.32	0.09	0.32	2.65	0.10	1.87
CV (%)	- - -	25.27	24.32	12.11	10.41	15.39	22.09

*, **, ns, CV, R^2: Significancia al 0.05, 0.01 de probabilidad, no significativa, coeficiente de variación, coeficiente de determinación.

Del análisis de medias de las características a través de las localidades, se determinó que la localidad de Ayala fue la que reportó el menor rendimiento de grano (4.47 t ha^{-1}), sin embargo dicho valor supera ligeramente la media de rendimiento de maíz pozolero en el estado de Morelos (4.2 t ha^{-1}). Considerando que el maíz pozolero en el estado de Morelos se adapta y cultiva en sitios con altitudes mayores al los 1500msnm, y que la localidad de Ayala presenta una altitud de 1285msnm, los resultados son promisorios en la posibilidad de identificar familias de medios hermanos con adaptación a dicha altitud. Los rendimientos promedio en Ocuituco (5.32 t ha^{-1}) y Temoac (6.19 t ha^{-1}) representan por si mismos avances del programa de mejoramiento genético de maíz pozolero de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Por lo que la selección familial practicada en la población criolla de amplia base genética ha sido efectiva para modificar la frecuencia de genes favorables en características de interés agronómico, lo que se asume ocurra cuando se realiza selección recurrente en poblaciones de amplia base (Paliwal, *et al*., 2001).

Cuadro 5. Análisis de varianza combinado del rendimiento de grano del germoplasma de maíz evaluado en Primavera-Verano 2011 en Ayala, Ocuituco y Temoac, Morelos.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fcalculada
Localidades	2	579.4	290.0	26.7**
Rep (Loc)	3	32.6	10.9	4.1*
Bloque (Rep*Loc)	78	169.0	2.2	1.3ns
Familias	195	486.3	2.5	1.5**
Fam*Loc	390	1012.4	2.6	1.5**
Error	507	864.5	1.8	

*, **, ns: Significancia al 0.05, 0.01 de probabilidad, no significativa.

Con base en el análisis de medias a través de las tres localidades de evaluación se seleccionó el 20 % de las familias sobresalientes en el rendimiento de grano, en el Cuadro 6, se proporciona el grupo de las 10 familias de mayor promedio de rendimiento de grano a través de las localidades. El rendimiento de dicho grupo de familias tuvo un rango desde 5.792 hasta 6.666, con un promedio de 6.146 t ha^{-1}. Cabe señalar que no existieron diferencias estadísticas significativas con las variedades testigo H-515 y Costeño Mejorado. En cuanto al criollo original tuvo un rendimiento promedio de 4.228 t ha^{-1}, superando las familias seleccionadas a la población original en 1.918 t ha^{-1}. Considerando el acame de plantas se observó de manera clara que las familias del ciclo cuatro de selección expresan un menor porcentaje de acame, el cual es menor en 27.7 % que la población original. En ambas características se puede apreciar una avance genético producto de la selección recurrente.

Los resultados encontrado en la evaluación de familias de medios hermanos provenientes del ciclo tres de selección de la población criolla de pozolero confirman lo aceptado por fitomejoradores, de que los criollo de maíz son fuentes de nuevos alelos o combinaciones génicas que pueden ser de gran utilidad (Smale *et al*., 2003). Por lo que se debería hacer énfasis en la colecta, caracterización y utilización de dicho germoplasma. Por otro lado las poblaciones criollas al ser heterogéneas y altamente heterocigotas y al continuarse sembrado garantiza que estas poblaciones permanezcan en constante cambio debido a las presiones de selección natural impuestas por el ambiente de crecimiento y por la selección realizada por los productores rurales de maíz (Jackson, 1995).

CONCLUSIONES

Con base en los objetivos planteados y los resultados obtenidos de la investigación, se puede concluir que la población de maíz pozolero bajo selección aún presenta una gran cantidad de variación genética, la que puede ser explotada por el programa de selección. La selección basada en familias de medios hermanos ha sido efectiva para incrementar el rendimiento de grano de la población original, lo que se ha logrado en un 31.3 % con cuatro ciclos de selección. El acame de plantas que es otro problema común en poblaciones criollas, se ha reducido en casi 28%, factor que es de gran utilidad sobre todo en lugares donde se pretenda mecanizar la cosecha del maíz.

Cuadro 6. Rendimiento de grano y acame de plantas de 10 familias selectas con base en las medias de las tres localidades de evaluación.

No. Identificación de familia	Rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$)	Acame de plantas (%)
48	6.666	7.2
36	6.417	15.4
164	6.364	11.1
85	6.276	13.7
108	6.148	13.3
187	6.068	2.8
99	5.915	13.3
162	5.914	16.7
76	5.899	11.8
167	5.792	15.0
Promedio	6.146	12.0
C_3	5.478	10.2
C_2	4.742	14.3
C_0	4.228	39.7
Costeño Mejorado	5.430	23.2
H-515	6.170	0.0

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benz B.F. (1986). Taxonomy and evolution of Mexican maize. Ph.D. dissertation, Botany. University of Wisconsin, Madison. University Microfilms International, Ann Arbor.

CIMMYT, Economics. (2008). http://economics.cimmyt.org/statelevel/index.htm.Query.

Cruz D.M.S.; Gómez V.M.; Ortíz P.M.; Entzana T.A.; Suárez H.C.; Santilla M.V. (2007). Situación actual y perspectivas del maíz en México, 1996-2012. USDA-WASDE.

Jackson M.T. (1995). Protecting the heritage of rice biodiversity." *Geojournal* 35: 267-274.

Paliwal R. L.; Granados G.; Lafitte R.H.; Violic A.D. (2001). El maíz en los trópicos "Mejoramiento y producción". Colección FAO: Producción y protección vegetal. Roma, Italia. Vol. 28.

Perales R.H.; Brush S.B.; Qualset O. (2003). Dynamic management of maize landraces in Central Mexico. Economic Botany. 57(1):21-34.

SAS Institute. (1999). SAS user's guide. Statistics. Versión 8.2.

SIAP. (2009). Avances de cosechas y siembra. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/. Revisado el 15 de mayo de 2010

SIAP-SAGARPA. (2009). Avances de cosechas y siembra. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/. Revisado el 15 de marzo de 2011.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

DETERMINACIÓN DE CALIDAD EN SEMILLAS DE HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PRODUCTORES DE GRANOS BLANCOS

Francisco Radillo Juárez§; Javier Farias Larios; Saúl I. Zaragoza Ruiz

Universidad de Colima-Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tecomán, Colima, México.§Autor responsable: radillo55@hotmail.com

RESUMEN

El maíz, cultivo básico más importante en México, su explotación representa el 60% de la producción total de granos básicos para los mexicanos. La calidad de semilla es la sumatoria de atributos determinados por condiciones de producción y uniformidad genética. Para un agricultor, la calidad y sanidad en semilla significa seguridad para sembrar y se requiere de una valoración y certificación dado que las compañías comercializadoras de semillas venden productos con información que confunden al agricultor. Una alternativa para este problema es el uso de semillas mejoradas y certificadas, elementos claves de países en desarrollo para competir en la producción. Con la necesidad de estudiar la calidad de semillas en híbridos comerciales y dar confianza a productores, el presente trabajo se planteó con el objetivo de evaluar la calidad en semillas de los híbridos comerciales de maíz: H-375, H-318, H-516, H-520, H-565, H-378, H-377 y H-380, obtenidos de comercializadoras inscritas en el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Cada híbrido conformó un tratamiento y distribuidos en diseño completamente al azar. Los resultados expresados en porcentajes se transformaron al arcsen$\sqrt{x}$, previo análisis de varianza y prueba Tukey al 0.05 de probabilidad. Los resultados en pureza de híbridos fue del 100% y 0% de materia inerte o semillas indeseables. En porcentaje de germinación fue altamente significativo (Pr <0.01), los híbridos H-565 y H-520, fueron los mejores con 88.37 y 90.0%; el H-380 presento menor valor con 66.46%. El porcentaje de semillas muertas fue altamente significativo (Pr <0.01); los híbridos H-520 y H-565, presentaron valores bajos de semillas muertas con 0.7 y 1.14%; el H-380 registro el mayor porcentaje con 2.90%. Concluyendo que híbridos H-318, H-516 y H-380 no tienen la calidad mínima para ser certificados y comercializados para la producción de grano.

Palabras claves: Maíz, Producción, calidad, *Zea mays*, semilla, certificación

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo básico más importante en México ya que cada año se siembran 8.5 millones de ha,

su producción representa el 60% con respecto a la producción total de granos básicos y es el grano mas importante para los mexicanos en la dieta de la alimentación (Morris y López, 2000); en Colima se tienen 170 hectáreas de siembra de maíz para certificación con un alto grado de viabilidad, el 95% por ciento de estas hectáreas pertenecen a productores locales (SAGARPA, 2011).

La calidad de las semillas de maíz es importante para los agricultores porque de ello depende el número de plantas existentes en un área determinada de cultivo (Delouche y Cadwer, 1962). Uno de los mayores problemas en la agricultura es establecer cultivos con semillas que no tienen la capacidad de un buen rendimiento y desarrollo adecuado en campo, la calidad de la semilla es la sumatoria de los atributos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios que son determinados por las condiciones ambientales y de manejo con que fueron producidas y la uniformidad genética del material (ISTA, 2005).

Para un agricultor, la calidad significa seguridad para sembrar en su propia finca, en un momento determinado del año y para su propio propósito en particular, es un concepto múltiple que comprende varios componentes. La sanidad de la semilla es más importantemente en zonas húmedas que en zonas secas, la capacidad de germinación en condiciones atmosféricas adecuadas, el tamaño de la semilla influye en la siembra mecánica que para siembra manual, la pureza analítica para la cosecha y pureza del cultivar (ISTA, 2005).

Los agricultores, asesores y vendedores de semilla requieren de una valoración de la calidad de semilla antes de sembrarla (Thomson, 1979); para conocer la calidad de la semilla se utilizan muchos métodos de laboratorio que han sido desarrollados con base en conocimientos científicos. A nivel internacional, estos métodos son descritos en las ya existentes reglas de la International Seed Testing Association (ISTA) con la finalidad de que las pruebas de laboratorio se realicen en forma estandarizada en todo el mundo (ISTA, 2006).

La mayor parte de la semilla de alta calidad es suministrada a los agricultores por compañías o empresas privadas comercializadoras, donde muchas casas semilleras venden sus productos con marcas comerciales registradas, aunque el empleo de marcas comerciales no esta tan difundido como en otros sectores del comercio, debido entre otras razones a que el empleo de una marca comercial, además del nombre varietal, puede conducir a confusión del agricultor (FAO, 1961).

Una alternativa para este problema es el uso de semillas mejoradas y certificadas, elemento clave en muchos países en desarrollo para alcanzar niveles competitivos en la producción (Sánchez *et* al.*,* 1998). El

Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estima que la producción mundial de maíz durante el ciclo 2011-12 registró 866.17 millones de ton de grano seco, 1.5 millones de ton menor a lo cosechado en la campaña 2010-11. Las razones antes mencionadas crean la necesidad de estudiar la calidad de las semillas de los híbridos de maíz más utilizados en condiciones de laboratorio, esto con la finalidad de dar confianza a los productores de la calidad de semilla que están comprando en el mercado antes de establecer el cultivo para la producción de granos.

Con base en lo anterior, el presente trabajo se plantea la hipótesis de que los híbridos comerciales de maíz presentan diferente calidad en la semilla. Para comprobarla se planteó el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la calidad de las semillas de los híbridos comerciales de maíz para la producción de granos aplicando las reglas internacionales para la calidad y certificación de semillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el ciclo de producción de otoño-invierno del 2011-2012. Se llevó a cabo en el laboratorio del SNICS de SAGARPA ubicado en Colima, Colima a 19°14'04.43"N y 103°43'56.22" O, a 532 m (Google Earth, 2011). Para el establecimiento del experimento se utilizaron semillas de híbridos de las casas comerciales de semillas inscritas en el padrón del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) más importantes en el estado de Colima. Se utilizó semilla de los híbridos, H-375, H-318, H-516, H-520, H-565, H-378, H-377 y H-380 proporcionados por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Cada uno de los híbridos conformó a un tratamiento. Mismos que fueron distribuidos en un diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos y cinco repeticiones cada uno; la repetición estuvo formada por una muestra de 50 semillas como unidad experimental.

Las variables determinadas fueron las siguientes: materia inerte; de cada uno de los híbridos, se tomó 1 kg de semilla y se colocaron en un recipiente en forma de pastel, se tomaron al azar hasta completar 250 g de cada híbrido; de manera manual se retira la materia inerte y posteriormente se pesó y se resto a los 250 g para determinar dicha variable. Pureza analítica; De la misma manera, se tomo una muestra de 250 g de semillas y por el método visual se observó que la semilla estuviera intacta de otras especies. Presencia de Semillas indeseables; Por el método visual se observaron las semillas de malas hierbas, se pesaron y se le restaron al total de la muestra para obtener un porcentaje. Pureza de las especies; Por el método visual de observó la presencia de semillas de otras especies similares. Porcentaje de germinación: Para esta variable se empleó el método descrito por Rincón y López (2001), se tomaron al azar 50 semillas las cuales se pusieron a germinar en papel Inter doblado comercial formando una especie de tacos con un total de

cinco tacos por tratamiento estos sometidos con humedad (aplicadas con atomizador) y se pusieron a germinar en el germinador de semillas a una temperatura ambiente 28 °C durante 4 días, posteriormente, se retiran los tacos del germinador y se cuentan las semillas totales germinadas y se expresan en porcentaje. Porcentaje de semillas muertas; Para su determinación se realizó una vez que se sacaron los tacos del germinador y se contaron las semillas dañadas o muertas y se expresan en porcentaje, las variables mencionadas se determinaron aplicando las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2008).

Los resultados expresados en porcentajes de emergencia se transformaron al arc sen$\sqrt{x}$ y los porcentajes de semillas enfermas o muertas se transformaron mediante la distribución de Poisson $\sqrt{x} + 0.5$ (Little y Hills, 2001), previo a ser sometidos al análisis de varianza y prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad, lo anterior con apoyo del paquete estadístico del programa SAS para Windows (SAS, 2005).

RESULTADOS

Para la variable pureza analítica los resultados indican un 100%, en relación a pureza de híbridos fue de un 100% y 0% de semillas presentes de malas hierbas y 0% de materia inerte, estas variables no mostraron en sus datos una variación que fuera significativa al presentar valores similares en su comportamiento, por lo tanto no se realizó análisis estadístico.

Con base en los resultados obtenidos en porcentaje de germinación, se registro una diferencia altamente significativa ($P<0.01$) (Cuadro 1) entre los híbridos en estudio, sus valores fueron de 66.46% al 90.00%; los tratamientos H-520, H-565 y H-377 son los mejores y estadísticamente iguales entre si según la prueba de tukey, con valores de que variaron de 90.00%, 88.37% y 88.37%, el tratamiento que presento menor valor fue el H-380 con 66.46% (Cuadro 2).

El porcentaje de semillas muertas fue altamente significativo ($P<0.01$) entre los híbridos bajo estudio (Cuadro 1); los híbridos H-520 y H-565 presentaron valores mas bajos de semillas muertas con 0.7 y 1.14%; y el híbrido H-380 registró el mayor porcentaje de semillas muertas con 2.90%, el cual no cumple con los estándares establecidos en las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2008) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Resultados estadísticos del análisis de varianza de las variables % de emergencia y % de semilla muerta en híbridos de maíz.

Fuentes de variación	% de germinación	% Semillas muertas
Suma de cuadrados en Tratamientos	3054.8477	21.9370
Cuadrado medio del error	17.5011	0.1152
F calculada de Tratamientos	20.36	27.18
Probabilidad	0.0018	0.00011
Nivel de significancia	**	**
Coeficiente de variación	5.0950	24.7355

Donde: Grados de libertad del tratamiento.= 7 Grados de Libertad del error = 32 ** = Altamente significativo

Cuadro 2. Valores promedio del porcentaje de germinación y de semillas muertas de los híbridos comerciales en estudio.

Tratamientos	% de germinación	% Semillas muertas
H-375	83.91 ab	1.14 ab
H-318	80.07 bc	1.48 b
H-516	72.91 cd	2.19 c
H-520	90.00 a	0.70a
H-565	88.37 ab	0.81ab
H-378	86.74 ab	0.90ab
H-377	88.37 ab	0.81ab
H-380	66.46 d	2.90 d

* Valores en promedio con misma literal son estadísticamente iguales entre sí, según Tukey al 0.05.

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se pretendió demostrar la hipótesis de que, los híbridos comerciales de maíz presentan diferencias en la calidad de semilla. Los resultados obtenidos comprueban y dan argumentos para la aceptación de dicha hipótesis al mostrar diferencias altamente significativas entre los híbridos en el estudio, con respecto a las variables porcentaje de germinación y semillas muertas. Éstos resultados concuerdan con el reporte de las reglas establecidas para la certificación de semillas de maíz ISTA (2008). Lo anterior indica que estos híbridos tienen la calidad mínima para ser certificadas utilizadas de un 85% y ser utilizados en explotaciones comerciales de este cultivo en la producción de grano; mientras que el híbrido H-380 no alcanza los estándares mínimos de calidad para certificarse (ISTA, 2008). Los híbridos H-520, H-565, H-377, H-378, H-375, H-318 y H-516 pueden ser utilizados para la producción comercial de maíz como grano básico en las zonas maiceras del Estado de Colima, considerando que la explotación del maíz se realiza en dos ciclos agrícolas: uno de temporal y uno de riego (SAGARPA, 2011); y los tipos de

suelos varían de arcillosos a arenoso y que de esos siete híbridos pueden ser seleccionados para cultivarse en las distintas áreas agrícolas.

CONCLUSIONES

Los híbridos comerciales de maíz presentan diferencias en la calidad de su semilla al ser comercializadas entre los agricultores de la región. Los híbridos maíz H-520, H-565, H-377 y H-378 reúnen los estándares de calidad para su certificación y comercialización de semilla para la producción de grano. Los híbridos H-318, H-516 y H-380 no tienen la calidad mínima para ser certificados y comercializados para la producción de grano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Delouche, J. C.,y Cadwer, W.P. (1962). Seed vigour and vigour test. Proc. Assoc. Offic. Seed.vol.1.124-129 p.

FAO.1961. Las semillas agrícolas y hortícolas. Estudios agropecuarios. Roma.

Google earth. www.Googleearth.com Consultado, en diciembre de 2011.

Internacional de Economía Agrícola del Tercer Mundo. México.

International Rules for Seed Testing Edition. (2006, 2007, 2008).The International Seed Testing Association (ISTA) P.O. box 308,8303 Basserdort, CH-Switzerland. IBN3-906549-38-0.

ISTA (International Seed Testing Association). 2005, 2006 y 2008. Manual de Laboratorio Central.

Little, T.M. y Hills, F. J. (2001). Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. 2a ed. México. Trillas. 270 p.

Lopez, P.M. A. y Filippello, M.(1995). Emerging roles of the public and private sectors of maize seed industries in the Developing World. CIMMYT Economics Program Working Paper 95-01. México. D.F.

Morris, M.L .y López, M.A. (2000). Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina.1996-1997. CIMMYT, México. 45 p.

Rincón, E. G., A. López, Herrera (2000). Prueba de germinación de semillas de maíz en diferentes calidades de papel como sustrato. Revista Chapingo serie Ingeniería Agropecuaria 3:73-79.

SAGARPA. (2011). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México.

Sánchez, R. Martínez, F.A., López, L.A. (1998). Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano. FIRA, Boletín informativo, Núm.309 p.88.

SAS (Statical Analysis System). (1998). Institute Incorporation, SAS/STAT. User´s Guide, Version 6. Fourth, Edition, Volumen I, Cary NC: SAS Institute Inc., North Carolaine.

Thomson, J.R. (1979). Introducción a la tecnología de las Semillas. Acribia 1-19 Pp.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

DETERMINACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS DE MAÍZ POR EL MÉTODO RÁPIDO DE EXUDADO

Raymundo Velasco Nuño[1§]; Hugo Ernesto Flores López[1]; Aldo A. Castañeda Villanueva[1]; Cynthia Denisse Bojórquez Sanchez[2]; Ricardo Alonso Rentería Ramirez[2]

[1]Universidad de Guadalajara. [2]Universidad Autónoma de Sinaloa. [§]Autor responsable: rvelasco@cualtos.udg.mx

RESUMEN

La tentativa de obtener la estimación de la germinación de semillas por métodos rápidos diferentes al convencional o tradicional prueba padrón de germinación realizado en laboratorio, ha sido realizado por varios investigadores. Los métodos rápidos y prácticos sobre todo confiables en la actualidad, asumen fundamental importancia en la evaluación rápida de la viabilidad de las semillas. Amaral y Peske (1984) desarrollaron un método capaz de estimar la viabilidad de semillas en menos tiempo, utilizando fenolftaleína y carbonato de sodio, en 30 minutos, obteniendo resultados muy correlacionados con la prueba patrón de germinación. Con la aplicación de estas substancias se observan 4 tonalidades de colores provocadas por los exudados que van del rosa normal que representan semillas viables a incoloro para semillas no viables. Con el propósito de evaluar y verificar esta metodología llevo a cabo el siguiente trabajo utilizando 200 semillas de maíz de H-358, H-359 y HV-313, las cuales fueron colocadas en charolas de plástico con compartimientos individuales, a cada semilla se le agrego 2 ml de agua destilada, por un periodo de 30 minutos. se le agrego 1 gota de fenolftaleina y 1 gota de carbonato de sodio anhidro y se agito por 2 minutos. Los resultados obtenidos presentan que los híbridos H-358 y H-359 muestran porcentajes semejantes en las pruebas de germinación provenientes del exudo y la prueba estándar de germinación, no así la variedad HV-313 la cual presento porcentajes menores en la prueba de exudado y germinación. De ahí se concluye que la prueba de exudado puede ser de gran ayuda para determinar la viabilidad de las semillas.

Palabras claves: Exudado, fenolftaleína, germinación, padronización.

INTRODUCCIÓN

La prueba de germinación realizada por diferentes laboratorios hace mucho tiempo se torno de uso generalizado, para la evaluación de la calidad fisiológica de las semillas. La prueba de germinación, es

parámetro oficial utilizado para evaluar la calidad fisiológica de semillas, que requiere de 7 a 28 días para la obtención de los resultados, para la mayoría de las especies, periodo considerado largo para atender los intereses comerciales de los productores de semillas. Así ha surgido la necesidad de probar métodos rápidos para estimar la viabilidad de semillas que están realizando instituciones de investigación en el mundo entero. La rapidez en la evaluación posibilita la eliminación de semillas con calidad inadecuada, en la recepción en la unidad de beneficio de semillas, con la consecuente economía del posible procesamiento innecesario.

En un programa de producción de semillas es interesante e importante realizar pruebas rápidas para determinar la viabilidad de las semillas, como en el caso de la cosecha, es conveniente efectuar dichas pruebas con lo cual se podrían evitar posibles problemas por la calidad deficiente de las mismas. En este sentido los métodos rápidos y prácticos sobre todo confiables, asumen fundamental importancia en la evaluación rápida de la viabilidad de las semillas, los cuales vienen siendo investigados y desarrollados con notables avances, especialmente en las últimas décadas.

Durante los últimos años diversas pruebas han sido desarrolladas para evaluar adecuadamente el vigor de las semillas. Sin embargo, ninguna de ellas ha sido aceptada e incorporada como prueba oficial, debido a que los resultados no siempre son reproducibles para un mismo lote y no todas las especies responden de manera similar, al medir su vigor. En Brasil AMARAL. A.S. & PESKE. S. T.1 (984) se desarrolló la prueba de pH del exudado para soya y maíz, la cual mide con exactitud y rapidez la viabilidad de las semillas. Basándose en dicha prueba se estudiaron relaciones entre los valores de absorbencia del exudado de las semillas de maíz y pruebas de vigor establecidas por la ISTA. Por ello, el objetivo de esta prueba es determinar la germinación a través de la identificación de diferencias de colores en los exudados de las semillas de maíz, viables y no viables, a través de la utilización de indicadores en forma rápida, y comprobar la confiabilidad y seguridad en la determinación de la germinación de semillas de maíz

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el propósito de evaluar y verificar esta metodología en el Laboratorio Nacional de Semillas del INIFAP (Velasco, 1999), ubicado en el Campo Experimental Altos de Jalisco, se llevó a cabo el siguiente trabajo en el ciclo P-V 2011 utilizando 200 semillas de maíz de H-358, H-359 y HV-313, las cuales fueron colocadas en charolas de plástico con compartimientos individuales, a cada semilla se le agrego 2 ml de

agua destilada con pH de 7, quedando las semillas en el agua por un periodo de 30 minutos. Enseguida se le agrego 1 gota de fenolftaleina y 1 gota de carbonato de sodio anhidro y se agito por 2 minutos (Figura 1).

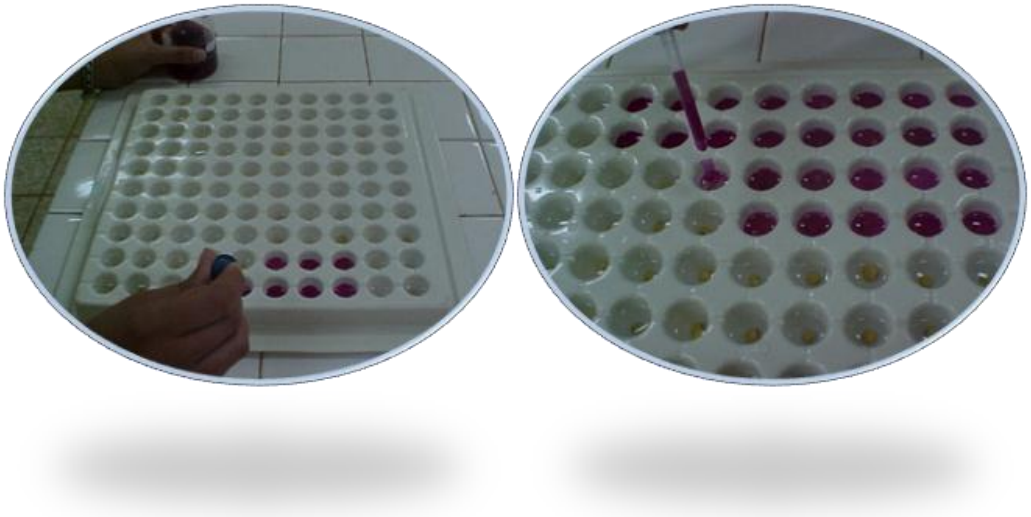


Figura 1. Colocación de la solución preparada en semillas de maíz en celdas individualizadas.

Para efectos de la determinación de la viabilidad de la semilla se consideraron viables aquellas semillas que presentaron en la solución alguna coloración y como no viables las incoloras. Posteriormente las semillas embebidas con exudado con color e incoloro fueron lavadas en agua corriente y colocadas para germinar a través de la prueba padrón de germinación. Paralelamente se realizó la prueba de germinación estándar (Figura 2).

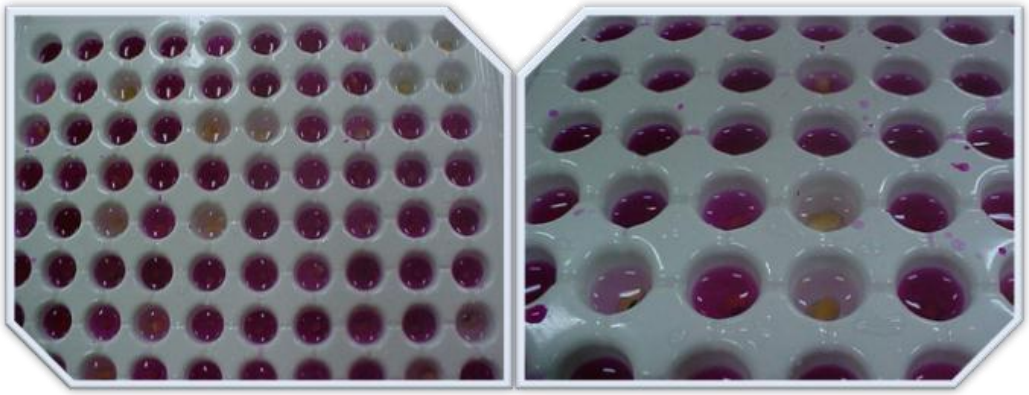


Figura 2. Observación de las diferentes tonalidades que se muestran en la prueba de exudado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que las variedades H-358 y H-359, presentaron resultados semejantes con la prueba control de germinación, provenientes del exudado y la prueba estándar de germinación, no así la variedad HV-313 la cual presento un porcentaje menor en la prueba de exudado que en las pruebas de germinación (Cuadro 1).

Cuadro.1 Porcentaje de germinación, control y estándar y porcentaje de semillas viables del exudado en tres materiales de maíz. Laboratorio Nacional de Semillas del INIFAP. Tepatitlán, Jal 1999.

Variedad	Germinación estándar inicial (%)	Viabilidad exudado (%)	Germinación proveniente del exudado (%)
H-358	96	94	91
H-359	94	95	90
HV-313	90	85	87

Comparando la prueba de exudado con la prueba de geminación control es decir con semillas embebidas que provenían del exudado, se observa una ligera disminución en esta última para las variedades H-358, y H-359, pero para HV-313 fue lo contrario, lo que hace suponer que algunas semillas que provenían de compartimientos no coloreados o incoloros o no viables cuando fueron sometidas a las pruebas de germinación dieron origen a plántulas normales.

CONCLUSIONES

El proceso de la determinación de la viabilidad de semillas de maíz por medio de la prueba de exudado presenta alta confiabilidad. Por medio de la prueba de exudado es posible determinar la viabilidad en lotes de semilla con baja calidad fisiológica en un tiempo menor que el que se necesita en la prueba de germinación estándar.

La estimación de la viabilidad en semillas de maíz mediante la prueba de pH exudado individual, utilizando la solución indicadora, y esta se realiza con un tiempo de 30 minutos de imbibición.

La prueba de exudado puede ser de gran ayuda para determinar la viabilidad de las semillas por lo que se deben de seguir realizando trabajos de investigación con el propósito de llegar a una padronización de esta metodología, sobre todo con los tiempos de imbibición de la semilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, A.S.; Peske, S. T. (1984). pH do exsudato paa estimar. Em 30 minutos. A viabilidade de sementes de soja. Rev. Bras. Sem. Brasilia. 6(3): 85-92..

Hampton, J.G. (1995). Conductivity test. In: Seed Vigour Testing Seminar. Copenhagem: International Seed Testing Association, Vigour Test Committee,. p. 10-28.

Martin, B.A.; Cerwick, S.F.; Reding, L. D. (1995). Physiological basis for inhibition of maize seed germination by flooding. Crop Science, Madison, v.3, n.4 p.1052-1057,.

Montenegro, H.T. (1991). Metodología na condução de teste de pH do exsudato para semetes de soja e emilho. Pelotas: UFPel/FAEM,.62pp. (Dissertação Mestrado).

Peske, S.T.; Amaral, A.S. (1994). pH of seed exudate as a rapid physiological quality test. Seed Science and Technology, Zürich, v.22, n.3, p.641-644,

Popinigs, F. (1979). Fisiologia de la semente. Agiplan, Brasilia. P. 149-154.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

DETERMINACIÓN DEL VIGOR EN SEMILLAS DE MAÍZ MEDIANTE LA PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO POR EL MÉTODO GER-BOX

Raymundo Velasco Nuño[1§]; Hugo E. Flores López[1]; Aldo A. Castañeda Villanueva[1]; María de los Á. Ruezga Gómez[1]; Carmen C. Guerrero Acosta[2]

[1]Universidad de Guadalajara. [2]Universidad Autónoma de Sinaloa. [§]Autor responsable: rvelasco@cualtos.udg.mx

RESUMEN

Con el propósito de evaluar y verificar esta metodología en el Laboratorio de Semillas del Campo Experimental Altos de Jalisco, México perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, se llevó a cabo el siguiente trabajo, utilizando 2 repeticiones de 150 semillas, las cuales fueron colocadas sobre la malla de alambre de las cajas ger-box, enseguida se les agrego 40 mL de agua destilada. Posteriormente fueron colocadas en el germinador a una temperatura de 42°C y una humedad de relativa de 100 % por periodos de tiempo de 12, 24, 48, 72, 96 y 120 h. De acuerdo a los resultados obtenidos, puede observarse diferencias en los periodos de tiempo estudiados en la prueba de envejecimiento acelerado por este método de ger-box, ya que el porcentaje de germinación disminuye a medida que se aumenta el tiempo en hrs. de permanecía o de stress o envejecimiento acelerado. También se pudo observar que en los tiempos de 48, 72, y 92 h, es cuando se inicia la reducción de la germinación drásticamente. El método de envejecimiento acelerado con cajas de plástico o ger-box ha mostrado ser un método más práctico, confiable para determinar el vigor fisiológico de semillas de maíz y más preciso que los demás que se utilizan en los laboratorios de semillas.

Palabras Clave: prueba envejecimiento, ger-box, germinación, maíz.

INTRODUCCIÓN

El principio del método envejecimiento acelerado o envejecimiento precoz, se basa en el hecho de qué lotes de semillas con alto vigor mantendrán su viabilidad cuando son sometidos durante periodos de tiempo, a condiciones severas de temperaturas y humedad relativa en una cámara apropiada y en cambio lotes con bajo vigor tendrán su viabilidad reducida bajo las mismas condiciones.

Una variación a la propuesta por la AOSA (Asociación of Oficial Seed Analysts) y con mayores posibilidades de ser padronizada es utilizando las cajas de plástico ger-box como compartimientos individuales o mini-cámaras, las cuales han resultado ser más efectivas para dicha prueba.

A pesar de que esta metodología fue propuesta hace años, en México pocos Laboratorios de Semillas están utilizando este método, tal vez porque aún no han sido establecidas las condiciones o requerimientos de temperatura y humedad relativa y tiempo de permanencia en las cajas de plástico o ger-box para todas la especies cultivadas, solo en forma general se han establecido las siguientes: humedad relativa de 90 a 100%, temperatura de 40 a 45°C y el tiempo de permanencia depende de acuerdo a la especie y de su estado fisiológico. Varios investigadores en tecnología de semillas han realizado estudios intensivos en la padronización de éste método. Poe ello, el objetivo principal de esta prueba es observar y cuantificar el vigor y viabilidad de semillas, una vez que se someten a un estrés por calor y humedad, y determinar si esta metodología de envejecimiento acelerado por el método de Ger-Box es eficiente para determinar el vigor y viabilidad en semillas de maíz

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el propósito de evaluar y verificar esta metodología en el Laboratorio de Semillas del Campo Experimental Altos de Jalisco, México. Perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias INIFAP y el Laboratorio de Agroindustrias el Centro Universitario de los Altos, donde se llevó a cabo el siguiente trabajo en el ciclo P-V 2011, utilizando 2 repeticiones de 150 semillas de maíz de una cosa comercial local, las cuales fueron colocadas sobre la malla de alambre de las cajas ger-box, enseguida se les agrego 40 mL. de agua destilada (Figura 1). Posteriormente fueron colocadas en el germinador a una temperatura de 42°C y una humedad de relativa de 100 % por periodos de tiempo de 12, 24, 48, 72, 96 y 120 h. Después de transcurridos estos tiempos fueron retirados del germinador y las semillas fueron colocadas en rollos de papel para realizar la prueba de germinación estándar a 25°C por 7 días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, puede observarse diferencias en los periodos de tiempo estudiados en la prueba de envejecimiento acelerado por este método de ger-box, ya que el porcentaje de germinación disminuye a medida que se aumenta el tiempo en horas. de permanecía o de stress o envejecimiento acelerado. También se pudo observar que en los tiempos de 48, 72, y 92 hrs. es cuando se inicia la reducción de la germinación drásticamente (Cuadro 1).



Figura1. Caja plástica o ger-box utilizada en la prueba de envejecimiento acelerado en maíz.

Cuadro 1. Porcentajes de germinación en semillas de maíz.

Tiempo (h)	Germinación (%)
0	96
12	94
24	90
48	86
72	81
96	78
120	74

Estos resultados, concuerdan con los obtenidos por otros investigadores (Marcos Filho 1989, Toledo F. 1992), quienes encontraron para semillas de maíz tiempos de exposición o de stress de 48 y 72 h, respectivamente.

CONCLUSIONES

El método de envejecimiento acelerado con cajas de plástico o ger-box ha mostrado ser un método más práctico, confiable para determinar el vigor fisiológico de semillas de maíz, y más preciso que los demás

que se utilizan en los laboratorios de semillas. Además es una prueba más económica ya que no exige equipo sofisticado para la realización de esta prueba.

Es necesario realizar más investigaciones utilizando esta metodología trabajando con rangos de temperatura y ajustando los periodos de tiempo de estrés, así mismo trabajar con otras especies con el propósito de llegar a padronizar dicha metodología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Association of Official Sess Analysts. (1996). Seed vigor testing handbook. Contrib. No. 32 to the Handbook on Seed Testing. 88p, 983.

Bieto, J.; Talon, M. (1993). Fisiología y bioquímica vegetal: evaluación de la actividad respiratoria durante la germinación de semillas.htp://mejoravegetal.criba.edu.ar/semillap/index.htm(Consulta sept 18 del 2006).

Copeland, L.O.; M.B. McDonald. (2001). Principles of Seed Science and Technology. (4th ed.). Kluwer Academic Publishers. Estados Unidos de América.

Costa, N.P.; Pereira, L.A.G.; Franca Neto, J.B.; Henning, A.A.; Kryzyzanowki, F.C.; Barreto, J.N.; Praderi, E.V. (1984). Padronizacao do teste de envelhecimento precoce. EMBRAPA/CNPSoja. Resultados de pesquisa de soja 1983/84. p.119-120.

Informativo Abrates. (1993). Associacao Brasileira de tecnología de Sementes. VII Congreso Brasileiro de Sementes . vol. 3 N° 3.

Panobianco, M.; J. Marcos-Filhio. (2001). Evaluation of the Physiological Potencial of Tomato Seeds by Germination and Vigor Test. Seed Technology. 23(2): 151-161

Taiz, L.; E. Zeiger. (2002). Plant Physiology. (3th ed.). Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland. Estados Unidos de América.

Velasco, N.R. (1996). Manual para la evaluación de la calidad de semillas de maíz. Folleto Técnico N° 3. INIFAP.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

EVALUACIÓN AGRÓNOMICA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ FORRAJERO

Olague R.J.§; Montemayor T.J.A.; Aldaco N. R.A; Segura C.M.A.; Frías R.E.

Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México. §Autor responsable: jolaguer24@hotmail.com

RESUMEN

En la Comarca Lagunera, se siembran anualmente un promedio de 15,000 ha de maíz forrajero, el 90 % con híbridos comerciales de compañías multinacionales desarrollados para otras regiones; en los últimos 10 años se han evaluado más de 150 híbridos. El propósito del presente trabajo consistió en avaluar el comportamiento de diferentes híbridos bajo las condiciones de la Comarca Lagunera. Los tratamientos consistieron en los híbridos de maíz: Tigre/poncho, Tigre Y, Pantera, Impala, N83-N53, E189, Oso y DK2031. El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas con 3 repeticiones, los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico SAS (1996). Las variables evaluadas fueron: Características agronómicas (días a floración, altura de planta, altura de mazorca, plantas estériles, acame de tallo y raíz, rendimiento de forraje verde y rendimiento de materia seca), componentes de calidad (porcentaje de Proteína Cruda, energía neta de lactancia, fibra acido detergente, fibra neutro detergente y total de nutrientes digeribles. Los híbridos Tigre, Tigre Y y Pantera presentaron las mayores alturas de planta; con respecto al rendimiento de forraje verde y materia seca el híbrido Pantera resultó con los valores mayores. Los valores de días a floración indican que los híbridos Pantera, Oso y DK 2031 tienen un ciclo vegetativo intermedio, el resto de los materiales de ciclo precoz. Con respecto a la calidad todos los híbridos presentaron buenos resultados, con diferencias entre ellos en la FAD y la ENL, aunque sus valores se encuentran dentro del rango de buena calidad.

Palabras clave: Forraje, calidad nutricional, híbridos de maíz.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los forrajes de mayor uso para alimentación de los rumiantes en los países de Europa del norte, Estados Unidos y Canadá, su uso se ha extendido hacia el sur de Chile, posee un alto potencial de rendimiento por superficie sembrada, se usa principalmente como ensilaje debido a su alto contenido energético. Los forrajes forman la base de las raciones para ganado lechero y proporcionan la energía esencial para la dieta (Jugenheimer, 1981). Con frecuencia, la calidad del forraje es el principal factor limitante en la producción de leche debido a la presencia de fibras. Este factor puede ser superado por medio de suplementación, la cual es costosa. A nivel mundial los Estados Unidos ocupan el primer lugar en

producción de maíz con el 38%, Chile 21%, Brasil 7%, México 3% y Francia el 2%. La Comarca Lagunera, a nivel nacional, es una de las cuencas lecheras más importantes, donde se siembran anualmente un promedio de 15,000 ha de maíz forrajero, en ella se explota un hato de más de 410 mil cabezas de ganado (224,004 en producción) por lo que es necesario contar con forraje de calidad que satisfaga la necesidad de nutrición de los animales en producción; el 90 % con híbridos comerciales de compañías multinacionales desarrollados para otras regiones del país (INIFAP, 1999). En los últimos 10 años se han evaluado más de 150 híbridos diferentes de maíz forrajero, identificándose materiales con buenas características de rendimiento y calidad forrajera que se puede seleccionar con la certeza de obtener un ensilado de calidad (Faz *et al.,* 2005) y producciones de 51 t ha^{-1} de forraje verde y de 15 t ha^{-1} de forraje seco (Reta, *et al.,* 2000). De acuerdo con Robles (1986) El maíz tiene un rango muy amplio según las variedades o híbridos que se trate, encontrando unas tan precoces con alrededor de 80 días, hasta las mas tardías con 200 días desde la siembra hasta la cosecha, las variedades de mayor rendimiento son de 100 a 140 días, menos de 100 días se obtienen poca producción de grano y forraje verde o en base a materia seca; mas de 140 días no es conveniente por que ocupa demasiado tiempo el terreno de cultivo. La calidad del forraje como parte del consumo, generalmente tiene implicaciones sobre la digestibilidad, proteína cruda, componentes secundarios y contenido mineral. Las plantas en crecimiento pasan por una etapa inicial de producción vegetativa de hojas y tallos seguida por la floración y subsecuente desarrollo de semillas. La producción de inflorescencia y semillas requieren la movilización de nutrientes de tallos y hojas hacia la flor y semillas, lo cual ocasiona que decline la calidad nutritivita de hojas y tallos. Esta declinación en calidad se debe a la lignificación (Jugenheimer, 1981). La fibra de lenta digestión tapona el rumen y disminuye la capacidad de la baca para consumir alimento, los climas lluviosos, así como los cálidos y húmedos favorecen la lignificación de la planta y reducen la digestibilidad (Van Soest, 1991). El propósito del presente trabajo consistió en avaluar el comportamiento de diferentes híbridos de maíz bajo las condiciones de la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en los terrenos de la Sociedad Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera S.C.L., ubicada en Cuatrocienegas s/n, parque industrial lagunero en la ciudad de Gómez Palacio, Durango, en una parcela experimental de 1200 $m^{2.,}$ Se encuentra ubicada entre los meridianos 102^0 22" 2' y 104^0 47" W de G longitud oeste y los paralelos 24^0 22" y 26^0 23" latitud norte. La altura sobre el nivel del mar es de 1,139 metros. Cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana, donde se

localizan las áreas agrícolas (SAGARPA, 2006). Los tratamientos consistieron en híbridos de maíz, los cuales fueron: Tigre/poncho, Tigre Y, Pantera, Impala, N83-N53, E189, Oso y DK2031. El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas con 3 repeticiones para hacer un total de 24 unidades experimentales de 5 por 10 m, cada parcela se formó de 6 surcos, los datos obtenidos se analizaron estadísticamente utilizando el paquete estadístico SAS (1996). La siembra se realizó el 14 de abril 2009, en seco en surcos de 0.75 m de distancia con una densidad de población de 8 plantas por metro lineal, la preparación del terreno consistió en rastra, nivelación y bordeo. Se realizó un aclareo a los 20 días después de la siembra (dds), la fertilización se realizo con la formula 200 - 297 – 00, se utilizaron fertilizantes ácidos (líquidos). Las aplicaciones fueron las siguientes: aplicación de la fuente 5-30+em en dosis de 50 unidades de nitrógeno ha^{-1} y 297 de fósforo ha^{-1} a los 10 días después de la siembra (dds), aplicación de urea acida en dosis de 50 unidades nitrogenadas ha^{-1} a los 23, 37 y 66 dds. Los riegos que se proporcionaron fue riego de siembra, uno de sobre riego y 6 riegos de auxilio, debido a la textura franco-arenosa del terreno, se aplicaron laminas ligeras de 12 cm para acumular una lámina total de 84 cm. El sistema de riego que se empleo fue por bombeo con mangueras conectadas a hidrantes. Las plagas que se presentaron fue el gusano cogollero *(Spodoptera frugiperda),* se realizaron tres aplicaciones de insecticida, la primera con el producto comercial Cyren 480 CE (Clorpirifos-etil) en dosis de 1.5 litros por ha; la segunda y tercer aplicación se dio con Magnum L 480 (Clorpirifos-etil) en dosis de 1.25 litros por ha. Se realizaron en forma manual 3 escardas y limpias al cultivo. Las variables evaluadas fueron: Características agronómicas días a floración, altura de planta, altura de mazorca, plantas estériles, acame de tallo y raíz, rendimiento de forraje verde y rendimiento de materia seca, se tomaron muestras de los dos surcos centrales para medir las variables en estudio. Los componentes de calidad evaluados fueron porcentaje de Proteína Cruda (PC), energía neta de lactancia (ENl), fibra acido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y total de nutrientes digeribles (TND); los métodos utilizados son: proteína se utilizo el método Kjendahl, para las fibras FAD y FND se utilizo el método de Van Soest (1991) y para los parámetros energéticos fue por cálculos, de las muestras tomadas se tomaron 4 plantas para las muestras de forraje para realizar los análisis de laboratorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los valores encontrados para las características agronómicas los híbridos Tigre, Tigre Y y Pantera presentaron las mayores alturas de planta presentando diferencia entre ellos ($p > 0.01$); con respecto al rendimiento de forraje verde y materia seca el híbrido Pantera resultó con los valores mayores y

el Oso y E-189 con los menores resultados. Los valores de días a floración indican que los híbridos Pantera, Oso y DK 2031 tienen un ciclo vegetativo intermedio, el resto de los materiales de ciclo precoz.

Cuadro 1. Comparación de medias de las características agronómicas de ocho híbridos de maíz forrajero.

Híbrido	AP	AM	DF		FV	MS
			F	M		
Tigre	2.19 ab	1.16 ab	62.6 e	60.33 a	59.64 ab	14,84 abc
Tigre Y	2.15 abc	1.09 b	65.3 cde	65.00 a	61.50 ab	18,09 ab
Pantera	2.38 a	1.41 a	68 c	66.00 b	72.02 a	18,96 a
Impala	1.94 bcd	0.96 bc	66 cd	64.00 b	52.63 ab	15,00 ab
N83N53	2.03 abc	1.07 b	64.33 de	63.66 b	51.49 ab	14,26 abc
E-189	1.62 d	0.72 c	64.66 de	62.66 b	42.82 b	12,12 abc
Oso	1.78 cd	0.74 c	76.33 b	74.33 b	40.82 b	9,72 c
Dk-2031	1.79 bcd	0.72 c	77.30 e	72.66 b	50.55 ab	11,46 bc

Letras iguales en los híbridos indican que no hay diferencia significativa entre tratamientos (Tukey α= 0.01).

Los híbridos Tigre Y, Pantera e Impala arrojan valores de materia seca que concuerdan con lo reportado por Reta *et al.* (2002). De acuerdo con Robles (1986) el maíz tiene un rango muy amplio de su ciclo vegetativo de acuerdo al hibrido que se trate, de esta manera los híbridos Oso y Dk-2031 se comportaron como híbridos de ciclo precoz-intermedio. El Cuadro 2 presenta mediante la comparación de medias los resultados obtenidos con respecto a los ocho híbridos de maíz estudiados en su contenido de proteína cruda, fibra acido detergente, fibra neutro detergente, total de nutrientes digestibles y energía neta de lactancia. Podemos observar que los parámetros de PC, FND y TND no encontramos diferencia entre ellos ($p \leq 0.01$) y el los parámetros de FAD y ENL existe diferencia altamente significativa ($p > 0.01$).

Cuadro 2. Comparación de medias de los componentes de calidad de ocho híbridos de maíz forrajero.

Hibrido	PC	FAD	FND	TND	ENL
Tigre	9.76 ns	29.17 c	51.76 ns	67.41 a	1.53 a
Tigre Y	9.24 ns	29.84 bc	50.92 ns	66.94 a	1.51 ab
Pantera	8.06 ns	30.64 abc	50.73 ns	66.38 a	1.50 abc
Impala	8.22 ns	31.36 ab	51.34 ns	65.88 a	1.49 bc
N83N53	7.82 ns	29.75 bc	50.67 ns	67.05 a	1.52 ab
E-189	7.83 ns	30.63 abc	54.40 ns	65.73 a	1.50 abc
Oso	8.85 ns	32.07 a	50.55 ns	65.39 a	1.48 c
Dk-2031	8.50 ns	31.17 ab	50.80 ns	66.01 a	1.49 bc

Letras iguales en los híbridos indican que no hay diferencia significativa entre tratamientos (Tukey α= 0.01).

CONCLUSIONES

Los híbridos Tigre, Tigre Y y Pantera presentaron las mayores alturas de planta; con respecto al rendimiento de forraje verde y materia seca el híbrido Pantera resultó con los valores mayores. Los valores de días a floración indican que los híbridos Pantera, Oso y DK 2031 tienen un ciclo vegetativo intermedio, el resto de los materiales de ciclo precoz. Con respecto a la calidad todos los híbridos presentaron buenos resultados, con diferencias entre ellos en la FAD y la ENL, aunque sus valores se encuentran dentro del rango de buena calidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Sociedad Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera, así como al Ing. David Borroel Gallardo por las facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo y al personal del laboratorio y apoyo en campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Faz Cr. J. García N, G. Núñez H. 2005. Onceava demostración sobre tecnología para la producción de maíz, sorgo y alfalfas. INIFAP.PIAL. campo agrícola experimental la laguna. Matamoros, Coah. Pág. 32

INIFAP. 1999. Sistema de información del medio físico y la productividad de los cultivos forrajeros. Información en CD- ROM. Torreón, Coahuila.

Jugenheimer, R. W. 1981. Maíz, variedades mejoradas métodos de cultivo producción de semillas. Primera edición versión española. Editorial LIMUSA, S.A. México. Pp. 54-61

Reta SDG, Gaytan MA, Carrillo AJS. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. Revista Fitotecnia Mex; 23:37-48.

SAGARPA. 2006. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la región lagunera. Cd. Lerdo, Dgo.

Sánchez Robles Raúl.1986. Producción de granos y forrajes. 4ta edición. Mexico. Pp 10-103

The SAS. System for windows versión 6.2. 1996. SAS Institud Inc. Cary, NC. U. S.A.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci 74 (1991) 3583.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

EL AMARANTO Y SU RENTABILIDAD EN MÉXICO

Alma V. Ayala Garay[1§]; Lorena Cortes Espinoza[1]; Patricia Rivas Valencia[1]; Eduardo Espitia Rangel[2]

[1]INIFAP. Campo Experimental Valle de México. Texcoco Estado de México [2]INIFAP Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato. [§]Autor responsable: ayala.alma@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cultivo del amaranto es una alternativa para los agricultores sobre todo en las zonas de temporal de la región centro del país, porque, además, de tener características nutricionales, tiene características agronómicas que lo identifica como un cultivo alternativo en donde otros cultivos no se pueden adaptar; como son los suelos secos, zonas montañosas y altas temperaturas. El objetivo principal de este trabajo fue realizar un estudio de la rentabilidad de la producción de amaranto para grano de las principales zonas productoras en la región centro del país. Se utilizó información de producción y costos por hectárea de 2011 de los estados de Morelos, Puebla y Tlaxcala, los datos se obtuvieron de entrevistas directas con los productores mediante un cuestionario. Se concluye en de Puebla se tiene una mayor rentabilidad, a pesar de que no varía muchos su costos con respecto a los de Morelos, siendo éstos los más altos; sin embargo en cuanto rendimientos en Puebla se obtiene el mayor rendimiento, influyendo positivamente sobre la rentabilidad. Con respecto la rentabilidad más baja, se obtuvo en Tlaxcala, a pesar de tener los costos más bajos, sin embargo también se obtiene el rendimiento más bajo, repercutiendo negativamente en la rentabilidad del amaranto. Sin embargo es una opción viable para los lugares sobre todo de temporal, debido a que se adapta a condiciones adversas y sus características nutracéuticos van tomando cada día mayor importancia entre la sociedad.

Palabras claves: Costos de producción, ingreso, productividad, rentabilidad.

INTRODUCCIÓN

El amaranto tiene excelentes características agronómicas, debido a que se puede adaptar a condiciones adversas, en donde otros cultivos no se adaptan (Omami *et al*., 2006). Es decir, el amaranto es una alternativa para que los productores (Islas e Islas, 2001); por tener las características de mayor resistencia a la sequía (Morales *et al*., 1991; Turriza *et al*., 1991; López y López, 1991). México es uno de los centros de origen del amaranto y es considerada una semilla de origen prehispánico y resistencia cultural, que se

ha heredado de generación a generación. En el país es conocido popularmente como “alegría”, en lengua náhuatl se le denomina huautli. El grano presenta una gran importancia en la alimentación para México, Desde el punto de vista nutricional es especialmente benéfico para los grupos sociales más vulnerables como serían los niños y mujeres embarazadas o las que se encuentran en la fase de la lactancia (Espitia, 1991); debido entre otras razones, a que tiene un alto valor nutritivo debido a la cantidad y calidad de sus proteínas; cuenta con el doble de proteína que el maíz y el arroz, y de un 60 a 80 por ciento más que el trigo.

Para Barrales *et. al*. (2010) el amaranto es un cultivo prometedor como la mejor fuente de proteínas de origen vegetal que se puede obtener en condiciones de temporal, ya que en sequías puede sobrevivir por largo tiempo y presentar mejores rendimientos que otros cultivos en similares circunstancias, además ante la crisis económico y social en que se encuentran inmersos los países como México. Según datos de SAGARPA (2012), la producción del amaranto está retomando niveles de producción importantes. La FAO (1997) lo cataloga como un cultivo con la misma cantidad de nutrientes que la soya y capacidad productiva que podría aprovecharse, sin embargo, el amaranto no ocupa un lugar dentro de los productos estratégicos del sector agropecuario mexicano, como el maíz, trigo, soya, arroz o frijol. En los últimos 28 años, la superficie sembrada ha aumentado a una tasa de crecimiento media anual (tcma) de 9.82, entre 1982-2010, esta tasa refleja la importancia que ha adquirido el amaranto en los últimos años. Durante los años 1997,1999 - 2001, se tuvieron las máximas superficies cultivadas con áreas superiores a las tres mil hectáreas. De 2004 a 2007, se estabilizó la superficie a un nivel ligeramente superior a las dos mil hectáreas, ya entre 2008-2010 la superficie ha alcanzado nuevamente más de tres mil ha (en promedio 3047 has). Una situación similar ha ocurrido con la producción, donde se han tenido incrementos y gran variabilidad, con un gran salto a partir de 1995, y un máximo histórico en el año 2001, con la misma tendencia a la estabilización de 2004 a 2007 de tres mil toneladas, y de 2008 a 2010 un promedio de 4,075 toneladas, y una TCMA (1982-2010) de 15.34%.En relación a la productividad, el crecimiento de los rendimientos es menor con respecto a la producción, la TCMA entre 1982-2010 fue 4.36%. Los datos anteriores indican que el crecimiento del amaranto ha sido intensivo, es decir se ha basado en el aumento de la producción y no en superficie. Estos han aumentado gracias al uso de innovaciones, tecnologías, semilla mejorada etc. y no por el aumento de la superficie cosechada. De acuerdo a datos del SAGARPA-SIACON (2010), la producción de amaranto se concentra en la zona central de México, esta zona tiene un gran potencial para cultivarlo, destacan entre las entidades productoras los estados de Puebla, Morelos,

Tlaxcala, Estado de México y el Distrito Federal. Sobre su importancia social, se considera que existen aproximadamente 3000 productores de amaranto distribuidos principalmente en la zona central del país. El objetivo del trabajo fue analizar la rentabilidad del cultivo de amaranto en México en los estados de Puebla, Morelos, Tlaxcala.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se hizo un cálculo de la rentabilidad del amaranto a nivel regional, en el estado de Morelos en el municipio de Temoac; en el estado Puebla, en los municipios de Tochimilco y Cohuecan, en Tlaxcala en el municipio de Nativitas, para lo cual se entrevistaron a 193 productores (Cuadro 1).

Cuadro 1. Total de productores por Estado.

Estados	Hombre	Mujer	Total
Morelos	70	6	76
Puebla	64	22	86
Tlaxcala	31	0	31
Total			193

Además de la rentabilidad, dentro de la encuesta se consideraron otros aspectos como las características socioeconómicas del productor y del proceso de producción.

Las encuestas se aplicaron en los meses de noviembre de 2011 a marzo de 2012, el cálculo de la rentabilidad corresponde al ciclo PV de 2011. La estimación consideró los siguientes conceptos: costos de insumos, (semilla, abono, fertilizante, insecticida), costos de mano de obra, costos de labores mecanizadas, costo de renta de la tierra. Además del precio medio rural y el rendimiento por ha.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los productores encuestados tienen una edad promedio de 48 años, apenas el 57% de los entrevistados tiene estudios de primaria. En promedio cuentan con 2.52 ha, en su mayoría son ejidatarios (81.2%) y son productores cuya principal actividad es la producción agropecuaria, solo el 12% se dedica a otras actividades como el comercio. Sobre la organización de los productores, el 12.44% pertenece alguna estructura productiva de amaranto, lo que refleja el bajo nivel de desarrollo de su capital social.

En relación a su proceso de producción, los productores seleccionan su semilla, siembran el amaranto como monocultivo, algunos agricultores utilizan fertilizante químico, otros abonos orgánicos. El amaranto se produce en condiciones de temporal, en verano, generalmente en el mes de junio para ser cosechado en octubre a noviembre y en rendimiento se obtienen en promedio 1.52, 1.43 y 1.02 t en Puebla, Morelos y Tlaxcala, respectivamente. De acuerdo a los resultados, en Puebla se obtiene el mayor costo de producción por hectárea (ha), sin embargo al obtener un mayor rendimiento promedio, el costo por tonelada es menor lo que repercute directamente en el ganancia por tonelada. En Tlaxcala, el costo por ha es menor, sin embargo al tener también el menor rendimiento, se tiene las menores ganancias.

Cuadro 2. Rentabilidad del cultivo de amaranto, Puebla, Morelos y Tlaxcala, ciclo PV 2003.

Concepto	Puebla	Morelos	Tlaxcala
Semilla kg	75.60	100.32	104.16
Abono kg	930.60	1,328.22	1,104.80
Fertilizante kg	2,350.00	2,048.80	2,973.20
Insecticidas	331.00	370.00	142.60
Labores mecanizadas	4,208.50	3,379.00	2,655.00
Labores manuales	5,607.00	7,348.00	7,637.00
Transporte	325.00	355.00	298.00
Renta de la tierra $/ha	3,200.00	2,522.00	1,570.00
Costo total $/ha	17,027.70	17,451.34	16,484.76
Rendimiento ton/ha	1.52	1.43	1.02
Costo por tonelada $/ton	11,202.43	12,203.73	16,098.40
Predio $/ton	18,000.00	18,000.00	18,000.00
Ganancia $/ton	6,797.57	5,796.27	1,901.60

Bajo estas condiciones, los costos de producción por tonelada de amaranto, se ven afectados por la productividad, lo que repercute directamente en las ganancias unitarias. La menor utilidad se explica por los bajos rendimientos debido a la falta de una tecnología adecuada, ya que se documentó el uso de semilla criolla, fertilización inadecuada, bajo o nulo control de plagas, etc., lo cual repercute en el incremento significativo de los costos.

CONCLUSIONES

El amaranto tiene enormes posibilidades y perspectivas técnicas de desarrollo, entre otras, el mejoramiento genético, la mecanización, etc. En el escenario actual, demanda una gran cantidad de mano de obra, sobre todo en la cosecha, que de manera generalizada se realiza manualmente (24 jornales por ha), lo que

permite la generación de empleos y el arraigamiento de los pobladores a su lugar de origen. Además, las características agroclimáticas y edáficas en la Región Centro son adecuadas y propicias para el cultivo, sin embargo, los productores demandan un paquete tecnológico adecuado que les permita incrementar el rendimiento, reducir costos de producción y por ende incrementar sus ganancias. Adicionalmente, por la diversidad de uso del amaranto, es una alternativa potencial para el productor por ser un cultivo versátil en su aprovechamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Barrales Domínguez, José Sergio, *et. al.* (2010). Amaranto. Recomendaciones para su producción. Universidad Autónoma Chapingo, Plaza y Valdés y Fundación Produce Tlaxcala. México D.F.

Casas Alejandro, Alfonso, (2001). Plant Resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. Economic Botany. p 96

Espitia R E (1991) Informe de avances en la investigación en amaranto. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. CIRCE. Cevamex. Chapingo, México.. 76 pp

Food Agriculture Organization (FAO), (1997). El cultivo del amaranto (Amaranthus spp.): producción, mejoramiento genético y utilización. http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap1.htm

Consultado 10 de julio de 2012

López de J R y V L López (1991) Factores edafológicos externos donde se desarrolla Amaranthus hybridus. I Congreso Internacional del amaranto. Oaxtepec, Morelos, México. p. 48.

Morales R M; R J E Treviño, F H Rodríguez y B J Aldape (1991) Estudio de ocho genotipos de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L. y A. cruentus*) en dos fechas de siembra, ciclo temprano 1988 en Marín, Nuevo León. I Congreso Internacional del amaranto. Oaxtepec, Morelos, México. p. 35.

Omami E N, P S Hammes, P J Robbertse 2006 Differences in salinity tolerance for growth and water-use efficiency in some amaranth (Amaranthus spp.) genotypes. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 34:11–22.

Sauer J D.(1976). Grain amaranths. *In*: Evolution of Crop plants. N W Simmonds (ed). Longman Group Limited, London, p 202.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (sagarpa) y Sistema de información agroalimentaria de consulta (SIACON). 2010. Sistema de información agroalimentaria de consulta. México, D. F.

Turriza E L; C M Burgos, H A Rodríguez, M R Gutiérrez y R M Naal (1991) Adaptación de cuatro variedades de amaranto de grano (*Amaranthus hypochondriacus L. y A. cruentus*).

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

FERTILIZACIÓN Y DENSIDAD DE POBLACIÓN I. CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA EN LA SEMILLA DE AMARANTO (*A. hypochondriacus*)

Ma. de la Luz Ramírez Vazquez[1§]; Eduardo Espitia Rangel[2]; Aquiles Carballo Carballo[3]; Rosalba Zepeda Bautista[2]; Humberto Vaquera Huerta[3]; Leobigildo Córdova Téllez[3]

[1]Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. [2]Campo Experimental Valle de México. INIFAP. [3]Colegio de Postgraduados. [§]Autor responsable: maluz_r_v@hotmail.com

RESUMEN

La calidad de la semilla para siembra es muy importante ya que de ella depende en cierto modo que se alcancen altos rendimientos de tal manera que los productores logren producir su propia semilla a partir de una determinada evaluación como control de calidad y así presenciar su estado físico y fisiológico de la semilla que no solo va a depender del estado nutrimental sino también de la competencia entre planta y el lugar donde se estableció y desarrollo el cultivo; de esta manera y dada la necesidad que existe actualmente con los productores de amaranto para producir su propia semilla de buena calidad; en el presente estudio se evaluaron seis dosis de fertilización en combinación de nitrógeno y fósforo, en tres densidades de población y dos variedades de amaranto sobre la calidad física y fisiológica de la semilla. El estudio se realizo en el laboratorio de Análisis de semilla del Colegio de Postgraduados con 36 tratamiento y tres repeticiones, las variables que se evaluaron en calidad física fueron, contenido de humedad, peso seco de la semilla y peso volumétrico, en calidad fisiológica se evaluaron plántulas normales, anormales y semillas no germinadas, y las pruebas para vigor fueron primer conteo, conductividad eléctrica y envejecimiento acelerado. Los resultados mostraron que no hubo ningún efecto en la calidad física para fertilización, variedad y en densidad de población esto puede atribuirse a que las plantas se establecieron en campo de igual manera más sin embargo para calidad fisiológica si las hubo en germinación y vigor encontrándose datos que ayudan a identificar que la semilla de amaranto es de buena calidad, por otra parte sé concluye que en dosis de fertilización, variedad y densidad de población mostraron un porcentaje de germinación y vigor donde se determina que la mejor variedad y densidad población fueron Gabriela y con las densidades de 100 y 150 mil plantas ha^{-1}.

Palabras clave: *Amaranthus hypochondriacus* L., fertilización, densidad de población, calidad de semilla.

INTRODUCCIÓN

La calidad de la semilla para siembra es muy importante ya que de ella depende en gran medida que se alcancen altos rendimientos. Para lograr esto, el cultivo debe ser manejado apropiadamente durante todas

las etapas, donde el efecto de los factores ambientales, métodos de cosecha, enfermedades, insectos y condiciones de almacenamiento pueden afectar severamente su calidad, la cual está dada por los componentes genéticos, fisiológicos sanitarios y físicos (De León, 1989).

Un paso importante en la domesticación de los amarantos fue la selección que los antiguos agricultores hicieron de las formas mutantes en las que la semilla negra de tipo silvestre fue remplazada por una semilla blanca; el resultado fue una semilla de mejor sabor y con mayor calidad al reventar; este tipo de mutación también permitió a los domesticadores prehistóricos evitar cruzas entre su cultivo y los amarantos silvestres por medio de la eliminación de las semillas oscuras híbridas en la semilla utilizada para la siembra, y de esta forma se favoreció la evolución divergente de las formas domesticadas. La selección artificial aumentó el tamaño de las plantas, inflorescencias e incrementó así la producción de semilla; la selección artificial también produce formas de color rojo brillante, lo que sugiere que los agricultores prehistóricos sentían demasiado interés por la utilidad de sus plantas y por su belleza (Mujica y Berti, 1997).

La semilla de amaranto es bastante pequeña (0.9 - 1.7 mm de diámetro) y su peso varía entre 1,000 a 3,000 semillas g^{-1} y así también el color puede variar desde crema a oro y de negro a rosa (Stallknecht y Schulz-Schaeffer, 1993). La interacción del genotipo con el ambiente es de gran importancia para el fitomejorador en la formación y desarrollo de variedades mejoradas, ya que cuando estas son comparadas en ambientes diferentes su comportamiento varía (Espitia, 1991a). La habilidad de los genotipos para resistir a los cambios del ambiente y mantener una menor interacción con éste se le ha definido como amortiguamiento y estabilidad (Eberhart y Russell, 1966). En general, el amaranto tiende a ser una planta con una alta estabilidad del rendimiento, pues su plasticidad le permite modificar su fenología y estructura en diferentes ambientes para conservar la expresión de rendimiento (Espitia, 1991b).

Sin embargo, en regiones templadas de la Mesa Central de México, los cultivares de *A. cruentus* y de *A. hypochondriacus* desarrollan su ciclo biológico entre 120 y 208 días (Espitia, 1987), al mismo tiempo que en regiones cálidas de Morelos y Veracruz alcanzan su madurez en 80 días (Espitia, 1987; Bañuelos *et al.*, 1988). Para el caso de *Amaranthus* spp. aún no se ha definido un criterio universal para determinar la madurez fisiológica; no obstante, el cambio de color de la inflorescencia o panoja es el indicador más utilizado. Así, en panojas verdes se ha observado el cambio de color verde a un color oro, en panojas rojas

cambia de color rojo a café rojizo. En ese estado, las semillas son duras y no es posible penetrarlas con la uña, pero cuando alcanza la madurez al sacudir la panoja, las semillas maduras caen; Mujica y Berti (1997) asocian la madurez con la senescencia de las hojas, la planta tiene un aspecto seco de color café y generalmente se espera que caiga la primera helada de otoño para que disminuya la humedad de la semilla.

Dada la necesidad que existe actualmente en los productores de amaranto para producir su propia semilla de buena calidad; en el presente estudio se evaluaron seis dosis de fertilización en combinación de nitrógeno y fósforo, en tres densidades de población y dos variedades de amaranto sobre la calidad física y fisiológica de la semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la semilla producida en el ciclo P-V 2006 de las variedades Revancha y Gabriela; la primera fue proporcionada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y la segunda por el Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala (ITAT) se tuvieron 36 tratamientos producto de la combinación de las dos variedades, tres dosis de nitrógeno (0, 60, 80 kg ha^{-1}), dos de fósforo (30 y 60 kg ha^{-1}) y tres densidades de población (100, 150 y 200 mil plantas ha^{-1}), con tres repeticiones

Calidad Física

Contenido de Humedad (CH): Se realizó por el método de la estufa a 130°C por un lapso de 2 h, en 2 g de semilla; los resultados se expresan en porcentaje en base de peso húmedo.

Peso Seco (PS): Se consideró el peso seco directo de la muestra de semilla después de ser introducida en la estufa para determinar el contenido de humedad.

Peso Volumétrico (PV): Se evaluó dejando caer la semilla en un recipiente de 36 ml a una distancia de 10 cm en la parte central del recipiente para posteriormente rasar con una regla de madera y enseguida medir su peso en una báscula analítica OHAUS de 0.001 g de precisión, los resultados se expresan en kg hL^{-1}.

Calidad Fisiológica

Germinación: Se midió en repeticiones de 25 semillas mediante la técnica sobre papel en cajas Petri a 27ºC durante 6 días. Se realizó un primer conteo a los 2 días y un segundo a los cinco días después de la siembra. Se consideraron las variables: Plántulas Normales (PN), que fue la suma de las plántulas con las

características de normales del primero y segundo conteo; Plántulas Anormales (PA), aquellas con características de anormales en el segundo conteo; y Semillas no Germinadas (SNG), que consideró el número de semillas muertas y latentes del primero y segundo conteo, los resultados se reportan en porcentaje.

Vigor

Primer Conteo (PC): Se consideró como indicador de vigor, analizando los valores de plántulas normales del primer conteo de la prueba estándar de germinación, al segundo día midiendo la protusión radicular después de la siembra, los resultados se reportan en porcentaje.

Conductividad Eléctrica (CE): se usó como referencia la metodología propuesta por Moreno (1984). Se pesaron 100 semillas y se colocaron en un vaso de vidrio con 50 ml de agua desionizada, que fue colocado en condiciones de 23 a 25^{O}C por 8 h, para tomar la conductividad eléctrica con un medidor Modelo OAKTON "Conductivity Meter". Los resultados se expresan en $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$.

Envejecimiento Acelerado (AC): se pesaron 10 g de semilla y se colocaron sobre una malla de alambre con tela, está se ubicó dentro de cajas de plástico tipo sanwichera con agua, a una altura de 5 cm para evitar contacto con el agua. Las cajas se sellaron y se metieron en una estufa con temperatura de 41 ± 0.3 ºC por 72 h, después se realizó la prueba de germinación estándar con 25 semillas, donde se contabilizó en número de plántulas normales, anormales y semillas no germinadas. Adicionalmente se midió el contenido de humedad antes y después del tratamiento de envejecimiento.

Análisis Estadístico

Las variables expresadas en porcentaje se transformaron con la función Arcoseno y se analizaron con un diseño completamente al azar por dosis de fertilización y densidades de población con el programa SAS-GLM (SAS, 2002), los promedios se compararon por la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad física

Los factores y niveles evaluados no afectaron el contenido de humedad, materia seca y peso volumétrico de la semilla (Cuadro 1). El efecto de estos resultados se debe principalmente a que todos los tratamientos se comportaron de la misma manera durante la evaluación en el laboratorio así como a partir de la procedencia que tuvo la semilla (ciclo primavera-verano 2006).

Cuadro1. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de calidad física en amaranto. Montecillo, México. 2006.

FV	GL	CH	PS	PV
Rep	2	50.08	0.0200	0.30
F	5	1.91	0.0007	0.21
V	1	0.05	0.0002	0.02
D	2	4.18	0.0016	0.14
F x V	5	0.42	0.0001	0.19
F x D	10	1.65	0.0006	0.14
V x D	2	1.43	0.0005	0.57
COFVD	35	1.40	0.0005	0.20
Error	80	1.50	0.0006	0.17
CV (%)		13.44	1.35	1.44

Rep=repetición, F=fertilización, V=variedad, D=densidad, x=interacción, COFVD=combinación de factores y CV=coeficiente variación, CH=contenido de humedad, PS=peso de la semilla y PV=peso volumétrico.

La calidad física es uno de los aspectos más importantes en el análisis de semillas la cual, asociada al poder germinativo, el vigor, y el contenido de humedad definen la calidad, por lo que para su evaluación se han ido desarrollando protocolos importantes para ser utilizados en los programas de producción y la comercialización de diferentes especies (Moreno, 1984). Efecto de la Dosis de fertilización. Las dosis de fertilización que se muestran en el Cuadro 2 no afectaron de manera significativa el contenido de humedad, peso seco y peso volumétrico de la semilla.

Cuadro 2. Comparación de medias para variables de calidad física por el factor Dosis de Fertilización. Montecillo, México. 2006.

Variable	Dosis de fertilización					
	1	2	3	4	5	6
CH (%)	9.58 a†	9.08 a	8.91 a	9.25 a	8.63 a	9.58 a
PS (g)	1.81 a	1.82 a	1.82 a	1.81 a	1.83 a	1.81 a
PV (kg hL^{-1})	80.30 a	79.97 a	79.88 a	79.69 a	79.61 a	79.44 a

†: Medias con las mismas letras en la misma hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey, 0.05 de probabilidad.

Se puede mencionar que el resultado mostrado se debe a las condiciones ambientales durante el desarrollo del cultivo; aspecto sobre el cual Ramírez (2005) y Alejandre y Gómez (1986) mencionan que el peso volumétrico encontrado en una evaluación de genotipos fueron de 76.32-79.79 kg hL^{-1} y por otra parte Arroyo-Figueroa (1986) y Barba de la Rosa (1986) citados por Morales *et al*. (2009) y Paredes *et al.* (1988) informan que el amaranto tiene un peso de 76.9 kg hL^{-1}, que son comparables con los datos de frijol común y el trigo. Haciendo referencia a las características de las semillas que son consideradas como factores de calidad física, tales como: el contenido de humedad, peso por volumen y la pureza de la semilla, y adicionalmente se pueden considerar el color, el tamaño, peso de 1000 semillas y el daño por hongos e

insectos. Cabe señalar que el contenido de humedad y la materia seca de la semilla (Cuadro 2) son algunas de las variables de la calidad física que se relacionan con la madurez fisiológica mismas que pueden ser usadas para definir el momento oportuno de la cosecha en amaranto en el que no existe una norma estandarizada para la cosecha manual o mecánica. Efecto de variedades. En el Cuadro 3 se aprecia que no hubo diferencias significativas para las dos variedades 1 (Revancha) y 2 (Gabriela).en cada variable evaluada.

Cuadro 3. Comparación de medias para variables de calidad física por el factor Variedad. Montecillo, México. 2006.

Variable	Variedad	
	1	2
CH (%)	9.10 a†	9.14 a
PS (g)	1.81 a	1.81 a
PV (kg hL^{-1})	79.86 a	79.77 a

†: Medias con las mismas letras en la misma hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey, 0.05 de probabilidad.

Siendo importante mencionar la importancia de estas variables, tanto es que a mayor peso volumétrico menos semilla vana y de mayor tamaño. Acorde a lo anterior las dos variedades presentaron la misma calidad de semilla en cuanto al peso volumétrico y de la misma forma para el contenido de humedad y el peso de materia seca de la semilla. El manejo de la humedad es el factor más importante en la conservación de semillas, ya que favorecen el desarrollo de insectos y hongos afectando los procesos fisiológicos de los que dependen la pérdida de vigor y viabilidad (Moreno, 1984). Los valores de humedad obtenidos en esta investigación son similares a los reportados por The National Research Council (1984) (6 -11 %) para *Amaranthus* spp., Teutónico y Knorr (1985) (11.1 %), Bernal (1997) (10.36-10.60 %) y Ramírez y Tabales (2002) (7.81-11.07 %), quienes trabajaron *Amaranthus hypochondriacus* L.

Efecto de densidades de población. La comparación de medias por densidad de población (Cuadro 4) muestra que estadísticamente no hay diferencias significativas para 100, 150 y 200 mil plantas ha^{-1} en CH, PS Y PV.

Gimplinger *et al.* (2008) reportan que al tener una densidad de más de 50 plantas m^{-1} es aceptable combinándola con plantas pequeñas y tallos delgados porque este va a reducir el número de ramas y un bajo contenido de humedad por lo que facilitaría la cosecha mecánica y por supuesto reduciría la perdida de semilla; no obstante, la evaluación de las densidades utilizadas en campo se comportaron de la misma

Cuadro 4. Comparación de medias para variables de calidad física por el factor Densidad de Población. Montecillo, México. 2006.

Variable	Densidad		
	1	2	3
CH (%)	9.0 a†	9.50 a	8.80 a
PS (g)	1.82 a	1.81 a	1.82 a
PV (kg hL^{-1})	80.00 a	79.64 a	79.80 a

†: Medias con las mismas letras en la misma hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey al 0.05 de probabilidad.

manera, y por tal motivo puede decirse que la calidad de semilla dentro de variedades es buena y no se presentó ninguna pérdida como se indica en los diferentes tratamientos de dosis de fertilización, variedades y densidad de población.

Calidad fisiológica

Los cuadrados medios del análisis de varianza indican que hay diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre variedades para plántulas normales, anormales y semillas no germinadas y significativas para variedades en plántulas normales. No se detectaron diferencias para dosis de fertilización y las interacciones entre los factores (Cuadro 5). Las diferentes densidades de población utilizadas no tuvieron efecto significativo ($p \leq 0.05$) para plántulas normales y semillas no germinadas porque quizá hubo una buena maduración del grano y con ello alta la calidad de la semilla.

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia estadística para variables de germinación y vigor de la semilla en amaranto. Montecillo, México. 2006.

FV	GL	PN	PA	SNG
Rep	2	1711.26	441.04	445.48
F	5	45.30	19.10	26.19
V	1	12202.81 **	3114.81 **	2987.26 **
D	2	500.59 *	229.48	54.37
FxV	5	33.21	54.55	40.41
FxD	10	143.26	82.28	36.77
VxD	2	94.37	36.59	36.60
COFVD	35	130.20	164.52	116.40
Error	80	169.01	88.68	53.95
CV (%)		16.92	57.46	108.96

Rep=repetición, F=fertilización, V=variedad, D=densidad, x=interacción, COFVD=combinación de factores y CV=coeficiente variación, PN=plántulas normales, PA=plántulas anormales y SNG=semillas no germinadas, *, **=significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

En primer conteo y en envejecimiento acelerado (plántulas normales y semillas no germinadas) (Cuadro 6) se observan diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre variedades; mientras que entre fertilización y densidad de población no hubo efecto significativo ($p > 0.05$) para primer conteo y conductividad eléctrica. Cabe señalar que en la prueba de vigor de conductividad eléctrica no hubo ningún efecto entre dosis de fertilización, variedad y densidad de población así como en la humedad de salida y plántulas anormales de la prueba de envejecimiento acelerado. Algunos autores como Ellis *et al.* (1985), Bartolini y Hampton (1989) y Bernal (1997) subrayan que las semillas de *Amaranthus* spp. muestran latencia; sin embargo, en la presente investigación no se presentó esta característica. Analizando las diferencias de las tres pruebas establecidas para vigor, se puede inferir que las condiciones ambientales de ese ciclo (P-V 2006) favorecieron para obtener semilla de buena calidad.

Cuadro 6. Cuadrados medios y significancia estadística para variables de vigor de la semilla. Montecillo, México. 2006.

				EA		
FV	GL	PC	CE	PN	PA	SNG
Rep	2	13347.70	2.52	983.25	416.44	129.92
F	5	126.81	14.98	110.81	183.11	41.48
V	1	31348.15 **	17.92	1253.92 **	432.00	3157.92 **
D	2	409.92	11.86	741.92*	195.11	256.14
FxV	5	51.79	29.19	202.19	314.66	335.52
FxD	10	145.39	7.57	89.48	181.95	207.79
VxD	2	105.03	13.68	357.92	27.11	196.59
COFVD	35	1047.65*	11.84	220.02	169.59	276.96
Error	80	297.80	11.21	165.75	195.71	219.46
CV		23.65	46.01	38.71	42.91	42.91

Rep=repetición, F=fertilización, V=variedad, D=densidad, x=interacción, COFVD=combinación de factores y CV=coeficiente variación, PC=primer conteo, CE=conductividad eléctrica, EA=envejecimiento acelerado, *, **=significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Cuadro 7. Comparación de medias para variables de germinación y vigor por el factor Dosis de Fertilización. Montecillo, México 2006.

Variable	Dosis de fertilización					
	1	2	3	4	5	6
PN (%)	76 a†	74 a	78 a	76 a	78 a	76 a
PA (%)	17 a	17 a	15 a	15 a	15 a	17 a
SNG (%)	6 a	8 a	6 a	7 a	5 a	5 a
PC (%)	68 a	73 a	74 a	72 a	76 a	73 a
CE ($\mu s\ cm^{-1}\ g^{-1}$)	7 a	6 a	7 a	9 a	7 a	7 a

†: Medias con las mismas letras en la misma hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey, 0.05 de probabilidad.

Efecto de dosis de fertilización. Las diferentes dosis de fertilización no mostraron diferencias significativas para todas las variables (Cuadro 7) de germinación y en las pruebas de vigor de primer conteo y conductividad eléctrica. De lo anterior se deduce que en germinación todas las dosis de fertilización de comportaron de la misma manera siendo así que la germinación reportada en esta investigación son similares a los reportados por Ramírez y Tabales (2002) (70.91-82.65 %). Efecto de variedades y densidades de población. El Cuadro 8 muestra que para plántulas normales, anormales, semillas no germinadas y la prueba de vigor primer conteo hubo diferencias significativas para variedad, excepto en conductividad eléctrica. Esta prueba estima la germinación y vigor de las semillas sobre la base de la medición de la liberación de electrolitos al medio como consecuencia del estado de integridad de las membranas celulares, por lo que las semillas deterioradas o muertas liberan una mayor cantidad de electrolitos que las sanas y vigorosas (Arango y Craviotto, 2001). Por lo anterior se puede mencionar que la prueba de vigor estima la germinación dando como resultado una buena calidad tal como lo indica Moreno (1984), quien señala que en base a la experiencia que se tiene sobre esta prueba en Inglaterra y Gales (en los Laboratorios Oficiales de Análisis de Semillas) la prueba de conductividad eléctrica se interpreta cuando la semilla presenta 24 μ s cm^{-1} g^{-1} o menos, puede usarse con toda seguridad en siembras tempranas o condiciones desfavorables, los resultados en esta investigación en la prueba de conductividad eléctrica permiten recomendar la semilla como de buena calidad por tener datos menores de 24 μ s cm^{-1} g^{-1}.

Cuadro 8. Comparación de medias para variables de germinación y vigor por el factor Variedad y Densidad de Población. Montecillo, México. 2006.

Variable	Variedad		Densidad		
	1	2	1	2	3
PN (%)	66 b†	87 a	77 a	80 a	73 b
PA (%)	21 a	11 b	16 a	14 a	19 a
SNG (%)	12 a	1 b	7 a	5 a	7 a
PC (%)	55 b	90 a	76 a	74 a	69 a
CE (μs cm^{-1} g^{-1})	7 a	8 a	7 a	7 a	8 a

†: Medias con las mismas letras en la misma hilera son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey, 0.05 de probabilidad.

Por otra parte, en densidad de población se reporta que en plántulas anormales, semillas no germinadas primer conteo y conductividad eléctrica se comportaron iguales a diferencia de plántulas normales donde se muestra que las densidades de 100 y 150 mil plantas ha^{-1} fueron las más adecuadas para obtener un alto porcentaje de germinación. De igual manera la variedad Gabriela presento mejor porcentaje de germinación y mejor vigor en la variable de primer conteo también es importante mencionar que en amaranto existen pocos estudios sobre pruebas de vigor para evaluar su calidad, no obstante, esta prueba

podría ser una buena opción para determinar el vigor de la semilla de amaranto, lo que se atribuye a los resultados obtenidos (Cuadros 7 y 8). En el Cuadro 9 no se observan diferencias para plántulas normales, anormales y semillas no germinadas entre dosis de fertilización y variedad a excepción de la variedad Gabriela donde se observa que tuvo un menor porcentaje de semillas no germinadas. En referencia a la densidad de población de 150 mil plantas ha^{-1} (Cuadro 8) se determina que en esta prueba de vigor se vio menos afectada en la variable de plántulas normales en comparación con las de 100 y 200 mil plantas ha^{-1}. Cabe señalar que esta prueba es una de las más utilizadas en soya para evaluar el vigor tanto en Argentina como en Brasil, se utiliza para medir el vigor de los lotes de semillas, es decir la capacidad de las semillas de germinar en condiciones subóptimas o de estrés; se fundamenta principalmente en someter a las semillas a condiciones totalmente opuestas a un buen almacenamiento (Arango y Craviotto, 2001).

Cuadro 9. Comparación de medias para variables de envejecimiento acelerado por los factores de dosis de fertilización, variedad y densidad de población. Montecillo, México 2006.

Variable	Dosis de fertilización						Variedad		Densidad		
de EA	1	2	3	4	5	6	1	2	1	2	3
PN (%)	34 a	35 a	32 a	34 a	29 a	34 a	45 a	45 a	31 b	38 a	30 b
PA (%)	33 a	28 a	34 a	34 a	36 a	32 a	30 a	34 a	31 a	30 a	32 a
SNG (%)	32 a	36 a	34 a	36 a	34 a	33 a	39 a	29 b	34 a	32 a	37 a

†: Medias con las mismas letras en la misma hilera son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey, 0.05 de probabilidad.

En comparación con la prueba de germinación mostrada en los Cuadros 7 y 8 se deduce que la prueba de envejecimiento acelerado puede ser adecuada para medir el vigor de la semilla que no completa su madurez fisiológica o quizás tenga mucho tiempo de almacenamiento y en condiciones desfavorables.

CONCLUSIONES

Se concluye que las variables de calidad física evaluadas no se encontraron diferencias en dosis de fertilización, variedad y densidad de población, a diferencia de las variables evaluadas en porcentaje de germinación y vigor donde se determina que la mejor variedad y densidad población fueron Gabriela y con las densidades de 100 y 150 mil plantas ha^{-1}.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alejandre I G, L F Gómez (1986) Cultivo del amaranto en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Impreso en México. 245 p.

Arango M R, R M Craviotto (2001) Calidad de semillas de soja. Poderosas herramientas han surgido para

evaluar la calidad de las semillas de soja, atributo determinante del éxito económico de la empresa agropecuaria. INTA Oliveros; Santa Fe, Argentina. pp: 24-28.

Bañuelos V B, J B Escobar, E M Gómez, F E Sánchez, D J Zilli (1988) Comportamiento de 12 genotipos de amaranto (*Amaranthus* spp.) bajo condiciones de tres zonas ecológicas del estado de Veracruz. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. 105 p.

Bartolini J S, J G Hampton (1989) Grain amaranth seed development, yield and quality. Proceedings Annual Conference Agronomy Society of New Zealand 19: 55-61.

Bernal M R (1997) La mancha negra del tallo *Macrophoma* sp. sobre la calidad de semilla en amaranto. Tesis de Maestría en Ciencias Especialidad en Semillas. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 70 p.

De León C H (1989) Disponibilidad y uso de las semillas mejoradas y criollas en México. *In*: Memorias del Simposio Internacional sobre Tecnologías de Producción de Maíz. Tomo I. FIRA. Noviembre 23 y 24. Guadalajara, México. pp: 89-99.

Eberhart S A, W A Russell (1966) Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 6:36-40.

Espitia R E (1987) Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de *Amaranthus.* Coloquio Nacional de Amaranto. Programa-Amaranto. CAEVAMEX-CIFAPMEX-INIFAP. Querétaro, Qro. México. 118 p.

_____ R E (1991a) Variabilidad genética e interacciones del rendimiento y sus componentes en alegría (*Amaranthus* spp.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. Tesis de Maestría en Ciencias. 104 p.

_____ R E (1991b) Estabilidad del rendimiento en amaranto. *In*: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec Morelos, México. Septiembre 22-27. p 65.

Ellis R H, T D Hong, E H Roberts (1985) Handbook of Seed Technology for Genebanks. Volume II. Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations. Handbook for Genebanks No. 3. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy. pp: 241-246.

Gimplinger D M, Erley S, Dobos G G, Kaul H P (2008) Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. European Journal of Agronomy Volume 28, Issue 2. pp: 119-125.

Morales G J C, Vázquez M N, Bressani C R (2009) El amaranto. Características físicas, químicas, toxicológicas y funcionales y aporte nutricio. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. México, D. F. 269 p.

Moreno M E (1984) Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 383 p.

Mujica S A, D M Berti (1997) El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.): producción, mejoramiento genético y utilización. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, de Chile. 145 p.

National Research Council (1984) Amaranth modern prospect for an ancient crop. National Academy Press Washington, D. C. 77 p.

Paredes L O, Cárabez T A, Pérez H S, González C J (1988) Influence of Germination on Physico-chemical Properties of Amaranth Flour and Starch Microscopic Structure. Starch – Stärke. Volume 40. Issue 8. pp 290–294.

Ramírez V M L, Tabales M A L (2002) Descripción varietal de líneas de amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 29. Xocoyucan, Tlax. 121 p.

Ramírez V M L (2005) Efecto del crecimiento determinado e indeterminado en la calidad de la semilla en amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 90 p.

SAS Institute Inc. (2002) The SAS System. Release 9.0. Cary. N. C. USA.

Stallknecht G F, J R Schulz-Schaeffer (1993) Amaranth rediscovered. *In*: J. Janick and J.E. Simon (eds.), New crops. Wiley, New York. pp. 211-218.Teutonico, R. A., and D. Knorr. 1985. Amaranth: composition, properties and applications of a rediscovered food crop. Food Technology. 39(4): 49-60.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

FERTILIZACIÓN Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA DE CEBADA MALTERA

Miguel A. Avila Perches[§]; J. Roberto A. Dorantes González; Rocío E. Hernández Caldera; Mauro R. Zamora Díaz; Salomón Solano Hernández; Ramón Huerta Zurita

[1]Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [§]Autor responsable: avila.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se realizaron dos ensayos para evaluar el efecto de diferentes niveles de nitrógeno, potasio, densidades de población y fertilización foliar en el rendimiento y calidad física de semilla de diversas variedades de cebada maltera. El genotipo fue el factor más importante en la manifestación de los caracteres evaluados. El más alto rendimiento y peso de mil semillas se obtuvo con Esperanza y Alina, además este último genotipo presentó el mayor peso volumétrico. Además, hubo una respuesta positiva en rendimiento de semilla y peso volumétrico hacia la aplicación de fertilizante foliar.

Palabras clave: *Hordeum vulgare*, peso de mil semillas, peso volumétrico.

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional la producción de cebada equivale a cerca de 138 millones de toneladas que se obtienen de poco más de 56 millones de hectáreas que se siembran anualmente, con un rendimiento promedio de 2.3 t ha^{-1}, por lo que se ubica como el cuarto cereal en importancia, después de maíz, trigo y arroz. Las principales regiones productoras son la Unión Europea, Rusia, Canadá y Estados Unidos que en conjunto aportan alrededor del 60% del total mundial. En Europa se concentra aproximadamente una tercera parte de la producción mundial de esta especie, en esta zona las naciones que obtienen una mayor producción son Alemania, Francia, España y Reino Unido, los cuales contribuyen con alrededor del 76% de la producción total del continente europeo (ASERCA, 2000).

En México, durante el 2010 se sembraron cerca de 309,000 ha con cebada, que se establecen en dos épocas. Durante el ciclo primavera-verano bajo condiciones de temporal se cultivaron cerca de 264,000 ha, principalmente en los estados de Hidalgo, México, Tlaxcala y Puebla, mientras que en el ciclo otoño-invierno se sembraron alrededor de 45,000 ha en riego y destacan por su superficie las entidades de Guanajuato, Michoacán, Querétaro y Jalisco. En el país se obtienen 672,336 t de cebada, por lo este cereal se ubica en el quinto lugar en importancia en la producción nacional de granos, de las cuales, casi el

61% se cosechan en temporal y el resto (39%) en riego. En México, el principal productor de este cereal es el estado de Guanajuato con alrededor de 221,000 t, que representan cerca del 33% de la producción nacional (SIAP, 2011).

A nivel internacional México es el principal exportador de cervezas, ya que este producto elaborado en el país se vende en 85 países. El monto de las exportaciones de esta bebida suman la cantidad de 1.2 millones de litros, que al precio de mercado, representan casi mil millones de dólares al año, es decir el 12% de las divisas generadas por el sector agroalimentario, que se obtienen a través de las ventas de este producto al exterior. Los seis principales países productores de cerveza son: China, Estados Unidos, Alemania, Federación Rusa, Brasil y México, en nuestro país se producen casi seis millones de litros al año, para este fin, se requieren aproximadamente, de la obtención de 1.1 millones de toneladas de cebada, 66 % de las cuales son cosechadas en México y el resto (34 %), son importadas principalmente de los Estados Unidos, Canadá y Francia (Schwentesius *et al.*, 2004).

El Programa Nacional de Cebada del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha generado variedades mejoradas para las diferentes zonas de producción del cultivo. Esperanza fue liberada en 1989, es un genotipo bien adaptado a las condiciones de clima y suelo del Bajío, tiene hábito de crecimiento de primavera, su floración ocurre entre los 69 y 77 días, dependiendo de la fecha de siembra y de las condiciones ambientales; la madurez se presenta entre los 118 y 134 días, su altura de planta oscila entre 75 y 100 cm (Ramírez *et al*., 1997). Esmeralda fue liberada en 1992, es la primera variedad desarrollada en México con tolerancia a la roya lineal amarilla (*Puccinia striformis f.* sp. h*ordei*) para condiciones de temporal, tiene hábito de crecimiento de primavera, su ciclo es intermedio con 49 a 64 días a floración, dependiendo de la localidad y del ciclo de producción, es de porte intermedio, con altura de planta de 86 a 105 cm (González *et al*., 2006). Alina se liberó en 2006, tiene hábito de crecimiento de primavera y su ciclo vegetativo es precoz; el espigamiento se presenta de los 58 a 68 días y madurez fisiológica ocurre entre los 106 y 123 días, dependiendo del ambiente y de la fecha de siembra; es de porte intermedio, el cual varía de 0.80 a 1.20 m, las principales áreas de producción actuales y potenciales de este cultivar se ubican en los estados de Guanajuato, Querétaro, Michoacán y Jalisco, en siembras que se realizan bajo condiciones de riego durante el ciclo otoño-invierno; las recomendaciones técnicas generadas para el manejo de la variedad son: una densidad de siembra de 100 kg ha^{-1} y una

dosis de fertilización de 120 kg ha^{-1} de nitrógeno, además de 60 kg ha^{-1} de fósforo, los cuales se deben incorporar al momento de la siembra (Solano *et al*., 2009).

La semilla necesaria para establecer la superficie nacional de cebada, se produce principalmente en el estado de Guanajuato bajo condiciones de riego, y durante el ciclo otoño-invierno bajo condiciones de riego, se han llegado a establecer hasta cerca de 10,000 ha. Es frecuente que en el proceso de multiplicación de semilla de cebada, se utilice la fórmula de producción que se recomienda en la región, para la obtención de grano, no obstante hay características que la simiente debe presentar, como una buena capacidad de germinación, rápido y uniforme establecimiento en campo, así como un alto vigor de las plántulas, que probablemente dicha fórmula de producción no pueda conferir. Por lo anterior, resulta importante generar tecnología que permita obtener un elevado rendimiento, en combinación con la más alta calidad de la simiente, además de considerar el aspecto de rentabilidad económica y que sea sustentable con el ambiente.

Entre las características deseadas en una cebada destinada para malta, se encuentra un tamaño de grano grande y un contenido proteico de 10 a 12 %. En situaciones de deficiencias de nitrógeno, la fertilización de cebada maltera con este elemento, aumenta los rendimientos, pero puede a la vez, incrementar la proteína. La fertilización nitrogenada durante la siembra o amacollamiento producen incrementos en el contenido proteico de la semilla de cebada, sin embargo es difícil predecir en las primeras etapas del cultivo, el porcentaje de proteína que se logrará con una determinada dosis de fertilizante porque las condiciones climáticas a lo largo del ciclo repercuten marcadamente en esta respuesta (Landriscini *et al*., 2010).

Una alternativa para balancear el rendimiento y la proteína de los granos de cebada, podría ser con la complementación de las fertilizaciones nitrogenadas, realizadas entre siembra y amacollamiento, con aplicaciones foliares durante el espigamiento, ya que aplicaciones tardías de nitrógeno, por lo general no aumentan los rendimientos, pero tienen efecto sobre la proteína (Bulman y Smith, 1993).

Vera *et al.* (2001) evaluaron la variedad Esperanza con tres dosis de nitrógeno (N) y tres calendarios de riego, detectaron que el rendimiento de grano se incrementa conforme se aumenta el número de riegos y la dosis de fertilización nitrogenada, además concluyeron que la optimización del sistema de producción de

cebada en "El Bajío" de Guanajuato se logró con dos riegos y 180 kg de N ha^{-1}. En Argentina, Lázzari *et al.* (2001) detectaron que la eficiencia de uso del nitrógeno del fertilizante fue en general muy baja y la adición de urea no aumentó significativamente el rendimiento y peso de mil semillas, además indican que la adición de más de 30 kg en un sitio o de 25 kg ha^{-1} de N, sólo favoreció un incremento de la concentración de las proteínas de los granos de cebada.

La calidad de la semilla está determinada por un conjunto de atributos que colaboran en el establecimiento y desarrollo de las plantas en el campo, en donde la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica, juegan un papel importante. En la actualidad, las pruebas de germinación han sido aceptadas y se utilizan universalmente para determinar la calidad fisiológica de un lote de semillas; la prueba de germinación se diseño para medir el máximo potencial de viabilidad de las semillas (Copeland y McDonald, 1995).

La filosofía general de la evaluación de germinación es inadecuada para evaluar el potencial de emergencia, debido a que las semillas son germinadas en condiciones óptimas, pero desafortunadamente, pocas veces se encuentran dichas condiciones en el campo y no es extraño que la emergencia es a menudo menor que la germinación obtenida en el laboratorio. Por otro lado, la prueba de germinación falla en tomar en cuenta la naturaleza progresiva del deterioro, por lo que, se ha fijado mucho interés en desarrollar otro, o un parámetro suplementario de calidad conocido ahora como vigor de semilla (McDonald, 1980). Por lo que el objetivo del presente estudio fue cuantificar el efecto de diferentes dosis de fertilización y densidad de siembra en el rendimiento y calidad física de tres variedades de cebada maltera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo condiciones de riego durante el ciclo otoño-invierno de 2011-2012, en terrenos del Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato (20°32' N, 100°49' O y a una altitud de 1765 metros sobre el nivel del mar). El suelo del lote experimental donde se realizó la evaluación de los tratamientos se clasifica como vertisol, ligeramente alcalino (pH: 7.3), de textura franco arcilloso, con contenido moderadamente bajo de materia orgánica (1.49 %), en tanto que su contenido de nitrógeno (46.3.9 ppm) y fósforo (46.4 ppm) se clasifican como moderadamente alto, mientras que el potasio (1221 ppm) se considera como alto.

Se efectuaron dos ensayos, el ensayo 1 (E1) se estableció con un arreglo en parcelas subdivididas en un diseño experimental de bloques al azar, en la parcela mayor se ubicaron tres variedades: Alina, Esmeralda y Esperanza, mientras que en la parcela mediana se situaron tres dosis de fertilizante: 100 (DN1), 200 (DN2) y 300 (DN3) unidades de nitrógeno (UN) por ha, en tanto que en la parcela chica se colocaron tres densidades de siembra: 80 (DS1), 120 (DS2) y 160 (DS3) kg de semilla por ha. Además en cada parcela experimental se aplicaron 70 unidades de fósforo por ha.

El ensayo 2 (E2) se estableció con un arreglo en parcelas subdivididas en un diseño experimental de bloques al azar, en la parcela mayor se ubicaron dos variedades: Esmeralda y Esperanza, mientras que en la parcela mediana se situaron tres dosis de fertilizante: 0 (DK), 30 (DK) y 60 (DK) unidades de potasio (UK) por ha, en tanto que en la parcela chica se colocaron tres formas de fertilización foliar: Sin fertilizante foliar (SFF), producto a base de elementos mayores y micronutrientes (FF1) y aplicación foliar de urea (FF2), la aplicación del fertilizante foliar se realizó en tres etapas: en amacollamiento, en encañe y en hoja bandera. El experimento se sembró con una densidad de siembra de 120 kg de semilla por ha, además se utilizó la fórmula de fertilización de 180-60 unidades de nitrógeno (N) y fósforo (P) respectivamente.

En ambos ensayos, el tamaño de la parcela experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo, sembrados a doble hilera, con una distancia entre surcos de 0.76 m y entre hileras de 0.20 m, la parcela útil fueron los dos surcos centrales a doble hilera. La evaluación se sembró el 17 de diciembre de 2011. Como fuente de nitrógeno (N), fósforo (P_20_5) y potasio (K_2O) se utilizó urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio, respectivamente. Después de la siembra, se efectuó un riego para promover la germinación de semilla y emergencia de la plántula, posteriormente, se aplicaron tres riegos de auxilio a los 39, 72 y 88 días después de la siembra El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región.

Se cuantificaron las siguientes variables: Rendimiento de semilla (RS) en t ha^{-1}, peso volumétrico (PV) en kg hL^{-1} y peso de mil semillas (PMS) en gramos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ENSAYO 1

El análisis de varianza (ANVA) reportó diferencias significativas y altamente significativas sólo para la

fuente de variedades (Cuadro 1) en tanto que los demás factores de estudio y las respectivas interacciones no fueron significativas, debido a lo anterior es importante señalar que el componente genético fue más importante en la manifestación de los caracteres evaluados y que su influencia fue mayor que la dosis de fertilización nitrogenada o la densidad de siembra.

Cuadro 1. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza (ANVA) de tres características de variedades de cebada maltera evaluadas con diferentes dosis de fertilización nitrogenada y densidades de siembra.

FUENTE DE VARIACIÓN	RENDIMIENTO DE SEMILLA	PESO 1000 SEMILLAS	PESO VOLUMÉTRICO
VARIEDAD (V)	36.12**	7.74*	46.21**
DOSIS N (DN)	0.16	2.66	5.00
DENSIDAD SIEMBRA (DS)	0.98	2.29	6.74
V X DN	1.45	2.86	5.90
V X DS	0.59	0.29	5.04
DN X DS	0.24	1.91	14.57
V X DN X DS	0.83	2.27	6.29
C. V.[1] (%)	14.70	3.31	3.48

* y **: Significativo y altamente significativo; [1]C. V. : Coeficiente de variación.

Los mayores rendimientos de semilla se observaron en Esperanza y Alina con 6.62 y 6.48 t ha^{-1}, sin embargo estos valores no fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 2). Es importante señalar que aunque no hubo diferencias estadísticas, el RS fue mayor con 300 UN. En este aspecto, el PMS más alto se presentó en Esperanza y Alina con 41.70 y 41.25 g, no obstante dichas diferencias son sólo numéricas pero no hubo diferencia significativa entre ellas, del mismo modo se observó cierta tendencia a obtener el mayor PMS con 200 UN. El promedio superior en PV, fue para Alina con 66.53 kg hL^{-1} que fue estadísticamente diferente al valor de Esmeralda y Esperanza, en este aspecto, asimismo se detectó que el más alto PV se presentó con 100 UN, aunque no hubo diferencias significativas con los demás niveles evaluados. Es importante señalar que el mayor RS, PMS y PV se obtuvo con 120 kg de semilla por ha, aunque las diferencias fueron sólo numéricas y no hubo significancia estadística con las demás cantidades de semilla evaluadas.

ENSAYO 2

El análisis de varianza (Cuadro 3) detectó diferencias significativas para la fuente variedades y fertilización foliar en rendimiento de semilla y peso volumétrico, la dosis de potasio no tuvo efecto significativo en la

manifestación de las variables evaluadas, asimismo las interacciones entre los factores de estudio, tampoco fueron significativas.

Cuadro 2. Rendimiento y calidad física de semilla de variedades cebada maltera evaluadas con diferentes dosis de fertilización nitrogenada y densidades de siembra.

FACTOR DE ESTUDIO	RENDIMIENTO SEMILLA (t ha^{-1})	PESO 1000 SEMILLAS (g)	PESO VOLUMÉTRICO (kg hL^{-1})
VARIEDAD			
Alina	6.48 A*	41.25 AB	66.53 A
Esmeralda	4.82 B	40.72 B	65.23 B
Esperanza	6.62 A	41.70 A	64.28 B
DOSIS N (kg ha^{-1})			
100	5.91	41.37	65.74
200	5.97	41.41	65.28
300	6.04	40.92	65.01
DENSIDAD SIEMBRA			
80	5.79	41.04	65.54
120	6.11	41.52	65.64
160	6.02	41.15	64.85

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Cuadro 3. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza (ANVA) de tres características de variedades de cebada maltera evaluadas con diferentes dosis de fertilización potásica y fertilización foliar.

FUENTE DE VARIACIÓN	RENDIMIENTO DE SEMILLA	PESO 1000 SEMILLAS	PESO VOLUMÉTRICO
VARIEDAD (V)	50.83**	0.08	78.18**
DOSIS POTASIO (DK)	1.00	1.31	0.82
FERTILIZANTE FOLIAR (FF)	1.24*	2.47	12.92*
V X DK	1.17	3.37	12.30
V X FF	0.46	5.57	20.28
DK X FF	2.29	2.04	0.49
V X DK X FF	0.61	1.26	6.82
C. V.[1] (%)	15.08	4.13	3.67

* y **: Significativo y altamente significativo; [1]C. V. : Coeficiente de variación.

El mayor RS se observó en la variedad Esperanza con 5.91 t ha^{-1} y superó en 1.69 t al promedio de Esmeralda (Cuadro 4), lo cual era de esperarse, ya que el primer genotipo fue desarrollado por INIFAP para condiciones de riego. Esmeralda mostró el más alto PV con 65.16 kg hL^{-1}. Del mismo modo, se detectó cierta tendencia a favor de la utilización del fertilizante foliar, lo cual fue más claro en RS y PV, ya que en PMS no hubo diferencias estadísticas. Asimismo, aunque no hubo diferencias significativas, se

detectó una respuesta positiva hacia la aplicación de al menos 30 unidades de potasio por ha, ya que con este nivel se obtuvo el mayor RS y PV.

Cuadro 4. Rendimiento y calidad física de semilla de variedades cebada maltera evaluadas con diferentes dosis de fertilización potásica y fertilización foliar.

FACTOR DE ESTUDIO	RENDIMIENTO SEMILLA ($t\ ha^{-1}$)	PESO 1000 SEMILLAS (g)	PESO VOLUMÉTRICO ($kg\ hL^{-1}$)
VARIEDAD			
Esmeralda	4.22 B	40.10	65.16 A
Esperanza	5.91 A	40.12	63.07 B
DOSIS POTASIO ($kg\ ha^{-1}$)			
0	4.84	39.85	64.00
30	5.24	40.16	64.33
60	5.12	40.31	64.01
FERTILIZANTE FOLIAR (FF)			
SIN	4.84 B	40.10	63.54 B
FF1	5.07 AB	39.80	64.94 A
FF2	5.29 A	40.44	63.86 AB

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

CONCLUSIONES

-El mayor rendimiento y peso de mil semillas se obtuvo con Esperanza y Alina, además este último genotipo presentó el más alto peso volumétrico.

- Hubo una respuesta positiva en rendimiento de semilla y peso volumétrico hacia la aplicación de fertilizante foliar.

AGRADECIMIENTO

A Impulsora Agrícola S. A. (IASA) por el apoyo económico para la realización del presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). 2000. Oferta y demanda mundiales de cebada. Revista Claridades Agropecuarias, No. 84: 44-48. México.

Bulman P., and D. L. Smith. 1993. Yield and yield component response of spring barley to fertilizer nitrogen. Agron. J. 85: 226-231.

Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1995. Principles of seed science and technology. Third edition. Kluwer Academic Publishers. U. S. A.

González E. A., M. Zamora D., L. A. Márquez C., F. Ramírez P., A. M. Ibáñez, J. Islas G. y S. Wood. 2006. Impacto económico del mejoramiento genético de la cebada en México: Variedad Esmeralda. Publicación Técnica No. 19. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.

Landriscini, M. R., M. A. Lázzari y J. A. Galantini. 2010. Fertilización nitrogenada y balance de nutrientes en cebada cervecera. Ciencia del Suelo 28(2): 201-214.

Lázzari, M. A., M. R. Landriscini, M. Cantamutto, A. M. Miglierina, R. A. Rosell, F. E. Möckel y M. E. Echagüe. 2001. Absorción de nitrógeno por cebada cervecera en dos suelos del sur bonaerense. Ciencia del Suelo 19(2):101-108.

McDonald, M. B., Jr. 1980. Assessment of seed quality. Hortscience 15: 784-788.

Ramírez P., J. F., M. R. Zamora D., L. A. Márquez C. y A M. Ibáñez C. 1997. Esperanza, variedad de cebada maltera para El Bajío. Folleto Técnico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Roque, Celaya, Guanajuato.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Consultado en: www.siap.gob.mx

Schwentesius R. R., J. Aguilar Á. y M. A. Gómez C. 2004. La cadena agroindustrial de cebada-malta-cerveza: propuesta para la renegociación del TLCAN y política de fomento para su reconstrucción. En: Schwentesius R. R., M. A. Gómez, J. L. Calva T. y L. Hernández N. ¿El campo aguanta más? Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. Serie Reportes de Investigación. Chapingo, México.

Solano H. S., M. Zamora D., F. P. Gámez V., J. J. García R., R. Sánchez de la C., J. Ireta M., F. Díaz E. y R. Garza G. 2009. Alina, nueva variedad de cebada maltera para riego en El Bajío. Agr. Téc. Méx. 35(4): 467-469.

Vera N., J. A., O. A. Grageda C., M. A. Vuelvas C. y J. J. Peña C. 2002. Absorción de nitrógeno (^{15}N) por el cultivo de cebada en relación con la disponibilidad de agua en "El Bajío", Guanajuato, México. Terra 20:57-64.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

EFECTO DEL SILICIO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ARROZ (*Oriza sativa*), FRIJOL Y CHAN (*Hyptis suavelens*)

Juan C. Raya Pérez§; Cesar L. Aguirre Mancilla; Jorge Covarrubias Prieto; Francisco Chablé Moreno; J. Guadalupe García Rodríguez; J. Gabriel Ramírez Pimentel

Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato. §Autor responsable: juraya@itroque.edu.mx

RESUMEN

El silicio (Si), en su forma soluble (ácido silícico, H_4SiO_4) es absorbido por las raíces de las plantas, que lo contienen en cantidades similares a los macronutrientes, e incluso por encima de la concentración que alcanzan estos en la materia seca vegetal. Este elemento (Si) tiene diversos efectos benéficos sobre el desarrollo de la planta, haciéndola mas resistente y vigorosa; participa en la defensa contra plagas y enfermedades y ayuda a disminuir el daño por estrés, tanto abiótico (salinidad, sequía) como biótico (plagas, enfermedades). La germinación y establecimiento de la plántula es una fase crítica en el ciclo de vida de las plantas. Se sabe de diversas substancias y factores que afectan esta etapa de desarrollo. El objetivo del presente trabajó consistió en evaluar la influencia del Silicio en el proceso de germinación de las semillas de arroz, frijol y chan. Para lo anterior, se colocaron semillas de cada una de las especies, en cajas petrí con agua destilada y se les añadió metasilicato de sodio, se realizó el conteo de las semillas germinadas y se midió la longitud de la radícula. Los resultados muestran que hay un efecto del silicio en la germinación de las tres especies utilizadas. En general, a las concentraciones usadas, se observó un efecto estimulante de la germinación y del crecimiento de la radícula, en lo que parece haber una concentración óptima para observar este efecto. El germanio (Ge) es toxico para las plantas, que no lo discriminan del Si. La adición de Ge, sin embargo, tuvo un efecto estimulante. El silicio soluble afecta positivamente la germinación y es posible que desde esta etapa ejerza otros efectos benéficos, como la resistencia a estrés y a enfermedades, lo cual queda por demostrar.

INTRODUCCIÓN

El silicio ha sido señalado como un elemento que incrementa la resistencia de las plantas al agobio hídrico, al ataque de plagas y enfermedades y a la presencia de elementos tóxicos, como el aluminio y metales pesados. Las plantas cultivadas en ausencia de silicio son más susceptibles a estrés abiótico como toxicidad por metales y salinidad, son más fácilmente atacadas por organismos patógenos, insectos fitófagos y mamíferos herbívoros. Se ha mencionado también que la silicificación podría resultar menos

costosa que la lignificación, para las plantas. En general se ha observado que ayuda a disminuir el efecto toxico del aluminio en suelos ácidos, presentes especialmente en países tropicales como el nuestro. Recientemente se ha le ha dado importancia como constituyente de los tejidos animales y vegetales, aunque desde el punto de vista químico ha sido muy estudiado por sus aplicaciones industriales. Debe considerarse además que la deforestación de selvas y bosques propicia el arrastre de gran cantidad de materiales por parte de los ríos, perdiéndose así una cantidad considerable de silicio de los suelos, además de los nutrimentos tradicionalmente considerados, tales como el fosforo, nitrógeno, azufre, boro y otros (Raya-Pérez y Aguirre-Mancilla, 2012).

El efecto del silicio en arroz ha sido muy estudiado y se ha logrado incluso clonar el transportador de silicio de este cultivo; por su homología con el de arroz también se logró clonar el de maíz. Otros miembros de las poaceae se sabe que también responden a la presencia de silicio en el medio, como la caña de azúcar y el bambú. Entre los cultivos se han observado respuestas favorables en lechuga, frijol, girasol. Las plantas de arabidopsis, al ser infectadas con hongos, pero tratadas con silicio, presentan una infección menos severa; el silicio retrasa la aparición de la enfermedad y reduce su incidencia, modulando mejor la respuesta de la planta al patógeno. Es decir, la función del silicio no se limita a ser una barrera física (por ejemplo, los tricomas) contra las agresiones del medio, si no que tiene un papel más activo y relevante (Fauteux *et al*., 2006). Se ha reportado que las plantas tratadas con silicio y expuestas a plagas atraen más enemigos naturales de estas plagas, que las plantas no tratadas (Kvedaras *et al*., 2010).

En la isla volcánica de la Reunión, en el Océano Indico, existe una capa de fitolítos (formas de ácido silícico que se desprenden de estructuras silíceas de plantas) de 15 cm de espesor, cuya acumulación ha sido favorecida por la presencia de bambú, que forma los fitolítos a partir del silicio disponible en las cenizas volcánicas (Meunier, 2005). Las estructuras que se forman y su localización muestran gran variación entre familias.

En las Poaceae el silicio es depositado en una capa inmediatamente por debajo de la cutícula, siendo doble esta capa en el caso del arroz. Se han observado fitolítos en la superficie adaxial, incluyendo partes del mesofilo en empalizada, en la abaxial alrededor de los estomas, incluidas las células guarda, y en algunas regiones de las venas (*Morikawa* y *Saigusa*, 2004). El silicio también se ha encontrado formando parte de la pared celular de algunas bacterias como *Bacillus subtilis*, incluyendo sus esporas, que

presentan una gran resistencia a condiciones ambientales adversas como la desecación y las altas temperaturas (Urrutia Mera y Beveridge, 1993). Las plantas superiores contienen entre 0.1 y 10% de silicio con base en el peso seco. Por comparación, el calcio esta presente en valores que van de 0.1 a 0.6% y el azufre de 0.1 a 1.5% (Epstein, 1994). El arroz (*Oryza sativa*) acumula hasta 10% de silicio y en general las monocotiledóneas acumulan más que las dicotiledóneas, aunque hay variaciones incluso entre variedades (Hodson *et al*., 2005). La especie *Lolium perenne* es un acumuladora alta de silicio, *Poa annua* acumula poco silicio. Cuando se fertiliza con silicio a *L. perenne* y *Poa annua* estas acumulan hasta cuatro veces más silicio que cuando no se les suple. Con poco silicio disponible el herbívoro *Schistocerca gregaria* daña más las hojas de *L. perenne*, al parecer prefiere las de esta planta cuando no resultan demasiado "duras" a causa del silicio acumulado. Cuando hay alta disponibilidad de silicio el daño se incrementa en *P. annua,* que como se señalo*,* acumula menos silicio que *L. perenne* (Garbuzov *et al*., 2011). De manera similar, el silicio acumulado en caña de azúcar causa un incremento en la mortalidad de las ninfas de *Mahanarva fimbriolata*, alarga el periodo ninfal e incrementa la mortalidad de machos y hembras. Los cultivares que acumulan más silicio son los que afectan más a las ninfas y a machos y hembras (Korndörfer *et al*., 2011). En el caso del arroz se ha reportado que el gusano barrenador (Lepidoptera: crambidae) daña menos a las plantas cuando se aplica silicio; los gusanos tardan más en perforar las plantas y quedan más expuestos a sus enemigos naturales; la disminución del daño es más evidente en el cultivar susceptible al gusano (Hou y Han, 2010).

El silicio protege de la toxicidad del aluminio no solo a las plantas, como las coníferas, cebada, soya, sorgo, maíz, sino a la biota en general, como los peces. Se ha sugerido que el silicio soluble es esencial para los organismos vivos porque se une al aluminio, formando hidroxialuminosilicatos $(AlOSi(OH)_3)^{2+}$ y así previene su toxicidad (Wang *et al*., 2004). El interés que ha despertado el silicio también ha llevado a la publicación de métodos para su detección y cuantificación (Guntzer *et al*., 2010; Parra-Terraza *et al*., 2004), así como a un uso cada vez más amplio en forma de fertilizante. Dada la ubicuidad del silicio, el hecho de que las plantas lo absorben y acumulan incluso a niveles similares a los de los macronutrientes e incluso, en algunos casos, por encima de la concentración que alcanzan estos, decidimos indagar el efecto del sicilio soluble en la germinación de algunas especies de semillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas se consiguieron en el mercado local de Colima (chan y frijol) y el arroz integral en una tienda especializada. Las semillas se colocaron en cajas Petri y se les añadió una cantidad suficiente de agua o agua más metasilicato de sodio, agua más dióxido de germanio, casi a cubrirlas. Se mantuvieron en la penumbra y se registro la germinación a las 48 y 72 horas.

RESULTADOS

El efecto del silicio sobre la germinación es notable; cuando no se agrega metasilicato de sodio no se presenta germinación de las semillas de chan a las 24 horas, pero se inicia la germinación de algunas a las que se les agregó el metasilicato de sodio. Es claro que la concentración que más favorece la germinación es 4 µM, hay menos semillas germinadas a 5µM y se vuelve a elevar un poco el número de semillas germinadas a 6 µM (figura 1). El efecto es mas claro a las 48 horas (barra derecha) pero es la misma tendencia a las 24 horas (barra izquierda). El efecto parece pues una especie de campana, con una subida inicial, un máximo a 4 µM y luego un decaimiento a 5 µM. Si esto se debe a un posible efecto inhibitorio a ciertas concentraciones, es difícil postularlo pues no explicaría que a concentraciones ligeramente mayores tuvieran un efecto estimulador de nueva cuenta, a 6 µM. aunque esto también podría estar relacionado con el proceso mismo de la germinación, pues las semillas presentan varias fases, entre ellas un periodo de estabilización antes de reasumir el desarrollo y el alargamiento del embrión. Se sabe que algunas substancias pueden afectar el proceso de la germinación, como las sales (especialmente cloruro de sodio) o nutrientes, como el nitrógeno, sea en forma de nitrito (NO_2), nitrato (NO_3) o amonio (NH_4), incluso, como aminoácidos.

El efecto del silicio soluble en el caso del arroz es evidente pues se incrementa el número de semillas germinadas cuando se ponen en presencia de 250 µM de silicio (Figuras 2 y 3). El efecto es similar a lo observado con chan, aunque a otras concentraciones. El arroz necesita una concentración mayor, lo que podría explicarse por el hecho de que esta es la planta que mas silicio acumula, de las que han sido estudiadas.

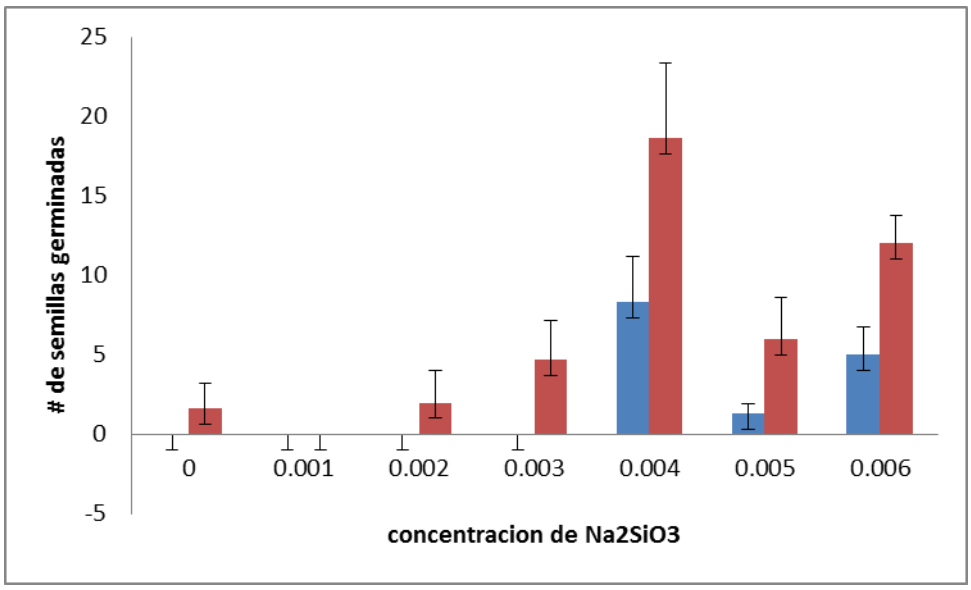


Figura 1. Efecto del silicio (silicato de sodio) en la germinación de chan (*Hyptis suaveolens*)

El efecto del silicio es observable tanto a las 24 horas después de poner la semilla en contacto con el silicio (Figura 2) como a las 72 horas (Figura 3).

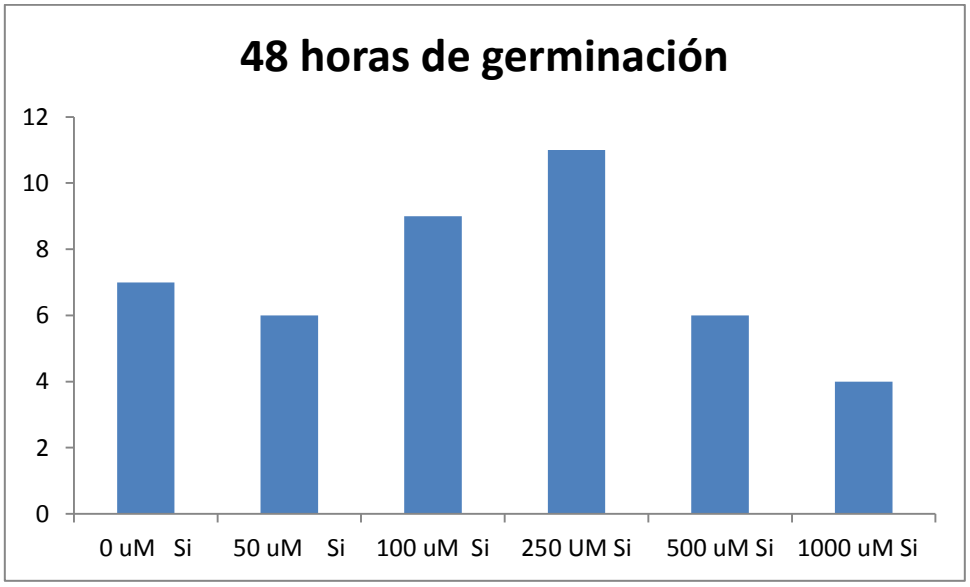


Figura 2. Efecto del silicio en la germinación de arroz

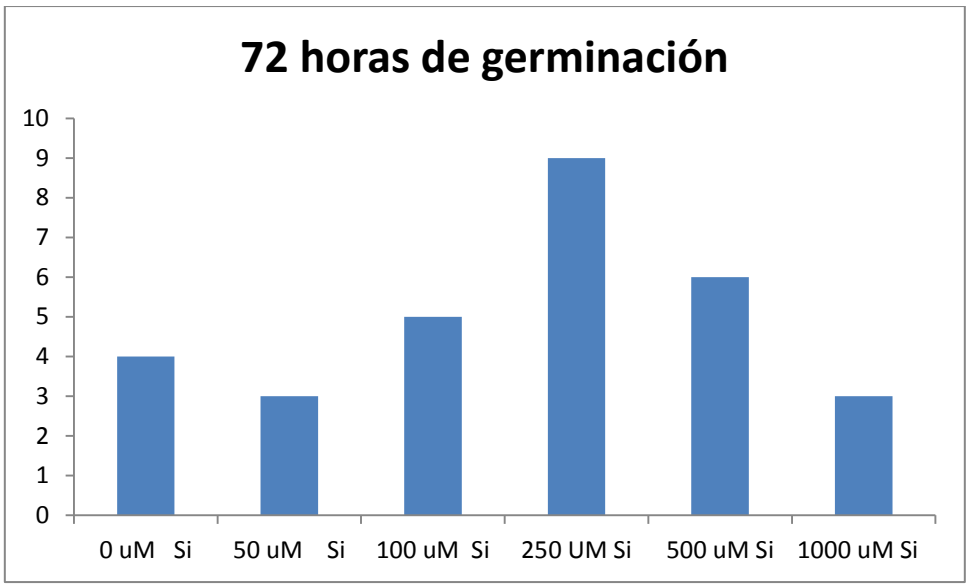


Figura 3. Efecto del silicio en la germinación de arroz

El germanio es tóxico para las plantas, pero no pueden discriminar entre este elemento y el silicio. El germanio produce manchas cafés en las hojas. Como se observa en la Figura 4, durante la germinación de la semilla se observa un efecto estimulador de la misma por parte del germanio, tanto en arroz como en frijol bayo Colima. Esto podría pensar a llevar a la búsqueda del efecto fisiológico del silicio, que se dice es mas que simplemente estructural, papel que podría estar ocupando el germanio en este estadio antes de que las plántulas muestren su efecto tóxico. De hecho, se esperaba ver un efecto inhibitorio del germanio sobre la germinación de las semillas, dado los antecedentes de toxicidad, pero es claro que a los tiempos ensayados, el efecto resulta hasta estimulante (Ma *et al*., 2002).

El silicio soluble afecta positivamente la germinación y es posible que desde esta etapa ejerza otros efectos benéficos, como la resistencia a estrés y a enfermedades, lo cual queda por demostrar.

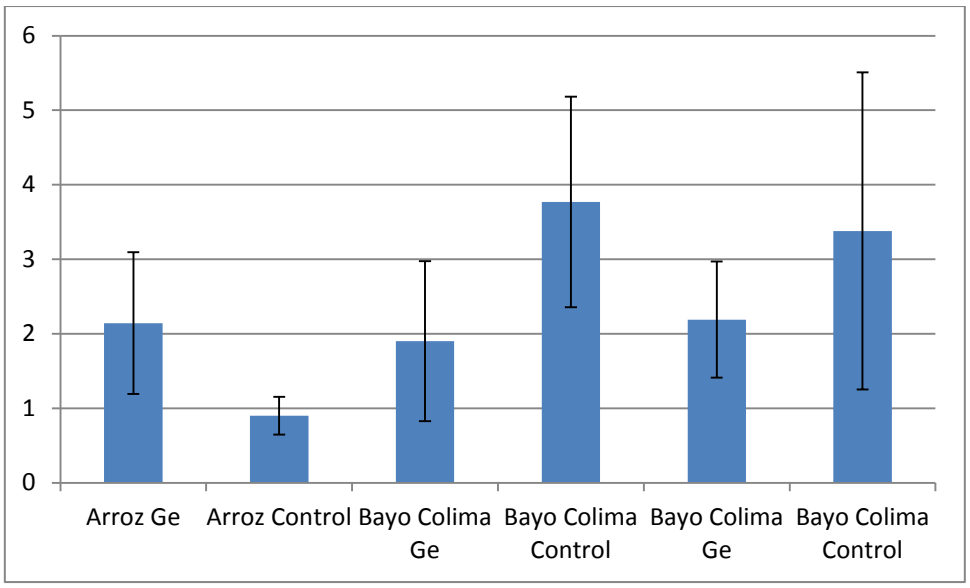


Figura 4. Efecto de la presencia de germanio en la germinación de arroz, frijol bayo berrendo (Colima).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fauteux, F., F. Chain, F. Belzile, J.G. Menzies, R.R. Belanger (2006), The protective role of silicon in the Arabidopsis-powdery mildew pathosystem. *Procedings National Academy Science* 103: 17554-17559.

Garbuzov M., Reidinger S., Hartley S.E. (2011) Interactive effects of plant available soil silicon and herbivory on competition between two grasses species. Ann Bot (august)

Guntzer F., Keller C., Meunier J.D.(2010) Determination of the silicon concentration in plant material using tiron extraction. New Phytol 188:902-906.

Hou M., Han Y (2011) Silicon mediated rice plant resistance to the Asiatic rice borer (Lepidoptera: crambidae) effecs of silicon amendment and rice varietal resistance. J. Econom Entomol 103:1412.

Korndörfer A.P., Grisoto E., Vendramim J.D. (2011) Induction of insect plant resistance to the spittlebug Mahanarva fimbriolata stal (Hemiptera: cercopidae) in sugarcane by silicon application. Neotrop Entomol 40:387-392.

Kvedaras O.L., An M., Choi Y.S., Gurr G.M. (2010) Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. Bull Entomol Research 3:367.371.

Ma J.F., K. Tamai, M. Ichii, G.F. Wu (2002) A rice mutant defective in Si uptake. Plant Physiol 130:2111-2117.

Meunier,J.D. (2003) Le role des plantes dans le transfert du silicium a la surface des continents. *Comp. Rend. Geosci*. 335:1199-1206.

Morikawa C.K, Saigusa M. (2004). Mineral composition and accumulation of silicon in tissues of blueberry (*Vaccinum corymbosus* cv Bluecrop) cuttings. Plant Soil 258 :1-8.

Parra Terraza, S., Vaca Castillo G.A., Carrillo González, R., Kohashi Shibata, J., Martínez Garza, A., Trejo López C. (2004) Comparación de tres métodos de análisis de silicio en tejido foliar de pepino. Terra Latinoamericana 22:401-407.

Raya-Pérez, JC y Aguirre Mancilla, CL (2012) El papel del silicio en los organismos y ecosistemas. Conciencia Tecnológica #43:42-46.

Urrutia Mera, M., T.J. Beveridge (1993) Mechanisms of silicate binding to the bacterial cell wall in Bacillus subtilis. *Journal Bacteriology* 175:1936-1945.

Wang, X., A. Stass, W.J. Horst (2004) Apoplastic binding of aluminum is involved in silicon induced amelioration of aluminum toxicity in maize. *Plant Physiol* 136:3762-3770.

Zuccarini, P. (2008) Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrients uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. *Biologia Plantarum* 52:157-160.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE SECADO DE SEMILLAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) PARA LA CONSERVACIÓN DEL MATERIAL GENÉTICO

Martina I. Contreras-Giron; Karen R. Astorga-Cienfuegos; Marisela Rivera-Domínguez§

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo, Sonora, México.
§Autor responsable: marisela@ciad.mx

RESUMEN

La semilla como tal, es el principal método de almacenamiento para la conservación de las especies que producen semillas ortodoxas, clasificación a la cual pertenece el tomate. La longevidad de las semillas ortodoxas puede aumentar al disminuir de acuerdo a su contenido de humedad y la temperatura de almacenaje. La vida de la semilla se duplica por cada 5ºC de disminución de temperatura y por cada 1% de reducción de su contenido de humedad. En el presente trabajo se evaluó el efecto de dos métodos de secado (utilizando sílica gel y estufa) sobre la viabilidad y vigor se las semillas tomate cv ´Saladette´. De acuerdo con los datos obtenidos, la curva de humedad de equilibrio se estableció en valores de 4% para las semillas secadas en sílica gel, en cambio en las mantenidas en estufa y el control mostraron valores similares entre 7 y 8 %. A pesar de que las semillas mantenidas en sílica gel presentaron valores menores de humedad, esto no se reflejó en los análisis de viabilidad (tinción con tetrazolio y flotación), ya que no se observaron diferencias en estos parámetros entre los tratamientos. Sin embargo, en germinación y desarrollo de hojas cotiledonarias y verdaderas se encontró que los tres parámetros disminuyeron conforme aumentó el tiempo de secado. Además, el porcentaje de hojas cotiledonarias y verdaderas fueron menores que los valores de germinación. En general, no se encontró diferencias entre los tratamientos de secado, pero, se observó que durante el tercer muestreo, las semillas mantenidas en estufa y en sílica gel mostraron valores mayores en germinación, desarrollo de hojas cotiledonarias y verdaderas que el control.

Palabras Clave: Secado de semillas, humedad de equilibrio, viabilidad, vigor

INTRODUCCIÓN

El tomate o jitomate (*Lycopersicon esculentum*) es uno de los cultivos hortícolas más importantes tanto desde el punto de vista económico como del nutricional (Rubén, 1980; Osata, 2003); ocupando el segundo puesto en relación a superficie cultivada en el mundo (Valadez, 1998). México ocupa el décimo puesto en la producción de tomate con 2,93 millones de toneladas (FAO, 2008), con una proporción del 73% de la producción total de hortalizas (Borboa-Flores *et al.,* 2009). Además es el principal producto hortícola de

exportación, representando el 37% del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas y el 16% del valor total de las exportaciones agropecuarias, sólo superada por el ganado vacuno. A pesar de la importancia tanto económica como nutricional que tiene el cultivo de tomate rojo para México, nuestro país se enfrenta de cara a un problema de escasez de semilla de tomate certificada, en tanto la mayoría de la semilla disponible en el mercado es importada, y de un precio elevado, sobre todo en ventas a pequeña escala. Algunos agricultores toman como una solución alternativa el guardar las semillas de cosechas previas o intercambiarlas con otros granjeros, de manera que su producción se encuentra en manos del comercio informal, con todas las consecuencias que de ello puedan derivar, como la falta de control de calidad, la variación en precios, la disponibilidad del producto, entre otras (Rosas, 1992). Por ende, se hace patente dirigir esfuerzos tecnológico a la producción de semilla, nutrición y técnicas de cultivo adecuadas a la zona productora (Productores de hortalizas, 2006).

La semilla como tal, es el principal método de almacenamiento para la conservación de las especies que producen semillas ortodoxas, clasificación a la que pertenece el tomate (Martín, 2001; Rao *et al.,* 2007). Según las reglas empíricas de Harrington (1965), la longevidad de las semillas ortodoxas puede aumentarse extraordinariamente disminuyendo su contenido de humedad y la temperatura de almacenaje. La vida de la semilla se duplica por cada 5ºC de disminución de temperatura y por cada 1% de reducción de su contenido de humedad siendo ambos efectos aditivos (Martín, 2001). Las semillas recién cosechadas regularmente poseen una humedad elevada que las condiciona para presentar incrementos tanto en la temperatura como en la respiración, así como para facilitar el ataque de microrganismos e insectos que ponen en riesgo su calidad, viabilidad y vigor (Rao *et al.,* 2007). De manera que un secado adecuado es la clave para conservarlas. Por otro lado, las semillas son higroscópicas y absorben o liberan humedad dependiendo de la humedad relativa del aire ambiental. Al contenido de humedad de un material higroscópico, después de estar expuesto a un ambiente en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, durante un lapso prolongado de tiempo, se le denomina humedad de equilibrio (Rosso y Defacio, 2009). Se ha reportado que tanto la humedad de equilibrio como la temperatura de las semillas almacenadas, son las magnitudes físicas que más influyen en la conservación y manejo de las mismas (Ellis y Robert, 1980; Chappell *et al.,* 2001). Debido a lo antes mencionado, es de suma importancia contar con semilla de tomate de origen nacional, con estándares de calidad garantizados, que posea parámetros predecibles sobre la longevidad y el potencial de vida en almacenamiento, a precios accesibles, de manera que la actividad agrícola sea más redituable, y provea de mayor cantidad de alternativas a los agricultores,

en un mundo que afronta el cambio climático y otros desafíos (Rao *et al.,* 2007). El presente trabajo tiene como objetivo, evaluar dos métodos de secado y valorar el efecto de éstos sobre la viabilidad de las semillas de tomate variedad ´Saladette´, que se cultivan en el noroeste del país, con el propósito de establecer una metodología para el almacenamiento, conservación de germoplasma, producción y mejoramiento genético de semillas de origen nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo. Se utilizaron frutos de tomate de cultivar ´Saladette´, obtenidos en la Central de abastos ´Francisco y Madero´ de la ciudad de Hermosillo Sonora México. Los frutos se transportaron al laboratorio, y se seleccionaron 227 tomates maduros de acuerdo al color y firmeza (23.2 $\pm$ 2.6 N). Se lavaron con agua y jabón, después con agua destilada en dos ocasiones, luego se dejaron secar a temperatura ambiente (25 °C) sobre papel traza en la mesa de trabajo del laboratorio. A los frutos seleccionados se les retiró las semillas y el jugo. Las semillas y la pulpa se dejaron reposar por espacio de 8 horas. Posteriormente, se le adicionó HCl al 3% en una proporción 1:1 por 30 minutos (Rao *et al.,* 2007). Se realizaron varios enjuagues con agua destilada. La pulpa y del mucílago fueron separadas mediante frotación de las semillas sobre una malla de alambre (colador) de aproximadamente 1 mm el tamaño del orificio. Las semillas se colocaron en sobre la mesa de laboratorio esparciéndose sobre una tela de alambre formando una película delgada para eliminar el exceso de humedad (pre-secado), con la ayuda de flujo de aire, proporcionado por ventiladores pequeños durante 30 horas a una temperatura alrededor de 25ºC y una humedad relativa que fluctuó entre 60% y 67%.

Agrupamiento de las semillas antes del secado. Se formaron aleatoriamente en 45 grupos de semillas conteniendo 200, 300 y 500 semillas las cuales se introdujeron en bolsas de tela de tricón 100% polyester para los tratamientos de secado con sílica, secado en estufa y el control (temperatura ambiente 25°Cy 60-67% HR). En cada uno de los tratamientos se realizó el siguiente muestreo de acuerdo a la variable a analizar: Para los análisis de viabilidad se requirió de un total 900 semillas, de las cuales un triplicado de 300 semillas cada uno, fueron utilizados para los análisis de flotación, tinción con tetrazolio y para el ensayo de germinación. Para la determinación de humedad de equilibrio (% de humedad) se requirió de un total de 1500 semillas, utilizando un triplicado con 500 semillas cada uno. En el caso del análisis de viabilidad se incluyó un control negativo, el cual fue sometido a temperatura de 130°C por una hora. Para este ensayo se utilizó un total de 150 semillas para formar 2 replicas con 25 semillas cada uno, para los ensayos de flotación, tinción con tetrazolio y germinación. Adicionalmente, se realizaron cuatro muestreos

durante tiempo de secado de las semillas, denominados como: Muestreo inicial (T0= 0 h.), muestreo 1 (T1= 82 h.), muestreo 2 (T2= 158 h.) y muestreo 3 (T3= 400h.).

Secado de las semillas. En un frasco de cristal (20 L.) se agregó sal de sílica gel (previamente secada a 100ºC durante 2 horas) en una propoción 5:1 de acuerdo a la cantidad de semillas introducidas. Se colocaron dentro del frasco de cristal y dentro de la estufa mantenida a 25°C, así como para el control a temperatura ambiente, 3 bolsas con 500 semillas cada una para los análisis de % de humedad, 3 bolsas más con 300 semillas para llevar a cabo la prueba de flotación, un triplicado con 300 semillas cada uno para la prueba de tinción con tetrazolio y otro triplicado con 300 semillas cada uno para la prueba de germinación. Todas las bolsas conteniendo las semillas se colocaron sobre una malla metálica, dentro del recipiente de cristal herméticamente cerrado y se mantuvo a una temperatura de 25ºC, la cual fué monitoreada constantemente junto con la humedad relativa ambiental (Rao y col. 2007). La sílica gel fue removida periódicamente, con la finalidad de evitar saturación de la sal por la humedad liberada por las semillas.

Determinación de % Humedad de Semillas. De las semillas mantenidas a tempetarura ambiente (control), en secado en estufa y en sílica gel, se tomó una sub-muestra de 20 semillas de cada uno de las bolsas (triplicados) y se llevaron a recipientes previamente pesados y secados (130ºC por una hora y mantenidos en un desecador por una hora más). Los recipientes con las semillas se pesaron y se introdujeron en un horno a una temperatura entre 130-133ºC por una hora, inmediatamente después se sacaron del horno y se colocaron de nuevo en un desecador por 45 minutos, al término de esto tiempo, se pesaron de nuevo. Con los datos registrados se calculó el contenido de humedad con base en el peso fresco y se expresó en porcentaje de acuerdo a Rao y col., (2007). Este análisis de determinó periódicamente en las semillas en proceso de secado durante un tiempo total de 616 horas.

Análisis de Humedad de Equilibrio. Con los datos obtenidos del porcentaje de humedad de las semillas se estableció la curva de humedad de equilibrio para las semillas del secado con sílica gel y en estufa y para el control (mantenido a temperatura ambiente 25°C y 60-67%HR) durante 617 horas.

Análisis de Viabillidad. Los ensayos de viabilidad de las semillas se realizó en cada uno de los muestreos (T0, T1, T2 y T3) durante en tiempo de secado de las semillas. La viabilidad fue analizada utilizando la prueba de flotación de las semillas, la prueba de tinción con tetrazolio, el ensayo de germinación (inició de la brotación) y la prueba de vigor.

Prueba de flotación. Se tomaron 20 semillas de tomate de cada uno de los grupos de los diferentes tratamientos y se colocaron en un recipiente conteniendo agua y se mantuvieron allí durante 20 horas, con

la finalidad de separar semillas vanas (vacías), que flotan en la superficie del agua, de las que se hunden (llenas) (Landis y col., 1998).

Prueba de Tinción con sal de tetrazolio. En un recipiente se colocaron 10 semillas de tomate en 10 ml agua destilada a 25ºC por 24 horas, para facilitar el corte de la cubierta de semilla. Una vez cortadass las semillas, se cubrieron con solución de cloruro de tetrazolio al 0.1%, se incubaron por 5 horas a 35ºC. Después las semillas se lavaron varias veces con agua deionizada para eliminar el exceso de colorante y se colocaron en una caja Petri para la observación y evaluación del patrón de tinción de las semillas bajo el Estereoscopio AmScope (Grabe, 1970; Rodríguez y col., 2008).

Ensayo de Germinación. Para llevar a cabo esta prueba se colocó sustrato PRO-MIX (Turba de sphagnum canadiense (75-85%), perlita, piedra caliza (para ajustar pH y agente humectante) humedecido con agua destilada estéril, en vasos previamente perforados en el fondo. Se utilizaron 10 repeticiones por cada grupo y se colocó la semilla de tomate aproximadamente a 1.0 cm de profundidad del sustrato, y se cubrió con el mismo sustrato. Los vasos se colocaron en charolas, a las cuales se les colocó una tela adsorbente humedecida en el fondo, para crear un ambiente húmedo (aproximadamente 80% de HR), se incubaron en oscuridad a 35 ºC. Una vez germinadas, las semillas se retiraron de la oscuridad para el desarrollo y crecimiento de las plántulas.

Ensayo de Vigor. Para determinar vigor, se utilizaron semillas germinadas y se trasladaron a una cámara de crecimiento (Convectional Incubator 30 MR. Precision. Modelo 603011567) mantenida a temperatura de 25-26 ºC con fotoperiodo de 8 horas de oscuridad y 16 horas de luz. El crecimiento y desarrollo de las plántulas se registró periódicamente, así como la fecha de aparición de las hojas cotiledonales y el desarrollo de las primeras 4 hojas verdaderas.

Análisis estadísticos de los datos. El análisis de los datos obtenidos se realizó mediante un diseño completamente al azar (ANOVA) y la comparación de medias se realizó utilizando el método de Tukey-Kramer con un nivel de probabilidad de $P<0.05$ utilizando el software NCSS (Number Cruncher Stadistical System) versión 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad en las semillas: Los resultados obtenidos nos muestran un porcentaje de humedad de la semilla de alrededor del 8%, después del pre-secado, es decir, al inicio de estudio el tiempo cero (Figura 1a). Este resultado coincide con lo reportado por Pérez y col., 2008 que reportan valores de 8 ± 1.2% de humedad cuando aplicaron 2 distintos tipos de secado en semillas de tomate de cáscara, uno a temperatura

ambiente y otro con aire a 25ºC. En general, el porcentaje de humedad en las semillas del control presenta un comportamiento variable durante el tiempo, éste comportamiento es muy parecido al que manifiestan las semillas en el secado en estufa. En cambio, en el secado utilizando sílica gel, se puede apreciar en la gráfica (Figura 1b), una disminución muy pronunciada del porcentaje de humedad en las semillas que bajó a valores alrededor del 5% desde las 19 hasta las 106 horas mantenidas en sílica gel. Después, el comportamiento del porcentaje de humedad en las mismas varió hasta el final del tratamiento alcanzando un valor aproximado de 4% a las 401 horas. El equilibrio de humedad se alcanzó en 4% de humedad. Sin embargo, el comportamiento de humedad de las semillas en las primeras 106 horas en los tres tratamientos de secado fue distinto; siendo estos estadísticamente distintos de acuerdo a la prueba de Tuckey kramer (Figura 1b). El resultado se aproxima al obtenido por Martínez *et al.,* (2010), que obtuvieron valores de humedad de equilibrio en semilla de tomate *S. lycopersicum* L. var. Unapal-Maravilla cercanos al 3%, con una humedad relativa de 5% a 25ºC. Por otro lado, Rosso y Defacio (2009) reportaron la humedad de equilibrio de 4.1 y 4.9%, alcanzada por especies forrajeras iniciando con una humedad de 11%. Para maíz partiendo de una humedad inicial de 13%, alcanzó el equilibrio entre 3.9 y 4.9%, partiendo de una humedad inicial de 13%. La Figura1c, muestra el porcentaje de humedad de las semillas al momento de los distintos muestreos. Durante los muestreos T0, T1 y T2, no hay diferencias estadísticas en el porcentaje de humedad de las semillas. Sin embargo, las semillas del muestreo 3 (T3), de los distintos tratamientos de secado de las semillas, se puede apreciar que el porcentaje de humedad es más bajo, siendo los valores correspondientes a las semillas mantenidas en sílica gel distintos estadísticamente de los tratamientos control y secado en estufa.

Pruebas de viabilidad: En el ensayo de flotación (Figura 2a), se obtuvo 100% de viabilidad para las semillas secadas en los tres tratamientos: control, estufa y sílica gel en los distintos tiempos (T1, T2 y T3) de muestreo, y 96% de viabilidad para las muestras del control (T0). Lo que nos indica que los diferentes tratamientos de secado probados en el presente trabajo no afectaron la viabilidad de las semillas de tomate cv Saladette. De igual forma, Bonfil-Sanders y col., (2008), analizaron la viabilidad de semillas de *Bursera* utilizando el método de flotación en agua, para separar las semillas vanas (vacías), de las que se hunden (llenas). Ellos encontraron valores desde 2% hasta 68% de viabilidad en estas semillas. En la prueba de tinción con tetrazolio, se obtuvo un 93 al 100% de viabilidad en las semillas analizadas y no se observan diferencias en este parámetro entre los tratamientos a los distintos tiempos de muestreo (Figura 2b). Martínez *et al.,* (2010), reportan un valor de 89.5% de semillas teñidas para tomate variedad Unapal-Maravilla, decreciendo éste valor a 80% cuando la humedad fue del 9.9%. Otros autores han reportado

ensayos similares con distintas semillas (Benito-Matías *et al.,* 2004; Korkmaz *et al.,* 2004 y Florido *et al.,* 2009). La comparación de los datos obtenidos entre germinación y vigor (desarrollo de hojas cotiledonarias y verdaderas) en semillas de tomate cv Saladette de los distintos tratamientos de secado en los distintos tiempos de muestreos se muestra en la Figura 3. Se observa una disminución en el desarrollo de hojas cotiledonarias y aún menor de hojas verdaderas con respecto al porcentaje de semillas germinadas, en la mayoría de los tratamientos, con excepción del control en el tercer muestreo en donde se observa valores similares en el porcentaje de germinación y desarrollo de hojas cotiledonarias y verdaderas.

En las muestras obtenidas del primer muestreo (T1) se observa un comportamiento del control similar al mostrado en el tiempo de inicio (T0) en todos los tratamientos de secado y en las muestras obtenidas del segundo muestreo (T2), no se muestran diferencias significativas entre los distintos parámetros analizados y los tratamientos de secado. En cambio, en las muestras obtenidas del tercer muestreo (T3), se obtuvo para el control, porcentajes muy bajos y de la misma magnitud en los 3 parámetros analizados, sin diferencias estadísticas entre ellos. Para los tratamientos de secado en sílica gel y en estufa, se observa mayores porcentajes de germinación que los obtenidos en el desarrollo de hojas cotiledonarias y verdaderas, sin embargo no se detectan diferencias estadísticas entre los estos parámetros y los tratamientos de secado.

CONCLUSIONES

Se estableció la curva de humedad de equilibrio en valores de 4% para las semillas secadas en sílica gel. La germinación y el desarrollo de hojas cotiledonarias y verdaderas disminuyeron conforme aumentó el tiempo de secado. Además, el porcentaje de hojas cotiledonarias y verdaderas fueron menores que los valores de germinación. No se encontró diferencias entre los tratamientos de secado. Se detectó durante el tercer muestreo, que las semillas mantenidas en estufa y en sílica gel mostraron valores mayores en germinación, desarrollo de hojas cotiledonarias y verdaderas que el control.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benito M., Herrero S., Jiménez I., Peñuelas R., 2004. Aplicación de Métodos Colorimétricos para la Determinación de la Viabilidad en Semillas de *Pinus pinea* sedes: tetrazolium and indigo carmine tests. Cuad. Soc. Esp. Cien. For.

Bonfil-Sanders C., Cajero-Lázaro I., Evans Y.R. 2008. Germinación de Semillas de Seis Especies de *Bursera* del Centro de México. UNAM. México. pp. 828-834.

Borboa Flores J., Rueda Puente E., Acedo Félix E., Ponce J., Cruz M., Grinaldo Juárez O., García Ortega A. 2009. Detección de Clavibacter michiganensis subespecies michiganensis en el tomate del estado de Sonora, México. . Rev. Fitotec. Mex. 32(4): 319.

Chappell G.F, Herbert D.A., y McNeill. 2001. In cooperative Extension Agronomy Handbook Part V. Seed and Stored Grains. Virginia. pp. 59-68.

Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. 2010. Monografía del Tomate. Gobierno de Veracruz. México. portal.veracruz.gob.mx/pls/…/.

Ellis R.H. y Robert E.H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Annals of Botany 45:13-30.

FAOSTAT (2008). Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Tomate. http://faostat.fao.org

Florido, M., Alvarez, M., Lara, R., Plana, D., Moya, C., Caballero, A. 2009. Evaluación del Germoplasma de Tomate (*Solanum L*. sección Lycopersicon) Conservado ex situ en Cuba Utilizando Pruebas in Vitro para Predecir las Respuestas a Altas Temperaturas. Cultivos Tropicales. 30(4):57-61.

Grabe, D.F. 1970. Tetrazolium Testing Handbook for Agricultural Seeds. Contribution No. 29 to the Handbook on Seed Testing. AOSA.

Harrington, J.F. 1965. New theories on the biochemistry of seed aging. Agron. Abstr., Annual Meeting of the American Society of Agronomy, p.41.

Korkmaz, A., Ozbay N., Eser B. 2004. Assessment of Vigor Characteristics of Processing Tomato Cultivars by Using Various Vigor Tests. Facultad de Agricultura. Turkey. 3(2): 181-186.

Landis, T.D.R.W. Tinus, y Barnett J.P. 1998.The ontainer tree nursery manual. Vol. 6, Seedling propagation. Agriculture Handbook 674. U.S. pp.166.

Martín, I. 2001. Conservación de Recursos Fitogenéticos. Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF), Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). España.

Martínez M., Cardozo C. C., Sánchez O. M. 2010. Respuesta fisiológica de semillas de tomate *Solanum lycopersicum* L. variedad Unapal-Maravilla y pimentón *Capsicum annuum* L. variedad Unapal-Serrano en crioconservación. Acta Agronómica. 59(4):401-409.

NCSS (Number Cruncher Stadistical System) versión 2007.

Osata, N. 2003. Solanaceae Seed Production. TBIC. Tsukuba, Japan.

Pérez C. I., González H. V., Molina M. J., Ayala G. O., Peña L. A. 2008. Efecto de Desarrollo y Secado de Semillas de Physalis ixocarpa Brot en Germinación, Vigor y Contenido de Azúcares. Interciencia. 33(10):762-766.

Productores de Hortalizas. 2006. Plagas y Enfermedades del Tomate. Guía de Identificación y Manejo. Meister Media Worldwide. www. hortalizas.com. pp 2.

Rao, K.N, Hanson, J., Dulloo, E.M, Ghosh, K., Nowell, D. y Larinde, M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Bioversity International. Italia.

Rodríguez, C, José C, Chávez, S., José, L. 2010. Caracterización Agromorfológica de Muestras de Tomate de Oaxaca. Revista Fitotecnia Mexicana. México.33(4):1.

Rosas, P.S. 1992. Perspectivas en la producción de semillas de tomate (*lycopersicum esculentum.* Mill) industrial en el sur de Sonora. Universidad de Sonora. México. pp . 1,2.

Rosso B., Defasio R. 2009. Determinación de la Humedad de Equilibrio de Semilla en las Colecciones de Maíz y Forrajeras Mesotérmicas. INTA Comunicación Técnica. Banco de Germoplasma. pp.1-2.

Rubén, L.V. 1980. Tomatoes in the Tropics. Westview Press, USA.

Valadez, L.A., 1998. Producción de hortalizas.1ra. ed. 8va. Reimpresión. Ed. Limusa. México. 298 pp.

www. hortalizas.com).

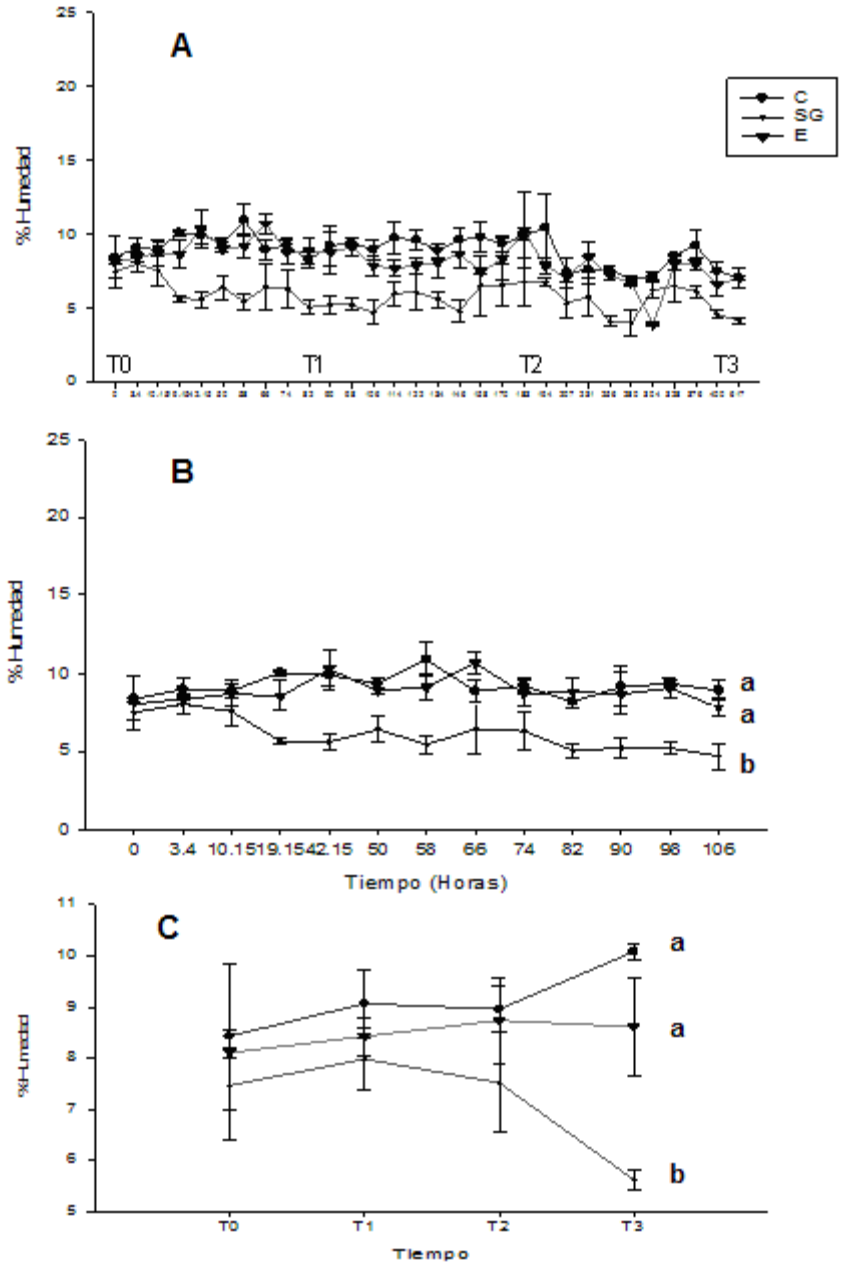


Figura 1. Porcentaje de humedad en semillas de tomate cv ´Saladette´. A: Curva de humedad de equilibrio establecido para las semillas mantenidas en silica gel (SG), estufa (E) y control (C) durante 617 horas de secado. B: Porcentaje de humedad semillas mantenidas en silica gel (SG), estufa (E) y control (C), durante las primeras 106 horas de secado. C: Porcentaje de humedad semillas mantenidas en silica gel (SG), estufa (E) y control (C) durante los muestreos T0 (0 h.), T1 (82 h.), T2 (158 h.) y T3 (400 h.).

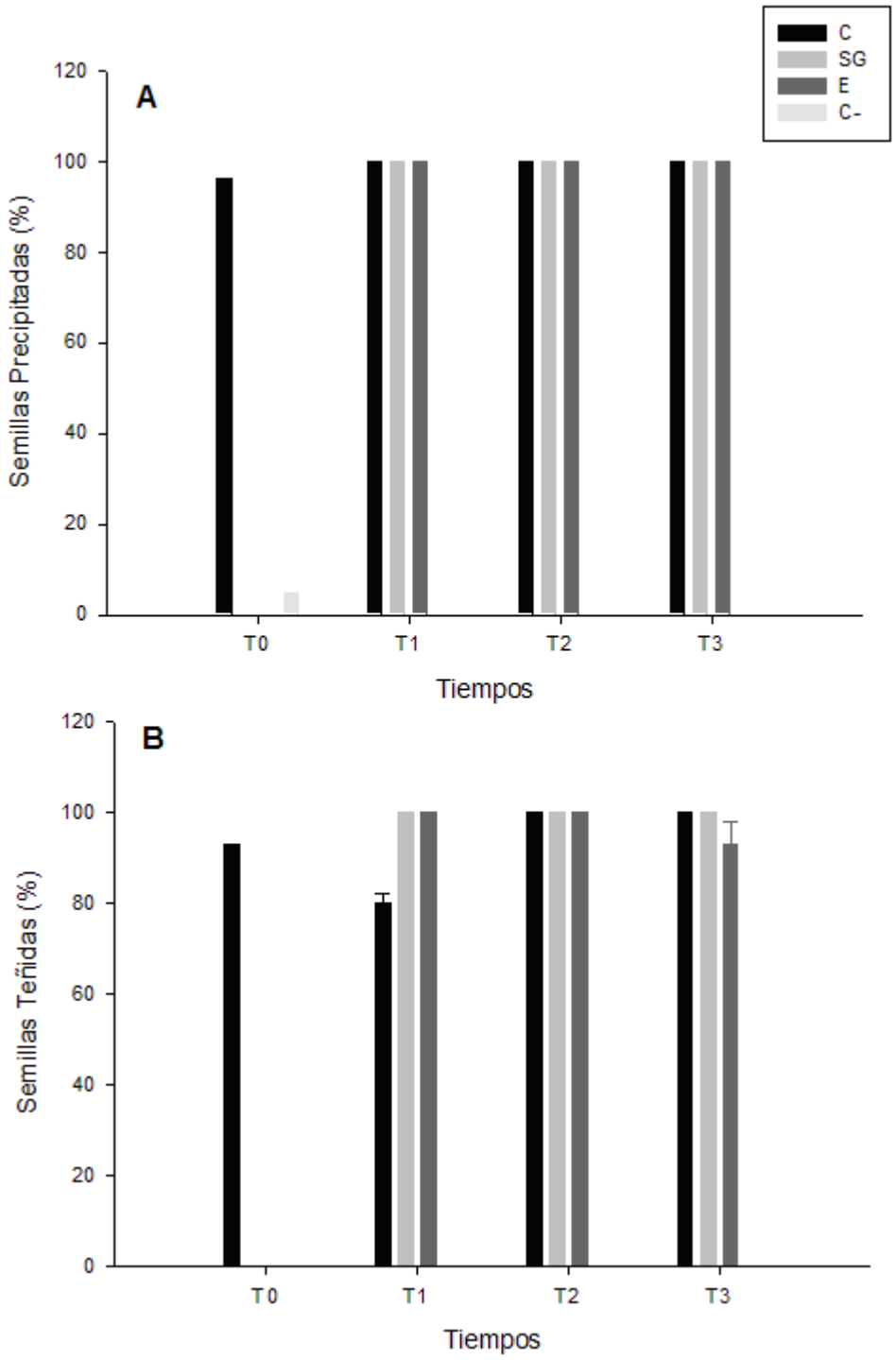


Figura 2. Viabilidad de las semillas de tomate cv ´Saladette´. A: Ensayo de flotación (semillas precipitadas = viables) y B: Prueba de tinción con sal de tetrazolio en semillas mantenidas en sílica gel (SG), estufa (E), control (C) y control negativo de viabilidad (C -), durante los muestreos T0 (0 h.), T1 (82 h.), T2 (158 h.) y T3 (400 h.).

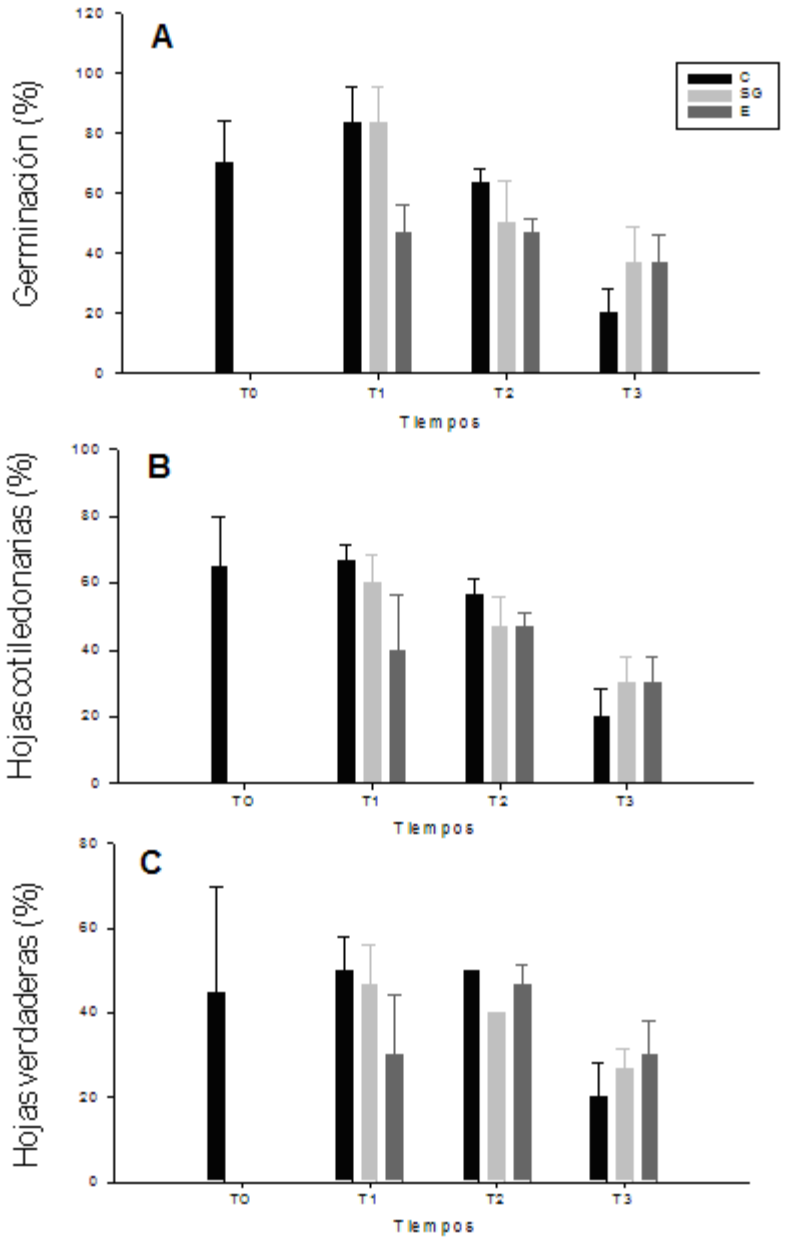


Figura 3. Viabilidad y Vigor de semillas de tomate cv ´Saladette´. A: Porcentaje de germinación y vigor (B: Porcentaje de hojas cotiledonarias y C: Porcentaje de hojas verdaderas) de las semillas sometidas a secado en sílica gel (SG), en estufa (E) y en control (C) a temperatura ambiente 25°C, durante los muestreos T0 (0 h.), T1 (82 h.), T2 (158 h.) y T3 (400 h.).

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

EFECTO DE LA RADIACIÓN GAMMA (^{60}CO) EN *Chenopodium* y A*maranthus*

Juan M. García Andrade[1§]; Eulogio de la Cruz Torres[1]; Diana A. Flores Reyes[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. [2]Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan.
[§]Autor responsable: jmanuel.garcia@inin.gob.mx

RESUMEN

Se presenta el estudio de radiosensibilidad de chía blanca (*Amaranthus hypochondriacus* raza azteca), chía negra (*Amaranthus hypochondriacus raza mixteca*) y chía roja (*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae)*. Semillas de estas especies se sometieron a radiación gamma de ^{60}CO a dosis de 50 a 500 Gy, con intervalos de 50 Gy entre tratamientos. Se utilizaron siete variables cuantitativas para la evaluación: Altura de planta (A), longitud de panoja (LP), diámetro de panoja (DP), diámetro de tallo (DT), número de ramas (NR), número de entrenudos (NE) y rendimiento (R) y componentes del mismo (peso de cien semillas, número de semillas por gramo, diámetro y espesor de las semillas). Estas variables son índices que aseguran mayor certeza en la selección del germoplasma. El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones. Cada parcela experimental contó con tres surcos de 2.5 m de longitud, la separación entre los surcos fue de 30 cm., las plantas fueron colocadas cada 25 cm. La unidad experimental fue de cinco plantas. El comportamiento de la variable porcentaje de germinación no se vio afectada significativamente por las dosis de radiación. Después de cinco días de incubación los porcentajes máximos y mínimos para cada colecta se presentaron como sigue: la chía blanca presenta los valores de 100% en las dosis de 0, 50, 20, y 350 Gy y 82% como mínimo en los 500 Gy, la chía negra con 96% en la dosis de 300 Gy y 80% como mínimo en los 400 Gy y la chía roja presentó un 100% en siete de once dosis y 98% como mínimo en las dosis restantes; los valores más bajos para esta variable en las tres colectas tuvieron lugar en las dosis de 500, 400 y 250 Gy respectivamente. Con respecto a las variables evaluadas, la variable altura de planta presentó mayor variabilidad en las tres colectas en las dosis de 250, 150, 300 y 200 Gy para chía blanca, chía negra y chía roja. Como conclusiones tenemos que la respuesta a la radiación de las variables germinación, crecimiento y desarrollo de raíces secundarias y emergencia fue diferencial respecto a cultivares, pasando de la inhibición a la estimulación. En cuanto a las variables morfológicas: La chía blanca denotó ser muy susceptible a la radiación por ello los tratamientos indujeron reducción de las variables referentes a arquitectura de la planta en comparación al testigo, encontrándose algunos casos de efectos estimulantes. El efecto de la radiación para la chía roja fue estimulante para la mayoría de las variables.

Palabras clave: Radiación gamma, Pseudocereales, Chenopodium, Amaranthus.

INTRODUCCIÓN

El amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) es un pseudocereal de gran importancia por su valor nutricional así como por su variedad de usos. La chía roja (*Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttalliae*) es otro pseudocereal cuya distribución se encuentra restringida al Estado de Michoacán, su cultivo y uso se ha visto afectado por factores socioeconómicos (Pérez *et al*., 2005). Los pseudocereales han tenido gran relevancia, puesto que son un recurso biológico de un alto valor nutritivo y debido a su gran rusticidad constituyen una alternativa de cultivo para amplias regiones en condiciones agrícolas marginales del país (García *et al*., 2009). El mejoramiento genético por mutagénesis es una forma artificial de incrementar el número de mutaciones en el material genético de tal forma que la frecuencia de estas sea mayor a la que ocurre de forma espontanea en la naturaleza (Sosa, 1988). La inducción de mutaciones mediante radiaciones ionizantes hoy día es una técnica muy usada con el fin de incrementar la variabilidad de cultivos; así se han obtenido mejores rendimientos en menor tiempo, se ha generado resistencia a condiciones ambientales extremas, así como resistencia a plagas y a enfermedades (Lemus, 2002). Con el fin de determinar la dosimetría adecuada a que debe someterse el material que se desea mejorar, se realizó el presente trabajo de radiosensibilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en dos etapas Primera: bajo condiciones de invernadero (ININ). Segunda: en parcelas experimentales ubicadas en el municipio de Ocoyoacac. Se utilizaron semillas de chía blanca, chía, chía negra (*Amaranthus hypochondriacus*) y chía roja (*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*).

El material se irradió a dosis de 0 a 500 Gy con intervalos de 50 Gy en un irradiador Gammacell 220 del ININ.

1ª. Etapa. En invernadero se sembraron materiales en macetas de cada una de las dosis de radiación de las tres especies determinándose como afecta la radiación al poder germinativo de la semilla.

2ª. Etapa. Trasplante a cielo abierto en las parcelas experimentales, donde se realizaron evaluaciones periódicas. Las variables que se evaluaron en campo fueron altura de la planta, diámetro de tallo, diámetro de panoja, longitud de panoja, número de ramas, número de entrenudos, así como rendimiento y componentes del mismo (peso de cien semillas, número de semillas por gramo, diámetro y espesor de las semillas).

El acomodo de las macetas dentro del invernadero así como en las parcelas experimentales fue bajo un

diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Cada parcela experimental contó con tres surcos de 2.5 m de longitud, la separación entre los surcos fue de 30 cm., las plantas fueron colocadas cada 25 cm. La unidad experimental fue de cinco plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de la variable porcentaje de germinación no se vio afectada significativamente por las dosis de radiación. Después de cinco días de incubación los porcentajes máximos y mínimos para cada colecta se presentaron como sigue: el amaranto presenta los valores de 100% en las dosis de 0, 50, 20, y 350 Gy y 82% como mínimo en los 500 Gy, la chía negra con 96% en la dosis de 300 Gy y 80% como mínimo en los 400 Gy y la chía roja presentó un 100% en siete de once dosis y 98% como mínimo en las dosis restantes; los valores más bajos para esta variable en las tres colectas tuvieron lugar en las dosis de 500, 400 y 250 Gy respectivamente. De acuerdo a lo obtenido de las tres colectas el amaranto resultó ser el más sensible a la radiación, siguiendo a este la chía negra y finalmente la chía roja.

Con respecto a las variables observadas en campo, se presenta la altura de planta en función de la dosis de radiación en el Cuadro 1. Como se observa en las Figura 1, para la chía blanca (testigo) presentó 137.2 cm como máximo en la altura de planta y el valor mínimo para esta variable se presentó en la dosis de 300 Gy con 48.8 cm. La chía blanca resultó ser muy sensible ya que en la mayoría de las dosis se redujó el valor de la altura en más del 50%.

Cuadro 1. Altura de planta de chía blanca, chía negra y chía roja en base a las dosis de radiación.

DOSIS (Gy)	COLECTAS		
	CHÍA BLANCA	CHÍA NEGRA	CHÍA ROJA
0	137.2	48.1	67.9
50	67.8	49	72.2
100	64.9	52	65.8
150	51.4	58.6	68
200	61.7	48.23	94.7
250	75	44.94	72.7
300	48.8		
350	72.2	41.98	77
400	53.5	334	51.6
450	54.5		77.4
500	117	40.4	77.2

En la chía negra se aprecia un comportamiento contrario al del amaranto, pues se aprecia un efecto radioestimulador en las dosis de 50 a 200 Gy, superando al testigo (48.1) la dosis de 150 por más de 10 cm. En las dosis de 300 y 450 Gy no sobrevivieron plantas (Figura 2). Comparado con lo reportado por López (2006) en colectas de Michoacán este material fue muy sensible a la radiación ya que la altura promedio en colectas sin irradiar es de 2.09 m.

La chía roja, por otra parte resultó ser la menos radiosensible ya que el valor del testigo fue de 67.93 y la mayoría de los valores estuvieron dentro de ese rango, obteniéndose el valor radioestimulante en la dosis de 200 Gy, con un incremento de 40% en altura con relación al testigo (Figura 3).

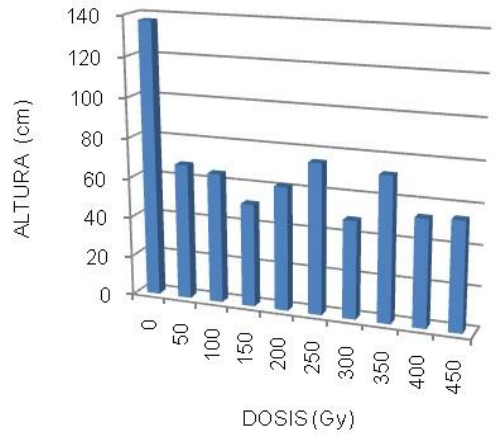


Figura 1. Altura de chía blanca en función de la dosis

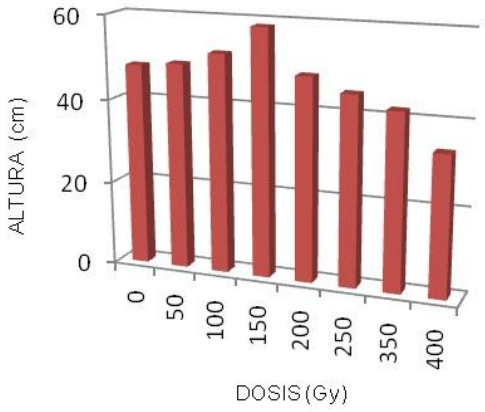


Figura 2. Altura de chía negra en función de la dosis

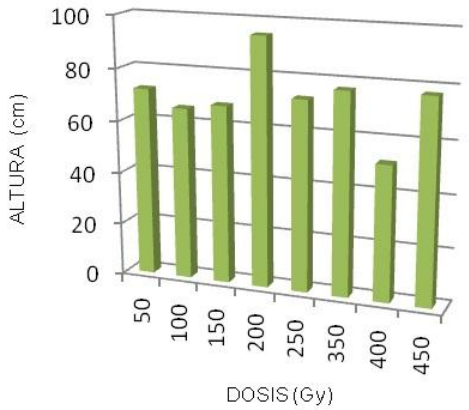


Figura 3. Altura de chía roja en función de la dosis

CONCLUSIONES

La respuesta a la radiación de las variables germinación, crecimiento y desarrollo de raíces secundarias y emergencia fue variable en cada cultivar, pasando de la inhibición a la estimulación. En cuanto a las variables morfológicas, el amaranto denotó ser muy susceptible a la radiación por ello los tratamientos indujeron reducción de las variables referentes a arquitectura de la planta en comparación al testigo, encontrándose algunos casos de efectos estimulantes. El efecto de la radiación para la chía roja fue estimulante para la mayoría de las variables. En la chía negra se encontraron dosis que estimulan el desarrollo en el rango de 50 a 250 Gy. A raíz de los resultados obtenidos, el rango de dosis con fines de mejoramiento debe de ubicarse entre los 100 y 250 Gy. Los tres cultivares mostraron diferencia significativa en el efecto de los tratamientos para la mayoría de las variables.

Agradecimientos

Investigación parcialmente financiada por el proyecto ARCAL RLA 5/056. Mejora Genética de Cultivos por Mutagénesis Inducida

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

García A.J.M., De la Cruz, T. E., y Mapes, S. C. (2009). Cultivo de chías (*Chenopodium* y *Amaranthus*) en la meseta Purhépecha. Conservando el germoplasma y promoviendo la sustentabilidad. X Simposio Internacional y V Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. pp.180.

Lemus Y., Méndez N. J. R., Cedeño J. R. Y Otahola G.V. (2002). Radiosensibilidad de dos genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) a radiaciones gamma Revista UDO Agrícola vol. 2 no.1 p. 22-28.

López M. A. (2006). Estudio de los Recursos Genéticos de los Seudocereales Chia Roja (*Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttalliae*) y Amaranto (*Amaranthus* spp.) en los ejidos de Opopeo y Santa María Huiramangaro, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp. 6, 12,112-115.

Pérez A. E., De La Cruz T. E., Mapes C., García A.J.M. (2005). Las comunidades campesinas: un importante reservorio de recursos para la humanidad. LEISA Revista de Agroecología. Vol. 20 num.4 p. 21-23

Sosa C.R., Hernández A.M. (1988). Uso de las Radiaciones en la creación de nuevas variedades de plantas. Cuadernos del ININ. Serie de divulgación Técnico científica. pp.12-19

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

LONGITUD Y PESO DE FRUTO EN DOS GENOTIPOS DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum*) A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZANTES EN INVERNADERO

Juan F. Guerrero Ramos[1§]; Esmeralda A. García Tierrablanca[1]; José R. A. Dorantes Gonzáles[2]; Francisco Chablé Moreno[1]; Cesar Aguirre Mancilla[1]; J. Gabriel Ramírez Pimentel[1]

[1]Instituto Tecnológico de Roque. Celaya, Gto. [2]INIFAP. CEBAJ. Celaya, Gto. [§]Autor responsable: pancho_j_f@hotmail.com

RESUMEN

En México una de la especies con mayor diversidad es el chile, donde un alto porcentaje del total de la producción se exporta. En cuanto a mejor manejo y utilización de los fertilizantes y agua son prioritarios para el tiempo en el que vivimos. Para la mayoría de las especies hortícolas que se cultivan en nuestro país existe poca información sobre el manejo y desarrollo de un buen cultivo. Se determinó el comportamiento de dos diferentes genotipos en el cultivo chile jalapeño. Se realizó el experimento con un diseño de bloques completos al azar en el invernadero del Instituto Tecnológico de Roque, donde se evaluaron diferentes dosis de fertilizantes. Las variables que se tomaron en cuenta son peso de fruto (PF) y longitud de fruto (LF). Se obtuvieron diferencias altamente significativas y significativas en ambas variables, con un comportamiento diferente de los genotipos evaluados; también se concluyó que al menos uno de los genotipos reacciona de manera positiva a las diferentes dosis de fertilizantes que se evaluaron.

Palabras clave: Días después de trasplante, peso de fruto, longitud de fruto.

INTRODUCCIÓN

El chile pertenece a la familia de las *Solanáceas*, al género *Capsicum*. Esta familia presenta una amplia variedad de especies entre los que se pueden mencionar a la papa, tomate y la berenjena. La producción del cultivo de chile está en función de la calidad de la semilla (Luna, 2010). Este cultivo se ha consolidado en el mercado internacional en los últimos diez años, al presentar un crecimiento anual de 6% (Villegas, 2008). La FAO (2009) menciona que México a nivel mundial es el segundo productor de chile, China tiene el primero y Turquía el tercero. En México, Guanajuato se encuentra en la décima posición con una superficie de 4,223 ha sembradas y una producción de 61,390 t (SIAP, 2010).

Actualmente, en la agricultura moderna el cultivo de hortalizas ha cobrado mucha importancia, donde los niveles de productividad son más intensivos (Hernández, 2010). El chile jalapeño presenta mayor interés para su consumo en fresco e industrializado y mayor demanda que otras especies agronómicas. A pesar

de su importancia, éste cultivo requiere cantidades específicas de agua y nutrimentos para alcanzar altos rendimientos (Hall, 1977).

Para el caso del cultivo de chile, la eficiencia del uso de los fertilizantes y la aplicación de mejores técnicas en el agua, son una prioridad para producir alimentos de forma sostenible (Aguilar, 2005); en este caso se involucra el mejoramiento y la eficiencia en el manejo de los fertilizantes y del ciclo de los nutrimentos, lo cual obliga a encontrar mejores técnicas para la utilización del agua. En cuanto al empleo de genotipos de plantas eficientes es necesario contar con algunas que tenga un buen aprovechamiento de los nutrimentos (Zapata, 2002). Mientras que para el empleo de fertilizantes tienen participación importante en el desarrollo del cultivo. Nuez (1996) menciona que la distribución de los fertilizantes se realizará en función del manejo y desarrollo del cultivo, y las necesidades de fertilización resultan de la demanda de nutrimentos que la planta necesita para su desarrollo (Aguilar, 2005). Las investigaciones realizadas indican que la fertilización química tiene una eficiencia limitada en cuanto a la producción agrícola, ya que los cultivos sólo absorben entre un 10 y 50% del fertilizante aplicado (Aguilar, 2005 que cita a Van Cleemput y Hera, 1996), mientras que el abono orgánico mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación (Nieto, 2002).

En la actualidad los cambios climáticos están obligando a los productores a buscar mayor seguridad en los sistemas de producción para garantizar el volumen y la calidad de sus productos (Hernández, 2010). El cultivo de chile se puede establecer en condiciones protegidas, en el que las producciones son mucho más intensivas, la absorción total de elementos puede alcanzar niveles realmente sobresalientes, al desarrollarse la planta en lo que concierne a fertilización, características de humedad y temperaturas controladas (Domínguez, 1997). En el caso de chile jalapeño, para incrementar y mantener su producción comercial en sus valores óptimos, es necesario controlar todos los factores que benefician su producción, destacando el uso eficiente del agua y la nutrición nitrogenada y potásica (Báez, 2002 que cito a Guenkov, 1974).

Lo anterior permite ver una perspectiva de lo importante que es la producción de chile en nuestro país, además de la necesidad que se tiene por encontrar información acerca de las hortalizas. También muestra la necesidad que se tiene para determinar una dosis de fertilizante con la cual se tenga un cultivar con buena producción y calidad en el producto. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las diferentes dosis de fertilizantes en la producción de chile Jalapeño.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó en el invernadero del Instituto Tecnológico de Roque, que se ubica en el km 8 de la carretera Celaya, Juventino Rosas, con ubicación geográfica 100°48'55" N, 20°31'40'' O, una altura 1752 m. La temperatura media anual es de 20.85°C, con un clima que oscila entre semiseco y semicálido y la precipitación pluvia promedio es de 575.3 mm anuales (INEGI, 2011).

El material biológico que se empleó fueron dos genotipos comerciales. El establecimiento del almácigo se realizó en los invernaderos Apatzeo, entronque Celaya-Querétaro, en los cuales transcurrieron 30 a 45 d antes de su trasplante; el trasplante se llevó a cabo el 26 de Julio del 2011.

Se estableció el experimento en un diseño experimental de bloques al azar. Los factores fueron los dos genotipos comerciales y cuatro dosis de fertilización. La parcela útil consistió en nueve plantas espaciadas 0.30 m entre plantas y surcos de 3 m de longitud. La dosis que se utilizó fue de 180-90-90 (Valadez, 2001). También se evaluó un fertilizante orgánico, ya que se sabe que la absorción de elementos nutritivos ocurre mientras haya crecimiento en la planta.

El Cuadro 1 muestra la distribución de aplicación de fertilizantes y se resalta que en el caso de fertilizante orgánico, el suministro comenzó el día 30 de septiembre y un suministro adicional cada 20 d.

Cuadro 1. Cuadro de fechas de aplicación de fertilizante con sus diferentes dosis.

Tratamiento	Fórmula	Fecha de aplicación (DDT)		
		Sept.	Oct.	Nov.
1	153-76.5-76.5	2	7	11
2	180-90-90	7	12	16
3	207-103.5-103.5	12	17	21
4	12 mL/aplicación	30		

Nota: Los tratamientos llevaron una aplicación del 50% dependiendo su dosis, en un tiempo de 15 DDT.

La cosecha de frutos se realizó cuando alcanzaron la madurez fisiológica. Para ello se tomó una muestra representativa de cinco frutos por tratamiento, donde se midieron las variables Peso de fruto (PF) y longitud de fruto (LF).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para las variables de rendimiento del cultivo de chile jalapeño, donde se evaluó los niveles de fertilización para longitud de fruto y peso de fruto, se muestran en el Cuadro 2.

Para la variable longitud de fruto los genotipos uno y dos se presentaron diferencias altamente significativa (α = 0.01 y 0.05); no hubo efectos significativos entre tratamientos. Mientras que para el efecto de interacción de factores no presentó diferencia significativa; sin embargo la correlación entre genotipo y fertilización, ocurrieron diferencias significativas. El coeficiente de variación fue de 5.9%, que indica un manejo agronómico adecuado.

La variable peso de fruto los genotipos presentaron diferencia significativa (α = 0.05), mientras que para las fuentes de variación tratamientos, genotipos por tratamientos y correlación no se presentó ningún tipo de diferencia significativa, aunque el coeficiente de variación fue 14.14%, que indica buen manejo agronómico.

Cuadro 2. Cuadro de análisis de varianza para las variables peso de fruto y longitud de fruto.

Fuente	Gl	LF	PF
Genotipo	1	352.62 **	85.69*
Trat	3	26.48^{ns}	4.09^{ns}
Genot * Trat	3	58.84^{ns}	28.02^{ns}
Co (G*T)	7	86.88*	25.69^{ns}
CV (%)		5.9	14.14

**Altamente significativo, *Significativo, ^{ns} No existe diferencia

CONCLUSIONES

En ambas variables se encontraron diferencias significativas con respecto a la dosis de fertilización, mientras que para las diferentes dosis de fertilizantes uno de los genotipos reacciona de una manera positiva, en cuanto a la disposición del fertilizante. Con respecto a los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que la forma, aplicación y período del fertilizante influye en la producción y calidad final del producto.

Los genotipos evaluados responden de manera diferente, con lo cual se parte de que no todas las referencias en base a fertilización son las adecuadas para que el agricultor obtenga una buena producción de su cultivar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar A. J. L., Grageda C. O. A., Vuelvas C. M. A., Martínez H. M., Solis M. E., Medina C. T., Ramírez R. A. 2005. Eficiencia de fertilizantes aplicados con fertirriego en chile ancho. pp. 3-5

Acosta R. G., Leticia B. G.; Esparza M. J. 1994. Efecto de la madurez del fruto y tiempo de maduración postcosecha en la calidad de semilla de chile jalapeño., Revista Fitotecnia Mexicana 17: 55-66.

Azofeifa A, Moreira M. A. 2008. Absorción de nutrimentos en las plantas de chile jalapeño (*Capsicum anuum* L. CV. HOT) en Alajuela, Costa Rica. 10-12 p

Baéz M. A., Tijerina C. L., Sánchez G. P., Aceves N. L. A., Escalante E. A. J., Martínez G. A. 2002. Producción de chile jalapeño con fertirriego como función de la tensión de la humedad del suelo, nutrición nitrogenada y potásica. pp. 4

Domínguez V. A. 1997. Tratado de fertilización. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. México, 410 p.

FAO. 2009. Estadísticas de la producción de chile en México revisado el 5 de Diciembre de 2011 en la página. (http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx)

Hernández-Fuentes, A. D., Campos Montiel R., 2010. Comportamiento de poscosecha de pimiento morrón (*Capsicum annuum L.*) var. California por efecto de de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. Revista iberoamericana de postcosecha. Vol. 11, pp 82-91

INEGI. 2011. Revisado el 12 de diciembre de 2011 en la página.
(http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/censal/11.pdf?c=1207&e=11&CFID=4628148&CFTOKEN=96457613).

Luna R. J. de J. 2010. Producción, conservación y evaluación de semillas de chile manual para productores, 1ª edic. México. 11-13 p.

Mateo, J.M. B. y Casallo A. G. 1989. Producción de semillas de plantas hortícolas, Ediciones Mundi-prensa, Madrid, España, 235-236 p.

Nuez F, O; Gil R. y Costa J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajies, Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España, 391 p.

Rodriguez R. G; Marquez R. J. Rebolledo C. V. 2001. Determinación del potencial y eficiencia de producción de semillas en *Cedral odorata* L. y su relación con caracteres morfométricos de frutos. 4-5 p

SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pecuaria) 2010. Estadísticas de Guanajuato (http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351). Consulta: 5 de Diciembre de 2011.

Villegas L. y De la Fuente F. 2008. Revista el Gourmet. Editorial metrosexual, Homero 909, México D.F. 39 p.

Valadez L. A. 2001. Producción de hortalizas, editorial Limusa, México, D.F. Noriega editores. 190 p.

Zapata F. 2002. Contribución de las técnicas nucleares al desarrollo de prácticas de manejo integrado del suelo, agua y nutrimentos para el incremento de la producción agrícola. TERRA Latinoamericana 20: 1-6

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

ARQUITECTURA FOLIAR EN HOJAS DE GUAYABA DE NUEVE ACCESIONES DEL BANCO DE GUAYABA SOMETIDOS A CALMEO (*Psidium guajava* L.)

Alicia Castañeda Moreno[1]; Rosa del Carmen Beas[1]; Jorge Soria Cruz[1]; Lucero del Mar Ruiz Posadas[2]; Ernesto González Gaona[3]; José Saúl Padilla Ramírez[3]

[1]Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. El Llano, Ags., [2]Colegio de Postgraduados Montecillo Edo. de México, [3]INIFAP-CIR del Norte-Centro Pabellón Ags. acm_agro@hotmail.com

RESUMEN

De los factores asociados a la degeneración del guayabo (*Psidium guajava* L.) en la región Calvillo-Cañones, destaca la práctica de estrés hídrico inducido (calmeo). En el presente trabajo se evaluaron nueve materiales de guayaba nacional y de la India, sometidos a estrés hídrico al término de la cosecha en forma gradual. Se realizó un análisis de correlación con el programa Estadístico SAS 9.1® entre las variables fisiológicas (índice de defoliación, tiempo de senescencia) y las características anatómicas de nueve materiales identificados por su grado de defoliación. En cada una de las accesiones evaluadas se determinó el tamaño de estomas y su frecuencia estomática de la superficie abaxial de la hoja.

Palabras clave. Calmeo, accesiones,

INTRODUCCIÓN

La utilización del calmeo como práctica ancestral en la región Calvillo-Cañones para evadir la temporada de frio extremo y condicionar la brotación y floración en verano, ha ocasionado una pseudocaracterizacion de materiales con cierta tolerancia a este tipo de manejo agrícola, por lo que en la presente investigación se determinaron las selecciones tolerantes a estrés hídrico *in situ* a partir de la observación de la epidermis de la hoja. La observación de este material se realizó con un Microscopio Electrónico de Barrido. La información obtenida se correlacionó con características agronómicas obtenidas en el banco de germoplasma de Los Cañones, Zacatecas, del INIFAP, esta información permitirá elegir características deseables del árbol tolerante a estrés hídrico (calmeo) y su propagación masiva para asegurar la producción en huertas en las que esta práctica es una necesidad. Con base a lo anterior, el trabajo tuvo como objetivo identificar características anatómicas de la superficie foliar de accesiones tolerantes a estrés hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Calmeo y microestructura foliar.

La determinación de frecuencia estomática es una evidencia indirecta para determinar las condiciones fisiológicas, las características taxonómicas y tiene influencia en el grado de adaptación y productividad de los cultivos.

Inducción de estrés hídrico.

Se realizó al término de la cosecha y se suspendió gradualmente el agua de riego de uno a dos por semana durante 4 semanas, después de ese periodo se realizaron tres riegos cada 10 días y dos últimos riegos cada 15 días cancelando el riego totalmente por los siguientes tres meses. Este periodo de seis meses aproximadamente, produce la defoliación de los árboles de hasta casi el 90% de su follaje. Antes de reiniciar el riego del siguiente cicló productivo la huerta se limpia de hojarasca excesiva, se podan los árboles para darles forma y quitarle las ramas quemadas por el frio.

El nuevo ciclo productivo inicia con el restablecimiento de riego constante que induce la brotación de yemas en las ramas que sobrevivieron al frio del periodo invernal. Se pueden distinguir los brotes de renuevo por su característica de ser tableados a diferencia de los más viejos que son redondos y completamente lignificados,

Diseño experimental.

Se utilizaron 20 árboles al azar (Figura 1) de un total de 264 provenientes de diferentes estados de la Republica Mexicana y otros países (India) de la huerta de colectas del Banco de Germoplasma del Campo Experimental Los Cañones de INIFAP. Los datos que se registraron fueron:

1= 100% de hojas verdes.

2=20% de hojas senescentes.

3= Más de 20 a 40 % de hojas senescentes.

4= Defoliación mayor a 50% de hojas senescentes pero menor de 80%.

5= Defoliación mayor de 80%.

Arbol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Linea 1	3.5	3.0	3.0	2.0	3.0	1.5	4.0	4.0	3.0	2.0	3.5	3.5	5.0	3.5	1.5	2.5	2.5	3.0	2.0	5.0	2.5	2.0	3.0	3.0
Linea 2	2.0	2.0	5.0	3.0	4.5	2.0	5.0	4.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.5	3.0	3.0	4.5	2.5	4.0	5.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.5
Linea 3	2.5	2.5	4.0	3.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.0	2.5	3.0	5.0	3.0	5.0	2.0	2.0	3.0	4.5	2.5	4.0	3.0	4.5	5.0	3.0
Linea 4	2.5	3.5	4.5	3.5	4.5	3.5	4.0	4.0	4.0	3.5	5.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.5	2.5	2.5	3.0	4.5	2.0	4.0	2.5	5.0
Linea 5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5	5.0	4.0	4.5	4.0	3.0	2.5	4.5	3.5	3.0	2.5	5.0	4.0	5.0	4.0	2.0	2.5	4.0	2.5	3.5
Linea 6	2.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.0	3.5	4.5	4.5	3.5	4.5	3.5	4.0	3.5	3.5	2.0	3.5	4.0	3.0	3.5	4.5	4.0
Linea 7	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	4.5	4.5	2.5	4.5	4.0	4.5	4.0	4.5	3.0	2.5	3.5	2.5	3.5	4.0	4.5	4.5
Linea 8	4.0	4.0	4.5	4.5	3.5	3.5	4.5	4.0	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	3.0	2.0
Linea 9	3.5	4.5	4.5	3.5	4.5	4.0	4.5	3.5	4.0	4.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	4.5	4.5	3.0	2.5
Linea 10	3.0	4.0	4.0	4.5	3.5	3.5	4.5	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	4.0
Linea 11	2.0	2.0	3.5	3.5	4.5	4.5	3.5	4.0	3.5	3.5	3.0	4.5	4.0	3.5	4.0	3.5	4.5	4.5	3.5	3.0		3.0	5.0	3.0

Figura 1. Ubicación de árboles con grados de defoliación de los materiales del Banco de Germoplasma del Campo Experimental del INIFAP, Los Cañones, Zacatecas,.

Las muestras seleccionadas para el experimento se tomaron durante el periodo de ultimo riego del huerto, fueron totalmente al azar tratando de seleccionar arboles resistentes y susceptibles a defoliación

Toma de muestra de hojas.

Se tomó una hoja representativa del árbol y sobre un porta objetos se le aplicó una gota de pegamento **KOLA LOKA®** en el envés de la hoja y se dejó reposar alrededor de 10 minutos; cuando estuvo totalmente seca se desprendió de una de las orillas y así se obtuvo una impresión completa de la hoja.

Observación de las impresiones de epidermis al microscopio óptico.

Se utilizó en un microscopio compuesto conectado a una computadora para así poder ver la imagen en el programa Motic Images Plus 2.0 ® (Figura 2) se buscó que se vea la imagen lo más definida posible para que se distinguieran los estomas de la impresión, cuando se obtuvo la imagen se seleccionó capturar, ya capturadas todas las impresiones se abrieron en el programa Digital Image Tool**.** Para realizar el conteo de estomas en un área de 0.1411mm^2 se tomó una muestra de la población al azar para medir el largo de los estomas con la finalidad de determinar si el tamaño de los estomas varía según la resistencia o susceptibilidad a la defoliación.

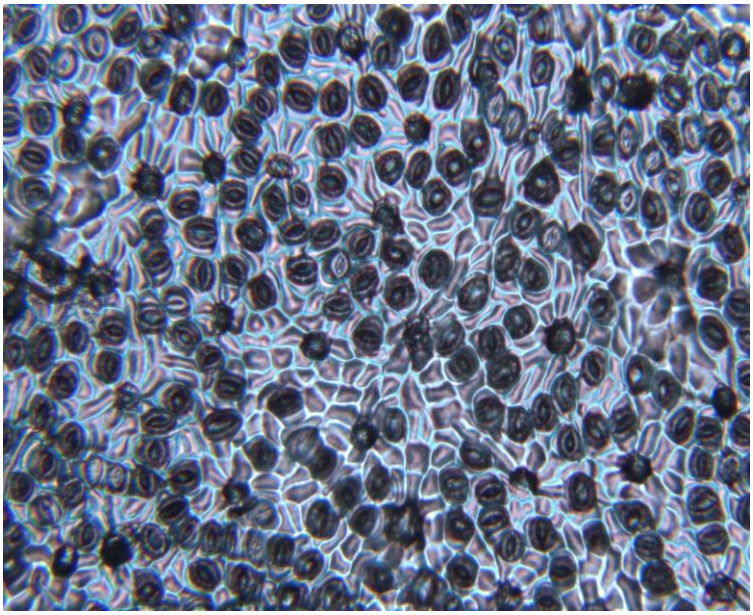


Figura 2. Microfotografía de hoja de guayabo utilizando en software Motic Images Plus 2.0 ®, para determinar frecuencia estomático.

Determinación de frecuencia estomática. Es igual al número de estomas por unidad de superficie (mm^{-2}) es medida indirecta para determinar las condiciones fisiológicas, las características taxonómicas y tiene influencia en el grado de adaptación y productividad de los cultivos.

Determinación de frecuencia relativa. Es la relación entre el número de estomas por mm^2 (Frecuencia) y el promedio general de todas las frecuencias calculadas. Este dato nos permite tener una referencia de mayor o menor cantidad de estomas por mm^2 en términos porcentuales la fórmula utilizada fue:

$$frecuencia\ relativa = (Frecuencia)/(\sum Frecuencia\ parcial) \bullet (Num.de\ frecuencia)^{-1}$$

Procesamiento de muestras para Microscopia Electrónica de Barrido. Se cortaron fragmentos de 0.3 x 0.3 mm de hoja de guayabo, para la observación de estomas dichas muestras se fijaron en glutaraldehído 2.5% en amortiguador de fosfatos Sorensen's 0.1M pH 7.2 (Ruzin, 1999) durante 12 hrs. Posteriormente se realizaron tres lavados seriados con amortiguador de fosfatos , cinco minutos para cada cambio. Los tejidos se deshidrataron en una serie de etanoles de manera gradual (30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% 90% y 100%) por 50 min en cada cambio. Las muestras se secaron en una secadora de punto crítico (Sandri-780A), se colocaron y orientaron sobre un porta muestras usando una cinta doble adhesiva de carbón y se recubrieron con oro durante 4 min en una ionizadora (Ion Sputter JFC-1100, Jeol, Fine Coat).

Las muestras se observaron y fotografiaron en un Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL JSM 6390) operando a 15 Kv. (Figura 3).

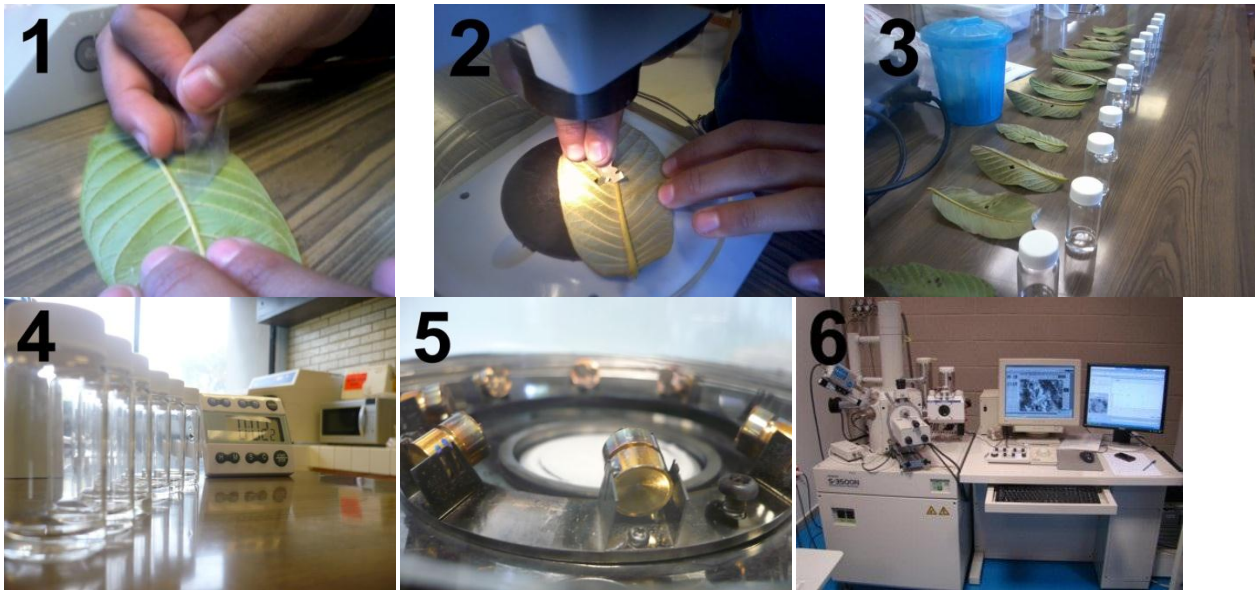


Figura 3. Método utilizado para microscopia de barrido. (1) Limpieza de la hoja de guayaba; (2) corte de muestra de 0.3 x 0.3 mm; (3) Muestras de hojas fijadas en glutaraldehído 2.5% en amortiguador de fosfatos Sorensen's 0.1M pH 7.2; (4) Tejidos deshidratados en una serie de etanoles de manera gradual (30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% 90% y 100%); (5) Porta muestras con doble cinta adhesiva de carbón y se cubierta de oro; (6) Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL JSM 6390) microscopía electrónica de barrido.

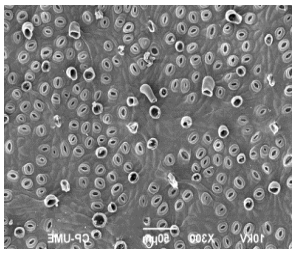
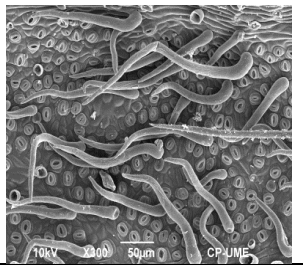
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calmeo y microestructura foliar.

Los resultados observados de las variedades utilizadas para el experimento muestran diferencia entre las variedades tanto en la frecuencia estomática como en la longitud de los estomas siendo las más destacada en frecuencia por milímetro cuadrado la variedad C-80 Jal y en longitud la variedad C-129 b SLP mostradas en el Cuadro 1. En lo que respecta a índice estomático, los valores más altos fueron de los cultivares C-129 d SLP y C-80 Jal con 1.24 y 1.23 respectivamente.

Las observaciones de la epidermis de la hoja mostraron un gran número de tricomas. Como se muestra en la Figura 5, las variedades susceptibles presentaron el mayor número de ellos igual que un menor número de estomas, lo que les otorga a las variedades la posibilidad de inmovilizar el aire cercano a los estomas y

Cuadro 1. Frecuencia estomática y longitud de estomas en nueve variedades de guayaba.

Variedades.	Frecuencia* (numero mm 2)	Longitud**(µm)	Grados de defoliación.	Frecuencia Relativa.	Microfotografías.
L2A6 C-129 d SLP	948.58 ± 23.62	14.58 ± 1.64	2	0.89	
L1A4 C-129 d SLP	1313.82 ± 4.82	16.75 ± 2.58	2	1.24	
L5A11 Roja Col Fres Gdl	1035 ±	14.85 ± 2.09	2.5	0.97	
L5A15 C-80 Jal	1299.65 ± 21.21	15.96 ± 2.56	2.5	1.22	
L7A11 C-118 Ags	989.36 ± 13.06	15.87 ± 2.13	2.5	0.93	
L3A8 C-81 a Gto	849.29 ± 19.13	16.72 ± 2.11	4	0.8	
L10A3 Seg India	959.22 ± 18.04	15.15 ± 2.40	4	0.9	
L7A22 C-132 Qro.	1070.92 ± 27.40	14.78 ± 2.39	4	1.01	
L2A7 C-129 b SLP	1064.14 ± 13.25	19.96 ± 2.23	5	1	

* Cada valor es el promedio de 9 repeticiones ± E.S; ** Cada valor es el promedio de 60 mediciones ± E.S.; ***Valor de frecuencia dividido entre el promedio de frecuencias de las variedades.

así aumentar la resistencia a la difusión de vapor de agua (Grammatikopoulus *et al*., 1995) en el estudio realizado por (Ruiz *et al*., 2002) encontró que estos son caracteres morfológicos que influyeron dentro de las respuesta fisiológica de los estomas cuando la planta se sometió a estrés hídrico, lo que demuestra que aunque en el árbol ya esté bajo los efectos del estrés hídrico, aún puede conservar agua para no poner en peligro su vida. Hernández Delgado (2004), al caracterizar fenotípicamente este mismo germoplasma menciona el relieve de la superficie adaxial de la hoja como liso y la pubescencia abaxial ausente en 51 de las selecciones evaluadas, lo que no corresponde a nuestro estudio seguramente por el nivel de observación (*in situ*) por parte de Hernández Delgado *op.cit*. Además de que la pubescencia se presentó en ambas superficies de la hoja con mayor intensidad en el envés. En lo que respecta a los estomas su localización es exclusiva de la superficie abaxial y completamente ausentes en la superficie adaxial (Figura 6) Estas características ultraestructurales observadas mediante Microscopia Electrónica de Barrido explican la rusticidad de la especie y su gran adaptabilidad a ambientes extremos en los que puede prosperar *Psidium guajava* L. Consideramos estos resultados como pioneros en el área de investigación fisiológica alrededor de este cultivo en la Región de Calvillo-Cañones que aunado a aspectos de mejoramiento genético vía ADN recombinante serán los próximos ítems de investigación a mediano plazo.

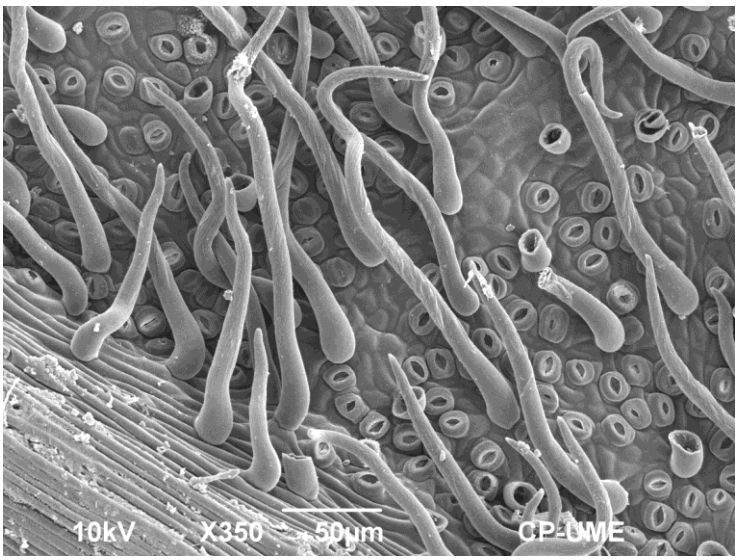


Figura 5. Microfotografía de envés de hoja de guayabo de variedad susceptible a defoliación.

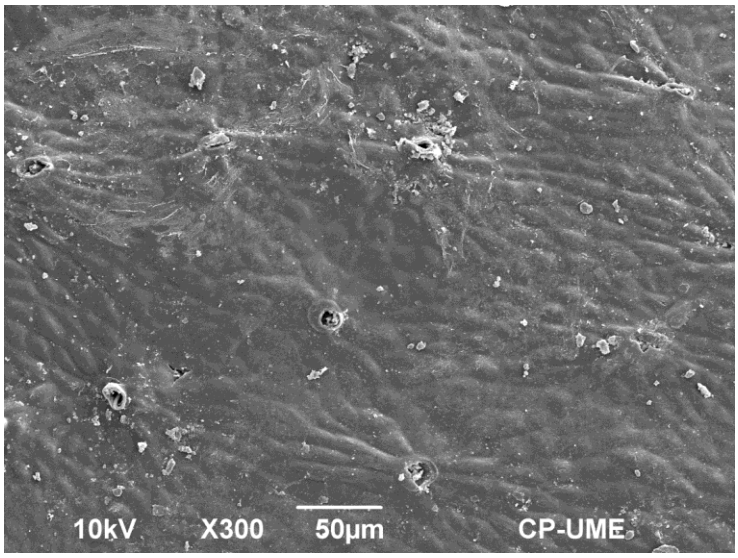


Figura 6. Microfotografía del haz de la hoja de guayaba.

De acuerdo a Weng y Chen (1998) la densidad estomática se relaciona positivamente con la mayor capacidad fotosintética en las plantas, por lo cual debería esperarse mayor productividad en aquellas variedades de guayaba que presentaron la mayor cantidad de estomas por unidad de área foliar que fueron L1A4 C-129 d SLP y L5A15 C-80 Jal .

Al igual que Valenti *et al.* (1992); Fonseca *et al.* (1999) que encontraron una estrecha relación entre una menor frecuencia estomática y la tolerancia a estrés hídrico los cual nos indica que los arboles susceptibles a la defoliación son más tolerantes ya que al incrementar el contenido de ácido abscísico en las hojas se produce el cierre de estomas y por lo tanto la caída de hojas para la conservación de agua.

En nuestro caso se realizó análisis de correlación con el programa estadístico SAS 9.1®, obteniendo un valor de 0.151 para frecuencia estomática vs longitud de estomas, para longitud de estomas vs defoliación un valor de 0.535, para defoliación vs frecuencia estomática, un valor de -0.371.

Lo que nos permite considerar la arquitectura foliar en una independencia de la longitud estomática y la frecuencia con lo que para considerar materiales con mejor estrategia de la tolerancia a estrés hídrico, buscar anatómicamente las condiciones de menor frecuencia y menor longitud de estomas que en los materiales evaluados se dio en C-81 a Gto. en menor frecuencia estomática y en C-129 de SLP en menor longitud.

CONCLUSIONES

Se determinaron las selecciones tolerantes a estrés hídrico *in situ* y correlacionando con diferencia entre índice estomático y frecuencia estomática. Obtenidos mediante la observación de la superficie abaxial de las hojas de guayabo donde se mostró la relación que existe entre el número de tricomas y de estomas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre Medina, J.F., Acosta, J.A., Ruiz, L.M., Kohashi J.,Trejo C. 2002. Diferencias Morfológicas de las Epidermis de la Hoja del Frijol Común y su Relación con la Tolerancia a Sequia. Agricultura Técnica en México, enero-junio, año/vol. 28, número 001, Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Texcoco, México pp. 53-54

Fonseca, Idalmis; Gonzalez, L.M.; Lopez, R. & Zamora, R. 1999. Nota Técnica: Influencia De La Salinidad En La Frecuencia Y El Tamaño De Los Estomas De Seis Ecotipos De Centrosema Pubescens Benth. Pastos y Forrajes. 22:281

G.Grammatikopoulos and Y.Manetas. 1994. Direct absorption of water by hairy leaves of Phlomis fruticosa and its contribution to drought avoidance. Canadian Journal of Botany. 72:1805-1811.

Weng, J.H. and C.Y. Chen. (1998) Stomatal frequency associated with an sterase band inrice genotypes. http://probe.nalusda.gov:8000/otherdocs/rgn/rgn5/V5IV26.html. Revisado 09 de abril del 2012

Hernandez Delgado, S.J.2004. Caracterizacion Fenotipica, Genetica y Productiva de Germoplasma de Guayaba *(Psidium spp)* de la Region Calvillo-Cañones pp.35:56:70

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

MODELOS DE INDICE DE AREA FOLIAR EN MAIZ FORRAJERO BAJO CONDICIONES DE ACOLCHADO Y CINTILLA

José A. Montemayor Trejo[1§]; Edith Suárez González[1]; Juan Munguía López[2]; Miguel Rivera González[3]; José E. Frías Ramírez[1]; Pablo Yescas Coronado[1]

[1]Instituto Tecnológico de Torreón. Coahuila. [2]Centro de Investigación de Química Aplicada. Saltillo, Coahuila. [3]INIFAP-CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango. [§]Autor responsable: montemayorja@hotmail.com.

RESUMEN

Resulta ser cierto que el maíz es el cultivo de mayor importancia en nuestro país por ser la base de la alimentación humana, de tal manera que su importancia, en países desarrollados y en vías de desarrollo, se ha incrementado principalmente por su creciente demanda en la agroindustria. La utilización de la cosecha de este cultivo puede ser como grano o forraje. En el caso de forraje, en el mundo se producen 598.73 millones de toneladas. El trabajo se llevó a cabo en el ciclo primavera - verano del 2012 en la Pequeña Propiedad de la Esmeralda, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Gómez Palacio, Durango, México. La investigación consistió en evaluar acolchados ó plásticos de tres colores en campo abierto, para lo cual se utilizo el cultivo de maíz forrajero hibrido Pioneer 30A60. Los tratamientos evaluados fueron: T1 acolchado blanco, T2 acolchado plata, T3 acolchado negro y como testigo fue sin acolchado. Las variables que se evaluaron fue: altura de planta, diámetro de tallo, peso seco de planta, diámetro de mazorca, longitud de mazorca y el peso seco de mazorca y el índice de área foliar. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones; el índice de área foliar (IAF) se tomaron lecturas semanalmente en cada uno de los tratamientos con el equipo Plant Canopy Analyzer LAI 2000 (LI-COR, Inc. Lincoln, Nebraska, EE.UU.). Los modelos de IAF obtenidos fueron de tipo polinomial cuadrático. Los máximos índices de área foliar obtenidos fueron 5.58 para el acolchado blanco, 4.99 para el acolchado plata, 5.30 para el acolchado negro y 4.88 para el testigo con rendimientos de 70 t ha^{-1} de forraje verde respectivamente; de igual forma los resultados de materia seca fueron de 20 t ha^{-1}.

Palabras clave: Índice de área foliar, maíz forrajero, acolchado plástico.

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy en día el cultivo está muy difuminado por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países

que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz. En México la producción de maíz para ensilado se caracteriza porque los rendimientos de materia seca por hectárea y el contenido de grano son bajos; similarmente por contenidos altos de fibra que ocasionan que la digestibilidad y energía de forraje sean bajas. La situación se debe en parte, al empleo de híbridos considerados como forrajeros, por su porte alto y gran capacidad para producir forraje, así como un manejo para obtener grandes volúmenes de materia verde por hectárea (Núñez *et al*., 2003). La región Lagunera es la principal cuenca lechera en México, por lo tanto, la demanda forraje presenta tres factores principales que reducen la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción agropecuarios: a) la limitación y alto costo del agua de riego, b) la creciente degradación de suelos y agua debido a problemas de salinidad y c) los sistemas de producción agrícolas actualmente están basados en un numero limitado de cultivos. Lo cual provoca problemas de comercialización, incremento de plagas y enfermedades, reducción de rendimiento por condiciones ambientales adversas y una creciente necesidad de subsidios. (Santamarina *et al.,* 2006). El aprovechamiento del recurso es deficiente por limitaciones de conocimiento y la falta de incorporación de nuevas tecnologías de riego, lo que explica la ausencia de una cultura de ahorro y uso eficiente del agua (CNA, 1999). Por tanto, es necesario evaluar y adoptar nuevas técnica de riego por goteo como alternativa de ahorro en el consumo de agua, que además de tener entre otras ventajas, el suministrar la cantidad de agua que requiere el cultivo de acuerdo al consumo para su desarrollo fisiológico, se evita el estrés hídrico y aprovecha el sistema para la aplicación de agroquímicos, al mismo tiempo evitar la competencia de luz y nutrientes por las malas hierbas. El objetivo de la investigación fue evaluar tres tipos de colores de acolchados; acolchado blanco, acolchado plata, acolchado negro y como testigo sin acolchado y su efecto en la producción de maíz forrajero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo primavera – verano 2012 en la Pequeña Propiedad de la Esmeralda ubicada en el Municipio de Gómez Palacio, Durango, México. Los tratamientos evaluados en la investigación fueron Acolchado Blanco, Acolchado Plata, Acolchado Negro, y como testigo sin acolchado. Se utilizo un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones, las unidades experimentales fueron cuatro camas de 1.5 m de ancho por 5 m de longitud. La siembra se realizo el día 2 de mayo del 2012. El hibrido Pioneer 30A60 se estableció con una densidad de 103, 000 plantas ha^{-1} con una separación de 13 cm entre planta y planta y 50 cm entre hileras de platas. La cintilla se coloco al centro de las hileras sobre la superficie del suelo. Las variables de altura de planta, diámetro de tallo, e índice de área foliar se midieron en forma semanal. Las lecturas de IAF se tomaron con el equipo LAI 2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR,

Inc. Lincoln, Nebraska, EE.UU.). El método de regresión lineal se usó para obtener los modelos del IAF, donde los días después de siembra (DDS) fue la variable independiente y el IAF la variable dependiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de área foliar la (Figura 1) presenta el modelo obtenido para cada tratamiento, se encontró que el modelo fue de tipo polinomial de segundo orden para todos los tratamientos, (Montemayor et al 2012) encontró esta misma tendencia al evaluar el maíz en diferentes sistemas de riego. El crecimiento estimado diario de IAF fue de 0.309, 0.3012 0.2789 y 0.2597 para acolchado negro, acolchado plata, acolchado blanco y sin acolchado. Los valores máximos de IAF se presentaron después de los 66 DDS para los cuatro tratamientos esto coincide con (Howell *et al*. 1995), menciona que los valores de IAF van de 4 a 5 al evaluar diferentes niveles de humedad disponible en el suelo en pivote central y ocurren durante el proceso de polinización. Las tendencias de estos valores y el crecimiento de IAF se estabilizo mostrando una fase de maseta un comportamiento similar a las reportadas por (Montemayor *et al*., 2012).

Lafitte, (2002) dice: “La cantidad total de radiación interceptada a lo largo de todo el período de cultivo depende del tiempo requerido para alcanzar la intercepción máxima (IAF máxima, si el cultivo no cubre completamente la tierra) y también de la duración del área verde de la hoja. Los factores experimentales que reducen la expansión de la hoja son el déficit de agua y baja disponibilidad de nutrimentos. Por ejemplo, la fracción de radiación total interceptada en el período de cultivo fue de 0,46 en el caso de un híbrido tropical cultivado en siete ambientes con bajo contenido de nitrógeno comparado con 0,60 en un tratamiento con alto contenido de nitrógeno (Muchow, 1994); ambos cultivos en una población de 70 000 plantas /ha. Un cultivo con una IAF máxima de cerca de 2 interceptó solo 37% de la radiación que recibió durante la estación y un cultivo con alto contenido de nitrógeno con una IAF máxima de 4.5 interceptó 58%. Después de la floración, el proceso de senescencia afecta la captura de la luz; la senescencia puede ser acelerada por enfermedades, estrés de agua, baja fertilidad y factores genéticos”.

La altura de planta, diámetro de tallo y pesos seco de planta. La altura de planta máxima fue para el acolchado blanco pero no se encontraron diferencias estadísticas de altura entre los acolchados plata y sin acolchar (Cuadro 1). El acolchado negro fue el de menor altura, menor diámetro de tallo y pesos seco de planta. Sin acolchado se encontró el mayor diámetro pero no se encontraron diferencias estadísticas con respecto al acolchado blanco. El peso de planta fue estadísticamente igual en ambos tratamientos.

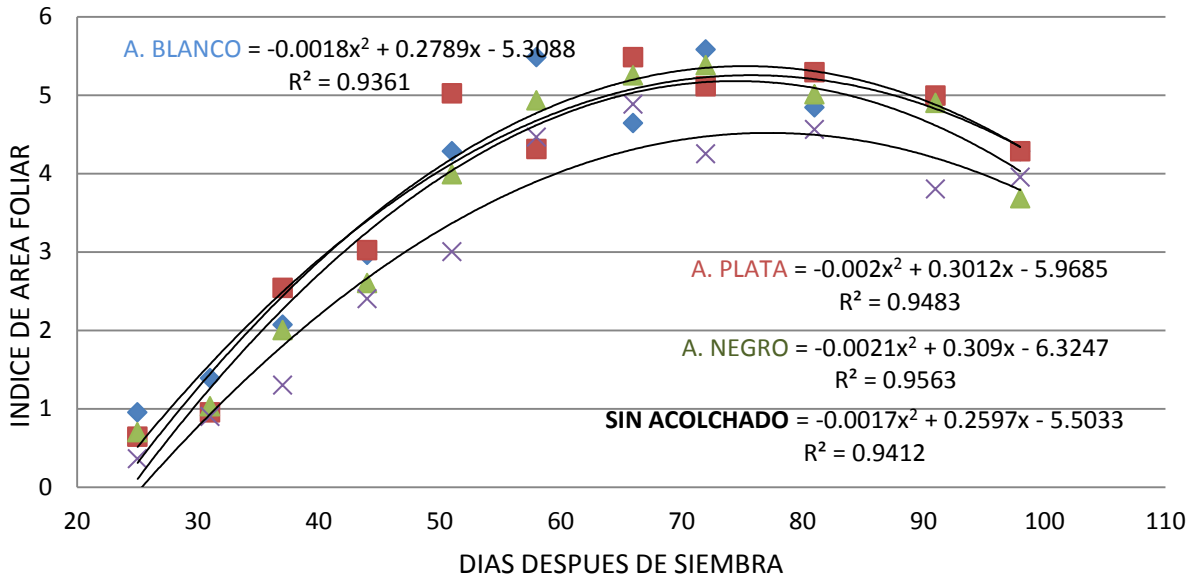


Figura 1. Modelos del crecimiento del índice de área foliar de maíz en tres diferentes colores de acolchado y sin acolchado.

Cuadro I. Comparación de medias de altura, diámetro de tallo y peso de planta en tratamientos evaluados.

Tratamiento	Altura de planta (m)	Diámetro de tallo (cm)	Peso seco de planta (g)
Acolchado blanco	2.9375 a	2.4500 ab	202.25 a
Acolchado plata	2.8075 a	2.3250 b	159.25 ab
Acolchado negro	2.7100 a	2.1250 c	125.75 b
Sin acolchado	2.4550 b	2.5500 a	199.75 a

Letras iguales en la misma columna indican valores estadísticamente iguales (Tukey p ≤ 0.05).

CONCLUSIONES

El índice de área foliar fue descrito por un modelo polinomial de segundo orden y su valor es mayor en los tres tratamientos de acolchados y menor sin acolchado. La altura de planta y el peso seco fue mayor en acolchado blanco, pero no fue estadísticamente igual al tratamiento sin acolchado.

Agradecimientos

Al personal técnico de la Pequeña Propiedad de la Esmeralda que permitió realizar el proyecto junto con el apoyo de Dr. Juan Munguía López.

REFERENCIAS BIBLIOGRÉFICAS

CNA. 1999. Problemática en la región administrativa Cuencas Centrales del Norte. Gerencia en la Región Lagunera. Subgerencia Técnica.

Howell, T. A., A. D. Schneider, and B. A. Stewart. 1995. Subsurface and surface micro irrigation of corn U.S. southern high plains. 1995. Micro irrigation for a changing world: conserving resources/ preserving the environment. ASAE. Publication. 4 - 95.

Lafitte, H. R. 2002. Fisiología del maíz tropical, Boletín informativo de la subgerencia técnica TECNI-FENALCE No 2 año 4 Febrero de 2002. p 2,3. http://www.fenalce.org/Tecnifenalce/22002.doc (verificado 22 de agosto 2012)

Montemayor T.J.A. J.L. Lara M. J.L Woo R. J. Munguía L. M. Rivera G.R. Trucíos C. 2012. Producción de maíz forrajero (Zea mays L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango México. Agróciencia. 46(3): 267-278. (En línea) Disponible en: http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2012/abr-may/art-6.pdf (Verificado 15-06-2012).

Muchow, R. C. 1994. Effect of nitrogen on yield determination in irrigated maize in tropical and subtropical environments. Field Crops Res., 38: 1-13.

Núñez H. G, E. F. Contreras G y R. Faz. C. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. Téc. Pécu. México. 41: 37 - 48

Olivares S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL, versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L.

Santa marina J.C, D.G. Reta. S, J.F.J. Chavez. G, José A. Cueto. W, J.I. Romero. P. R. Octubre 2006. Caracterización de medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la comarca lagunera. 1ra. Edición. INIFAP. CIRNOC. Campo Experimental de la laguna. 240 p.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS EN MELÓN EN ÁREAS POTENCIALES DE LA COMARCA LAGUNERA

Natanhael Flores González§; Andrés Flores Reza; Adrián Fabela Zacarías; Damián Aguilera Tapia; Carlos A. Flores Márquez; Leticia Alfaro Hernández

Instituto Tecnológico de Torreón. Coahuila. §floresgn@hotmail.com

RESUMEN

Los objetivos fueron:1. Evaluar la recomendación de fertilización basada en el análisis de suelo y de tejido para el melón, al fraccionar la aplicación en seis fases fenológicas importantes y; 2. Determinar demanda, contenido y extracción nutrimental en la planta de melón en cinco diferentes etapas fenológicas importantes, con adiciones de azufre al suelo y foliarmente. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos cinco y dos resultaron mejores en cuanto a rendimiento y calidad, resultado debido al híbrido y dosis de azufre aplicada, la cual resultó significativa. En longitud de guía, vigor y capacidad productiva de fruto, los tratamientos sobresalientes fueron el cinco y dos (61.605 t ha^{-1}), con una lámina de riego de 80 cm; mientras que estos mismos tratamientos fueron iguales en el contenido de azucares (13 ^{o}Brix). El estado nutricional del tejido vegetal del melón revela concentraciones bajas de N, el P es suficiente a bajo conforme el ciclo de crecimiento de la planta, el K es de suficiente a alto, aunque fue mayor entre el primer y segundo muestreos, el Ca es alto, Mg es suficiente a alto, Fe entre suficiente y alto, Cu es alto, Zn es bajo a óptimo al igual que el Mn, con la influencia de la etapa de muestreo. La planta de melón extrajo 125-65-185 (kg ha^{-1} de N-P_2O_5-K_2O) y produjo 61.605 t ha^{-1} de fruto con el híbrido Cruiser.

Palabras clave: Extracción nutrimental, tejido vegetal, concentración baja, óptima y baja.

INTRODUCCIÓN

El melón, *Cucumis melo* L., es el principal cultivo hortícola de la región Lagunera, con una superficie ocupada de aproximadamente 4,319 ha y un valor de la producción de $233 millones de pesos (El Siglo de Torreón, 2011). La mayoría de los agricultores de la comarca lagunera obtienen sus cosechas en el mes de junio, lo cual se satura el mercado de melón y se reduce el precio (Espinoza, 2009). El melón es una hortaliza de gran demanda por su sabor y dulzura, cualidades que lo hacen atractivo en los mercados internacionales. En la mayoría de las plantaciones se utiliza también fertilización foliar, como complemento

a la fertilización del suelo, para suministro de micronutrientes, y otros elementos que favorecen los procesos de floración, cuajado, llenado y calidad externa e interna del fruto.

Se conoce que el potencial de obtener calidad poscosecha y vida en anaquel de cualquier fruta fresca u hortaliza se determina mucho antes dela cosecha. Por lo tanto, el manejo cuidadoso y la implementación de prácticas adecuadas de manejo del cultivo, incluso la fertilización, tienen gran impacto en la calidad del producto cosechado. Si bien es cierto que la fertilización permite obtener altos rendimientos de fruto en melón, no garantiza que se logre a mismo tiempo optima calidad. En muchas ocasiones, los rendimientos altos de fruta pueden estar asociados con problemas de tamaño, firmeza o sabor dulce bajo, que pueden ser causados por excesos o desequilibrios nutricionales. Conocer el comportamiento de las curvas de absorción, determina las épocas de mayor absorción de nutrientes durante el ciclo de crecimiento. Esto a su vez permite definir las épocas de aplicación de los fertilizantes en los programas de fertilización que, generalmente, ocurren dos semanas antes de este pico de alto requerimiento de nutrientes, con lo que se logra maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes. Además, diversos estudios han demostrado que la aportación de fertilizantes a través del riego localizado de alta frecuencia, mejora la eficiencia de uso de nutrientes por la planta y la producción del melón (Rudich *et al.,* 1978; Bhella, 1985; Bhella y Wilcox, 1985, 1986; Bogle y Hartz, 1986). Las ventajas de la fertilización programada por etapas se basa en la posibilidad de aplicar los nutrientes directamente a la zona radicular, permite controlar la concentración en la solución del suelo y la dosificación según demanda de la planta. Para ello, es necesario conocer las curvas de absorción de nutrientes en función del tiempo en condiciones de producción óptima (Bar-Yosef, 1986). A pesar de los estudios realizados, la absorción y acumulación de nutrientes en las diferentes etapas del crecimiento del melón han sido muy poco estudiadas. Actualmente, los datos disponibles ofrecen valores totales de extracción de los macroelementos N, P, K y en menor grado Ca y Mg (Thomson, Kelly, 1957; Robin, 1967; Anstett *et al.,* 1965; Petsas y Lulakis, 1995). En la región Lagunera, son escasos los estudios de las condiciones de cultivo de melón en invernadero, por lo que en éste trabajo se propone abordarlo bajo los siguientes objetivos: a) Evaluar la recomendación de fertilización basada en el análisis de suelo y foliarmente con azufre en seis fases fenológicas y; 2. Determinar el contenido y extracción nutrimental de la planta en tres etapas fenológicas del melón.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en 2012, en el Ejido La Flor de Mayo, Municipio de Matamoros, Coahuila. Los suelos de la Región Lagunera, de acuerdo al Sistema Americano de clasificación, se sitúan entre los

Aridosoles y grupo Sierozem: muestran color café grisáceo, contenido bajo de materia orgánica, horizontes de acumulación de yeso y cal cerca de la superficie y tendencia a la acumulación de sales de sodio, C.E de 6 y pH de 8. Los niveles estudiados para el factor Azufre fueron: 0, 5, 10, 15 y 20 kg ha^{-1}, y 0, 1, 2, 3 y 4 kg aplicado como foliarmente. El material genético sembrado en acolchado fue el híbrido Cruiser, de alto potencial productivo. Se empleó el método de análisis secuencial, desde el inicio de crecimiento a maduración de fruto, para determinar su estado nutrimental, y poder establecer los momentos de aplicación de nutrimentos, en el ciclo de desarrollo del cultivo. De acuerdo a los factores y niveles de estudio, se utilizo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones El trasplante fue a los 40 días de edad de la planta, en camas de 4.50 m de ancho y 0.40 m entre plantas. El tamaño de la unidad experimental fue de 202.5 m^2 en una longitud de 5 m. Se instaló plástico color negro de 1.20 m de ancho. Para lograr una polinización adecuada, se establecieron dos cajas de abejas por hectárea en el experimento. La fertilización se hizo con base a la demanda nutrimental fraccionada en seis fechas, a través del riego se aplicó urea ácida como fuente de nitrógeno y sulfato de amonio, fósforo (ácido fosfórico) y, para potasio, sulfato de potasio soluble, con base a la fórmula de fertilización 180-80-80 kg ha^{-1}. Se tomaron datos de fenología del cultivo, rendimiento y calidad, sólidos solubles, análisis de suelos y agua y análisis de tejido foliar. Además den número de frutos, longitud de guías, rendimiento, calidad, contenido de nutrientes, diámetro polar y ecuatorial y su interacción. Los datos se analizaron estadísticamente con el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las fechas de aplicación de los fertilizantes y el porcentaje del total (180-80-80 kg ha^{-1} de N-P-K, respectivamente), de acuerdo a la demanda nutrimental y resultado de los análisis de tejido efectuados en las cinco diferentes etapas fenológicas importantes en el melón.

Cuadro 1. Porcentaje del total de fertilización para el cultivo de melón en seis fechas.

Aplicación	Fecha	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
Primera	10 de marzo	20	50	10			20
Segunda	25 de marzo	20	40	10			20
Tercera	10 de abril	10	10	20	50	50	20
Cuarta	25 de abril	10		30	50	50	20
Quinta	10 de mayo	20		20			20
Sexta	25 de mayo	20		10			

En el Cuadro 2 se observa la respuesta de tratamientos ensayados en el experimento de melón con las variables estudiadas, donde el tratamiento 2, a base de 5 kg por hectárea de azufre aplicado al suelo y 1 kg por hectárea aplicado vía foliar, presentaron los valores mas altos (diámetro polar 50.8 cm, diámetro ecuatorial 46.7, número de frutos 25, grados Brix 13.6 y rendimiento de fruto de 61.605 t ha^{-1}. Esta producción de melón se está considerando como la que es comercializable y se puede decir que son rendimientos muy por encima de la media regional para este sistema de producción. Los grados brix también presentan una respuesta aceptable para su comercialización.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados, variables y rendimiento en melón Cruiser.

Tratamiento	Azufre al suelo (kg/ha)	Azufre foliar (kg/ha)	DP	DE	NF	GB	Rendimiento (t/ha)
1	0	0	49.5	45.5	25	11.4	57.708
2	5	1	50.8	46.7	25	13.6	61.605
3	10	2	49.1	47.2	22	13.3	52.249
4	15	3	49,6	42.8	21	13.6	48.978
5	20	4	50.4	49.1	23	13.6	59.532

DP= diámetro polar, DE= diámetro ecuatorial, NF= numero de frutos, GB= grados brix o sólidos solubles.

Contenido de macronutrimentos en el tejido vegetal.

Jones *et al*., (1991), reportan como niveles óptimos de 3.5 a 5%. De acuerdo con los contenidos de nitrógeno, se encontraron concentraciones dentro de los niveles óptimos reportados por Lorenz y Maynard (1980). Se encontraron valores de fósforo en cinco fechas de muestreo donde se observa que de acuerdo a Jones *et al*., (1991), que reportan un nivel optimo de 0.7-1.3%, en el estudio se obtuvieron dentro del nivel óptimo para los muestreos a 30 y 60 días después del transplante y concentraciones bajas para el muestreo a los 90 días. De acuerdo con Domínguez (1993), que reporta un nivel normal entre 3.5 y 5% y con Jones *et al*., (1991), que señalan como nivel óptimo de 6.0-10%, los resultados de los muestreos en las cinco diferentes etapas fenológicas, los valores de concentración de potasio fueron óptimos a los 70 días después del transplante presentando valores bajos a los 30 y 50 días después del transplante. En relación a la absorción de macroelementos por las plantas de melón (Cuadro 3), en la etapa de desarrollo de los primeros frutos (80 días después del trasplante), el contenido de N, K, Ca y Mg no fue influenciado por los tratamientos (p>0.05); el contenido de nitrógeno fue de 4.22 %, el de potasio de 3.18 %, el de calcio de 3.72 %, el de magnesio de 1.09 %; por su parte, el contenido de fósforo si fue influenciado por los tratamientos ($p\leq$0.05). Resulta de particular interés las aplicaciones de Ca al suelo en cultivo convencional de melón en la zona de estudio, donde los productores lo aplican para prevenir la pudrición apical del fruto

y evitar problemas de calidad poscosecha como la firmeza y pérdida de peso de los frutos; no obstante, en este estudio no se observaron dichos problemas. La mayor extracción de N se obtuvo en hoja y la extracción de N total fue mayor en el tratamiento 5 (20 kg de azufre al suelo) con 125 kg ha^{-1}. La extracción a los 90 ddt disminuye en comparación a los 60 ddt, debido a la alta demanda de la planta para la etapa de inicio de de formación de fruto. Burgueño *et al*., (1995) reportan una extracción total de 317 kg de N para producir 150 t ha^{-1} de fruta durante 164 ddt. La mayor extracción de P_2O_5 se obtuvo en el tercer muestreo y para tratamientos el valor mas alto correspondió al 5 con 65 kg ha^{-1}, seguido por el tratamiento 4 con 58 kg ha^{-1}. Burgueño *et al* (1995), reportan una extracción de 125 kg ha^{-1} de P_2O_5 para producir 150 t ha^{-1}. El tratamiento 5 obtuvo la mayor extracción de K_2O con 185 kg ha^{-1}, seguido por el tratamiento 2 con 175 kg ha^{-1}. El valor más bajo se dio en el tratamiento 1 con 125 kg ha^{-1}. A los 60 ddt se presentó la mayor extracción de K_2O por la planta de melón.

Cuadro 3. Resultados del análisis de contenido nutrimental para determinar la demanda por el cultivo de melón en cinco etapas fenológicas importantes. Ejido Flor de Mayo, Ciclo P-V. 2012.

Nutrimento %	27 de marzo	12 de abril	27 de abril	4 de mayo	18 de mayo
Nitrógeno	4.10 D	4.22. B	2.68 D	3.64 D	2.94 D
Fosforo	0.30 D	0.62 N	0.42 N	0.48 N	0.39 N
Potasio	3.15 D	3.18 D	2.16 D	2.72 D	2.17 D
Calcio	2.40 B	3.72 A	4.70 E	3.04 A	3.52 E
Magnesio	0.40 B	1.09 A	1.26 E	0.78 A	0.66 N

A: Alto B: Bajo D: Deficiente E: Exceso N: Normal

CONCLUSIONES

Los tratamientos 5 y 2 resultaron ser los mejores en cuanto a rendimiento y calidad, siendo la influencia netamente del híbrido y la dosis de azufre aplicada, la cual resultó significativa. En longitud de guía, vigor y capacidad para producir el fruto, el tratamiento 2 rindió 61.605 t ha^{-1}, al igual que el tratamiento 5, presentaron los valores mas altos con una lamina de riego de 80 cm. En contenido de azucares (13 ^{o}Brix) los valores fueron iguales para los dos tratamientos. Las concentraciones de K, Ca y Mg se incrementaron al avanzar las etapas fenológicas del cultivo. Para el análisis del contenido de nutrimentos en el tejido vegetal se obtuvieron concentraciones bajas para el N, para P de suficiente a bajo conforme las fechas de muestreo avanzaron, para K los valores encontrados fueron de suficiente a alto incrementandose del primer muestreo al segundo, el Ca reporto niveles altos, para el Mg se obtuvieron valores de suficiente a alto, el Fe mostro valores entre suficiente a alto, el Cu fue alto en su concentración, el elemento Zn resulto en un rango de bajo a optimo al igual que el Mn influyendo la etapa de muestreo de acuerdo a niveles

reportados. La planta obtuvo una extracción de 125-65-185 (N-P_2O_5 y K_2O en kg ha^{-1} respectivamente) para un rendimiento medio de 61.605 ton ha^{-1} en el híbrido Cruiser.

LITERATURA CITADA

Akanbi, B. W.; Adebayo, T. A.; Togun, O. A.; Adeyeye, A. S. and Olaniran, O. A. 2007. The use of compost extract as foliar spray nutrient source and botanical insecticide in *Telfairia occidentalis*. World Journal of Agricultural Sciences. 3(5):642-652.

Bhardwaj, L. H. 2006. Muskmelon and sweet corn production with legume cover crops. Hort Sci. 41:1101-1366.

Lester, E. G.; Jifon, J. L. and Rogers, G. 2005. Supplemental foliar potassium applications during muskmelon fruit development can improve fruit quality, ascorbic acid, and beta-carotene contents. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130:487-653.

Castellanos, J. Z. 1997. Las curvas de acumulación nutrimental en los cultivos hortícolas y su importancia en los programas de fertirrigación. Memorias 2º Simposium

Flores, A. 2005. Kicking up nutrients in melons and income in growers pockets consumers get a better tasting, sweeter melon, and one that can help boost their intake of beta-carotene and vitamin C. Agricultural Research.

Fonseca, J. M. 2005. Yield and postharvest quality of *Cantaloupe melons* as affected by calcium foliar applications. Vegetable Report, University of Arizona, College of Agriculture and Life Sciences.

García, G. L., García, L. G. y Aguirre, G. R. 1998. Diagnóstico nutrimental en chile serrano en suelo serie Coyote de la Comarca Lagunera. Memorias de XXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tapachula de Córdova y Ordoñez, Chiapas, México. p. 93.

Jones, J. B. Jr. 1998. Manual Plant Nutrition. CRC Press. Boca Raton. Boston, London, New York, Washington.

Reuveni, R. and Reuveni, M. 1998. Foliar-fertilizer therapy a concept in integrated pest management. Crop Protection. 17(2):111-118.

SAS, Institute. 1994. The SAS system for Windows. Release 6.10. Cary, NC. Valdéz, T. L. C. y López, C. A. 1999. Evaluación de tres métodos para fijar la dosis de fertirrigación en melón en el Valle del Yaqui Sonora. Memorias del VIII Congreso Nacional de Horticultura. Manzanillo, Colima, México. p. 96.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA EN CULTIVO DE CALABACITA (*Cucurbita pepo*) DESARROLLADA EN SUSTRATOS ORGÁNICOS

Jorge A. Orozco Vidal[1§]; Elsa A. Galindo Ponce[1]; Miguel A. Segura Castruita[1]; Zaida Crispín del Rio[1]; Pablo Yescas Coronado[1]; Manuel Fortis Hernández[1]; Pablo Preciado Rangel[1]; Cinthia Catalina Vidal Caballero[2]

[1]Instituto Tecnológico de Torreón. [2]Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No.1. [§]Autor responsable: joorvi66@hotmail.com

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo durante el ciclo de primavera verano 2011 en el Instituto Tecnológico de Torreón, Coahuila, México. El objetivo fue analizar la acumulación y distribución de biomasa de calabacita como cultivo en sustratos orgánicos. Los tratamientos se evaluaron bajo un diseño experimental completamente al azar. Los sustratos orgánicos fueron vermicomposta, estiércol solarizado y mezclas en diferentes proporciones de vermicomposta y estiércol; el testigo creció en un medio hidropónico con la solución de Steiner. La siembra se realizó en macetas y los muestreos cada 20 d después de la siembra. Los órganos vegetativos y reproductivos se separaron para obtener área foliar y peso seco. Los resultados obtenidos permiten concluir que la vermicomposta, como sustrato orgánico, representa una alternativa para la producción sustentable de calabacita, pues con ella las hojas condujeron la mayor proporción de fotoasimilados a órganos vegetativos y reproductivos.

Palabras clave: acumulación, distribución de biomasa, sustratos orgánicos.

INTRODUCCIÓN

El manejo agrícola de la calabacita es conocido, pero no la fisiología relacionada con su crecimiento y rendimiento. Un método conveniente para estudiar tales aspectos es el análisis de crecimiento, el cual requiere principalmente de dos tipos de mediciones, el peso seco de la planta y el área foliar (Beadle, 1988).

El objetivo principal de este trabajo es analizar el comportamiento fisiológico de la calabacita desarrollada en sustratos orgánicos a partir de la distribución de biomasa bajo sustratos orgánicos en invernadero así como determinar los mejores tratamientos basados en su comportamiento fisiológicos y asignación de biomasa.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experimentación se llevó a cabo durante el ciclo primavera verano 2011, en un invernadero experimental del Instituto Tecnológico de Torreón. Como material vegetal se utilizó semilla de calabacita *cucúrbita pepo* L. La siembra se llevo a cabo en macetas de plástico de 22 cm de diámetro por 22 cm de altura rellenas con sustratos de acuerdo a los diferentes tratamientos, las cuales se coloraron en hileras a razón de seis macetas por metro cuadrado de terreno, se sembraron, el día 17 de junio del 2011, de dos a tres semillas por tratamiento y repetición, para su después desahíje, dejando la planta más vigorosa para su evaluación.

Se utilizó un fertilizante foliar "Fertiplus" como complemento a los tratamientos de sustratos orgánicos, el cual se preparó a razón de un mL del fertilizante durante los primeros 20 días después de la emergencia para pasar a una concentración de dos ml por litro de agua después de este periodo, la aplicación se llevó a cabo durante la mañana y cada tercer día. Los riegos fueron únicamente con agua.

El tratamiento testigo compuesto con 70% arena + 30% piedra pómez + fertilización química (Solución de Steinler), para la cual se usaron los siguientes fertilizantes: MPK 137 mg L^{-1}; $(NH_4)SO_4$ 246 mg L^{-1}; $Ca(NO_3)_2$ 215 mg L^{-1}; $Mg(NO_3)_2$ 473 mg L^{-1}; KNO_3 584 mg L^{-1}. Una vez mezclados los fertilizantes el pH de la solución se ajustó a 5 usando acido sulfúrico concentrado. La solución se preparó al 50% durante la primera etapa del desarrollo fisiológico de la planta, a partir de los 30 días se preparó al 100%. Los riegos se le aplicaron 250 mL de agua por la mañana y 250 mL de agua por la tarde durante todo el ciclo de cultivo.

Fueron evaluados cinco tratamientos con dos repeticiones bajo un diseño completamente al azar. Los tratamientos evaluados fueron:

T1: 60% de arena, 20% Piedra Pómez; 20% Vermicompost
T2: 60% de arena, 20% Piedra Pómez; 20% Estiércol Salarizado
T3: 60% de arena, 20% Piedra Pómez;15% Vermicompost; 05% Estiércol Salarizado
T4: 60% de arena, 20% Piedra Pómez;10% Vermicompost; 10% Estiércol Salarizado
T5: 70% de arena, 30% Piedra Pómez; Solución Steiner

Para el análisis de crecimiento se realizaron cuatro muestreos destructivos a 20, 40, 60, 80 dds respectivamente. Tomando al azar dos planta por tratamiento, separándolas en sus órganos vegetativos, (hojas y tallos) y órganos reproductivos (flores y frutos), obteniendo su área foliar (cm2) por planta y posteriormente fueron colocadas por separado previamente picadas en bolsas de papel perforadas e identificadas, el secado de estos órganos se hizo en una estufa a 65 °C durante 72 h para posteriormente registrar los pesos secos correspondientes (g). A partir de los pesos de materia seca obtenidos, se calculó la acumulación y distribución de biomasa. Todas las variables fueron sometidas a análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental completamente al azar. La comparación de medias se hizo con la prueba de DMS. Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS (SAS Inst.,1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incremento del área foliar.

La cinética de crecimiento del área foliar siguió una tendencia sigmoidal en todos los tratamientos (Figura 1), lo que coincide con el comportamiento que muestran las plantas y órganos vegetativos de acuerdo con (Taíz y Zeiger, 2006). La fase de crecimiento lento transcurrió en los primeros 20 dds para el tratamiento cinco y partir de los 24 dds se observó el inicio de la fase exponencial, el mayor crecimiento apareció en este tratamiento con un valor máximo de 19064 $cm^2.m^2$ a los 60 dds mostrando durante todo el ciclo superioridad ante los demás tratamientos, lo cual se vio reflejado en las fases de producción en la calidad y tamaño de frutos de lo cual (Gifford y Evans, 1981) indican que a mayor intercepción de luz mayor metabolismo de sus estructuras fotosintéticas y con (Boote *et al*., 2001) que nos indica que la magnitud del área foliar define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (RAF), la cual es la fuente primaria de energía utilizada por las plantas para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios.

Los tratamientos organopónicos tuvieron una fase de crecimiento lento durante los 40 dds y a partir de aquí y hasta los 60 dds tuvieron un crecimiento exponencial, siendo el tratamiento uno el que alcanzó la mayor área foliar (7370 $cm^2.m^{-2}$), seguido por los tratamientos tres y cuatro con 5680 y 5203 $cm^2. m^{-2}$ respectivamente. La disminución del área foliar puede contribuir a explicar la respuesta de la planta en reducción de masa seca total. De acuerdo con Taiz y Zeiger (1998) la reducción de AF para la intercepción de luz afecta la ganancia fotosintética de carbono, lo cual se refleja en la tasa de crecimiento de AF que

podría constituirse en el factor que dirige el proceso. Resultados similares encontraron Sedano *et al*., (2005) cuyo valor máximo de área foliar se encontró a los 69 dds y de ahí en adelante empezó a decrecer.

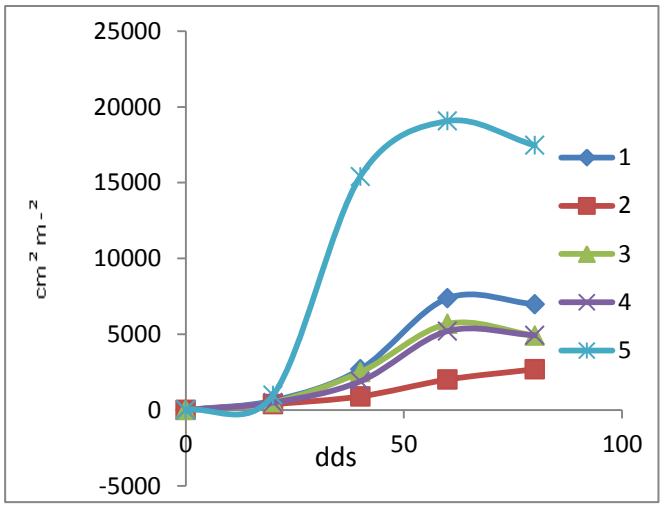


Figura1. Incremento del área foliar

Acumulación de biomasa.

Biomasa total

La cinética de acumulación de biomasa total en los cinco tratamientos fue de tipo sigmoidal (Figura 2), resultados similares se han obtenido en otros cultivos como el cilantro (Hernández *et al*., 2010), papa (Aguilar *et al*., 2006) calabacita (Sedano *et al*., 2005) y chile jalapeño (Azofeifa y Moreira 2004). La fase lenta de crecimiento se presentó durante los primeros 20 dds, para el tratamiento 5 y casi 40 dds para los organopónicos, posteriormente, la fase rápida o exponencial a los 20 dds y a los 40 dds y la máxima acumulación de biomasa se observó a los 80 dds para el tratamiento dos el cual solo logra acumular 45.2 g m^{-2}, los demás tratamientos adquirieron la mayor acumulación de biomasa a los 60 dds en la que destaca el tratamiento cinco con 298.41 g m^{-2} y dentro de los orgánoponicos el mejor fue el tratamiento uno con 92.1 g m^{-2}. La diferencia en peso seco total puede estar relacionada principalmente como lo indicado por (Mora *et al*., 2005) con la disponibilidad de nutrientes entre otros factores como puede ser la eficiencia en su transformación y la duración del área foliar en cada tratamiento.

Biomasa de Órganos Vegetativos

Hojas: El análisis de varianza indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, observándose que la biomasa de las hojas aumentó hasta alcanzar su máximo a los 60 dds (Figura 3), siendo el tratamiento cinco el que más destacado alcanzando un máximo de 99.2 g m^{-2}. Dentro de los

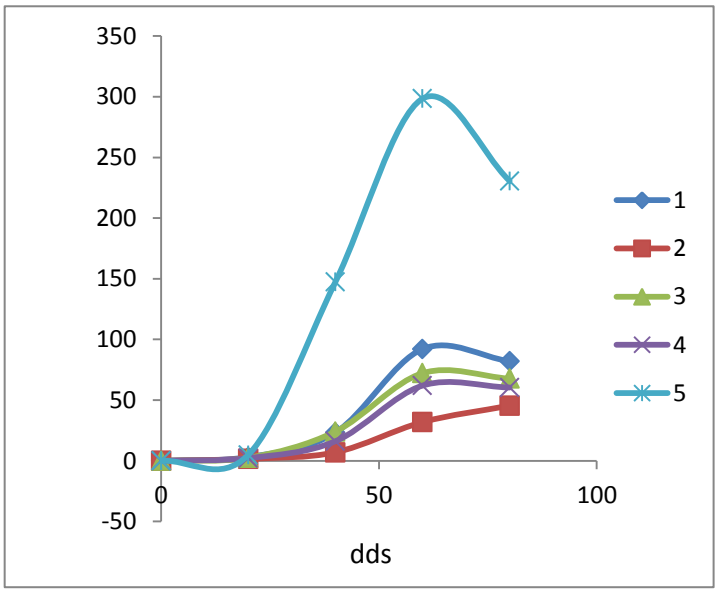


Figura 2. Acumulación de Biomasa Total.

orgánoponicos el que asignó más fotoasimilados a las hojas con 45.3 g m^{-2}, fue el tratamiento uno con diferencias de 6.3 g m^{-2} y 13.1 g m^{-2} con respecto a los tratamientos tres y cuatro, lo cual coincide con Atiyeh *et al*. (2001) que cita que el vermicompost contiene elementos nutritivos en forma que son fácilmente asimilables, donde la mayor parte del N mineral se encuentra en forma de nitrato que es mas fácilmente asimilado que en forma amoniacal. El tratamiento dos continuó incrementando la biomasa de hojas hasta los 80 dds, sin que esto significara una mayor acumulación de biomasa.

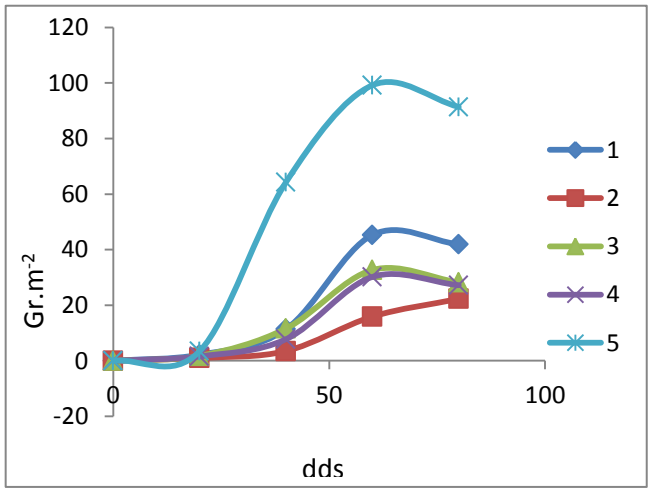


Figura 3. Distribución de biomasa en hojas

Tallos: El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre los tratamientos orgánoponicos y el tratamiento químico en la acumulación de biomasa de los tallos observándose (Figura 4) que el tratamiento que asignó la mayor cantidad de biomasa a los tallos con 51.8 g m^{-2} a los 60 dds fue el tratamiento cinco que representa el 18.23% de la biomasa total. Los tratamientos orgánoponicos asignaron una cantidad de biomasa parecida a tallos, 23, 20 y 18 g m^{-2} a 60 dds, representando el 25% de la biomasa total en los tres tratamientos a excepción del tratamiento dos que solo alcanzó 11.2 g m^{-2} a los 80 dds.

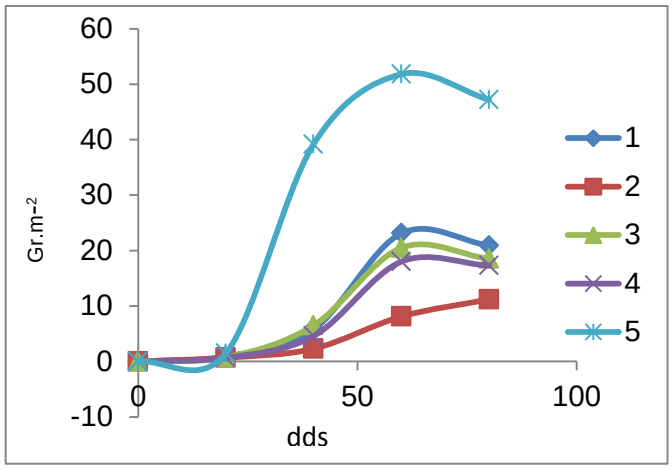


Figura 4. Distribución de biomasa en tallos.

Biomasa de órganos reproductivos.

Peso seco de Frutos: El análisis de varianza indicó que existieron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos para la asignación de biomasa en frutos observándose que con el tratamiento cinco a los 40 dds éstos comenzaron a formarse alcanzando su máximo valor de 101 g m^{-2} a los 60 dds, no asi con el resto de los tratamientos los cuales a los 40 dds solo presentaban flores. Entre los tratamientos orgánoponicos el tratamiento uno fue el que asigno mayor biomasa a frutos con 23.7 g m^{-2} a los 60 dds, (Figura 5), con una diferencia de 2.7 g m^{-2} y 7.8 g m^{-2} para los tratamientos tres y cuatro los cuales alcanzaron la mayor biomasa en frutos a los 80 dds. El tratamiento dos fue el que envió la menor cantidad de fotoasimilados a fruto pues solo alcanzó 12 g m^{-2}. Lo anterior coincide con Preciado (2011) al obtener la mayor cantidad de frutos de tomate utilizando té de vermicompost. Este incremento presentado a los 60 ddds coincide con el mayor aumento del área foliar (Figura 1). Ya que la importación de fotoasimilados durante esta fase de rápido crecimiento es crucial para el peso final del fruto (Ho, 1996), así que también el tamaño del aparato fotosintético (área foliar) debe ser suficiente para que garantice un adecuado

suministro de fotoasimilados, tanto para los frutos que compiten fuertemente entre ellos como para los órganos vegetativos que también se encuentran creciendo (Peil y Galvez, 2005). Esta distribución constituyó el 25.8, 26.4, 31.1, 26.4, y 49.4% con respecto a la biomasa total acumulada para los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente. Estos resultados son superiores a los encontrados por Sedano *et al* 1995 obtuvieron un total de 29.5% en el cultivo de calabacita en suelo en un clima templado e inferiores a los de otras hortalizas cuyo órgano de interés es el fruto, los cuales representan entre el 50 y 60% en el caso del pepino (*Cucumis saltivus* L.) y entre el 52 y 72% en el caso en jitomate Peil y Gálvez (2005).

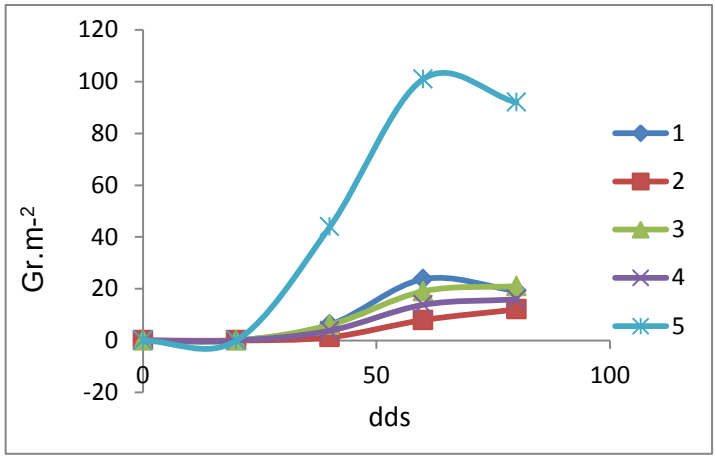


Figura 5. Distribución de biomasa en frutos.

CONCLUSIONES

Dentro de los tratamientos organopónicos la vermicomposta favoreció el comportamiento fisiológico del cultivo al permitir una mayor asimilación de fotoasimilados a sus órganos reproductivos y vegetativos. Las diferencias estadísticas significativas de los valores obtenidos de rendimiento biológico, económico y comportamiento fisiológico indican que la vermicomposta es una alternativa para la producción orgánica de calabacita

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar L., M. G., J. A. Carrillo S., A. Rivera P. y V. A. González H. (2006). Análisis de crecimiento y de relaciones fuente demanda en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Revista Fitotecnia mexicana 29: 145-156.

Atiyeh, R. M., C. A. Edwards, S. Subler & J. D. Metzger. (2001). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*. 78: 11-20.

Azofeifa, A. y M. A. Moreira 2004. Analisis de crecimiento de chile jalapeño (*Caspsicum annuum* L cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense 28: 57-67

Beadle, C. L. (1988). Análisis del Crecimiento Vegetal. pp.17-21. *In*: Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad. Traducido al español de la 2da edición en inglés. Patrocinada por el programa ambiental de las naciones unidas (UNEP)

Boote, K., Kropff, M., Bindabran, P. (2001). Physiology and modeling of traits in crop plants: Implications for genetic improvement. Agric. Syst. 70:395-420.

Gifford, R. M.; Evans, L. T. (1981). Photosynthesis, Carbon Partitioninig, and yield. Annual Review of Plant Physiology 32: 487- 492.

Hernández M. C. y Cano R. P. (2006). Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Revista Chapingo. Serie horticultura. Vol. 12, Núm. 002.

Ho, L. C., R.I. Grange y A. F. Shaw. (1989). Source/snik regulation. *In*: Baker, D. A. y J: A: Milibum. (eds.). Transport of photoassimilates. Plant Science. Longman Scienfific & Technical. Harlow, Essex, UK. Pp: 306-343.

Márquez, H. C.; Cano, R. P. (2004). Producción de tomate orgánico bajo invernadero, *En*: 2do. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero.Ch C Leal, J AG Garza (Eds) del 20 y 21 de mayo 2004 en Monterrey Nuevo León, fundación UANL y Facultad de agronomía de UANL. Pp.1-11.

Mora A., R., J. Ortiz C., A. Rivera P., M.C. Mendoza C., M. T. Colinas L., H. Lozoya S.y J. E. Rodriguez P. (2005). Comportamiento de la acumulación y distribución de biomasa en genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. Revista Chapingo Serie Horticultura 11: 135-142.

Peil, R. M. y J. L. Gálvez. (2005). Reparto de materia seca como factor determinante en la producción de hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Revista Brasileira de Agrociencia 11: 05-11.

Sedano C.,G., V. A. González H., E. M. Engleman y C. Villanueva V. (2005). Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiólogica de la planta de calabacita. Revista Chapingo Serie Horticultura 11: 291-297

Preciado Rangel P; Fortis Hernández, Manuel; García-Hernández, José Luis; Rueda Puente, Edgar Omar; Esparza Rivera, Juan Ramón; Lara Herrera, Alfredo; Segura Castruita, Miguel Ángel y Orozco VidalL, Jorge Arnaldo. (2011). Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. Interciencia 36

Taíz, L. and E. Zeiger (2006). Plant Physiology. Fourth Edition. Sinauer. Associates. Sundertland, Massachusetts. 764 p.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

ACUMULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA EN TOMATE CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA BAJO INVERNADERO

Pablo Yescas Coronado§; Jorge Arnaldo Orozco Vidal; José Ernesto Frías Ramírez; Guillermo García Legaspi; Miguel Á. Segura Castruita; José A. Montemayor Trejo; Sergio López Lira

[1]Instituto Tecnológico de Torreón. Coahuila. §Autor responsable: pyescas@hotmail.com

RESUMEN

El uso irracional de recursos con el fin de elevar la producción agrícola, además de un alto costo, impacta la salud del consumidor y contamina al medio ambiente por residuos inorgánicos en agua y suelo, originando problemas de fertilidad y sobreexplotación del recurso hídrico. Por lo anterior, se ha incrementado la demanda de productos hortícolas de origen orgánico y la necesidad de preservar el medio ambiente, a través del uso eficiente del agua. El objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de enmiendas orgánicas y la distribución de biomasa en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. Cuatro tratamientos, tres a base de fertilizantes orgánicos (te de composta, te de vermicomposta y lixiviado de vermicomposta en sustrato arena-vermicomposta) y uno con solución nutritiva, fueron evaluados, y un testigo de arena al 100 %. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. El material vegetal que se utilizó fue tomate (Rio Grande), se evaluó la acumulación de biomasa total y distribución de biomasa en hoja, tallo y fruto en cuatro muestreos (20, 40, 60 y 80 días después del trasplante). Los resultados demuestran que el fertilizante utilizado en cada tratamiento influyo directamente en la acumulación y distribución de la biomasa del cultivo. Los fertilizantes a base de té no cumplieron la demanda nutrimental de la planta para crecimiento y fructificación. La mayor cantidad de biomasa se obtuvo con té de vermicomposta, la fertilización orgánica a base de té de vermicomposta puede ser una técnica viable para la producción orgánica de tomate.

Palabras clave: agricultura protegida, vermicomposta, invernadero

INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las hortalizas de mayor importancia económica en el mundo, su alto contenido en vitaminas hace de este fruto una hortaliza fundamental de gran uso en la alimentación actual, su popularidad aumenta constantemente así como su consumo y producción a nivel mundial (Nuez, 1999). En nuestro país, el tomate es la segunda especie hortícola cultivada en importancia por superficie y valor de su producción, por lo que constituye una de las principales hortalizas de exportación hacia otros países principalmente Estados Unidos (Molina, 2004). En la Comarca Lagunera, la superficie de tomate bajo

sistema tradicional fue de 1,118 ha mientras que en sistema de agricultura protegida fue de 111 ha con un valor de la producción para el primer caso de $208 millones, con 52,195 t, mientras que en invernadero fue de $49 millones con 8,894 t (El Siglo de Torreón, resumen económico 2008).

Ante la creciente escasez de recursos hídricos destinados para la agricultura y el alto costo de los insumos agrícolas, resulta indispensable buscar alternativas tecnológicas que reduzcan los costos de producción y, se obtengan altos rendimientos con la mayor calidad posible sin detrimento de los recursos naturales. En este sentido, el riego por goteo y la fertilización orgánica han resultado una técnica promisoria en agrosistemas hortícolas intensivos para abastecer adecuadamente con agua y nutrimentos a estos cultivos (Ochoa, 2007). En la producción agrícola tradicional, comúnmente se hace un uso irracional de recursos con el fin de elevar la producción. Lo anterior representa un alto costo y demerito en la calidad del producto, exponiendo así la salud de los consumidores, además del daño al medio ambiente por contaminación por residuos en agua y suelo, que a largo plazo causa problemas de fertilidad, sobreexplotación del recurso hídrico por mal manejo de estos (Cano *et al*., 2004).

Debido a la demanda del mercado por productos hortícolas de origen orgánico libres de residuos químicos, alto costo de insumos y la necesidad de preservar el medio ambiente, haciendo un uso eficiente del agua, los objetivos del presente trabajo fue evaluar la distribución de biomasa en el cultivo de tomate a 20, 40, 60 y 80 días después del trasplante y determinar el mejor tratamiento de fertilización orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Torreón localizado en la antigua carretera Torreón-San Pedro km 7.5 en un invernadero de 250 m^2 equipado con un sistema de riego por goteo, con emisores de un gasto de 3.79 litros por hora. Se evaluaron cuatro tratamientos, tres a base de fertilizantes orgánicos, te de composta, te de vermicomposta y lixiviado de vermicomposta en sustrato arena-vermicomposta y un testigo fertilizado con solución nutritiva “Stainer” (1984) en arena al 100 %. Para el primer tratamiento se consideró solución nutritiva, de acuerdo a los requerimientos nutricionales de las plantas, ésta se preparo con 10.05 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4), 116.7 g de sulfato de magnesio ($MgSO_4$), 96 g de NKS (fertilizante comercial), 102.4 g de nitrato de calcio ($CaNO_3$) y 2.1 g de mezcla comercial de micro elementos (Maxiquel).

Para los fertilizantes orgánicos la preparación fue diferente para cada uno, el té de composta se preparo, a razón de 1 kg por cada 10 litros de agua, agregando 2 gramos de dulce piloncillo fuente estimulante de la actividad microbiana y dejando reposar 24 horas, ajustando el pH a un rango entre 5.5 y 6.0 y la CE (conductividad eléctrica) en un rango de 1.5 a 2.0. De lombricomposta se mezclaron 3 kg de esta por cada 10 litros de agua, siendo la preparación y ajuste del pH y CE de la misma forma que el té de composta. El procedimiento de preparación del té de lixiviado de lombricomposta fue más simple, sólo se ajustó el pH y la conductividad eléctrica como en el tratamiento anterior.

Cuadro 1. Acumulación de materia seca en órganos vegetativos y total.

		Materia seca (g m^{-2})			
Tratamiento	Muestreo	hojas	tallos	frutos	total
F1 Química	1 (0-20 ddt†)	1.13 a‡	0.091 a	0	2.04 a
	2 (20-40 ddt)	18.00 a	12.80 a	0	30.8 a
	3 (40-60 ddt)	89.09 a	93.57 a	26.63 c	209.29 a
	4 (60-80 ddt)	187.47 a	224.4 a	99.24 a	511.11 a
F2 Te de	1 (0-20 ddt)	1.09 a	0.76 a	0	1.85 a
composta	2 (20-40 ddt)	2.74 b	2.13 b	0	4.88 b
	3 (40-60 ddt)	35.99 b	32.19 c	6.34 c	74.52 b
	4 (60-80 ddt)	61.73 b	79.48 c	38.66 b	179.87 b
F3 Te de	1 (0-20 ddt)	1.13 a	0.75 a	0	1.88 a
vermicomposta	2 (20-40 ddt)	19.41 a	15.76 a	0	35.17 a
	3 (40-60 ddt)	58.95 b	66.59 b	14.68 c	140.22 a
	4 (60-80 ddt)	44.13 cb	165.20 b	42.32 b	251.65 b
F4 Lixiviado de	1 (0-20 ddt)	1.28 a	1.10 a	0	2.38 a
vermicomposta	2 (20-40 ddt)	2.12 b	1.81 b	0	3.93 b
	3 (40-60 ddt)	1.24 c	1.37d	0	2.61 c
	4 (60-80 ddt)	2.48 c	2.73 d	0	5.21 c

†ddt: días después de la siembra; ‡ Valores con la misma literal dentro del tiempo en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tuckey a una $P \leq 0.05$.

El sustrato utilizado fue arena de río cribada con malla del No. 5 y lombricomposta en proporción 1:1 para los tratamientos orgánicos y del 100% de arena para el tratamiento de solución nutritiva. El material vegetativo de tomate establecido fue el hibrido Río Grande de uso tradicional por lo productores de la región, el trasplante se hizo manual en macetas de PVC.

Considerando las características del lugar donde se estableció del proyecto se utilizó un diseño completo al azar, con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos fueron 4 diferentes fertilizantes, 3 del tipo orgánico (te de composta, te de vermicomposta y lixiviado de vermicomposta) y uno de solución nutritiva

(químico). Las variables evaluadas fueron acumulación de biomasa total y distribución de biomasa en hoja, tallo y fruto. Las evaluaciones fueron realizadas a 20, 40, 60, 80 ddt (días después del trasplante) seleccionando al azar tres plantas por tratamiento que se destruyeron en su totalidad para medir área total, peso seco de hojas, tallos y frutos. La biomasa acumulada por planta se obtuvo con el peso verde y seco de la planta, con la acumulación de los cuatro muestreos, comparándolos con los muestreos anteriores para determinar el incremento en los cuatro periodos. Los riegos se aplicaron en base la evapotranspiración del cultivo, tomando como referencia la evaporación de un tanque evaporímetro tipo "A".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostrados por el análisis estadístico para distribución de biomasa presentan diferencias significativas para peso seco total, materia seca de órganos vegetativos y reproductivos. En el Cuadro 1 se muestra que con la fertilización inorgánica (F1), fertilización orgánica (F3) el cultivo acumula la mayor cantidad de materia seca con diferencias de 511.11 g m^{-2} y de 251.65 g m^{-2} con respecto al tratamiento (F4), con menor acumulación.

Para órganos reproductivos la mayor acumulación de biomasa se logró con la fertilización inorgánica con 99.24 g m^{-2} seguida de la fertilización inorgánica (F3) con una acumulación de 42.32 g m^2 encontrándose diferencias significativas, por otro lado cabe destacar que el mayor porcentaje de materia seca correspondió a los órganos vegetativos y se obtuvo con té de vermicomposta con 83.18% seguido de la fertilización inorgánica con 80.58% respecto al total de materia seca acumulada (Cuadro 2). Estos resultados son comparables con los obtenidos por Ochoa (2007) que evaluó la fertilización inorgánica vs fertilización orgánica (te de vermicomposta) donde obtuvo un 20 % más de materia seca con este tratamiento.

Tanto en la fertilización química como en la orgánica la distribución de los fotoasimilados, en las primeras etapas de crecimiento se concentró en los órganos vegetativos (hojas) en mayor cantidad durante el periodo de 0 – 40 ddt, translocandose después hacia los tallos en el lapso de 40-80 ddt tiempo en el cual se presentó la floración – fructificación (Cuadro 1). Por otra parte la acumulación de materia seca por los frutos fue de 21.4 % de la masa seca total para fertilización orgánica (F2) y química (F1) y de 19.41% para el muestreo No. 4 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Acumulación de materia seca porcentual de órganos vegetativos y reproductivos.

Tratamiento	Muestreo	% órganos. vegetativos	% órganos. veg reproductivos
F1 Química	1 (0-20 ddt†)	100	0
	2 (20-40 ddt)	100	0
	3 (40-60 ddt)	87.27	12.72
	4 (60-80 ddt)	80.6	19.41
F2 te de composta	1 (0-20 ddt)	100	0
	2 (20-40 ddt)	100	0
	3 (40-60 ddt)	91.5	8.5
	4 (60-80 ddt)	78.5	21.5
F3 Te de vermicomposta	1 (0-20 ddt)	100	0
	2 (20-40 ddt)	100	0
	3 (40-60 ddt)	89.53	10.47
	4 (60-80 ddt)	83.18	16.82
F4 Lixiviado de vermicomposta	1 (0-20 ddt)	100	0
	2 (20-40 ddt)	100	0
	3 (40-60 ddt)	100	0
	4 (60-80 ddt)	100	0

†ddt: días después de la siembra

CONCLUSIONES

El tipo de fertilizante utilizado en cada tratamiento influyo directamente en la acumulación y distribución de la biomasa del cultivo del tomate. La aplicación de solución nutritiva obtuvo los mejores resultados debido a que se aportaron los nutrientes necesarios para el óptimo desarrollo del cultivo. Los fertilizantes orgánicos aplicados a base de té no cumplieron adecuadamente la demanda de nutrientes que la planta requirió en sus etapas de crecimiento y fructificación.

La mayor cantidad de biomasa se obtuvo con té de vermicomposta, en contraste la fertilización a base de lixiviado de vermicomposta obtuvo la acumulación de biomasa más baja y en el periodo de estudio no presentó frutos, debido a las concentraciones salinas en el sustrato. La fertilización orgánica a base de té de vermicomposta puede ser una técnica viable para la producción orgánica de tomate.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cano R.P. et al (2004). Producción de tomate orgánico bajo invernadero en la comarca lagunera. Cuarto Simposio Nacional de Horticultura. Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coahuila. Octubre, 13, 14 y 15 del 2004.

El Siglo de Torreón. Resumen económico 2008. www.elsiglodetorreon.com

Molina R.J.F. (2004). Situación Actual y Perspectivas de la Industria de Invernaderos en México. Tercer Simposio Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. E. Olivares S.E. UANL. Nuevo León, México. P. 26

Nuez F. (1999). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. España.

Ochoa M.E. (2007). Te de composta en la producción del cultivo de tomate en invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias en Suelos, Instituto Tecnológico de Torreón.

Steiner A.A. (1984). The universal nutrient solution. pp. 633-649. Proceeding of the Sixth int. congr. On Soiless Culture. International Society for Soiless Culture. Lunteren, the Netherlands.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

MATERIA SECA Y FIJACION DE CARBONO POR *Pennisetum purpureum*

Salvador Paredes Rincón[1§]; Armando Domínguez Torres[1]; José A. Fernández Viveros[1]; José L. Cordero Sanchez[1]; Ricardo Cruz-Balcazar[1]; Carlos O. Forstall Cortes[2]

[1]Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz. [2]Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE) de Orizaba, Veracruz. [§]Autor responsable: paredesrincon@yahoo.com.mx

RESUMEN

El uso de madera para obtener celulosa coadyuva al cambio climático. Otra opción es *Pennisetum purpureum*, que se utilizó en el estudio realizado en la zona central de Veracruz, de agosto de 2011 a agosto de 2012. El objetivo fue determinar el efecto de la mejor variedad (V1,Taiwán; V2, King Grass; V3, Caña Africana), fertilización química (D1, dosis recomendada; D2, sin fertilizar) y localidad (L1 y L2) en la producción de materia seca (RMS) y fijación de carbono atmosférico (FCA) en planta y raíz de *P. purpureum*. Para ello se midió RMS y FCA y se analizaron estadísticamente. En RMS en planta, V1 fue mejor ($P \leq 0.01$) con 32.4 t ha^{-1}. La producción de materia seca de raíz (RMR) de V3 fue de 30.0 t ha^{-1}. L2 fue mejor en RMS (35.3 t/ha), y T7, T9 y T11 produjeron 59.2, 50.1 y 40.8 t ha^{-1}, en planta y raíz ($P \leq 0.05$), mientras T7, T8, T9, T11, y T1 produjeron 53.4, 34, 31.6, 27.2, y 26.9 t ha^{-1}. Taiwán fue mejor en FCA ($P \leq 0.05$) con 16.2 t ha^{-1}. El RMS y FCA fueron mejores en V1 y L1. La fertilización incrementó en 52 y 110 % RMS en parte aérea y raíz. *P. purpureum* provee altos rendimientos de MS/ha/año (63.3 t MS ha) y representa un importante sumidero de carbono, al fijar 31.6 t/C/ha/año en la planta y 11.8 t/C/ha en la raíz.

Palabras Clave: Sumidero de carbono, fibra, industria papelera, celulosa, bicombustible.

INTRODUCCIÓN

El suelo, como componente importante de los cultivos, se ve a menudo degradado por prácticas inadecuadas realizadas por agricultores que no se preocupan por su conservación en los sistemas agrícolas tropicales, en los que la erosión hídrica pone en riesgo su sostenibilidad al disminuir la infiltración, la fertilidad y por ende la productividad (Francisco *et al.*, 2012). Casanova *et al.* (2010) señalan que los sistemas actuales de producción agropecuaria han conducido a la degradación de los recursos naturales, y de ahí los desórdenes climáticos actuales. Sin embargo, pueden hacerse transformaciones o adaptaciones con fines ambientales sin menospreciar la productividad, incorporando estrategias de manejo sostenible,

conciencia conservacionista y transferencia de tecnologías agroforestales, principalmente en áreas degradadas y perturbadas. Bajo esta perspectiva conservacionista de los recursos naturales deben considerarse los efectos negativos que la tala inmoderada de bosques y selvas provoca en los suelos el agua y fauna, a niveles micro y macroambiental, así como cambios del uso del suelo por nuevos cultivos, sin analizar beneficios o perjuicios que pueden ocasionar, lo que dice mucho del mal manejo en los sistemas productivos.

Hace menos de cinco años y con el afán de contribuir en la búsqueda de nuevas alternativas de materia prima para la industria papelera, debido a su escases, pues tal industria en sustitución de la madera habían integrado a ella residuos del procesamiento de la caña de azúcar, mismo que ahora es más utilizado por los ingenios azucareros para la generación de energía eléctrica (FAO, 2011). Por ello ante la situación actual de insostenibilidad en la obtención de celulosa a partir de árboles y del bagazo de caña de azúcar, se plantea como alternativa de solución la utilización del pasto *Pennisetum purpureum,* (P.p.), por el potencial productivo de fibra apta para la industria papelera (Paredes *et al.,* 2011*; Balderas, 2012),* así como de celulosa para otros fines industriales, como la obtención de biocombustible. Estudios recientes indican que puede haber beneficio ambiental con un buen manejo del pastizal, ya que se ha demostrado que las fincas ganaderas participan en el secuestro de carbono (C), pues el establecimiento de pasturas mejoradas logra aumentar los niveles de C bajo el suelo. Tal aseveración es avalada por De Camargo *et al.* (1999), citados por Benavides (2012), quienes al establecer pasturas mejoradas en áreas deforestadas observaron incrementos en la acumulación de carbono orgánico (CO). Asimismo, Post y Kwon,(2000), Ruiz, (2002) y Fisher *et al.* (2004), citados por Benavides (2012), sostienen que los sistemas agroforestales son sumideros de C atmosférico (CA).

Estimaciones indican que el CA en la biomasa de los bosques primarios y secundarios varía entre 60 y 230 y entre 25 y 190 t ha^{-1}, respectivamente (Benavides, 2012), y que el C orgánico del suelo (COS) puede variar entre 60 y 115 t ha^{-1}, en tanto que el potencial de los sistemas agroforestales (suelos y biomasa) para almacenar C varía entre 20 y 204 t ha^{-1}, la mayoría de este carbono almacenado en los suelos, y pudiendo incrementar anualmente de 1.8 a 5.2 t ha^{-1} (Ibrahim *et al.,* 2005; Benavides, 2012). Al respecto, Ramírez *et al.* (2009) señalan que en pasturas de *Brachiaria humidicola* asociadas con leguminosas herbáceas, presentan mayores coeficientes de correlación entre peso de raíz y captura de carbono que las

pasturas degradadas, y que el mayor desarrollo radicular se presenta en los primeros 10 cm de profundidad, 6.4 y 7.0 t MS ha^{-1} en terreno de pendiente y plano respectivamente.

La presente investigación se justifica toda vez que hoy uno de los problemas que afecta al mundo entero es, sin duda, el cambio climático inducido por gases de efecto invernadero como el metano, óxido nitroso y CO_2, que han incrementado en la atmósfera en las últimas décadas; así como la degradación de suelos a nivel mundial por un manejo inapropiado. Al respecto habría que impulsar proyectos que ayuden acrecentar el secuestro de carbono y recuperen o mejoren los suelos. También, a pesar de conocerse la capacidad que tienen los bosques y algunos sistemas silvopastoriles para almacenar carbono, aún falta información acerca del potencial de secuestro de carbono en suelo y en la biomasa arbórea en los sistemas de uso de la tierra, predominantes en paisajes ganaderos (Ibrahim *et al.*, 2007), en especial pastizales perennes, como las nuevas variedades *P. purpurem.*

Con la utilización de *P. purpureum* como materia prima para obtener celulosa, y de ésta diversos productos como papel, biocombustible, carbón y otros, se trata de contrarrestar la deforestación, sin embargo, debe dejarse en claro qué impacto se provoca sobre el suelo y el ambiente, cuando se establezcan grandes extensiones en monocultivo, como en la zona centro de Veracruz, en no menos de 5000 ha.

Por lo anterior, se propuso determinar el potencial productivo de fibra expresada en materia seca (MS) y fijación orgánica de carbono (FCA) en la parte aérea de la planta, y en el sistema radicular de tres variedades de *Penisetum purpureum,* con y sin fertilización, en dos localidades edafoclimáticas diferentes de la zona centro de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo durante el periodo de agosto de 2011 a agosto de 2012, en dos localidades de la zona centro del estado de Veracruz: Rancho Luna 59, en Jamapa y Rancho El Fraile, en Cotaxtla. La primera localidad está ubicada en el km 2 carretera Jamapa - La Matamba, a la altura del puente Paso de la Cruz del municipio de Jamapa, en las estribaciones de las llanuras del sotavento y coordenadas 19º03´ N y 96º14´ O y 57 m de altura. Esta localidad posee un suelo tipo Luvisol, profundo, color pardo oscuro, migajón arcilloso, pH ligeramente acido (6.5). Su clima es cálido-seco-regular, con una temperatura promedio de 25º C; la precipitación pluvial media anual es de 1,108 mm y los cultivos se

riegan por el río Jamapa, beneficiado por el arroyo Naranjo. La Localidad 2, Rancho El Fraile, se localiza en las llanuras de Sotavento, zona centro costera del Estado, a 18° 50' N y 96° 24' O, a 40 m de altura. Predomina el clima cálido-seco-regular, con una temperatura promedio de 26 °C; precipitación pluvial media anual de 1,900 mm (García, 1988). El suelo es tipo Faeozem, que tiene una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrimentos, pero susceptible a la erosión según tipo de terreno (*CSVA e INGEVIN, 2011*).

Diseño de tratamientos y experimental. Se generaron 12 tratamientos al combinar tres factores: variedad de *P. purpureum* [V1, Taiwán; V2, King Grass (*Pennisetum p.* x *P*. typhoides); V3, Caña Africana (*Pennisetum p., Var. Caña Africana*)), fertilización (D1, con base en análisis de suelo; D2, sin fertilizar) y localidad con diferente suelo (L1, Luna 59; L2, El Fraile), tal como se presenta en el Cuadro 1. Se consideraron tres repeticiones en un total de 36 unidades experimentales, establecidas bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas: a) Parcela grande de 16.8 x 4.5 m; parcela chica de 8.4 x 4.5 m. La evaluación se realizó 17 semanas después del corte de homogeneidad,a mediados de febrero de 2012, cuando las plantas de *P. purpureum* eran aptas para la cosecha, con una relación de peso aproximado de 30 % de la hoja y 60% de tallos, que constituye la parte aprovechable para la obtención de fibra lignocelulósica para la industria papelera.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados y su descripción.

Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción
T1	V1, D1, L 1	T7	V2, D2, L 1
T2	V1, D1, L 2	T8	V2, D2, L 2
T3	V1, D2, L 1	T9	V3, D1, L 1
T4	V1, D2, L 2	T10	V3, D1, L 2
T5	V2, D1, L 1	T11	V3, D2, L 1
T6	V2, D1, L 2	T12	V3, D2, L 2

T= Tratamiento; V1, Taiwán; V2, King Grass; V3 Caña Africana; D1 [L1, 276-120-300; L2: 161-50-300; D2, Sin Fertilizar (Testigo)]; L1, Rancho Luna 59; L2, Rancho El Fraile.

Variables medidas

Rendimiento de materia seca por hectárea (ton MS ha^{-1}). Para esto se determinó rendimiento de materia verde (MV), obtenida mediante peso de tres macollos por unidad experimental, después de cortados aproximadamente a 10 cm del suelo y su equivalencia en rendimiento/ha. Esta prueba por regla se realizó al considerar una población de 15,625 macollos/ha, obtenidas por una distancia de 80 cm entre macollos y 80 cm entre surcos. De cada macollo se seleccionaron tres plantas representativas, y fraccionadas en una

picadora de forraje, de las cuales se tomaron muestras de 300 g, sometidas a secado en estufa de aire forzado a 65 º C por 48 o más, hasta obtener peso seco constante y determinar MS. Una vez conocida la producción de materia verde/ha en t MV ha^{-1} y su correspondiente porcentaje de MS, se obtuvo rendimiento de MS ha^{-1} (RMS/ha).

Fijación de carbono atmosférico (FCA). Para la determinación en la parte aérea de la planta, se consideró el contenido de MS de muestras de estas para cada tratamiento, con sus respectivas repeticiones y empleo del factor 0.50, recomendado por Ibrahim (2007) para transformar valores de biomasa en MS a carbono. Para el caso de FCA en el sistema radicular se estimó a partir de muestras de raíz contenida en un cilíndro de 80 cm de diámetro x 40 cm de altura o profundidad. Para determinar el rendimiento/ha se pesó en fresco el total de sistema radicular de cada macollo, el cual se observó estaba compuesto por una estructura similar a un cormo de forma irregular, donde se originan los tallos en la parte superior y raíces primarias y secundarias en la parte inferior a este. Estos fueron fraccionados en trozos de aproximadamente 2 x 3 cm, y las raíces primarias y secundarias de 3 a 5 cm, de donde se tomaron muestras de 300 g para ser sometidas a secado hasta peso constante para después determinar el contenido de carbono orgánico del la raíz (COR), a partir de tres macollos. También se empleó el factor (0.50) para transformar valores de MS de la raíz a carbono.

Análisis de datos. Los datos generados en el presente estudio fueron sometidos a ANVA y a comparación múltiple de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el paquete estadístico STATISTICA 7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de Materia Seca (t MS ha^{-1}). El análisis de varianza (ANVA) indicó la ausencia de diferencia estadística en el porcentaje de MS, tanto en planta como en raíz de *P. purpureum* por el factor variedad. En el Cuadro 2 aparece la comparación de medias del rendimiento de MS/ha en planta y raíz por factor de estudio y nivel. Se observó que tanto en planta como en raíz, el mejor valor con diferencias estadísticas lo fueron tratamientos que incluyeron fertilización ($P \leq 0.01$) y L2 (El Fraile) con mejores condiciones para producción de MS. Por su parte, V1 (Taiwán) presentó el mayor rendimiento de MS en la raíz, incluso mayor que la parte aérea de la planta; lo cual significa un aporte potencial importante de materia orgánica para el suelo, una vez que ha sido descompuesta según las propiedades físicas y químicas de la misma.

Se observaron diferencias altamente significativas (P≤ 0.01) entre tratamientos para materia seca, destacando T7, T9 y T11 con promedios de 59.2, 50.1 y 40.8 t ha^{-1} en la parte aérea de la planta,

Cuadro 2. Prueba de medias de materia seca (MS) en planta y raíz de *P. purpureum.*

Factor	Nivel	Promedio de MS (t ha^{-1})	
		Planta	Sistema radicular
Variedad	Taiwán	20.9	32.4 a
	King Grass	21.2	21.6 ab
	Caña Africana	21.2	16.8 b
Fertilización	Con	37.6 a	28.6 a
	Sin	17.9 b	18.7 b
Localidad	L1 Luna 59	20.2 b	17.2 b
	L2 El Fraile	35.3 a	30.0 a

Valores en cada columna con la misma literal, estadísticamente son iguales (P≤ 0.05).

respectivamente (Datos no mostrados). Asimismo, se observaron diferencias estadísticas (P≤ 0.05) en rendimiento de MS con 37.6 t ha^{-1}, al fertilizar con D1 vs. 17.9 t ha^{-1} sin fertilizar (D2). Asimismo, en rendimiento de MS/ha del sistema radicular, la diferencia fue altamente significativa (P≤ 0.01) entre localidades, con rendimiento de 30.0 t ha^{-1} en L2, con respecto a 17.22 t ha^{-1} obtenidos en L1 (Cuadro 2). Es de tomar en cuenta que la dosis de fertilización para L2 fue menor que la dosis recomendada para LI, la cual fue con base a las cualidades del suelo; es decir, L2 aun con menor fertilización tuvo la mayor capacidad de producir MS. Por otra parte, también se observó diferencia estadística entre tratamientos (P≤ 0.05) en porcentaje de MS del sistema radicular; los mejores tratamientos fueron: T4, T5, T9, T2, T8 y T 12 con porcentajes de 49.9, 49.9, 48.7, 47.4, 47.2 y 45.8 %, respectivamente. Asimismo, se observó diferencia estadística en el rendimiento de MS/ha del sistema radicular entre tratamientos (P≤ 0.05), donde destacaron con mayor rendimiento T7, T8, T9, T11 y T1, con 53.4, 34, 31.6, 27.2 y 26.9 t ha^{-1}, respectivamente (Datos no mostrados).

Efecto de Fertilización. El contenido de MS en el sistema radicular no varió (P≥ 0.05) entre D1 (44.8 % MS) y D2 (45.2 % MS), ni mostró diferencia estadística entre localidades (P≥ 0.05). Los valores obtenidos fueron, en promedio, 44.7% en L1 y 45.3 en L2. Sin embargo, se observaron diferencias estadísticas (P≤ 0.05) en rendimiento de MS/ha, con promedio de 28.55 t ha^{-1} al fertilizar con D1 vs. 18.66 t ha^{-1} al omitir la fertilización (D2).

Efecto de Variedad. El contenido de MS del Sistema Radicular no presentó diferencia estadística entre variedades de pasto (P≥ 0.05), pero los valores obtenidos fueron: 44.4 %, 46.4 % y 44.1 % en Taiwán, King Grass y Caña Africana, respectivamente. Sin embargo, existieron diferencias estadísticas (P≤ 0.05) en RMS. Los promedios obtenidos fueron de 32.44, 21.56 y 16.82 t ha^{-1}, por las variedades Taiwán, King Grass y Caña Africana, respectivamente

En general, el incremento logrado por la fertilización en este trabajo fue de 52.4 % en la planta y 35% en raíz, con respecto al testigo. Este incremento resulta inferior a lo obtenido por Ramos *et al.* (2008), quienes con una dosis de 300 kg de N + 75 kg de P por año, lograron incrementar la producción de MS de la planta en 104, 133 y 152%, a partir de tres cortes sucesivos del pasto Taiwán var. A-144, con respecto al testigo, cada 73 d; tal diferencia pudo darse entre otras causas por la menor cantidad de N y P, utilizada en este trabajo, que fue 276 y 50 kg/ha de N, y la influencia sinérgica de la humedad de la época de lluvia en que coincidieron, en contraste a la época de secas, y hasta la presencia de vientos fríos del norte durante ésta investigación.

Fijación de C atmosférico (FCA)

Al igual que para rendimiento de MS, el comportamiento del *P. purpureum* fue similar, se considera que este último es una estimación con base en los valores de la MS; no obstante, para mayor claridad sobre la aportación de estos pastos a la disminución del deterioro ambiental a través de la captura de carbono, en el Cuadro 3 se presentan los valores de FCA por factores y niveles para planta y sistema radicular de *P. purpureum.*

Se observó diferencia estadística entre tratamientos (P≤ 0.05) en FCA por planta. Los tratamientos con mayor FCA fueron: T7, T9 y T11 con 28.7, 25.0 y 20 t C ha^{-1}, respectivamente. Asimismo, por efecto de la localidad (P≤ 0.01), donde la FCA en la planta la L2 fue la de mayor fijación con 18 t C ha^{-1}, respecto a 10.1 t C ha^{-1} fijados en L1. También se observó diferencia estadística altamente significativa en FCA entre dosis de fertilización, con 18.9 t C ha^{-1} con D1 y 9.0 t C ha^{-1} con la D2 (Cuadro 3). También se observaron diferencias estadísticas en FCA por el sistema radicular (t C ha^{-1}) entre tratamientos (P≤ 0.05), al destacar con mayor fijación los tratamientos T7, T8, T9, T11 y T1, con 26.6, 17.0, 15.7, 13.6 y 13.4 t C ha^{-1}, respectivamente (Datos no mostrados). También se observaron diferencias altamente significativas (P≤ 0.01) entre localidades sobre FCA en el sistema radicular, siendo L2 la de mayor fijación con 15.0 t C ha^{-1},

con respecto a 8.6 t C ha^{-1} fijados en promedio en la L1 (Cuadro 4). Asimismo, se observaron diferencias estadísticas en la FCA en el sistema radicular entre variedades (P≤ 0.05).

Cuadro 3. Prueba de medias de la variable FCA en planta y sistema radicular de *P. purpureum* por factor y nivel de estudio.

Factor	Nivel	Promedio de FCA (t C ha^{-1})	
		Planta	Raíz
Variedad	Taiwán	14.5	16.2 a
	King Grass	12.2	10.7ab
	Caña Africana	15.0	8.4 b
Fertilización	Con	18.9 a	14.3 a
	Sin	9.0 b	9.3 b
Localidad	L1 Luna 59	10.1 b	8.6 b
	L2 El Fraile	17.6 a	15.0 a

Valores en cada columna con la misma literal, estadísticamente son iguales (P≤ 0.05).

Los promedios fueron: 16.2, 10.7 y 8.4 t C ha^{-1} por Taiwán, King Grass y Caña Africana, respectivamente. También se observó diferencia estadística significativa (P≤ 0.05) en la FCA entre dosis de fertilización, con 14.3 t C ha^{-1} al fertilizar y 9.3 t C ha^{-1} sin fertilizar. Al sumar los valores de FCA por unidad en planta y sistema radicular, la variedad de *P. purpureum* Taiwán es quien captura mayor cantidad de C con 30.7 t C ha^{-1}, 7.8 toneladas arriba tanto de King Grass, como de Caña Africana en 7.3 t. Esto solo de un corte a las 17 semanas después del corte de homogeneidad, pudiéndose obtener un rendimiento por Taiwán de aproximadamente 92.1 t C ha^{-1} anual, considerando tres cortes/año.

La fijación de C observados en este estudio, resultan superiores a los reportados por Ramírez *et al.*(2009), quienes señalan que en pasturas de *Brachiaria humidícola* asociadas con leguminosas herbáceas, presentan capturas de C entre 6.4 y 7.0 t ha^{-1} y a un aproximado del 50% inferiores a las capturas que se llevan a cabo en sistemas agroforestales de alrededor de 204 t ha^{-1}, con incrementos anuales de 1.8 a 5,2 t ha^{-1} reportados por Ibrahim *et al.* (2007) y también por abajo de 260 a 251 t ha^{-1} de los sistemas silvopastoriles de densidad alta y de densidad baja, respectivamente, reportados por Giraldo *et al*. (2008).

CONCLUSIONES

La variedad Taiwán presentó la mayor producción de MS (t MS ha^{-1}) y fijación de C atmosférico, superando en 33% a la variedad King Grass, y en 48.1 % a la Caña Africana. Las variedades de *Pennisetum p.* son una fuente potencial de materia orgánica al suelo con la contribución de MS almacenado en el sistema

radicular, en especial de la variedad Taiwán que conllevan en las mejoras de las propiedades físicas y químicas del suelo. Las variedades de *Pennisetum purpureum* respondieron positivamente a la fertilización basada en análisis de suelo al incrementar en 52 y 110 % el rendimiento de MS en planta y sistema radicular, respectivamente. Las condiciones edafoclimáticas de la localidad El Fraile favorecieron el incremento de MS y FCA en 74%, respecto a la localidad Luna 59. Sin embargo, no influyeron en el porcentaje de MS. Los factores Localidad, Variedad y Fertilización, no influyen en el contenido de materia seca (% MS) de la planta en las tres variedades en estudio. Los tratamientos T7 (Var. Taiwán, Fertilizado, El Fraile), T9 (Var. King Grass, Fertilizado, El Fraile) y T11 (Var. Caña Africana, Fertilizado, El Fraile) fueron los mejores en rendimiento de MS (t MS ha^{-1}), con 59.2, 50.1 y 40.8 t MS ha^{-1}, respectivamente. Asimismo, fueron los mejores en FCA, con 29,6, 25.0, y 20.4 t C ha, respectivamente. Los factores Variedad, Fertilización y Localidad combinados, influyeron en el rendimiento de MS/ha y FCA de la raíz, destacando T7 (Var. Taiwán, Fertilizado, El Fraile), T8 (Var. Taiwán, Sin Fertilizar, El Fraile), T9 (Var. King Grass, Fertilizado, El Fraile), (Var. Caña Africana, Fertilizada, El Fraile), y T1 (Var. Taiwán, Fertilizado, Luna 59), con rendimientos de 53.4, 34, 31.6, 27.2, y 26.9, t MS ha^{-1}, y 26.7, 17.0, 15.8 y 13.4 t C ha^{-1} respectivamente. Los beneficios del cultivo de *Pennisetum p.* estriban en la posibilidad de obtener altos rendimientos de MS/ha/año (63.3 t MS ha^{-1}) para uso industrial. Asimismo, representan además un importante sumidero de carbono, al fijar un aproximado de 31.6 t C ha^{-1}/año en planta, y de 11.8 t C ha^{-1} en el suelo (raíz) a un año de establecidas.

Se sugiere se realicen estudios por al menos tres años consecutivos, donde se estimen además de lo expuesto otros efectos de este tipo de pastizal sobre el medio, como es sobre la erosión del suelo y sobre la extracción de nutrientes del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balderas, G, A. 2012. Potencial de materia seca para papel de ocho variedades de *Pennisetum purpureum,* bajo fertilización y frecuencias de corte. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Úrsulo Galván.

Benavides J.E. 2012. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica" . Disponible en: http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/bnvdes23.htm. Agosto de 2012.

Casanova, L. F. , Petit A. J. y Solorio S. J. 2010. Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. Rev. Chapingo vol.17 no.1 Chapingo ene./abr. 2011

Consejo del Sistema Veracruzano del Agua (CSVA) y INGEVIN, S. A. de C. V. 2011. Tipos de suelo en Veracruz.

Francisco N. N., Turrent F. A., José Luis Oropeza M. J. L., Martínez, M. M. N., y Cortés F. J. I. 2006. Pérdida de suelo y relación erosión-productividad en cuatro sistemas de manejo del suelo. Rev. *TERRA Latinoamericana,* Vol. 24, Núm. 2, abril-junio, 2006, pp. 253-260. Universidad Autónoma Chapingo, México.

García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Koppen de la República Mexicana. Ofset Larios S.A. 4a. edición. México. D.F. 217 p.

Ibrahim M., Chacón M., Cuartas C., Naranjo J., Ponce G., Vega P., Casasola F. y Rojas J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Rev. Agroforestería e n las Américas N º 4 V5, 2007.

Osava, M. 2007. Estudios del Centro de Agrobiología de la estatal Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa) apuntan al capín elefante como una especie de potencial inmensamente superior. IPS Noticias. Martes, Octubre 9th, 2007.

Paredes R. S, Alvarado L. M. E, Domínguez T. A., Perdomo C. J., Utrera L.D. y Forstall C. C. O. 2011. Rendimiento de biomasa de ocho variedades de P*ennisetum purpureum*, bajo fertilización y frecuencias de corte. XXIV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y III del Trópico Mexicano 2011.

Ramírez, B.L., Ramírez H.F. y J C Suárez, J.C. 2009. Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de uso del suelo en la Amazonia Colombiana. Livestock Research for Rural Development, Volume 21, Number 6, June 2009

Ramos T. O., Salas N. L. y Carvajal A. J. 2008. Producción de forraje de *Pennisetum purpureum* (Taiwán var. a-144) fertilizado con nitrógeno y fósforo. Memorias: XXXVI Reunión Anual Asociación Mexicana de Producción Animal. Monterrey, N.L., 1-2 de Diciembre de 2008.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y USOS DE OPOHUIRA VAR. CHÍA ROJA (*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*) Y DE HUIRAPEO VAR. CHÍA NEGRA O PRIETA (*Amaranthus hypochondriacus* raza mixteca)

Juan M. García Andrade[1§]; Eulogio de La Cruz Torres[1§]; Adriana López Monroy[2]; Maricela Ibáñez Montiel[3]; Martín Rubí Arriaga[4]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. [2]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. [3]Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan. [4]Universidad Autónoma del Estado de México. [§]Autor responsable: jmanuel.garcia@inin.gob.mx; eulogio.delacruz@inin.gob.mx.

RESUMEN

Se presenta la caracterización morfológica de planta y de semilla así como valor nutritivo y usos de los pseudocereales Opohuira var. Chía roja (*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*) y de Huirapeo var. Chía negra (*Amaranthus hypochondriacus* raza Mixteca), cultivos que, han sido registrados ante el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de semillas SNICS como variedades de uso común Opohuira (Chía roja) Registro SNICS 2353 CIA 0011911009/C y Huirapeo (Chía negra) registro SNICS 2359 CIA 002 011 209/C. La chía roja es una variedad que solo se encuentra en el Estado de Michoacán y su uso es fundamentalmente como grano, hecho significativo ya que las especies de *Chenopodium* son generalmente usadas como verdura en Mesoamérica (Mapes, 1986). La Chía negra es un amaranto de semilla negra, que acusa el más grave riesgo de extinción toda vez que un sólo productor la cultiva. Con características nutricionales que constituyen un valioso aporte de proteínas y carbohidratos, la chía negra, reclama más atención por parte de etnobotánicos, agrónomos y fitomejoradores, pues su desaparición implicaría la pérdida irreparable de un valioso recurso genético generado a través de muchos años de adaptación.

Palabras clave: Morfológica, Pseudocereales, *Chenopodium*, *Amaranthus*.

INTRODUCCIÓN

Existen un gran número de plantas que fueron cultivadas y consumidas en México durante la época prehispánica, muchas de las cuales fueron domesticadas, otras solo aprovechadas y controladas en el cultivo. Entre ellas podemos mencionar a los quelites, al maíz, fríjol, aguacate, chile, amaranto o alegría, agave, algodón, ciruelas, zapote, nopales y tunas, tomate, etc. (García, 1991).

Los recursos genéticos vegetales que son especies silvestres y primitivas de las plantas cultivadas, razas o variedades locales, cultivares obsoletos, cultivares modernos y genotipos especiales son la base de la subsistencia de la humanidad, y son esenciales para sostener la seguridad agrícola y alimenticia ya que suplen las necesidades básicas y ayudan a resolver los problemas del hambre y la pobreza y dada su vital importancia es necesario conservarlos para beneficio de las generaciones presentes y futuras (López, 2006).

De las dos razas locales que se mencionan, sin duda la que acusa el más grave riesgo de extinción es la chía negra o prieta, toda vez que un solo productor la cultiva. Con características nutricionales que constituyen un valioso aporte de proteínas y carbohidratos (Martínez, 2005), la Chía negra, reclama más atención por parte de etnobotánicos, agrónomos y fitomejoradores, pues su desaparición implicaría la pérdida irreparable de un valioso recurso genético generado a través de muchos años de adaptación (López, 2006). El objetivo del estudio fue realizar la descripción morfológica y usos de la Chía roja o colorada (*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*) y la Chía negra o Prieta (*Amaranthus hypochondriacus* raza Mixteca).

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización morfológica de la Chía roja y Chía negra se realizó en parcelas establecidas en el ejido de Opopeo y Santa María Huiramangaro en el Estado de Michoacán y se utilizaron para Chía roja, descriptores para *Chenopodium.* International Board of Plant genetic Resources. Roma Italia, (IBPGR. 1981), y para Chía negra los descriptores del Centro de investigación de cultivos Andinos Universidad Nacional del Cusco, Perú (CICA, 1982) y para color de semilla la carta de colores de la Royal Horticultural Society 2001). Para obtener la información relativa a la caracterización se tuvieron pláticas con los productores con relación a los pseudocereales y a sus métodos de cultivo participando con ellos en las labores de campo (preparación del terreno, semilla y siembra); posteriormente se etiquetaron 10 plantas al azar para el seguimiento de su desarrollo. A lo largo de todo el ciclo agrícola se tomaron datos de altura de planta, número de ramas, número de entrenudos, diámetro del tallo, longitud y anchura de panoja y de otros caracteres como tipo de crecimiento, porte de la planta, forma, angulosidad, color e intensidad del tallo, presencia de axilas pigmentadas, presencia y color de estrías, tipo de ramificación y posición de ramas; polimorfismo en las hojas de la misma planta, bordes, dientes y color de las hojas básales, color e intensidad de la panoja antes de la madurez, así como tipo, forma y densidad de la panoja.

Finalmente se caracterizó la forma, borde, color y uniformidad del color de la semilla, para la variable color se utilizó la carta de colores publicada por la RHS (Royal Horticultural Society) en el año de 2001. Para la caracterización realizada en las instalaciones del ININ, fue la misma metodología pero bajo condiciones de Invernadero, donde la unidad experimental fueron macetas y se obtuvieron los datos de 15 plantas.

Cuadro 1**.** Datos del material biológico y procedencia.

MATERIAL	NOMBRE CIENTIFICO	COLOR DE SEMILLA	ASPECTO FISICO	TAMAÑO SEMILLA	PROCEDENCIA
CHÍA ROJA	*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*	Rojo y café		1.8 mm.	Materiales colectados en Opopeo, Municipio de Salvbador Escalante Michoacán
CHÍA NEGRA	*Amaranthus hypochondriacus* Raza Mixteca	Negra		1.0 mm.	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción morfológica.

Opohuira variedad de Chía roja de uso común con registro SNICS (2353 CIA 0011911009/C)

La caracterización morfológica de la chía roja establece que es una planta herbácea anual de porte erecto con un tallo de color rojo el cual es prominente y anguloso, con estrías y sin axilas pigmentadas llegando a medir hasta 3.80 m de altura (García, 2005). El color de las estrías del tallo presenta variación, dado que en algunos casos exhiben un color púrpura, en otros la coloración es verde, detectándose también estrías de color amarillo y naranja. El tallo presenta ramificación y sus ramas pueden salir oblicuamente del tallo principal o en algunos casos pueden emerger de la base con cierta curvatura. El número de ramas primarias oscila entre 32 y 41. Las hojas alternas, presentan polimorfismo son lanceoladas y rómbicas con borde dentado generalmente de 3 a 12 dientes existiendo colectas en cuyas hojas se presentan pocos dientes. El color de las hojas básales de la chía roja para las parcelas estudiadas en este ejido son en su mayoría verde, presentándose también hojas de color rojo y púrpura (Figura 1).



Figura 1. *Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae* (Chía roja o colorada).

Las panojas o inflorescencias son en general de forma amarantiforme, diferenciadas y terminales con densidad intermedia, habiéndose también encontrado plantas con panoja compacta. Antes de la madurez la inflorescencia presenta un color rojo, cuando llega a su madurez el color cambia a púrpura, aunque en algunos ejemplares el color que presentaron antes de la madurez se mantuvo hasta la cosecha. Los valores relativos a las variables diámetro y espesor de la semilla de chía roja oscilan de los valores de 1.5 a 1.7 mm para el caso del diámetro y 0.9 a 1.0 mm para el espesor. Con relación a peso de 100 semillas se puede observar que el valor oscila entre 0.14 y 0.48 g. Respecto a la variable densidad de semilla para la chía roja, los valores oscilaron entre 0.72 gr/ml (Figura 1)

Huirapeo variedad de chía negra de uso común con registro SNICS (2359 CIA 002 011 209/C).

Dentro de las especies de *Amaranthus* Chía blanca y Chía negra, sin duda la Chía blanca o alegría es la que más se ha estudiado a nivel mundial habiéndose generado incluso algunas variedades (Kauffman, 1990). Sin embargo sobre la raza local Chía negra se ha escrito muy poco y es el pseudocereal que acusa el más grave riesgo de extinción toda vez que un solo productor la cultiva. Con características nutricionales que constituyen un valioso aporte de proteínas y carbohidratos (Martínez, 2005), la chía negra, reclama más atención por parte de etnobotánicos, agrónomos y fitomejoradores, pues su desaparición implicaría la pérdida irreparable de un valioso recurso genético generado a través de muchos años de adaptación (López, 2005; García *et al*., 2010).

El *Amaranthus hypochondriacus* raza Mixteca Huirapeo*,* conocida locamente como Chía negra o prieta, es una planta herbácea anual erecta, la altura es variable dependiendo de las condiciones ambientales con el tallo principal prominente, cilíndrico, marcado con estrías de apariencia acanalada de color amarillo y sin axilas pigmentadas, el color de su tallo es verde-amarillento de tono claro, este presenta ramificación y sus ramas salen oblicuamente de la base, sus hojas son polimórficas de forma ovalada y de color verde su borde es entero. Su panoja o inflorescencia es diferencial, terminal y de forma amarantiforme con una densidad compacta, antes de su madurez presentan un color verde, anaranjada o púrpura de diversos tonos de medio a oscuro, mientras que en su madurez su color es verde o amarillo presentando tonos medios y oscuros. Cabe aclarar que de la descripción de esta raza local corresponde a ejemplares colectados en la única parcela en la que se cultiva en la región López, 2005; García *et al*., 2010.



Figura 2. *Amaranthus hypochondriacus* raza *Mixteca* (‘Chía negra o prieta’).

Opohuira var. Chía roja

Las semillas de Opohuira presentan gran variabilidad en cuanto a sus características morfológicas sus valores oscilan 1.5 a 1.7 mm para el caso del diámetro y 0.9 a 1.0mm para el espesor. Para peso de 100 semillas va de 0.14 a 0.48 g. La forma de la semilla es redonda, lenticular con borde liso.

Las semillas de la ‘Chía roja’ presentan una gran variedad de colores, los cuales van de tonos muy claros hasta tonos fuertes, según los lugareños, la semillas se va decolorando conforme pasa el tiempo pero si se mantienen las condiciones de almacenamiento el tono se mantiene (Figura 3). Para la semilla de la chía

Cuadro 2. Descripción morfológica de Opohuira var. Chía roja (*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*) y de Huirapeo var. Chía negra (*Amaranthus hypochondriacus* raza Mixteca).

Descriptores	Opohuira	Huirapeo
Tipo de crecimiento	Herbáceo	Herbáceo
Porte de la planta	Erecto	Erecto
Formación de tallo	Prominente	Prominente
Angulosidad del tallo	Anguloso	Cilíndrico
Color del tallo	Rojo	Verde – Amarillo
Intensidad del color del tallo	Medio	Claro
Presencia de estrías	Presentes	Presentes
Color de las estrías	amarillas	Verde-claro
Presencia de ramificación	Presente	Presente
No. de ramas	24-38	24
Posición de las ramas	Oblicuas	Oblicuas
Axilas pigmentadas	Ausentes	Ausentes
Forma de las hojas	Lanceoladas	Ovaladas
Polimorfismo en hojas	Presente	Presente
Borde de las hojas	Dentado	Entero
Dientes en las hojas basales	3-8 dientes	Sin dientes
Relación long./ancho de hojas superiores	2.44	1.95
Relación long./ancho de hojas inferiores	2.31	1.91
Longitud de las hojas	7.9	21.0
Ancho de las hojas	3.6	11.5
Longitud de peciolo	4.1	8.6
Color de hojas básales	Verdes, rojas, púrpuras	Verdes
Tipo de panoja	Diferenciada y terminal	Diferenciada y terminal
Forma de panoja	Glomerulada	Amarantiforme
Densidad de la panoja	Compacta	Compacta
Color de la panoja	Verde, Amarilla, naranja, púrpura,	Verde, púrpura
Color de la panoja antes de la madurez	Verde, beige, púrpura	Anaranjada, púrpura
Color de la panoja en la madurez	Púrpura, verde, beige	Anaranjada, negra
Intensidad del color de la panoja	Claro, medio	Medio, oscura
Color de la panoja en la cosecha	Roja, púrpura	Negra
Intensidad del color de la panoja en cosecha	Claro, medio	Oscura
Longitud de la panoja	22.9 cm.	55.9 cm.
Diámetro de la panoja	3.8 cm.	7.2 cm.
Forma de la Semilla	Lenticular	Lenticular
Color de la semilla	Roja, café	Negra
Diámetro de la semilla	1.2 mm.	1.3 mm.
Espesor de la semilla	0.63 mm.	0.9 mm.
Tipo de raíz	Pivotante	Pivotante
Longitud de la raíz	9.7 cm.	14.5 cm.

López, 2006; Ibáñez, 2011.

roja por lo menos se pueden encontrar 22 tonos diferentes de rojo (López 2006). Respecto al color de tallo y estrías la Opohuira var. chía roja presenta gran variación de colores al igual que las hojas e inflorescencia llegándose a encontrar tonos de color: verde, amarillas, rojas, anaranjadas y purpuras (López, 2006).



Figura 3. Semilla de Opohuira var. Chía roja o colorada (*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*)

Huirapeo var. Chía Negra

Las semillas de Huirapeo var. Chía negra, es negra y muy brillosa, su diámetro va de 1.1 a 1.3 mm con un espesor de 0.9 mm y una densidad de 0.92 (gr/ml), el peso de 100 semillas suele ser de 0.08 gramos. El color de la semilla es negro brillante (202A de acuerdo a la carta Royal Horticultural Society 2001) totalmente uniforme. La forma de la semilla puede ser redonda y lenticular con borde liso (López, 2006). El color del tallo suele ser de un color uniforme, siendo de color verde, de igual manera las hojas presentan el mismo color, aunque en ocasiones llegan a presentan diferentes tonalidades de verde. Referente a las inflorescencias de Huirapeo var. Chía negra presentan colores en verde y algunos en purpura, a estas los agricultores las conocen como espigas (López, 2006).

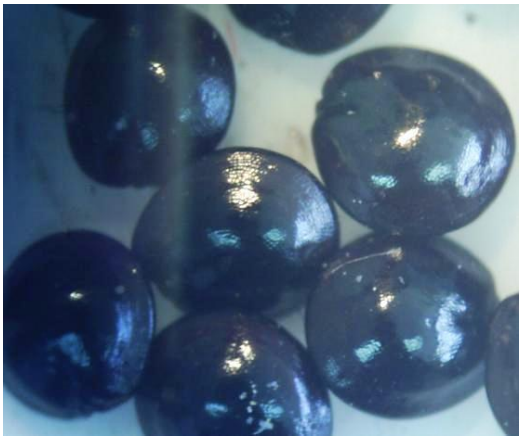


Figura 4. Semilla de Huirapeo var. Chía negra o prieta *(Amaranthus hypochondriacus* raza *Mixteca*).

Usos

Opohuira va. Chía roja

La Chía roja es destinada únicamente al uso de grano del cual se obtiene una harina para la elaboración de tortillas y tamales dulces llamados “chapatas”, esta harina en ocasiones se suele combinar con harina de maíz o trigo (Heiser, 1985 y Mapes, 1984). Aunque en general la planta se puede aprovechan casi en su totalidad por su gran valor nutritivo; las hojas frescas, los tallos y ramas tiernas se consumen como verduras, preparándose fritos como quelites (La palabra quelite proviene del vocablo Náhuatl (quilitl), que significa legumbre, hierba o verdura comestible y se aplicaba a las plantas tiernas que consumían cotidianamente nuestros antepasados.) Morgan, T. (2010)

Huirapeo var. Chía negra

El amaranto es usado tanto en la alimentación humana, como en la animal, de modo que la planta puede utilizarse en su totalidad (Garciadiego y Herrerías, 1998).

a) Alimentación humana

El grano de Chía negra (Amaranthus *hypochondriacus* raza *Mixteca*) puede ser convertido en harina ya sea tostada, reventada o hervida para preparar desayunos, sopas, postres papillas, atoles, bebidas y mucho más. El amaranto no es panificable por la ausencia de gluten, pero se puede adicionar a la harina de trigo o maíz para la panificación y repostería (López, 2005) y en su forma tierna, las hojas e incluso las plántulas hasta la fase fenológica de ramificación en reemplazo de hortalizas, se le aprovecha como verdura y quelite, pudiéndose hervir como si fuera espinaca o acelga (Mujica *et al*., 2001; Bye y Linares 2000). Como se puede observar existen muchas formas de consumo del amaranto, pero en la mayoría de los casos el uso es a través de mezclas o utilizándolo como complemento o suplemento (Alejandre y Gómez, 2000). Mapes *et al.* (1996) mencionan que al *Amaranthus hypochondriacus* raza *Mixteco* en la región de Puebla se usa exclusivamente como vegetal (solamente durante la semana santa se utiliza la semilla para preparar atole) mientras que en la región de Pátzcuaro, Michoacán se le usa únicamente como grano. En ambas regiones a esta especie se le encuentra en asociación con maíz, calabaza y en ocasiones con haba, sus inflorescencias producen semillas negras. En Pátzcuaro esta planta a diferencia de otras regiones de México sus semillas no se hacen estallar sino se muelen y se mezclan con el maíz para su consumo (Mapes, 1984).

En Opopeo, Casas Blancas y Sta. María Huiramangaro en el Estado de Michoacán se pudo observar el consumo de las Chía negra, con la cual se preparaban tortillas y tamales dulces conocidos como *chapatas*,

que se elaboran con la semilla entera de chía molida con maíz nixtamalizado y azúcar. (García y De la Cruz, 2010).

b) Alimentación animal

La planta al estado fresco en algunas regiones se llega a utilizar toda o solo parte de ella, hasta la formación de la inflorescencia como: hojas, semillas o el rastrojo, para la alimentación del ganado, esto debido a su gran contenido proteínico y a su digestibilidad, sobre todo para combinar con otras especies forrajeras (Cervellini *et al*., 1994; Mújica *et al*., 1997). En combinación con diversos granos el amaranto suele ser utilizado para alimento de aves de corral y por sus vistosos colores y formas de la inflorescencia es utilizado como ornato en jardines y parques (Iteno *et al*., 2002).

Consideraciones nutricionales

Las especies de *Chenopodium* presentan grandes propiedades nutritivas. La mayoría presentan cantidades grandes de hierro en la forma de compuestos orgánicos digestibles y presentan un gran contenido de vitaminas y minerales, el cual es alto comparado con otros cereales (López, 2006). La Chía negra es una fuente importante de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, superando a cereales como el maíz y el trigo según se puede apreciar en el Cuadro 1. El registro de la Chía roja y de la Chía negra es importante ya que en primer término permite hacer del conocimiento de la comunidad científica de la existencia de estos cultivos prácticamente extintos, resalta su notable valor nutritivo y sienta las bases para su conservación y mejoramiento.

CONCLUSIONES

Un aspecto importante a destacar es la ausencia de saponinas en la chía roja que a abundan en otros pseudocereales del género *Chenopodium*, confiriendo sabor amargo a la semilla. Por lo anterior la chía roja constituye un valioso plasma germinal para el mejoramiento de cultivos como la quinua y el huauzontle, razón por la que su caracterización y registro constituyen un importante avance en el proceso de mejoramiento y aprovechamiento. El registro de la chía negra es importante ya que en primer término permite hace del conocimiento de la comunidad científica de la existencia de este cultivo prácticamente extinto, resalta su notable valor nutritivo y sienta las bases para su conservación y mejoramiento.

Cuadro 3. Propiedades alimenticias de Opohuira var. Chía roja o colorada (*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*) y de Huirapeo var. Chía negra o prieta (*Amaranthus hypochondriacus* raza Mixteca) comparados con cereales en promedio (contenido en 100 gr. de peso fresco) (Martínez, 2005; García *et al*., 2010).

Cuadro 1. Propiedades alimenticias de *Chenopodium* y Amaranthus comparados con cereales en promedio (contenido en 100 gr. de peso fresco).

Nombre común	Cereal	Chía roja Opohuira	Chía negra Huirapeo
Energía alimenticia (Calorías)	342	303	313
Proteína (gramos)	11.0	15.8	15.6
Lípidos (gramos)	2.70	4.06	4.96
Carbohidratos Totales (gramos)	73.0	67.7	64.0

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alejandre I. G y Gómez L. F. (2000). Cultivo del Amaranto en México Universidad Autónoma Chapingo coacción cuadernos universitarios serie agronómica No. 12 departamento de zonas áridas México 245 Pág.

CICA. (1982). Descriptores para *Amaranthus spp*. Centro de investigación de Cultivos Andinos. Universidad Nacional del Cusco, Perú.

García, A. J. M., De la Cruz, T. E., López, M. A., Mapes, S. C. y Pérez, A. E. (2010). Mediante su registro ante el SNICS: Huirapeo y Opohuira, protegiendo el germoplasma de pseudocereales. (Poster) XX Congreso Técnico Científico ININ-SUTIN.

Ibáñez Montiel Maricela. (2011). Caracterización del desarrollo fenológico de dos especies de pseudocereales: Amaranthus hypochondriacus raza Azteca y raza Mixteca; y Chenopodium berlandieri subsp. Nuttalliae cv. Huauzontle y cv. Chía roja. Tesis de Licenciatura en Biología. TESH. pp. 67-74.

IBPGR. 1981. Descriptores para *Chenopodium.* International Board of Plant genetic. Resources. Roma Italia.

Iteno K., Mujica A, Jacobsen S.E. (2002). Amaranto como un cultivo nuevo en el Norte de Europa. Agronomía Tropical 52(1) pp. 109-119

Kauffman C. S. (1990). Observaciones sobre las investigaciones preliminares para el desarrollo de variedades mejoradas de amaranto de grano en cinco países. En: El amaranto (*Amaranthus spp*) su cultivo y aprovechamiento. Compiladores Trinidad, A., F. Gomes y G. Suárez. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. .pp. 280 – 288.

López M, A. (2006). Estudio de los recursos genéticos de los seudocereales Chía roja *(Chenopodium berlandieri* ssp. *Nuttalliae)* y amaranto *(Amaranthus spp.)* En los ejidos de Opopeo y Santa María Huiramangaro, Michoacán. Tesis de Licenciatura en Biología. UMSNH. 154 p.

Mapes, S. C. (1986). Una revisión sobre la utilización del género *Amaranthus* en México. Memorias del Primer Seminario Nacional de Amaranto. Colegio de Postgraduados SARH. Chapingo, México. Vol. 1. pp. 388-403.

Martínez G.N.C. (2005). Caracterización física y bromatológica de germoplasma de pseudocereales: *Chenopodium berlandieri* ssp. *Nuttalliae* y *Amaranthus* spp. Tesis de Licenciatura. Químico en Alimentos. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Toluca, Estado de México. 78 p.

Mujica A., Izquierdo J., Marathee J.P. (2001). Quinua (*Chenopodium quínoa* Willd) ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Santiago de Chile pp.3

RHS. (2001). Carta de colores. Royal Horticultural Society. Wisley, Surrey. UK.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Solanum lycopersicon* L.) CON ABONOS ORGÁNICOS Y MICORRIZA BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS

Ignacio Garay Peralta§; Alfredo Díaz Criollo; Jacel Adame García; Brígido Castrejón Sánchez; Marco A. Díaz Ramos; Jaime Perdomo Contreras

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Veracruz, Ver. §Autor responsable: gapimaster_18@terra.com.mx

RESUMEN

En la actualidad existe un enorme interés así como la necesidad de reducir el uso de productos químicos debido a un alto grado de contaminación y reducción de costos en los ciclos de los cultivos, para lo cual los abonos orgánicos podrían ser una excelente opción, siempre y cuando se utilicen adecuadamente. Para determinar si los abonos orgánicos pueden sustituir a los fertilizantes químicos se realizó un experimento el cual tuvo como finalidad utilizar diferentes niveles de vermicomposta y estiércol solarizado, asociado con micorriza y sin ella para saber si hay una simbiosis, así como evaluar la producción, bajo condiciones semicontroladas. La siembra se realizó en dos charolas de 200 cavidades, a las cuales se les puso vermicomposta de sustrato germinador, después se procedió a depositar 110 semillas, en cada charola, esto se hizo debido a que en una charola fue inoculada con la micorriza. El trasplante se realizó a los 34 días después de la siembra (dds), para lo cual se utilizaron macetas de plástico de color negro las cuales tenían un volumen de 13.8 lt. Más la cantidad de sustrato respectivamente con su tratamiento. Las mezclas utilizadas fueron 0 t ha^{-1}, 3 t ha^{-1}, 6 t ha^{-1}, 9 t ha^{-1} (de vermicomposta), 0 t ha^{-1}, 20 t ha^{-1}, 40 t ha^{-1}, 60 t ha^{-1} (de estiércol solarizado) así como un tratamiento con fertilizante químico con la dosis 100-60-00 (NPK) y otro con solo arena. El diseño utilizado fue un completamente al azar con 18 tratamientos y cuatro repeticiones. Posteriormente se realizó una prueba de comparación de medias por el método de Duncan. El tratamiento con mayor producción fue el 3, con 60, 387 kg ha^{-1}, los mejores tratamientos en grosor de tallo, fueron: 18 y 10 respectivamente.

Palabras clave: Vermicomposta, estiércol solarizado, micorriza, sustrato, cavidades.

INTRODUCCIÓN

Hoy día existe un creciente interés por utilizar fuentes orgánicas para mejorar la fertilidad de los suelos y como un intento de regresar a sistemas naturales de producción orgánica (citado por Producción orgánica de tomate bajo invernadero, 2005). Una de las alternativas a los productos químicos es la Vermicomposta y el uso de micorriza cuya técnica, además de recuperar energía de desechos orgánicos, permite disponer

de nutrimentos suficientes para la planta. Este proceso se lleva a cabo en el intestino de la lombriz de tierra (*Einsenia foetida*), cuyo producto final es un material rico en nutrimentos, fácilmente asimilable por las plantas y al aplicarse al suelo, ayuda a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo (citado por Manjarrez *et al.,* 1999).

Existen reportes del efecto positivo de la micorriza en conjunto con la materia orgánica aplicada como composta o simplemente como estiércol o residuos de cosecha, en el desarrollo de las plantas (citado por Manjarrez *et al.* 1999). Sin embargo pocas investigaciones en México han evaluado su efecto en especies de interés Hortícola. Los principales estados con producción orgánica en México son: Chiapas, Oaxaca, Chihuahua, Sinaloa, Colima, Michoacán, Baja California Sur, Guerrero, Jalisco, Veracruz y Sonora. Se estima que alrededor del 90% de la producción de orgánicos de México se orienta a la exportación (Ruiz, 2005).

También es importante señalar que un problema en la Comarca Lagunera es la cantidad que se produce anualmente de estiércol (650, 000 ton/año), en base seca (Márquez, *et al*. 2006). Y una de las alternativas que se tendría es vermicompostear o solarizar el estiércol, para poder usarlo como un abono orgánico en la producción de hortalizas (Figueroa, 2007). El cual puede ser mezclado con arena, para mejorar las características de los sustratos.

La agricultura orgánica tiene mejores oportunidades en el mercado y con un mayor valor comercial. Es por esto que el presente trabajo realizado en la Facultad de Agricultura y Zootecnia del Estado de Durango pretende probar el máximo rendimiento de tomate en sustratos de estiércol solarizado y vermicomposta, asociados con micorriza. Así se genera investigación que sirva de base para sustituir los fertilizantes químicos por productos orgánicos, sin que se disminuya la producción y estos ayude a que se conserve el medio ambiente y los recursos naturales sin aumentar la contaminación por productos químicos, bajo condiciones semicontroladas o semiprotejidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue realizado en el invernadero de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED), ubicado en lo paralelos 25º 47´ 09.11´´ de Latitud Norte y los

Meridianos 103º 21´ 03.04´´ de Longitud Oeste, con una altura sobre el nivel del mar (msnm) de 1 109 m (Google Earth, 2007). El invernadero es de (13 de ancho) (19 de largo), el cuál esta dividido en tres secciones y cuenta con un extractor en la parte superior y nebulizadores para bajar la temperatura, también tiene maya sombra y esta cubierto por maya anti-áfidos.

La semilla de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) que se utilizó fue un hibrido imperial tipo bola, puesto que se usa mucho en la zona para invernaderos, el cuál es de crecimiento indeterminado. La siembra se realizó el 27 de febrero del 2007, en charolas de 200 cavidades, las cuales fueron llenadas con vermicomposta como sustrato germinador, esta fue previamente mojada para no regar las charolas el día de la siembra, se utilizaron dos charolas debido a que una fue inoculada con el hongo BuRIZE, estas fueron trasplantadas el 2 de abril del 2007 a las macetas, hay que señalar que antes del transplante se llevaron tres plantas de las inoculadas al laboratorio de la FAZ-UJED, para comprobar que si estaban inoculadas por el hongo, se utilizo suelo arenoso, para el llenado de las macetas, él cuál fue cribado por una maya de cinco milímetros para quitarle los restos de semillas de arvenses o la materia orgánica y algunos nematodos en caso de que los presentará, para posteriormente vaciarlo a las macetas, previamente mezclado con su tratamiento. Después de ser llenadas y distribuidas de acuerdo con el diseño, se procedió a trasplantar, los riegos se hacían de forma manual y los nebulizadores y el extractor se prendían a medida que se incrementaba la temperatura; es importante señalar que las plantas tenían una distancia entre ellas de 0.40 m y de ancho 1 m para tener una densidad de 25 000 plantas ha^{-1}.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 18 tratamientos y cuatro repeticiones, los tratamientos estaban conformados de la siguiente forma: T1 Arena + 0 t ha^{-1}+ micorriza, T2 Arena + 3 t ha^{-1} de vermicomposta+ micorriza, T3 Arena 6 t ha^{-1} de vermicomposta + micorriza, T4 Arena + 9 t ha^{-1}de vermicomposta + micorriza, T5 Arena + 0 t ha^{-1}+ micorriza, T6 Arena + 20 t ha^{-1} de estiércol solarizado + micorriza, T7 Arena + 40 t ha^{-1} de estiércol solarizado + micorriza, T8 Arena + 60 t ha^{-1}de estiércol solarizado + micorriza, T9 Arena + 0 t ha^{-1}, T10 Arena + 3 t ha^{-1}de vermicomposta, T11 Arena + 6 t ha^{-1} de vermicomposta, T12 Arena + 9 t ha^{-1} de vermicomposta, T13 Arena+ 0 t ha^{-1} de estiércol solarizado, T14 Arena + 20 t ha^{-1} de estiércol solarizado, T15 Arena+ 40 t ha^{-1} de estiércol solarizado, T16 Arena + 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado, T17 Arena, T18 Arena + fertilización química (100-60-00 de NPK) (Vázquez, 2006). Las variables altura, grosor de tallo eran medidas cada 15 días después del trasplante (ddt) y rendimiento después de cada corte, a los frutos se les media diámetro ecuatorial, diámetro polar, porcentaje de grados

Bríx. Las medias obtenidas por los tratamientos fueron analizadas en el SAS por el método de Duncan para saber si había o no diferencias estadísticas, así como saber cuál fue el mejor tratamiento de acuerdo a la variable medida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que las variables altura de planta (Figura 1) y rendimiento (Figura 2) no presentaron diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza, pero la variable diámetro de tallo (Cuadro 1) si presento diferencias significativas, a continuación se muestra unas graficas, para los tratamientos que no mostraron diferencia y un cuadro para el que tienen diferencias, con las medias de las variables medidas.

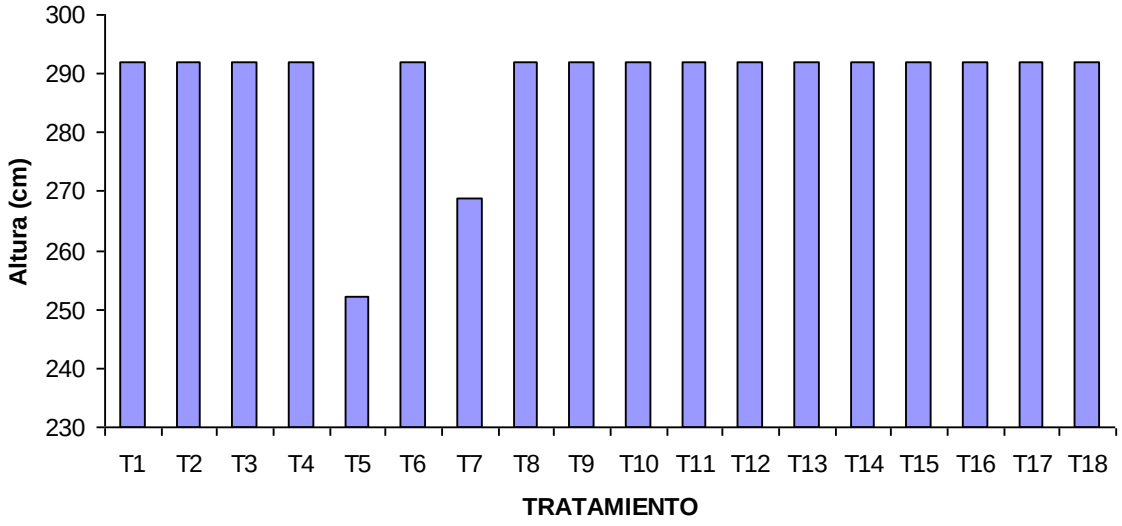


Figura 1. Altura promedio de la planta de tomate, DEP-FAZ-UJED, 2007.

En la variable altura de planta no hubo diferencias estadísticas, pero cabe recalcar que para ésta se utilizó únicamente la última lectura y como las plantas se cortaban a cierta altura (2.92 m), quizá por eso no se encontraron diferencias. Sin embargo, se observa que los tratamientos: 5 y 7, no alcanzaron esa altura (2.92 m). En la Figura 2 se muestra el rendimiento de los diferentes tratamientos evaluados en el cultivo de tomate.

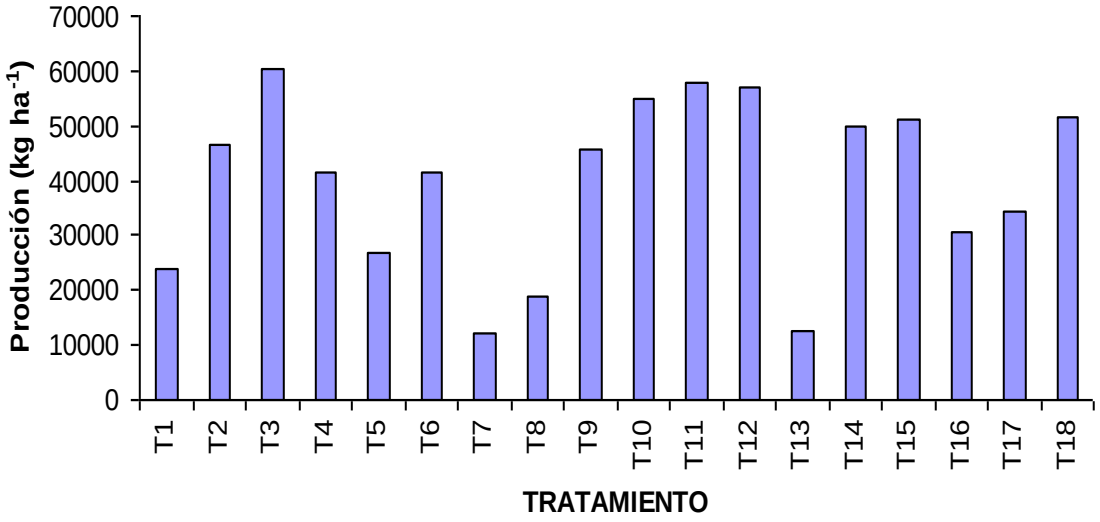


Figura 2. Producción promedio de tomate por tratamiento, DEP-FAZ-UJED, 2007.

Con base en la Figura 2 se muestra que hay diferencias numéricas entre tratamientos, pero no hay diferencias estadística, los tratamientos que más producción presentaron fueron: tratamiento 3 el cual produjo 60, 387.5 kg ha^{-1}, el 12 con 57, 115.6 kg ha^{-1}, y el 10 con 50, 079 kg ha^{-1}, aun que claro no existe diferencia estadística entre los demás tratamientos.

Para la variable grosor de tallo que también se corrió en el programa SAS la última lectura y si se encontraron diferencias estadísticas, a continuación se muestran los tratamientos con sus respectivas letras, en el cuadro 1: 18 (A), 10 (A), 3 (B), 4 (B), 12 (B), 11 (B), 15 (B), 14 (B), 5 (B), 6 (B), 9 (B), 2 (B), 17 (C), 13 (D), 1 (E), 16 (F), 7 (F) y 8 (F). Por lo anterior los tratamientos que mostraron diferencia fueron: T18 y T10, los cuales superaron a: T16, T7 Y T8.

Con base en el Cuadro 1, se puede decir que los tratamientos: 18, 10 y 13 son superiores a los tratamientos 16, 7 y 8, en cuanto a diámetro de tallos se refiere, aún que es importante mencionar que ésta variable no influyo en el rendimiento, puesto que los diferentes tratamientos en la variable producción de tomate no mostraron diferencia estadística.

Cuadro 1. Valores de medias de grosor de tallo por tratamiento-FAZ-UJED, 2007.

Tratamiento	Media en (mm)
18	16.00 A
10	16 .00 A
3	15.50 A
4	15. 25 B
12	15.00 B
11	14.75 B
15	14.50 B
14	14.50 B
5	12.75 B
6	12. 75 B
9	12. 50 B
2	12.50 B
17	12.00 C
13	**11.75 D**
1	**11.50 E**
16	**11.00 F**
7	**10.75 F**
8	**10.75 F**

Duncan al 5%.

CONCLUSIONES

Se recomienda seguir realizando investigaciones con abonos orgánicos puesto que el tratamiento tres supera a la dosis de fertilización, aunque los análisis estadísticos no demostraron diferencia en cuanto a producción y altura de planta, por lo cual podríamos decir que al utilizar un abono orgánico, asociando con el hongo, se puede superar o tener la misma producción que se obtiene con el fertilizante químico y con esto se contamina menos el suelo y el medio ambiente, puesto que la vermicomposta es orgánica y es más fácil de degradar para los microorganismos del suelo, así como también conserva el medio ambiente sin que esto influya en el rendimiento.

Se encontró diferencia estadística en la variable grosor de tallo y los mejores tratamientos fueron: 18, 10 y 3 los cuáles son mejores que los tratamientos: 16, 7 y 8, puesto que estos mostraron diferencias estadísticas, pero está variable no influyo en la producción.

Es importante mencionar que a pesar de que no se encontró diferencia estadística entre los diferentes tratamientos el tres, es el que obtiene más de 60 t ha^{-1}, lo cual es una producción bastante buena considerando que la media de la Comarca Lagunera es de 50 t ha^{-1}.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Figueroa, V. U. 2007. Uso y aportaciones minerales en compostas. En elaboración y usos de compostas en nogal pecanero. Memoria técnica 25. INIFAP, Campo Experimental Costa de Hermosillo.

Google Earth, 2007. Localización geográfica del invernadero de la FAZ-UJED.

Manjarrez. M. J., Ferrera. C. R., Gonzáles. C. 1999. Efecto de la Vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y la tasa fotosintética de chile serrano. Terra. Volumen 17. 85pp.

Márquez, R. J. L., Figueroa, V. U., Cueto, W. J. A. y Palomo, G. A. 2006. Eficiencia de recuperación de nitrógeno de estiércol bovino y fertilizante, en una rotación sorgo-trigo para forraje. AGROFAZ 6:145-151.

Producción orgánica de tomate bajo invernadero. 2005. disponible en: http://www.monografias.com/trabajos16/tomate-organico/tomate-organico.shtml, recuperado el 21 de julio del 2005.

Ruiz, F. F. 2005. El Desarrollo de la Agricultura Orgánica en México. Disponible en: http://cecadesu.semarnat.gob.mx/biblioteca_digital/la_hoja/hoja_1_5.shtml, recuperado el 16 de agosto del 2005.

Vázquez, G. A. 2006. Efecto del estiércol de bovino y acolchado plástico en la producción de tomate. Tesis de maestría. DEP-FAZ-UJED. 65 pp.

Statystical Analysis Sistem for Windows (SAS). 2002. Insitute Inc. Cary, NC, USA.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

CALIDAD DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.), CON ABONOS ORGÁNICOS Y MICORRIZA BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS

Ezdeiby Utrera Flores§; Ignacio Garay Peralta; José C. Martínez Vázquez; Alfredo Díaz Criollo; Marco A. Díaz Ramos; Ramiro Sánchez Uranga

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz. §ezdeibyu@hotmail.com

RESUMEN

Para comprobar si los abonos orgánicos asociados con micorriza o sin ella, sustituyen a los fertilizantes sintéticos, en cuanto a calidad del fruto, se realizó ésta investigación en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED), en la cual se probaron diferentes niveles de abonos orgánicos (vermicomposta y estiércol solarizado), asociados con el hongo BuRIZE o sin él, según tratamiento, bajo condiciones semicontroladas. La siembra se realizó en charolas de 200 cavidades con vermicomposta de sustrato germinador. Cada charola recibió 110 semillas y una de ellas se inoculó con la micorriza. El trasplante a bolsas de plástico color negro de 13.8 L se realizó 34 días después de la siembra, además del sustrato respectivo. Las mezclas utilizadas fueron 0, 3, 6 y 9 t ha^{-1} de vermicomposta; 0, 20, 40 y 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado y; fertilizante químico con la dosis 100-60-00 (NPK) y otro sólo con arena. El diseño utilizado fue completamente al azar con 18 tratamientos y cuatro repeticiones. Posteriormente se realizó una prueba de comparación de medias con Duncan. Los tratamientos con mayor rendimiento estuvieron en función del mayor número de frutos de calidad 3, buena calidad para el mercado.

Palabras clave: Vermicomposta, condición semicontrolada, estiércol solarizado, micorriza, mezclas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe interés por utilizar fuentes orgánicas y evitar el empleo de insumos químicos, los cuales encarecen la producción del cultivo; además de que mejoran la fertilidad de suelos y regresar a sistemas naturales de producción orgánica (http://www.monografias.com/trabajos16/tomate-organico/tomate-organico.shtml). Una alternativa para sustituir los fertilizantes químicos es la aplicación de vermicomposta o estiércol solarizado. El vermicompostaje se lleva a cabo en el intestino de la lombriz de tierra (*Einsenia foetida*), cuyo producto final es un material rico en nutrimentos, fácilmente asimilable por las plantas, y que ayuda a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Manjarrez *et al.* 1999). Por otro lado, la producción de hortalizas es favorecida por la inoculación de micorrizas y abonos

orgánicos como complemento (Manjarrez *et al*., 2006). En cambio, la utilización de soluciones o productos químicos para nutrir las plantas, disminuye cuando se utilizan sustratos orgánicos elaborados con arena, vermicomposta o composta, en la producción de tomate bajo invernadero, sin afectar cantidad y calidad de los frutos o la producción (Santana *et al*., 2006).

Uno de los problemas que existen en la Comarca Lagunera es la cantidad anual de estiércol seco producido en establos (650, 000 t/año) (Márquez *et al*., 2006). Una de las alternativas que se tiene es vermicompostear o solarizar el estiércol, para poder usarlo como abono orgánico en la producción de hortalizas (Figueroa, 2007). La cual puede ser mezclada con arena, para mejorar las características de los sustratos.

Hoy en día, los productos orgánicos tienen mayores ventajas de comercialización en el mercado, por su valor agregado, por no utilizar insumos químicos en su producción y adquieren un sobreprecio. Es por esto que el presente trabajo realizado en la Facultad de Agricultura y Zootecnia del Estado de Durango, pretende probar cuál es el tratamiento o los tratamientos que tienen mejor calidad de fruto de tomate, según la clasificación que existe, bajo condiciones semicontroladas. Así se genera investigación que sirva de base para sustituir los fertilizantes químicos por productos orgánicos, sin disminuir la calidad y a la conservación el medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue realizado en el invernadero de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED), ubicado a 25º47'09.11" N y 103º21'03.04" Oeste, a 1,109 m de altura (Google Earth, 2007). El invernadero tiene 13 m de anchura y 19 m de longitud, está dividido en tres secciones y cuenta con un extractor en la parte superior y nebulizadores para bajar la temperatura; también posee maya sombra y malla anti-áfidos.

La semilla de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) que se utilizó fue el Híbrido Imperial, tipo bola y crecimiento indeterminado, ampliamente usado en invernaderos de la zona de estudio. La siembra se realizó el 27de febrero de 2007 sobre vermicomposta como sustrato germinador, previo remojo.Se utilizaron dos charolas, debido a que una fue inoculada con el hongo BuRIZE. El trasplante a macetas se hizo el 2 de abril de 2007, pero antes de ésta actividad, se muestrearon tres plántulas de tomate y se condujeron al laboratorio de la FAZ-UJED, para comprobar la efectividad de la inoculación del hongo. El suelo arenoso utilizado se cribó en malla de 5 mm, con el fin eliminar restos de semillas o de plantas de

arvenses, materia orgánica y organismos. Posteriormente, la arena lavada se llevó a las macetas y se mezcló con el sustrato respectivo. Después de ser llenadas y distribuidas de acuerdo con el diseño, se procedió a trasplantar; los riegos se hicieron en forma manual y La densidad de 25 000 plantas/ha se logró con un arreglo topológico de 0.40 m y 1 m de separación.

El diseño experimental fue completamente al azar, al comprender 18 tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: T1, Arena + 0 t ha^{-1}+ micorriza; T2, Arena + 3 t ha^{-1} de vermicomposta + micorriza; T3, Arena + 6 t ha^{-1} de vermicomposta + micorriza; T4, Arena + 9 t ha^{-1}de vermicomposta + micorriza; T5, Arena + 0 t ha^{-1}+ micorriza; T6, Arena + 20 t ha^{-1} de estiércol solarizado + micorriza; T7, Arena + 40 t ha^{-1} de estiércol solarizado + micorriza; T8, Arena + 60 t ha^{-1}de estiércol solarizado + micorriza; T9, Arena + 0 t ha^{-1}; T10, Arena + 3 t ha^{-1} de vermicomposta; T11, Arena + 6 t ha^{-1} de vermicomposta; T12, Arena + 9 t ha^{-1} de vermicomposta; T13, Arena+ 0 t ha^{-1} de estiércol solarizado; T14, Arena + 20 t ha^{-1} de estiércol solarizado; T15, Arena+ 40 t ha^{-1} de estiércol solarizado; T16, Arena + 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado; T17, Arena; T18, Arena + fertilización química (100-60-00 de NPK) (Vázquez, 2006).

La calidad del fruto por corte, se evaluó al medir diámetro ecuatorial y clasificados en chico (54 a 56 mm), mediano (57 a 62 mm), grande (63 a 69 mm), extra grande (70 a 82 mm) y Máx. extra grande (83 a 90 mm) (SAGARPA, BANCOMEXT y Secretaría de Economía, 2007). Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y a prueba de comparación de medias con Duncan (SAS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación para calidad se observa en la Figura 1. Ésta se modificó por un número para posteriormente hacer los análisis estadísticos, los números designados fueron: 1 (Máx. extra grande), 2 (extra grande), 3 (grande), 4 (mediano) y 5 (chico).

Los resultados comprenden para cada calidad existente. Calidad 1. No existieron diferencias estadísticas entre los frutos por calidad, pero se debe mencionar que fueron consecuencia de los los tratamientos 2, 3, 4, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 18. Calidad 2. Tampoco se presentaron diferencias estadísticas, donde el tratamiento 18 presentó el mayor número de frutos. Calidad 3. La diferencias estad´siticas significativas fueron del siguiente modo entre los tratamientos: 3, 18, 11, 10, 14, 96, 5, 1, 4, 17, 15, 8, 2, 7, 16, 12 y 13 (Cuadro 1). Por lo cuál los tratamientos que son diferentes son: 3, 18 y 11, con respecto a 13.

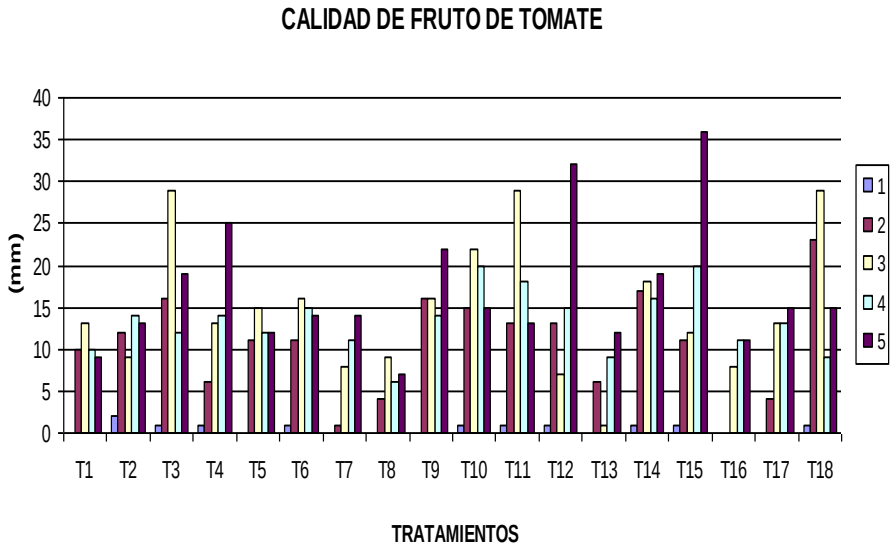


Figura 1. Calidad de fruto de tomate producido en condiciones semicontroladas. DEP-FAZ-UJED, 2007.

Cuadro 1. Comparación de medias entre tratamientos para calidad de fruto de tomate.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (mm)
T3	7.25 A
T18	7.25 A
T11	7.25 A
T10	5.50 B
T14	4.50 B
T9	4.00 B
T6	4.00 B
T5	3.75 B
T1	3.25 B
T4	3.25 B
T17	3.25 B
T15	3.00 B
T8	2.25 B
T2	2.25 B
T7	2.00 B
T16	2.00 B
T12	1.75 B
T13	0.25 C

La siguiente calidad 4. No presentó diferencia estadística, pero los tratamientos 10 y 15 fueron los que presentaron mayor número de frutos, a pesar de la ausencia de diferencias significativas. La última calidad 5, no presento diferencias pero los tratamientos que más frutos tuvieron en esta clasificación fueron el 15, 12 y 4, aunque como ya se dijo, sin diferencias estadísticas.

CONCLUSIONES

Se recomienda seguir realizando investigaciones con abonos orgánicos, para seguir generando investigación, con respecto al efecto que tienen en hortalizas. En las calidades 1 (Máx. extra grande), 2 (extra grande), 4 (mediano) y 5 (chico), no se encontró diferencia estadística; por lo cual, cualquier sustrato orgánico puede sustituir a la fertilización química. La calidad 3 (grande) presento diferencias significativas, por lo cual, los mejores tratamientos fueron 3, 18 y 11. Por lo que si se quieren obtener frutos de está calidad se recomiendan los anteriores tratamientos. También, es importante mencionar que la calidad que brinda la vermicomposta (6 t ha^{-1}), sola o en combinación con el hongo, es igual a la obtenida con el fertilizante químico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Figueroa, V. U. 2007. Uso y aportaciones minerales en compostas. En elaboración y usos de compostas en nogal pecanero. Memoria técnica 25. INIFAP, Campo Experimental Costa de Hermosillo.

Google Earth, 2007. Localización geográfica del invernadero de la FAZ-UJED.

Manjarrez. M. J., Ferrera. C. R., Gonzáles. C. 1999. Efecto de la Vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y la tasa fotosintética de chile serrano. Terra. Volumen 17. 85pp.

Márquez, R. J. L., Figueroa, V. U., Cueto, W. J. A. y Palomo, G. A. 2006. Eficiencia de recuperación de nitrógeno de estiércol bovino y fertilizante, en una rotación sorgo-trigo para forraje. AGROFAZ 6:145-151.

Producción orgánica de tomate bajo invernadero. 2005. disponible en: http://www.monografias.com/trabajos16/tomate-organico/tomate-organico.shtml, recuperado el 21 de julio del 2005.

Santana, L. A. Segura, C. M, A. Preciado, R. P. Enríquez, S. M. Arnaldo, O. J. 2006. Producción de tomate con sustratos elaborados con arena y composta en invernadero. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Memoria del XXXIII Congreso de la Ciencia del Suelo. Centro Universitario UAM Agronomía y Ciencias, UAT, Cd. Victoria Tam., México.

Vázquez, G. A. 2006. Efecto del estiércol de bovino y acolchado plástico en la producción de tomate. Tesis de maestría. DEP-FAZ-UJED. 65 pp.

SAGARPA, BANCOMEX Y LA SECRETARIA DE ECONOMÍA. 2007. Clasificación de tomate tipo bola, según su diámetro ecuatorial. Disponible en: http://www.mexicocalidadsuprema.com/docs/pliegos/PC_020_2005_Tomate.pdf recuperado el 15 de Mayo del 2007.

Statystical Analysis Sistem for Windows (SAS). 2002. Insitute Inc. Cary, NC, USA.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL (CFD) PARA MODELAR Y OPTIMIZAR EL AMBIENTE DE UN INVERNADERO

Jorge Flores-Velázquez[1§]; Pablo Delgado Sánchez[1]; Federico Villareal Guerrero[1]; Abraham Rojano Aguilar[2]

[1]Universidad Autónoma de San Luis Potosí. S.L.P. [2] Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
[§]jorgelv@colpos.mx

RESUMEN

En la actualidad los invernaderos mexicanos con cubierta de plástico usan la ventilación natural como el método principal para controlar la temperatura y la humedad relativa. Básicamente tienen ventiladores laterales y cenitales. Se cree que esto es suficiente para lograr condiciones climáticas óptimas dentro del invernadero. Sin embargo, hasta ahora no se han realizado estudios del movimiento dinámico del aire en un invernadero típico mexicano. En esta investigación se usan modelos basados en dinámica de fluidos computacional, en lo sucesivo CFD, para mostrar el movimiento de aire que se genera debido al sistema de ventilación natural que un invernadero utiliza para remover los excesos de calor que se acumulan en ciertos periodos del año. Se analizan los flujos en un "Clúster" de 4 módulos, cada modulo cuenta con 20 naves separados entre sí 8 m. Se resolverán problemas tipo de dinámica de fluidos computacional para simular el comportamiento espacial de la temperatura y los flujos del aire en el invernadero. Los resultados muestran los inconvenientes de un "Clúster" multimodular en la tasa de ventilación, debido a obstáculos en el flujo tales como las grandes distancias y el choque de flujos que se originan en el interior debido a fuerzas convectivas y de presión. La dinámica de fluidos computación (CFD) representa una herramienta complementaria en el análisis del movimiento de los fluidos.

Palabras clave: Modelo computacional, perfil de temperatura, efecto eólico, gradiente térmico

INTRODUCCIÓN

La producción en los invernaderos mexicanos se caracteriza mayormente por la aplicación de conocimientos empíricos en la mayoría de los procesos de producción. Es innegable que aplicando conocimientos científicos no solo se pueden mejorar muchos aspectos del cultivo sino también obtener un producto de más alta calidad a menor costo para el agricultor que le permita cumplir los estándares que el mercado nacional e internacional exige. La producción de hortalizas puede hacerse de tal forma que el control del clima en el invernadero permita optimizar la producción, es decir, obtener la más alta productividad pero minimizando los costos de operación del invernadero y del cultivo. Como ha sido

mostrado recientemente (van Henten 1994, Tap 2000, López-Cruz, 2002, 2003, Ramírez-Arias, 2005), una opción para la producción en condiciones de invernadero es la aplicación de la teoría de control óptimo en la operación y manejo del ambiente. Sin embargo la aplicación de cualquier estrategia de control, la optimización y la generación de estrategias de manejo del sistema invernadero requiere de modelos matemáticos. La generación de un modelo matemático requiere la síntesis del conocimiento existente y generación de conocimientos nuevos sobre un proceso o sistema. En cultivos en invernadero, una herramienta numérica que se ha extendido para el análisis de los sistemas de ventilación es aquella que utiliza las ecuaciones básicas del movimiento del aire (fluidos) para explicar su comportamiento, y con ello mostrar las variaciones en las propiedades físicas de ese aire; esta técnica es lo que se conoce como dinámica de fluidos computacional o CFD por sus siglas en ingles Computational Fluid Dynamics, el cual pretende, mediante el planteamiento de condiciones de frontera predecir la distribución del flujo del aire en el interior del invernadero.

Dinámica de Fluidos Computacional (CFD)

Los modelos matemáticos agregados (basados en balances de energía y masa) suponen un ambiente homogéneo del invernadero. Sin embargo, un monitoreo más detallado del ambiente refleja una variabilidad bidimensional y tridimensional de las variables climáticas. Por ejemplo, cuando se estudian las tasas de ventilación generalmente no se distingue entre el movimiento del aire en el espacio ocupado por las plantas y aquel arriba de las mismas. Recientemente, este problema se ha empezado a atacar considerando las ecuaciones fundamentales de la dinámica de fluidos. El conjunto de métodos numéricos empleados para obtener soluciones de esas ecuaciones se denominan Dinámica de Fluidos Computacional. Las técnicas de CFD tratan los valores de las variables dependientes como incógnitas primarias en un número finito de lugares, entonces un conjunto de ecuaciones algebraicas se derivan a partir de las ecuaciones fundamentales aplicadas al dominio y son resueltas mediante algoritmos preestablecidos. Tres principios físicos fundamentales soportan las conocidas ecuaciones de Navier-Stokes: conservación de masa, momento y energía. Estas se obtienen a partir de un balance de energía de un volumen de control. La ecuación de conservación generalizada es:

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t}+\nabla\cdot\left(\rho\bar{u}\phi\right)=\nabla\cdot\left(\Gamma\nabla\phi\right)+S \qquad 1$$

Donde los cuatro términos son conocidos como transitorios, convección, difusión y fuente respectivamente. La variable ϕ representa cualquier variable dependiente como masa, velocidad, especie química o temperatura que describen las características de un flujo en todos los lugares en un tiempo determinado (ϕ

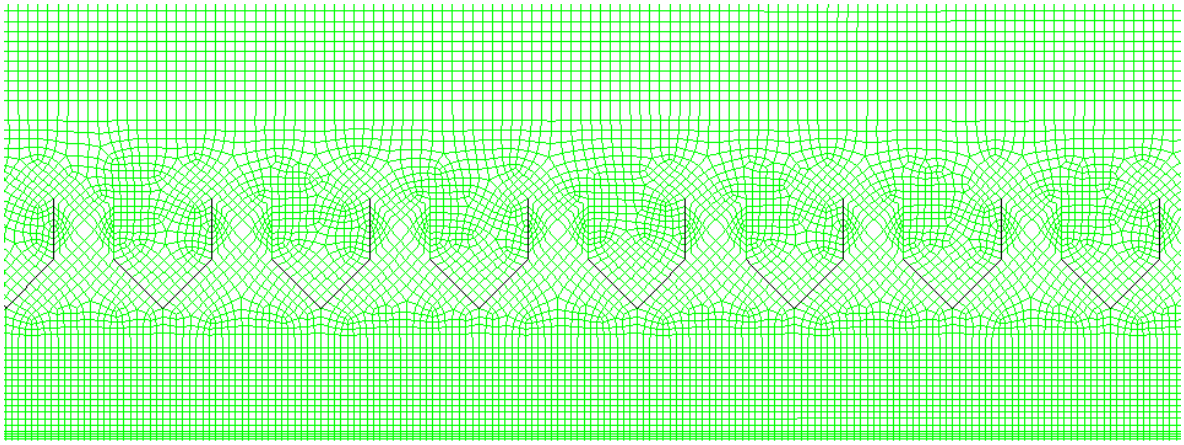
= ϕ *(x,y,z,t)),* en un sistema cartesiano bajo una descripción de flujo de Euler. Los estudios computacionales del flujo y transferencia de calor se basan principalmente en la solución de estas ecuaciones, junto con las condiciones iniciales particulares y de frontera que complementan el problema. A pesar de que los programas comerciales de dinámica de fluidos computacional han sido diseñados con un ambiente amigable para el usuario, es una buena idea emplear problemas tipo (benchmarks) para minimizar la posibilidad de especificar erróneamente la configuración del modelo numérico (Al-helal, 1998; Romero-Gomez, 2005; Romero-Gómez *et al*. 2008; Rico-Garcia *et al*., 2008).

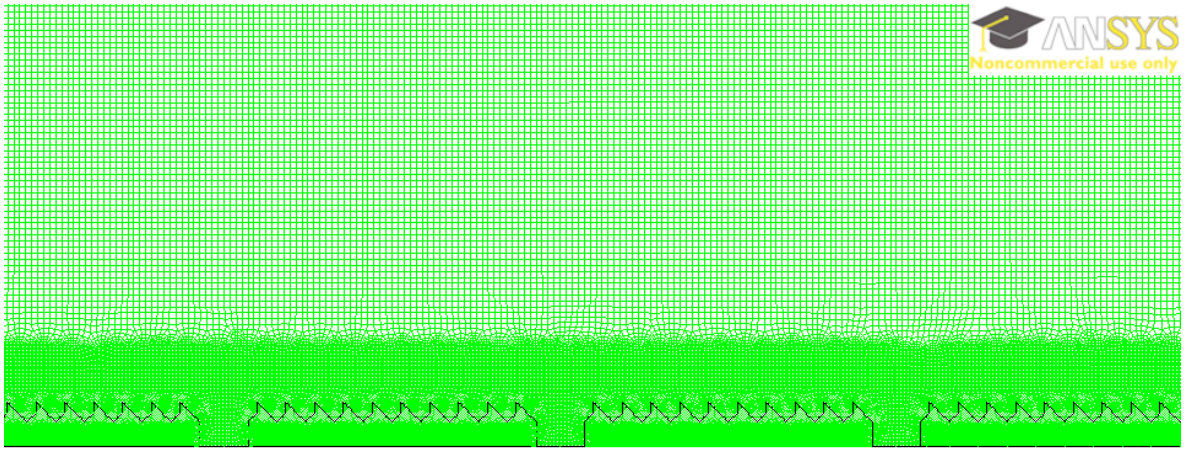
Molina-Aiz *et al*. (2004) optimizaron el tamaño del invernadero, su área de ventilación, localización, tipo de ventanas, así como diferentes en efecto de diferentes mallas anti-insectos, sobre la ventilación natural en invernaderos tipo Almería, mediante Dinámica de Fluidos Computacional. Baeza et al. (2004) estudiaron el efecto del tamaño de las ventanas laterales y cenitales sobre las tasas de ventilación natural de invernaderos tipo Parral mediante simulaciones Dinámica de Fluidos Computacional. Romero-Gomez (2005), aplicó dinámica de fluidos computacional para estudiar la ventilación natural de un invernadero en el centro de México y encontró que los tamaños de ventanas laterales y cenitales tienen un papel crítico sobre la temperatura del invernadero. Evaluó por primera vez, para el caso de México, el efecto que las mallas anti-insectos tienen sobre la velocidad del viento, empleando un túnel de viento para caracterizar las propiedades aerodinámicas de las mallas. Ventilación mecánica y la combinación de ventilación mecánica y natural son incipientes (Flores-Velazquez, 2010) sin embargo donde se ha aplicado se observa buena concordancia y los resultados indican un incremento en la tasa de ventilación cuando se combina la ventilación cenital natural con la mecánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodológicamente el procedimiento básico comprende tres etapas que pueden ser ejecutadas en serie, el preproceso, la solución y el post-proceso. Durante el proceso previo la geometría (límites físicos) del problema se define. El volumen ocupado por el líquido se divide en las células discretas (el acoplamiento). El acoplamiento puede ser uniforme o no. Este se define al modelar la comprobación, por ejemplo, las ecuaciones de movimientos + de la entalpía + de la conservación de la especie, y se definen las condiciones de límite. Esto implica el especificar del comportamiento de las características del fluido en los límites del problema. Para los problemas transitorios, las condiciones iniciales también se definen. Se comienza la simulación y las ecuaciones se solucionan de manera iterativa como de estado estacionario o

transitorio. Finalmente un postprocesador se utiliza para el análisis y la visualización de la solución que resulta.





El CFD requiere primero la definición del dominio o zona en estudio (por ejemplo, una sección de un invernadero) y las condiciones de contorno (propiedades de la cubierta del invernadero, velocidad del aire de entrada al dominio, etc). Posteriormente se divide el dominio en una serie de elementos de cálculo. A cada uno de esos elementos se le aplican las ecuaciones de transporte (masa, cantidad de movimiento y energía) y mediante un procedimiento iterativo se resuelven las ecuaciones y se obtienen los campos de velocidad, presión, temperatura o cualquier otra variable física que intervenga en el proceso en estudio. El método de la discretización utilizado es del volumen finito. Éste es “el acercamiento clásico” o estándar usado lo más a menudo posible en códigos comerciales del software y de la investigación. Las ecuaciones que gobiernan se solucionan en volúmenes discretos del control. Este acercamiento integral rinde un

método que sea intrínsecamente conservador (es decir, las cantidades tales como densidad siguen siendo físicamente significativas).

Cuadro 1. Características de la simulación.

Hipótesis de simulación	
Solver	Segregado
Formulación	Implícita
Condicione de tiempo	Estacionario
Modelo de viscosidad	K-e de dos ecuaciones
Temperatura	Constate 300 K
Características de frontera	
Velocidad del viento	Constante 1-5 m s^{-1}
Tratamiento de medios porosos	Malla: Porous jump Cultivo: Porous zone
Fuente de calor	Constante desde el suelo, hipótesis de Boussinesq y activado el efecto de flotación en el modelo de turbulencia

Bajo estas premisas al final se pretende mediante los modelos numéricos de dinámica de fluidos computacional (CFD) del invernadero hacer un estudio de la dinámica del aire en un invernadero, que tome en cuenta las variables climáticas a estudiar dentro y fuera de invernaderos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una situación muy común en la horticultura mexicana es la construcción de un módulo con varias naves, pero más aún, la construcción de varios módulos apenas separados entre sí; a continuación se muestra el comportamiento del sistema de ventilación natural en este tipo de arreglo. Así, en la construcción de un polígono (Clúster) de 4 módulos de invernaderos de 10 naves cada 1 (4.8 m cada nave), se analiza el sistema de ventilación natural, constituido por las ventanas laterales y cenitales.El movimiento del aire y consecuente forma de refrigerar que aporta el sistema de ventilación natural, que consiste en la totalidad de ventanas cenitales (4 módulos) abiertas de frente al viento y ambas frontales, es decir de entrada y de salida de cada uno de los módulos, se muestra en una serie de imágenes. La Figura 1 muestra las direcciones y velocidades del viento (coloreado por magnitud [m s^{-1}]) que se genera en los 4 módulos.

El choque del aire contra el primer módulo, provoca una aceleración que determina los patrones expuestos, en la Figura 2 puede apreciarse el vacío (presiones negativas) que se origina en las primeras naves del

modulo I y II; esta diferencia de presiones respecto del interior está influenciando la entrada del aire, tal como se muestra en la Figura 3.

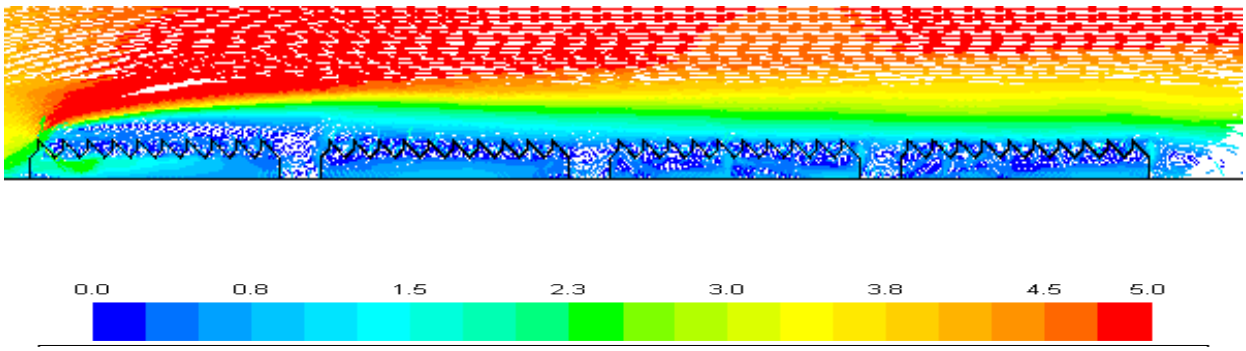


Figura 1. Distribución espacial del flujo de aire en la interacción interior/exterior del polígono, cuando en el exterior se simulan 4 m s^{-1}.

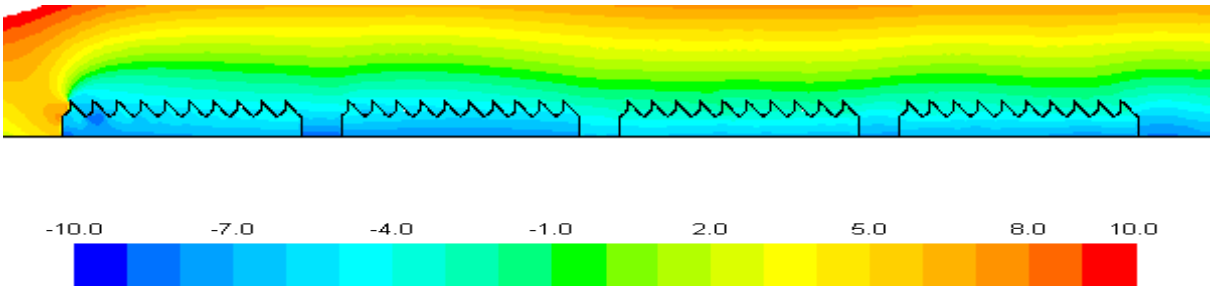


Figura 2. Diferencia de presiones que origina los patrones de ventilación del caso expuesto

La reducción en el área de paso, así como la colocación de mallas porosas en las ventanas causan una drástica reducción en las velocidades del viento; pero además son el origen del patrón de velocidades y direcciones que determinan el clima del invernadero.

Un aspecto importante es la separación "adecuada" entre los módulos, ya que generalmente es en esta zona donde se tiene mayor dificultad para remover el aire, debido al "choque" de fuerzas que ocurre en esta zona, como se muestra en la Figura 4 en ambos casos se aprecia una zona de turbulencia que impide el libre flujo del aire. Pero no solo en las interacciones de los módulos pueden encontrarse problemas debido al choque de flujos, sino también al interior de los módulos, como es el caso del Módulo 3, donde el encuentro de fuerzas ocasiona una zona de baja velocidad.

La Figura 5 muestra una zona de baja velocidad que surge de la interacción del aire que entra por las ventanas laterales izquierda y derecha y las cenitales. Como resultado de una baja velocidad, existe la dificultad para remover la carga térmica y en consecuencia ese aire se calienta, determinando así el clima en el interior del invernadero, tal como se aprecia en la Figura 6. Se ha establecido 300 K como condición

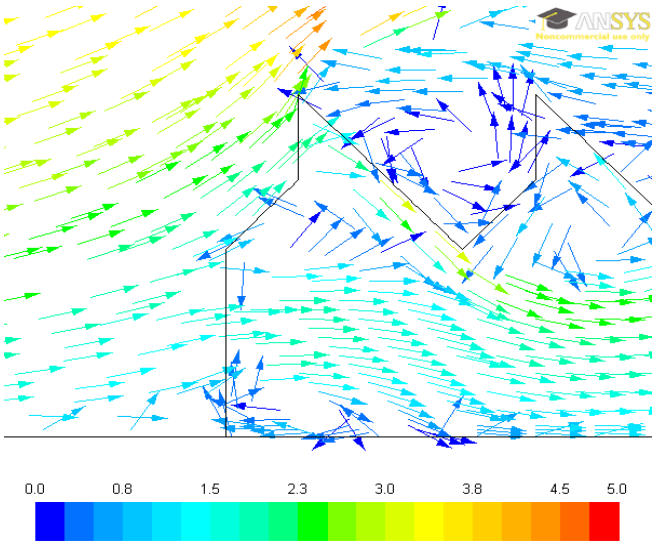


Figura 3. Detalle del movimiento del aire en la entrada del polígono (nave 1 modulo I).

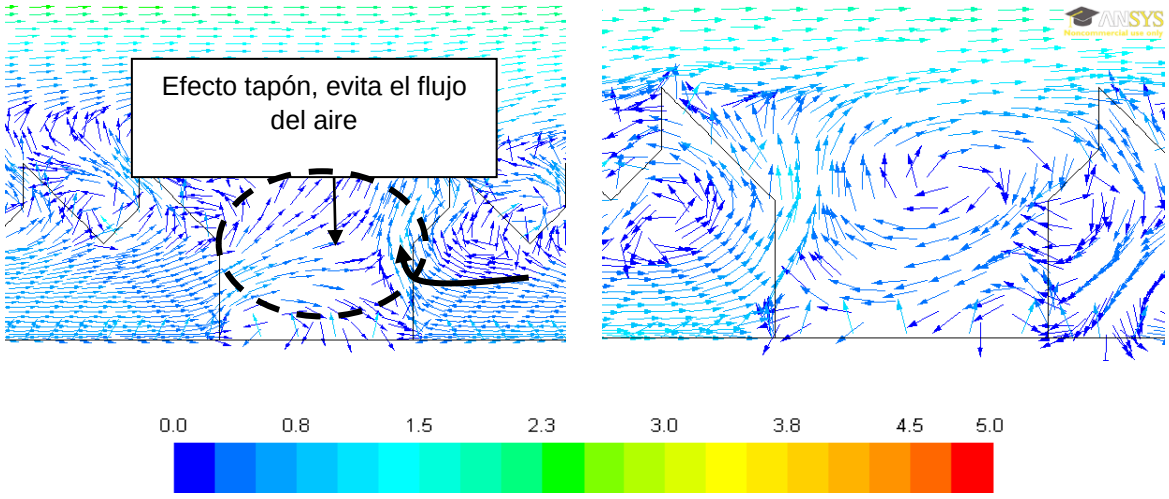


Figura 4. Zona de fluctuaciones al final de M1 inicio del M2 (A) y su similar entre el M3 Y M4

de frontera, que es la temperatura exterior, de la Figura 6 resalta por un lado la marcada heterogeneidad que ocurre en el interior del invernadero y de los invernaderos en general, y por el otro la bondad del método que permite observar detalles y con ello plantear hipótesis para su corrección.

Bajo las condiciones de frontera y apertura de ventanas, es de apreciar algunos puntos críticos desde el punto de vista térmico, tal es el caso de la interacción salida/entrada de los módulos 1 y 2, la zona central del módulo 3 y la salida del módulo 4 mostrada en la Figura 7 en el mismo orden que se menciona. Los detalles de las zonas calientes, muestran gradientes que superan los 15 K respecto a la temperatura ambiental, lo que sugiere un sistema de ventilación que tal como está funcionando no es el más adecuado

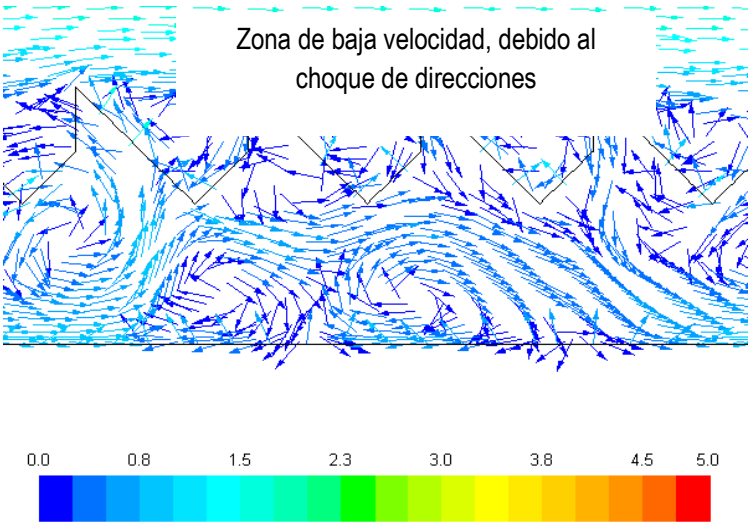


Figura 5. Zona de baja velocidad en el Modulo 3 naves 4-5

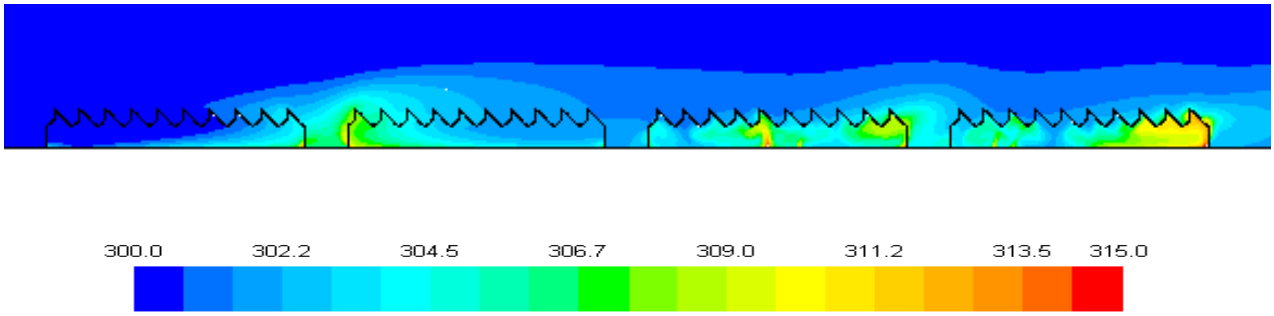


Figura 6. Distribución espacial de temperaturas en los cuatro módulos y su interacción con el exterior

el más adecuado, y desde luego debe mejorarse, lo cual no necesariamente debe implicar un costo adicional, sino identificar las ventanas que pueden o deben ser cerradas y abiertas para las condiciones descritas.

Se ha insistido la importancia del sistema de ventilación pero también es importante mencionar que al igual que las semillas mejoradas y la solución nutritiva en el sistema de riego, el sistema de ventilación es un

insumo y como tal susceptible (y necesario) de gestionar o manejar para que en función de las condiciones medioambientales obtener los mejores resultados. Uno de los grandes problemas actuales, no solo en la agricultura protegida es el ahorro en los insumos y principalmente en el uso de energías

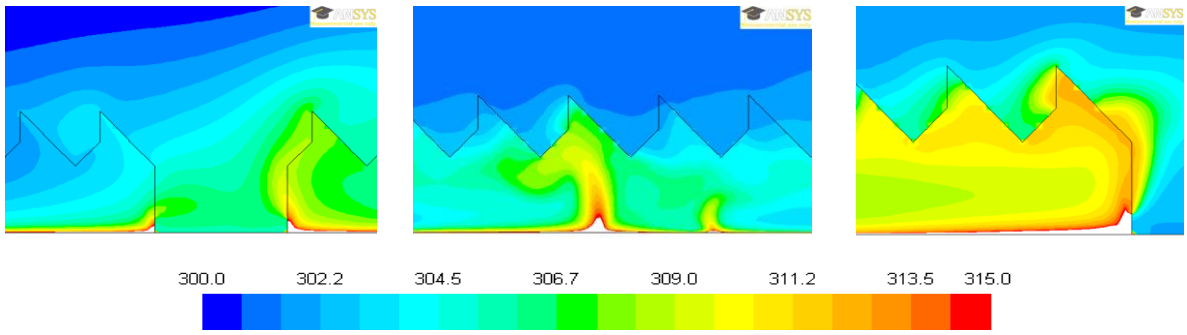


Figura 7. Detalles de las zonas calientes escenario cero.

fósiles; bajo los escenarios de la Figura 7 se podría plantear colocar ventiladores, o algún otro sistema de enfriamiento que repercuta en detrimento del ambiente, o en su defecto del costo de inversión, sin embargo, otra posibilidad es la modificación en el modo de ventilar, a continuación se hacen algunas modificaciones en la apertura de ventanas y muestra las diferencias del ambiente del invernadero.

Una técnica propuesta para favorecer el flujo del aire es el uso de deflectores que ayudan a conducir el aire hacia donde se requiere, el primer caso que se expone seria la colocación de “barreras" (deflectores) en el Modulo 3 con el fin de evitar esa zona de "choque" y así el incremento de la temperatura que se muestra en la Figura 8.

CONCLUSIONES

La dinámica de fluidos, herramienta numérica que mediante el planteamiento de ecuaciones describe el movimiento de un fluido, puede ser una herramienta robusta para el análisis de la ventilación como forma de regular el clima del invernadero. Uno de los principales problemas de los invernaderos multimodulares, longitud que el viento debe recorrer para ser evacuado; el uso de mallas anti-insectos y la baja velocidad contribuyen a bajar la tasa de ventilación, consecuentemente ocurre incremento de temperatura y la formación de gradientes térmicos heterogéneos. Además, en invernaderos modulares la ventilación lateral cobra mayor importancia sobre la cenital, en cambio, la ventana cenital sólo contribuye a la expulsión de aire caliente; no obstante, es importante modificar la estructura que permita el ingreso de aire fresco.

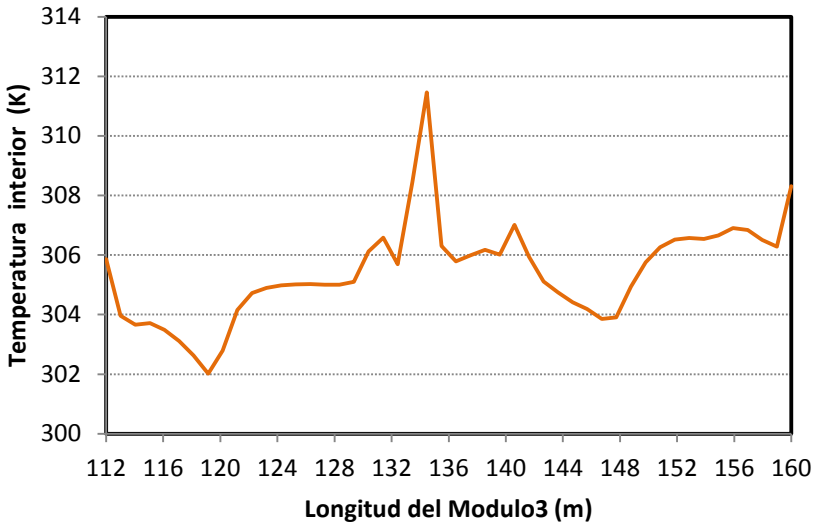


Figura 8. Perfil de temperaturas en el módulo 3 del invernadero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-helal I. 1998. A computational fluid dynamics study of natural ventilation in arid region greenhouses. PhD Thesis. Ohio State University.

Baeza, E.J., Perez-Parra, J., Montero J.L. 2004.Effect of ventilator size on natural ventilation in parral greenhouse by means of CDF simulations.

Bartzanas T., Boulard T., Kittas C. 2004. Effect of Vent Arrangement on Winward Ventilation of a Tunnel Greenhouse. Biosystem Engeeniering, 88(4), 479-490.

Brugger, M., Montero, J., Baezz, B., Perez-Parra, J. 2005. Computational fluid dynamics modelling to improbé to design of the spanish parral style greenhouse. Acta horticulturae, 691, 425-432.

Boulard T., Haxaire R., Lamrani M.A., Roy J.C., Jaffrin A.,1999. Characterization and modelling of the air fluxes induced by natural ventilation in a greenhouse, J. Agric. Engng. Res. 74: 135-144.

Boulard T., Wang S., Haxaire R., 2000, Mean and turbulent air flows and microclimate patterns in an empty greenhouse tunnel. Agricultural and Forest Meteorology 100: 169-181.

Boulard T. Kittas C., Roy J.C., Wang S. 2002. Convective and ventilation transfers in greenhouses, part 2: Determination of the distributed greenhouse climate, Biosystems Engineering 83 (2): 129-147.

Brugger, M. Montero, J., Baezz E., Perez-Parra J. 2004. Computational fluid dynamic modeling to improve the design of the spanish parral style greenhouse.

Campen J.B., Bot G. P. A. 2003. Determination of greenhouse-specific aspects of ventilation using three-dimensional computational fluid dynamics, Biosystems Engineering 84 (1): 69-77.

Flores-Velazquez, J., Montero, J.I., Baeza, J.E., Bonachela, S., Lopez, J.C., AND Perez-Parra, J. 2009. Analysis of mechanical ventilation in a three-span greenhouse using computational fluid dynamics CFD. Greensys, 2009. Quebec, Ca

Haxaire, R., Boulard, T. and Mermier, M., 2000. Greenhouse natural ventilation by wind forces. Acta Hortic. 534, pp. 31–40.

Kacira, M., Sase, S., Okushima, L. 2004. Effects of side vents and span numbers on wind-induced natural ventilation of a gothic multi-span greenhouse. JARQ 38(4): 227-233.

Lopez-Cruz. I.L.; Ramírez-Arias, A.; Rojano-Aguilar A. 2004. Análisis de sensibilidad de un modelo dinámico de crecimiento para lechugas cultivadas en invernadero. Agrociencia 38 (6): 613-623.

Lopez-Cruz I.L., vanThoor B., Rojano-Aguilar A. 2004. Modelos dinámicos mecanicista y empírico para predicción de la temperatura de un invernadero Mexicano. VI Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola. San Jose Costa Rica. 22-24 de noviembre de 2004.

López-Cruz, I.L. vanThoor B., Rojano-Aguilar A., 2004. Modelo dinámico de la temperatura de un invernadero Mexicano. III Congreso Internacional de Ingeniería Física, UAM-A, México D.F, 15-19 de noviembre.

Molina-Aiz, F.D., Valera D.L., Gil J.A., Peña A.A. 2004. Optimisation of Almería-type greenhouse ventilation performance with computational fluid dynamics.

Ramírez-Arias. A. 2005. Control jerárquico multiobjetivo de crecimiento de cultivos bajo invernadero. Tesis doctoral. Universidad de Almería. España.

Romero-Gomez. P. M. 2005. Modeling natural ventilation for Mexican greenhouses. Thesis MsC. In Agricultural and Biosystems Engineering. The University of Arizona.

Romero-Gómez, P.; I. L. López-Cruz, C. Y. Choi, 2008. Analysis of greenhouse natural ventilation under the environmental conditions of central Mexico. Transactions of the ASABE. Vol 51(5):1753-1761.

Rico-García, I.L. López-Cruz, G. Herrera-Ruiz, G.M. Soto-Zarazúa, R. Castañeda-Miranda. 2008. Effect of temperature on greenhouse natural ventilation under hot conditions: CFD simulations. Journal of Applied Sciences. 8 (24): 4543-4551.

Tap F. 2000. Economics-based optimal control of greenhouse tomato crop production, PhD Thesis, Wageningen Agricultural University

Van Henten, E.J. 2994. Greenhouse climate management: an optimal control approach, PhD Thesis, Wageningen Agricultural University. The Netherlands.

Wang S. Boulard T. 2000. Predicting the microclimate in naturally ventilated plastic house in a Mediterranean climate, J. Agric. Engng. Res. 75:27-38.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

DESARROLLO DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMAR RETENCION DE HUMEDAD EN SUSTRATOS

José Ernesto Frías Ramírez§; Pablo Yescas Coronado; Guillermo García Legaspi; Miguel A. Segura Castruita; José A. Montemayor Trejo; Guillermo Acosta López

Instituto Tecnológico de Torreón. Coahuila, México. §Autor responsable: jfriasra@hotmail.com

RESUMEN

En México, al igual que en muchos otros países, los sustratos se obtienen tradicionalmente por el método de ensayo y error, que consiste en formular mezclas donde las proporciones de los materiales utilizados se establecen de manera arbitraria, y no siempre han respondido positivamente desde el doble punto de vista técnico y económico. Se selecciona aquella mezcla que mejore la respuesta del cultivo, sin ser necesariamente la óptima, ya que no se exploran todas las combinaciones posibles de los diversos materiales. En este estudio se evaluaron tres sustratos usados principalmente en la comarca lagunera: perlita, arena y *peat moss*, y se mezclaron en diferentes proporciones, con el objetivo de determinar, analizar y generar ecuaciones que permitan estimar la capacidad de retención de humedad, a partir de las relaciones de las propiedades físicas de los materiales evaluados. De las ecuaciones generadas a partir de las regresiones entre las relaciones de las propiedades de los sustratos, se comprobó que, en primer lugar, debe determinarse la Porosidad Total en base a la Densidad Aparente (Da) del sustrato y enseguida la Capacidad de Retención de Humedad. Lo anterior, si se toma en cuenta que, en muchas ocasiones, la información sobre Da aparece en el empaque del sustrato, y en caso necesario es más fácil y rápido determinar Da. Por lo tanto, con las ecuaciones generadas, al productor se le facilitaría acceder a la información sobre propiedades físicas del sustrato.

Palabras clave: Densidad aparente, *peat moss*, arena, perlita.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se realizan esfuerzos para encontrar alternativas que ayuden a hacer un uso eficiente del agua, como el perfeccionamiento de los sistemas de riego (Fuentes y García, 1999), manejo agronómico de cultivos (Díaz *et al*., 2004) y producción intensiva en invernadero (Abad y Noguera, 2000).

La tecnología desarrollada en cultivos comerciales de especies hortícolas, incluye el uso de un sustrato complejo y una rutina de fertilización. En México, al igual que en muchos otros países, los sustratos se obtienen tradicionalmente por el método de ensayo y error, que consiste en formular mezclas donde las

proporciones de los materiales utilizados se establecen de manera arbitraria y no siempre han respondido positivamente desde un doble punto de vista, técnico y económico. Para ello se selecciona la mezcla que mejora la respuesta del cultivo, sin ser necesariamente la óptima, ya que no se exploran las combinaciones posibles entre los diversos materiales.

La caracterización de las propiedades físicas de los sustratos, o medios de crecimiento, es crucial para su uso efectivo y en gran medida condiciona el potencial productivo de las plantas, pues constituyen el medio en el que se desarrolla el sistema radicular del cultivo. Dentro de las funciones básicas del sustrato están el de proveer agua y nutrimentos, permitir el intercambio gaseoso desde y hacia la raíz y brindar soporte a la planta. Por su parte, la materia prima es aquella que puede ser combinada en proporciones volumétricas con otros componentes, para obtener balances adecuados de intercambio gaseoso, retención de agua y nutrimentos necesarios para el crecimiento de la planta. Cabrera (1999) indicó idealmente, que el sustrato debe presentar características físicas y químicas óptimas, que complementadas con un buen manejo técnico soporten un adecuado crecimiento de la plántula; aunque como lo menciona Bastida (2004), no existe un material que reúna las propiedades fisicoquímicas óptimas para los usos y circunstancias de los cultivos y del contenedor que la mantiene.

La falta de información y el tiempo que requiere la evaluación de diferentes mezclas, el costo de materiales y en ocasiones la búsqueda por optimizar recursos, son algunos de los aspectos que muestran la complejidad que existe para la formulación de sustratos específicos por el número de variables involucradas. Esta es la causa de que no se tenga información o se dificulte obtenerla, por lo que la presente investigación pretende caracterizar las propiedades físicas más importantes de sustratos para un balance hídrico y nutrimental en la producción intensiva de hortalizas en invernaderos y diseñar un modelo matemático que permita estimar la capacidad de retención de humedad de algunos sustratos o mezclas con potencial de uso en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de análisis agua-suelo-planta del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), ubicado en la Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana, Municipio de Torreón, Coahuila. Para la caracterización física se utilizaron tres sustratos comúnmente utilizados en la producción intensiva regional, dos mezclas en proporción de 50% con base a volumen y una al 33%-33%-33% con base a volumen. Las características físicas evaluadas fueron Porosidad total (PT), Porosidad de aireación (PA), Capacidad de retención de agua (CRA), Densidad aparente (Da) y densidad de partículas

(DP). Las determinaciones se hicieron conforme al método propuesto por Gabriels *et al*. (1993), Fonteno (1993), Ansorena (1994) y Pire y Pereira (2003).

Se prepararon un conjunto de 10 porómetros consistentes de un cilindro de PVC de 7.62 cm de diámetro y 15 cm de longitud, en cuyo extremo inferior se colocó una tapa plástica con cuatro orificios de 5 mm de diámetro en forma equidistante. En el otro extremo del tubo se colocó un anillo plástico removible, para poder incrementar la altura del porómetro y asegurar un llenado uniforme. (De acuerdo al método de Boodt *et al*. (1974), la muestra de sustrato se colocó dentro del porómetro hasta su máxima capacidad y se comprimió después de dejarlo caer en dos oportunidades desde 7.5 cm de altura, sobre una mesa de madera.) En cada oportunidad se rellenaba el cilindro con muestra adicional de sustrato, hasta el borde superior. Los cilindros con la muestra se colocaron en un recipiente con agua, cuyo nivel alcanzaba justo debajo del borde superior, para forzar el humedecimiento del sustrato desde los orificios del fondo. Todas las muestras fueron mantenidas en el agua por 24 h. Este humedecimiento produjo un asentamiento adicional en el sustrato, por lo que al extraer los cilindros del agua se procedía a remover cuidadosamente el anillo móvil de la parte superior del porómetro y se eliminaba el exceso de muestra enrasándola con el borde del cilindro, con la ayuda de una espátula. Posteriormente, se sujetó un pedazo de tela porosa (manta) con una liga, que cubrió el extremo expuesto de la muestra. Cada cilindro fue colocado de nuevo en agua, esta vez sumergiéndolo por completo y, extraído luego de algunos minutos, se repitió la operación un par de veces para permitir la saturación total de la muestra. Luego de 30 min se colocaron tapones de silicón en cada orificio del fondo del cilindro, para extraer definitivamente la muestra de agua. Finalmente, se drenaron los porómetros colocados verticalmente sobre un soporte, para determinar el volumen de agua (Va) drenado en un período de 10 min y el contenido de humedad de la muestra por diferencia de pesos después de secar la muestra de sustrato en estufa a 105 °C, durante 24 h. Este procedimiento fue repetido 10 veces.

Mediante pruebas de laboratorio en los sustratos se determinaron las variables: Porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA) y capacidad de retención de agua (CRA), en porcentaje, así como densidad aparente (DA) y densidad de partículas (g cm^{-3}). Con los datos obtenidos para cada variable se determinaron las relaciones entre DA y PT, PA, CRA y la relación entre PT y CRA, mediante un análisis de regresión, para obtener la ecuación con mejor ajuste que describa la relación entre las propiedades físicas de los sustratos. El análisis de regresión se realizó para cada sustrato en lo individual y las diferentes mezclas utilizadas en este estudio. Enseguida se estimó PT, PA y CRA, usando datos

promedios de DA en cada sustrato y se compararon con los medidos. De igual manera se estimó CRA a partir de PT y se comparó contra el valor medido.

Los resultados de cada variable fueron analizados mediante estadística descriptiva con el coeficiente de variación (C.V.), con el fin de estimar la variabilidad de las muestras y determinar el grado de confiabilidad de los resultados, así como la obtención del coeficiente de correlación R^2 para seleccionar las ecuaciones de predicción con mejor ajuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de relaciones entre las propiedades de cada sustrato evaluado, se observó que al utilizar las repeticiones de las determinaciones de cada variable en estudio, las pruebas de regresión arrojaron valores de R^2 bajos. En cambio, cuando el análisis de regresión se realizó con los valores promedio de cada sustrato y con cada variable, se obtuvieron ecuaciones con mejor ajuste, ya que los coeficientes de correlación fluctuaron entre 0.7 y 0.9; por lo tanto se consideran aceptables, si se toma en cuenta que la variabilidad existente se debió a la naturaleza de los sustratos. De acuerdo a lo anterior se procedió a relacionar las propiedades con valores promedio de cada sustrato evaluado y se determinaron las ecuaciones. Las ecuaciones obtenidas de la relación de propiedades de los sustratos y sus mezclas, que mejor estimaron las propiedades físicas e hídricas de los sustratos y mezclas, fueron las siguientes:

$PT = 11.251Da^2 – 31.069Da + 59.161$	$R^2 = 0.9624$	Ec. 1
$PA = 16.34Da^2 - 30.222Da + 15.375$	$R^2 = 0.9264$	Ec. 2
$CRA = -36.605Da^3 + 60Da^2 - 30.237Da + 45.917$	$R^2 = 0.7805$	Ec. 3
$CRA = -0.0398PT^2 + 4.2043PT - 66.609$	$R^2 = 0.9047$	Ec. 4

La determinación de PT a partir de densidad aparente es aceptable, ya que presenta una $R^2 = 0.9624$, lo mismo sucede con la PA al presentar un valor de $R^2 = 0.9264$; sin embargo, la determinación de CRA, a partir de Da, fue relativamente más baja que si se obtuviera mediante la PT, debido a los valores de correlación $R^2=0.78$ y $R^2=0.90$, respectivamente. Debido a que PT demostró ser el mejor estimador de CRA, se sugiere que las estimaciones de CRA se realicen a partir de datos de Da, con la Ec. 1, estimando la PT y con PT utilizar la Ec. 4 para estimar CRA. Lo anterior si se toma en cuenta que en muchas ocasiones la información sobre Da es proporcionada por el fabricante de los sustratos en el empaque de los mismos, o bien en caso necesario es más fácil y rápido determinar Da; por lo tanto, con las ecuaciones

generadas en este experimento se facilitaría informar a los productores las propiedades físicas y CRA de los sustratos.

Una vez obtenidas las ecuaciones para determinar las características físicas de los sustratos y mezclas, se procedió a comparar los datos medidos en el experimento contra los estimados a partir de las ecuaciones generadas en las relaciones realizadas anteriormente. Las variaciones observadas en el Cuadro 1, entre estimaciones y valores medidos para cada variable, se presentan valores considerablemente bajos, ya que en promedio son menores a 2.5 %. Esto indica que las estimaciones a partir de las ecuaciones generadas se consideran aceptables, además de que se evitan costos altos y un ahorro de tiempo de las determinaciones en laboratorio.

Cuadro 1. Diferencias promedio entre valores medidos y estimados de las propiedades físicas de los sustratos en estudio.

Estimaciones con Da	Peatmos	perlita	arena	ar-peat	ar-per	ar-per-peat
PT	-1.49	1.72	-0.02	1.81	-1.21	-0.90
PA	-2.15	2.31	0.086	-0.83	0.33	0.13
CRA	0.28	-0.34	0.09	2.26	-2.08	-0.15
Estimaciones con PT						
CRA	0.52	-0.24	0.36	1.42	-0.58	-1.13

ar, arena; per, perlita; peat, *peatmoss*.

CONCLUSIONES

Las ecuaciones generadas del análisis de regresión presentan valores altos de ajuste, lo que representa una buena estimación de las relaciones de las propiedades de los sustratos y sus mezclas. Las estimaciones de CRA, por el modelo matemático propuesto, se consideran confiables ya que la diferencia con los valores medidas fue mínima.

El modelo sugiere que para aumentar la precisión, se estime la PT con información sobre la Da por su facilidad de obtención y con PT estimada se calcula la CRA. Modelos matemáticos como el propuesto, facilitan la información a los productores sobre las propiedades físicas e hídricas de los sustratos y sus mezclas. No obstante, se sugiere validar el modelo matemático con otra serie de datos determinados en laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad, B. M. y P. Noguera P. 2000. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. En Cadahia L. (Dir.) *Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. 2ª ed. Mundi-Prensa. México. pp. 289-342.

Ansorena, M. J. 1994. Sustratos: Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 172 p.

Bastida, A. 2004. Los sustratos. En *III Curso Internacional de Invernaderos*. Universidad Autónoma Chapingo. Guadalajara, México. BUNT, A. C. Physical properties of mixtures of peat and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. Acta Horticulturae, Wageningen, v. 150, p.143- 153, 1983.

Cabrera, R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo-Serie Horticultura. 5: 5-11.

Cadahia, L. C. 2005. *Fertirrigación*. *Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. 3ª ed. Mundi-Prensa. México.681 pp.

Díaz OA, Escalante EJA, Trinidad SA, Sánchez GP, Mapes SC, Martínez MD (2004) Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo. *Terra Latinoam. 22*: 109-116.

Fonteno, W. 1993. Growing media: Types and physica/chemical properties. In: D.W. Reed (ed). A Grower´s guide to Water, Media ahd Nutrition Greenhouse Crops. Batavia, Illinois. Pp. 93-122.

Fuentes, Y., J L y L. García G. 1999. *Técnicas de Riego. Sistemas de Riego en la Agricultura*. Mundi-Prensa. México. 473 pp.

Gabriels, R., W. Van Keirsbulck y H. Engels. 1993. A rapid method for the determination of physical properties of growing media. Acta Hort. 342:243-248.

Pire, R. y A. Pereyra. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. Bioagro 15 (1): 55-63.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

USO DEL LIXIVIADO DE LOMBRIZ EN LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE PLANTAS DE ORNATO

Cesar O. Macías González[1§]; Idalia de J. Ruíz García[1]; Felipe de J. Vázquez Villaseñor[1]; José R. Orozco Hernández[1]; Rodolfo O. Baumbach Ceballos[2]

[1]Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Los Altos. [2]VermiOrganicos S.C de R.L. [§]Autor responsable:cesaromg@live.com.mx / iruizga@hotmail.com

RESUMEN

Una posible solución al problema de la erosión de la tierra por el excesivo uso de fertilizantes químicos, durante los últimos cincuenta años, se ha desarrollado una tecnología para producir fertilizantes orgánicos inocuos al medio ambiente, animales y seres humanos como son los lixiviados, por lo cual en el presente trabajo se realizó un estudio comparativo entre fertilizante químico y el lixiviado (humus líquido)de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el desarrollo de gerbera (*Gerbera jamesonii*). Los resultados del estudio muestran que es posible sustituir el fertilizante químico por el orgánico, sin problemas, a una dosis recomendable de 7.5 mL/L de agua por administración foliar de ***G.*** *jamesonii*.

Palabras clave: *Eisenia foetida*, humus líquido, lombrihumus, fertilizante orgánico.

INTRODUCCIÓN

En la producción de vegetal, la meta es obtener plantas con crecimiento acorde a la especie que se emplea, pero en algunos casos el proceso no es óptimo, provocando pérdidas económicas. La herramienta empleada comúnmente para solventar dicho fenómeno es la fertilización con químicos, con los que mejora su desarrollo, sin embargo, algunos han sido retirados del mercado por su negativo impacto ambiental (Anónimo, 2011; Voisin, 2005), así como en la salud animal, medio ambiente y de seres humanos.

Por otro lado, en la lombricultura las lombrices transforman su alimento generando humus líquido o Lixiviado de lombriz, el cual contiene nutrientes asimilables por la planta (Anónimo, 2011; Li *et al*., 2008). El humus (sólido), contiene la concentración de los elementos importantes los cuales también están presentes en el lixiviado de lombriz entre los que se incluyen: los ácidos húmicos, fúlvicos, úlmicos, entre otros (Anonimo, 2011; Oliva-Llaven *et al*., 2010; Voisin, 2005; Zaller, 2006).

Aplicado al suelo o a la planta actúa como racionalizante de fertilización ya que estimula la asimilación de macro y micro nutrientes, estimulando el desarrollo vegetal (García Gómez *et al*., 2008; Gutiérrez-Miceli *et al*., 2008, 2011; León-Azueto *et al*., 2011; Oliva-Llaven, 2010), sobre todo en los empleados en la

alimentación del humano. Crea un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias, hongos, etc. Además, estimula la humificación del suelo ya que incorpora y descompone los residuos vegetales.

La floricultura emplea productos estimulantes lograr productos para su comercialización, aunque la tendencia sea emplear un proceso productivo orgánico para hacer sustentable la empresa y acceder a los mercados de una manera responsable. Lo anterior abre un abanico de oportunidades para investigar el uso de estos fertilizantes alternativos. Sin embargo, en la búsqueda del efecto del lixiviado vía de aplicación foliar, no fue posible encontrar documentos publicados. Por todo lo anterior, el ensayo tuvo como objetivo comparar un tratamiento orgánico y uno inorgánico en la producción de Gerbera.

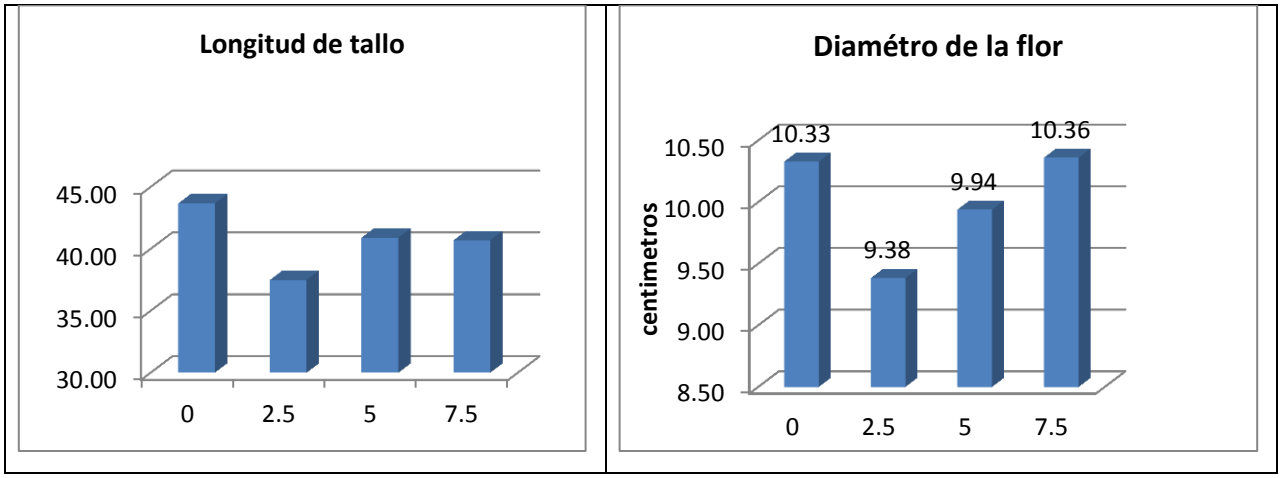
MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en la localidad de San José de Gracia, Jalisco, México, durante el mes de junio del 14 al 28 del año en curso. Una parcela con dimensión de 8 m^2 con un cultivo de gerbera (***Gerbera jamesonii***) con 3 años de edad productiva, la cual se dividió en 4 parcelas, cada sección contaba con 4 surcos, con 24 plantas cada uno, teniendo un total de 96 plantas cada una. La parcela recibió la asignación aleatoria de uno de cuatro tratamientos foliares teniendo como testigo el agroquímico comparándolo contra el lixiviado (2.5, 5, o 7 mL de por litro de H_2O), como sustituto del agroquímico foliar. Además todas las plantas continuaron recibiendo la solución madre (basada en calcio, potasio, magnesio y fierro) mediante riego.

Se tomaron 3 plantas al azar en cada surco y de cada parcela, para evaluar el efecto de los tratamientos foliares sobre la altura de la planta y el diámetro de la flor. Los datos obtenidos se analizaron con el método de regresión lineal, utilizando el método de Duncan, para separar las medias de los tratamientos, con el paquete SAS (Statistycal Analysis System; SAS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las diferentes dosis aplicadas permitieron observar el diferente desarrollo en cada sección, con el tratamiento 2 se tuvo el menor crecimiento tanto en altura del tallo como en el diámetro de la flor (Gráficas siguientes). Con el tratamiento 3 se tuvo un incremento en el diámetro de la flor y el mayor crecimiento en altura en comparación con las diferentes dosis foliares orgánicas. El diámetro de la flor mostró un mejor desarrollo con el tratamiento 4 aunque en altura se vio de menor talla que la sección 1.



Se puede sustituir las aplicaciones foliares tradicionales por la dosis de 7 mL de lixiviado de lombriz/L H_2O ya que mostró un desarrollo semejante al tratamiento químico, sin tomar en cuenta que éste aumenta la contaminación y los riesgos para la salud de las personas que están en contacto continuo con ellos y el medio ambiente.

CONCLUSIONES

La aplicación foliar de lixiviado de lombriz a una dosis de 7.5 mL/L H_2O es una opción orgánica para sustituir los agroquimicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anónimo. 2011. Consecuencias del uso de agroquímicos. www.organicos.eu/consecuencias-del-uso-de-agroquímicos. Consultado: 30 de octubre de 2011.

Anónimo. 2011. Lombricultura en México. www.lombriculturamexico.com/lixiviado_de_lombriz. *Consultado: 29/octubre/2011.*

Gutiérrez-Miceli, Federico Antonio, María Angela Oliva Llaven, Paula Mendoza Nazar, Benigno Ruíz Sesma, José David Álvarez-Solís, y Luc Dendooven. 2011. Optimization of vermicompost and worm-bed leachate for the organic cultivation of radish. Journal of Plant Nutrition. 34 (11):1642-1653.

Gutierrez-Miceli, Federico Antonio; Roberto Carlos, Garcia-Gomez; Rosales Reiner, Rincon; Miguel, Abud-Archila; Maria Angela, Oliva Llaven; Guillen Cruz, Marcos Joaquin; Dendooven, Luc. 2008. Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), using vermicompost leachate. Bioresource Technology. 99(14): 6174-6180.

Leon-Anzueto, Elizabeth; Abud-Archila Miguel; Dendooven Luc; Cristina Ventura-Canseco Lucia Maria, Gutierrez-Miceli, Federico Antonio 2011. Effect of vermicompost, worm-bed leachate and arbuscular mycorrizal fungi on lemongrass (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.) growth and composition of its essential oil. Electronic Journal of Biotechnology. 14 (6): Artículo 9.

Li, Y.S.; Robin, P.; Cluzeau, D.; Bouché, M.; Qiu, J.P.; Laplanche, A.; Hassouna, M.; Morand, P.; Dappelo, C. y J. Callarec. 2008. Vermifiltration as a stage in reuse of swine wastewater: Monitoring methodology on an experimental farm. Ecological Engineering, 32(4):301-309.

Oliva-Llaven, Angela Maria; Rodriguez-Hernandez Ludwi; Mendoza-Nazar Paula; Ruiz-Sesma Benigno, David Alvarez-Solis, José; Dendooven Luc; Gutierrez-Miceli Federico A Antonio. 2010. Optimization of worm bed

leachate for culturing of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) inoculated with *Glomus fasciculatum* and *Pseudomonas fluorescens*. Electronic Journal of Biotechnology. 13 (2): Artículo 2.

Voisin, A. 2005. Influencia del Bioyemen en la germinación de tres especies de pastos Fitogen. V. Taller Internacional sobre recursos fitogenético ser, Santiespíritud Cuba. www.monografias.com. Consultado 30/Octubre/2011.

Garcia-Gómez, Roberto Carlos, Dendooven Luc, Gutierrez-Miceli Federico Antonio. 2008. Vermicomposting leachate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zae mays* L.) foirage production. Asian Journal of Plant Science. 7(4):360-367.

Zaller, J.G. 2006. Foliar spraying of vermicompost extracts: Effects on fruit quality and indications of lateblight suppression of field-grown tomatoes. Biological Agriculture and

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

LIXIVADO DE LOMBRICOMPOSTA SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DE MAIZ FORRAJERO

Rogelio A. Aldaco Nuncio§; María E. Juárez Huitrón; Miguel A. Segura Castruita; Jesús Olague Ramírez; Guillermo Hernández Ordaz

[1]Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón Coahuila. §Autor responsable: rogelio_alnu@yahoo.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del lixiviado de lombricomposta sobre algunas propiedades químicas del suelo, además de evaluar el rendimiento del maíz forrajero en dosis crecientes del lixiviado. Esta investigación se realizó en el ciclo de verano del 2007, en el campo agrícola de la Empresa Vermiorganic SPR de RL. Los tratamientos utilizados fueron cinco que corresponden a T1=0, T2=1.908, T3=3.816, T4=5.724 y T5=7.632 litros de lixiviado de lombricomposta por unidad experimental (74.25 m^2) aplicados al suelo a través de un sistema de riego subsuperficial. El material genético empleado fue el híbrido HT-90-19CL de maíz amarillo de Agrio Bio Tech (ABT). Se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. La cosecha se realizó a los 99 días después de la siembra. Se cosecharon diez plantas con competencia completa en los dos surcos de la cama central de cada unidad experimental. Las variables evaluadas en planta fueron: la altura de las plantas, peso de forraje verde, peso de forraje seco y la concentración de Nitrógeno total, Fósforo y Potasio en el tejido vegetal de las plantas, mientras que en el suelo se evaluó pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica. Los análisis de varianza realizados a cada una de las variables indicaron que solo existe diferencia significativa en la altura de plantas. Sin embargo, las plantas con mayor altura y los mejores rendimientos de forraje verde y seco correspondieron al tratamiento T3.

Palabras clave: lombricomposta, lixiviado, maíz, rendimiento

INTRODUCCIÓN

En la Comarca Lagunera el número de cabezas de ganado en producción de leche se incrementó de 214,414 en el 2002 a 223,547 en el 2007 (SAGARPA, 2008). Lo anterior, demanda una constante producción de cultivos forrajeros con excelente calidad. El maíz es la principal fuente de carbohidratos para el hato lechero, de aquí se desprende el notable incremento en la superficie destinada a este cultivo, en el año 2003 se tuvo una producción de 954,882 t de forraje y en el año 2007 la producción fue de 1’550,212 t (SAGARPA, 2008). En la región el aumento de las cabezas de ganado incremento los desechos orgánicos

de estos bovinos que en los últimos cinco años a la par de utilizar el estiércol como abono orgánico, se ha utilizado en la lombricultura como alimento de la lombriz roja de california (*Eisenia Foetida*) que bajo condiciones optimas de humedad, temperatura y luz solar, la lombriz transforma el estiércol en desechos sólidos y líquidos (lixiviado) (Larco, 2004). Este material producto de la transformación del estiércol puede ser aplicado al suelo como abono orgánico (sólido) y el lixiviado aplicado de manera foliar o bien inyectado en un sistema de riego subsuperficial para incrementar el rendimiento de los cultivos (Porta *et al*. 1994; Romero, 2000). En base a lo anterior se realizó una investigación con el objetivo de evaluar el rendimiento del maíz forrajero en dosis crecientes del lixiviado de la lombricomposta aplicado a través de la cintilla en un sistema de riego subsuperficial, además de evaluar algunas propiedades físico-químicas del suelo que determinen si la aplicación del lixiviado generó un grado de mejoramiento o deterioro del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el ciclo de verano del 2007, en el campo agrícola de la Empresa Vermiorganic SPR de RL, localizado en el Km. 11.5 de la autopista Torreón–San Pedro, Coah. en el ejido La Concha, municipio de Torreón, situado geográficamente entre los 26° 30’ 15” N y 103° 22’ 07”O y 1150 m de altura. Los tratamientos que se utilizaron en esta investigación fueron cinco niveles de lixiviado de lombricomposta aplicados al suelo a través de un sistema de riego subsuperficial en cuatro fechas. Los tratamientos fueron: T1=0, T2=1.908, T3=3.816, T4=5.724 y T5=7.632 L de lixiviado de lombricomposta por unidad experimental (74.25 m^2) que corresponden a 0; 256.96; 513.92; 770.88 y 1027.84 L ha^{-1}, respectivamente. El material genético empleado fue el híbrido HT-90-19CL de maíz amarillo donado por Agrio Bio Tech (ABT). Se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. La siembra fue el día 28 de junio de 2007, sobre camas meloneras, quedando la semilla a una profundidad de 5 cm para dar una densidad de población de 40,404 plantas ha^{-1}. Los riegos fueron 4 por medio del sistema subsuperficial a intervalo de 18 días a excepción del primero el cual fue por gravedad. La maleza se controló manualmente. La cosecha se realizó empleando rozadera, el 5 octubre del 2007. Se cosecharon diez plantas con competencia completa de la unidad experimental. Se evaluó algunas propiedades químicas el suelo, la altura de las plantas, el peso de forraje verde y seco, además el contenido nutrimental en el tejido vegetal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico del suelo. En el Cuadro 1 se muestra el efecto de los tratamientos en las diferentes características químicas del suelo. En los análisis de varianza realizados a cada una de las variables

evaluadas se encontró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo existen diferencias numéricas entre los tratamientos. La aplicación del lixiviado de lombricomposta mostró un incremento en el pH y en la materia orgánica final del suelo en los diferentes tratamientos este incremento fue de 3.38% y 13.35% del valor inicial respectivamente, mientras que la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico disminuyeron en un 65.33% y 49.65% del valor inicial respectivamente.

Cuadro 1. Análisis químico del suelo.

Características Químicas	Inicio		Tratamientos				
	0 – 30	30 – 60	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7.99	8.21	8.09	8.22	8.09	8.26	8.21
CE mS m^{-1}	1.99	1.89	0.89	1.00	0.80	0.69	0.78
CIC Cmol kg^{-1}	29.4	24.9	18.1	19.1	17.0	14.8	21.3
MO %	2.00	2.21	2.171	2.005	2.267	2.005	2.046

Características agronómicas. En el Cuadro 2 se muestran los valores encontrados de cada tratamiento en las diferentes características agronómicas. En lo que corresponde a los análisis estadísticos realizados a las variables agronómicas, la única variable que mostró una diferencia significativa fue la altura de plantas. El tratamiento T3 generó plantas con la mayor altura y fue el que mostró los mejores rendimientos de forraje verde y de materia seca.

Análisis de tejido vegetal. Un análisis de varianza realizado a cada uno de los elementos analizados en el tejido vegetal, revela que no existe diferencia significativa entre cada uno de ellos. El Cuadro 2 muestra los valores obtenidos en los análisis de laboratorio. El contenido nutrimental no mostró diferencias significativas en los tratamientos. El tratamiento T5 mostró las mayores concentraciones de Nitrógeno total y de potasio en el tejido vegetal, mientras que T1 mostró la mayor concentración de Fósforo.

Cuadro 2. Características agronómicas y contenido nutrimental del tejido vegetal en el maíz.

Variable	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
Altura de Planta (m)	1.48	1.58	1.70	1.57	1.60
Forraje verde (t ha^{-1})	24.697	23.561	26.061	22.096	22.803
Materia Seca (t ha^{-1})	8.427	7.985	8.490	7.344	7.531
Nitrógeno total (N)	1.533	1.448	1.418	1.443	1.558
Fósforo (P)	0.109	0.098	0.090	0.098	0.106
Potasio (K)	18.1	19.1	17.0	14.8	21.3

CONCLUSIONES

El análisis estadístico mostró que en las variables del suelo no hay diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, la aplicación del lixiviado de lombricomposta generó un ligero incremento de pH y contenido de materia orgánica, mientras que conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico disminuyeron respecto a valores iniciales. El análisis estadístico en las variables agronómicas mostró diferencia significativa sólo en altura de planta. No obstante, el tratamiento tres estimuló el rendimientos de forraje verde y seco. El análisis estadístico del contenido nutrimental del tejido vegetal no determinó diferencias significativas entre los tratamientos, sin embrago, el tratamiento cinco promovió la mayor concentración de Nitrógeno total y Potasio, y el tratamiento uno la mayor concentración de Fósforo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Larco, E. 2004. Manejo integrado de plagas y Agroecología: Preparación de lixiviados de compost y lombricompost. Costa Rica No 73.

Porta J; López-Acevedo, M; Roquero, C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid ES, Mundi-Prensa. 807 p.

Romero, m. 2000. Lombricultura y agricultura sustentable: agricultura orgánica, elaboración y aplicación de abonos orgánicos. México, DF, MX.p.125-134.

SAGARPA, 2008. Delegación en la Región Lagunera. Suplemento especial. Resumen económico Comarca Lagunera 2007. El Siglo de Torreón. Torreón Coahuila

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

USO DE CROMATOGRAMAS EN EL ANÁLISIS DE COMPOSTA TIPO *BOCASHI* Y COMPARACIÓN CON DOS SUELOS

Tarsicio Medina Saavedra§; Gabriela Arroyo Figueroa; Blanca E. Gómez Luna; Carlos H. Herrera Méndez

Universidad de Guanajuato campus Celaya-Salvatierra. Salvatierra, Guanajuato. §Autor responsable: tarsicioms@hotmail.com.

RESUMEN

La cromatografía es un estudio cualitativo que puede ser usada en el análisis de compostas y suelos, fue iniciada en Alemania y concretizada en EUA, después de la segunda guerra mundial. Una composta que representa una alternativa de insumo económico y de fácil elaboración con ingredientes de la región, es el bocashi, esta es una palabra japonesa que se define como materia orgánica fermentada. El objetivo del presente trabajo fue implementar el uso de cromatogramas para el análisis de composta tipo Bocashi, comparando con los cromatogramas de dos diferentes suelos, en donde se aplicó agricultura convencional a base de fertilizantes muy solubles y agroquímicos. Durante el proceso de elaboración del bocashi, se tomaron muestras y se realizaron cromatogramas, estos se compararon con los correspondientes de los suelos analizados. En la interpretación de los cromatogramas se observó las buenas cualidades de la composta, evolucionando en la integración de sus partes y las malas condiciones en que estaban los suelos, producto del uso de fertilizantes y agroquímicos en la agricultura convencional. Se concluyó que el cromatograma es una herramienta muy efectiva y práctica, para conocer el desarrollo y condición que guardan compostas y suelos.

Palabras clave: Cromatogramas, análisis, bocashi, suelos.

INTRODUCCIÓN

El suelo se puede entender como el medio natural donde crecen las plantas y soporte de estas, pero además como un organismo vivo y dinámico con forma tridimensional y trifásica (Sánchez, 2012), como organismo vivo se puede mencionar que un gramo de suelo contiene: unas 500 mil bacterias, 400 mil hongos, 50 mil algas y unos 30 mil protozoarios aproximadamente y que pueden haber suelos puede contener más o menos 10 millones de bacterias, pudiendo encontrarse de 100 a 200 millones de bacterias en la rizófora (Kolmans, 1999). Con el inicio de la revolución agrícola promovida por Justus von Lieber (1843); en donde precisaba que las plantas solo requerían de agua y sustancias inorgánicas para su nutrición y poniendo en duda que el humus fuera útil para las plantas (Julca, 2006), fomentando la producción de fertilizantes inorgánicos donde predominan el N, P, y K, aumentando los rendimientos y

abandonando las prácticas ancestrales. Ahora se sabe que el nivel deseable de materia orgánica en los suelos arcillosos medios es del 2%, pudiendo descenderá 1.65% en suelos pesados y llegar a un 2.5%, en los arenosos (Domínguez, 1992). Una alternativa para mejorar la materia orgánica de los suelos es la elaboración y uso de un fertilizante orgánico fermentado llamado bocashi, que además de cuidar el medio ambiente logra independencia y autodeterminación de los campesinos en relación a insumos externos y lograr rentabilidad en su producción aumentando la calidad de sus productos (Restrepo, 2006). Los suelos son afectados por las actividades humanas, la erosión es la causa principal de destrucción, con prácticas inadecuadas se pueden perder, por efecto de las lluvias y el viento, alrededor de 200 t/há/año y con ello, unos 200 kg de nitrógeno, 300 kg de fósforo, 2000 kg de potasio, 2000 kg de materia orgánica y muchos kilogramos de micronutrientes (Kolmans, 1999). Las prácticas de la agricultura convencional como los monocultivos provocan una marcada disminución de los microorganismos y aumento de plagas, enfermedades y malezas al provocar un desequilibrio con el uso de fertilizantes sintéticos y agroquímicos (Morales, 2008).

El bocashi representa una buena alternativa para detener y restablecer el equilibrio en los suelos, al ser un producto fermentado de manera anaerobia, que aporta una importante actividad biológica, y minerales de excelente biodisponibilidad (Restrepo, 2006). Además de bajos costos con recursos locales, como el carbón vegetal, la ceniza de fogón, el estiércol, la cascarilla de arroz o rastrojo molido, salvado de arroz o de trigo, la melaza de caña o piloncillo, la levadura, tierra de floresta virgen, manto forestal o bocashi añejado, la tierra común y el carbonato de calcio o la cal agrícola, con la posibilidad de sustituir uno ingredientes por otros como el caso de la levadura por pulque, tierra de bosque virgen, maíz fermentado o bocashi añejo (Piñeiro, 2009). Con el surgimiento de la agricultura biodinámica en Alemania con *Rodolf Stainer* en 1924, (Méndez, 1992), preocupado por la salud de los suelos invita a participar a un destacado alumno de bioquímica llamado *Ehrenfried Pfeiffer,* quien encontró que una solución de hidróxido de sodio al 1%, en una muestra de suelo vivo era suficiente para solubilizar las sustancias nitrigenadas del metabolismo de los micoorganismos presentes en ella y reccionaban en un papel filtro especial impregnado con nitrato de plata y luego revelaban una serie de colores y distancias específicas (Restrepo, 2011), este método también permitió evaluar los minerales, los que por su solubilidad, valencia y grado de oxido-reducción forman diferentes círculos radiantes sobre el papel impregnado o cromatograma (Piñeiro, 2009; Restrepo, 2011), y surge lo que ahora se le reconose como tecnicas de separación y análisis de sustancias complejas con una fase móvil y otra estacionaria logrando identificar patrones de comportamiento de

suelos y compostas (Pérez, 2001, Villargoide, 2007, Pastori, 2011). En la Figura 1, se muestran las diferentes zonas que se evalúan dentro de los cromatogramas. El Objetivo del trabajo fue implementar el uso de cromatogramas, para el análisis de composta tipo bocashi y comparar los cromatogramas de dos diferentes suelos, en donde se aplicó agricultura convencional, con el obtenido de la composta tipo bocashi.

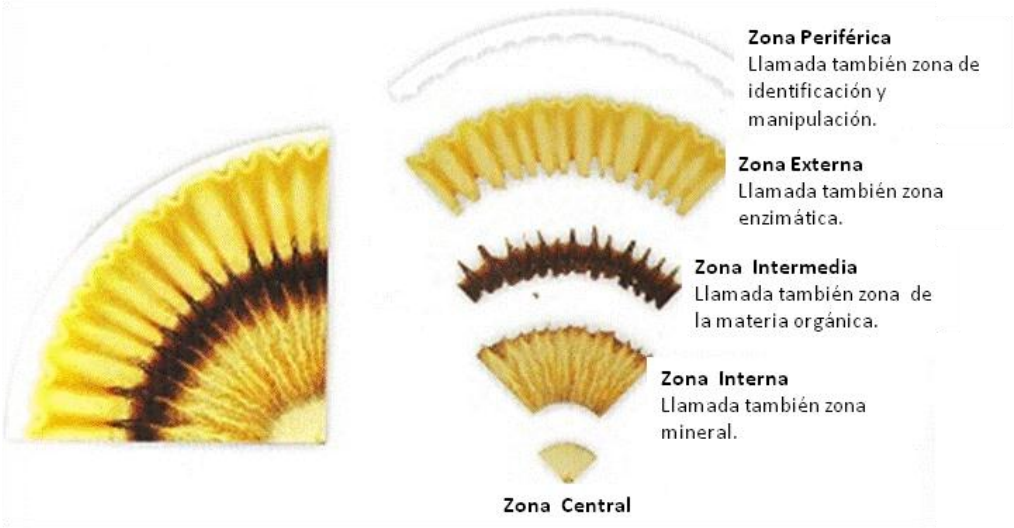


Figura 1. Interpretación de cromatogramas (Restrepo, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en tres etapas, la primera fue determinar la zona de la toma de muestra de los suelos a analizar, la segunda consistió en elaboración de la composta tipo bocashi y en la tercera se llevó a cabo la implementación y el análisis de los cromatogramas.

Primera etapa. Se utilizaron dos muestras de suelo una tomada de un terreno en el cerro de Culiacán ubicado en el Municipio de Salvatierra del Estado de Guanajuato con cultivos de temporal y uso de fertilizantes químicos, otra muestra tomada en la comunidad de Puerta del Monte, dentro del mismo Municipio con cultivos todo el año, sistemas de riego y frecuente uso de agroquímicos y fertilizantes químicos. Las muestras se tomaron de tres profundidades diferentes, a 0 cm, 10 cm y 20 cm mezclándolas para obtener una sola.

Segunda etapa. El bocashi se elaboró en un lugar resguardado de la lluvia, el viento y los rayos solares con la finalidad de no afectar la fermentación. Los ingredientes utilizados para la realización del bocashi se mencionan a continuación con las proporciones usadas: Dos costales de estiércol vacuno, dos costales de rastrojo molido, dos costales de tierra negra cernida, un costal de ceniza de ladrillera, 5 kg de salvado de trigo, 3 kg de cal, 0.250 kg de levadura, 0.5 kg de melaza. Una vez pesados los ingredientes, se disolvió la levadura con la melaza en un balde de agua, el resto de los componentes fueron colocados en capas para enseguida ser mezclados lo más homogéneamente posible junto con los primeros, agregando el agua necesaria. Posteriormente se realizó una prueba para determinar si se llevó a cabo de manera correcta la mezcla, esta consiste en agarrar un puñado de la mezcla y apretarlo con el puño, se queda compactado pero sin escurrir agua. La pila con la mezcla anterior se dejó a 50 cm de altura, durante los tres primeros días se removió dos veces al día, en los siguientes 12 días solamente una vez al día. La temperatura fue tomada y registrada en tres puntos diferentes del bocashi, mediante un termómetro portátil digital con bayoneta al momento de mezclar la composta, con la finalidad de llevar un registro del comportamiento de la misma.

Tercera etapa. Se preparó el papel filtro del número 1, perforándolo en el centro con un sacabocados y con una aguja se hicieron dos marcas una a 3.5 cm del centro y la otra a 5.5 cm, posteriormente se corrió la solución de nitrato de plata al 0.5% desde el centro hasta los 3.5 cm, de inmediato fue envuelto en papel absorbente y colocado en una caja obscura, para usarlo al día siguiente, durante el proceso de realización de los cromatogramas. Se tomó una muestra diaria representativa del bocashi, y las muestras de suelo los cuales después de haber secado al sol se molieron en un mortero, se pesaron 5 g y fueron disueltos en 50 ml de hidróxido de sodio al 1%. La mezcla se agitó hasta disolver dejando reposar 15 minutos, repitiendo esta acción a los 15 y 60 minutos y después se dejaron en reposo por 6 horas como mínimo. En una caja de petri se agregaron 10 ml de la solución en reposo con el bocashi y con los suelos y en seguida se colocó el papel filtro ya preparado con el nitrato de plata y un popote hecho con papel filtro en el centro y se dejaron correr hasta que llegaron a la última marca que se le hizo y en este momento se retiraron y se colocaron al sol para su revelado final e interpretación. La Interpretación de los cromatogramas, se realizó de acuerdo a los criterios de Restrepo, (2011), tomando en cuenta como base las zonas que lo componen (zona central, zona interna, zona intermedia, zona externa y zona de manejo), además de su tamaño, forma, colores revelados y la armonía e integración entre las diferentes zonas (Figura 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cromatogramas de los suelos.

En la Figura 2 se muestra los cromatogramas de los suelos. En la Figura 2a, el cromatograma del suelo tomado del terreno del cerro de Culiacán, ubicado en el Municipio de Salvatierra del Estado de Guanajuato, con cultivos de temporal. Se observa una coloración dorada en la zona interna, indicativo de la actividad mineral, estos se encuentran aislados y sin actividad biológica que los haga disponibles a las plantas, la zona enzimática no tiene presencia.

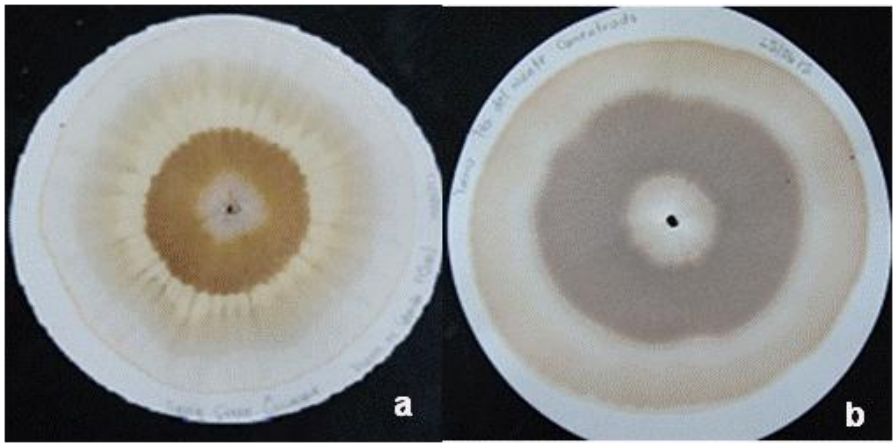


Figura 2. Cromatogramas de suelos: a) cultivo de temporal, b) cultivo intensivo.

En la Figura 2b, el cromatograma del suelo tomado en la comunidad de Puerta del Monte, dentro del mismo Municipio con cultivos todo el año, sistemas de riego y frecuente uso de agroquímicos y fertilizantes químicos. Revela por su coloración obscura ausencia de materia orgánica, el suelo está afectado por la falta de cobertura vegetal y uso intensivo de fertilizantes químicos, además de agroquímicos como los herbicidas, fungicidas e insecticidas. Se observa, la ausencia de actividad biológica y enzimática, este suelo es considerado por Restrepo, (2011), como suelo muerto. En relación al proceso que siguió la elaboración del bocashi claramente se distinguen tres etapas, donde al inicio se eleva rápidamente la temperatura (Figura 3) y se observa en el cromatograma un color café intenso, producto de la gran cantidad de materia orgánica cruda (Figura 4a). Asimismo no existe armonía entre las diferentes zonas indicando la falta de integración en sus elementos, característica de un producto en proceso. Durante la etapa intermedia, también llamada etapa de proliferación bacteriana, la temperatura se mantiene entre 50 y 60 C° durante 3 días (Figura 3). En la Figura 4b se observa el incremento de la actividad biológica, el proceso de integración ha iniciado, pero sin lograrlo plenamente, la materia orgánica se encuentra más

activa y la zona enzimática se aprecia claramente. Para el final del proceso de elaboración la temperatura viene en descenso, esta etapa se conoce como de maduración del bocashi (Figura 3). En la Figura 4c, se observa que mejora de manera notoria la integración de las diferentes zonas, como indicativo de un muy buen desarrollo del producto, al compararse con el cromatograma de un suelo donde se desarrolla la agricultura orgánica (Figura 1), se detecta que el proceso de maduración del bocashi es el adecuado, el centro cremoso es un indicativo de una muy buena estructura y salud del suelo y de la composta.

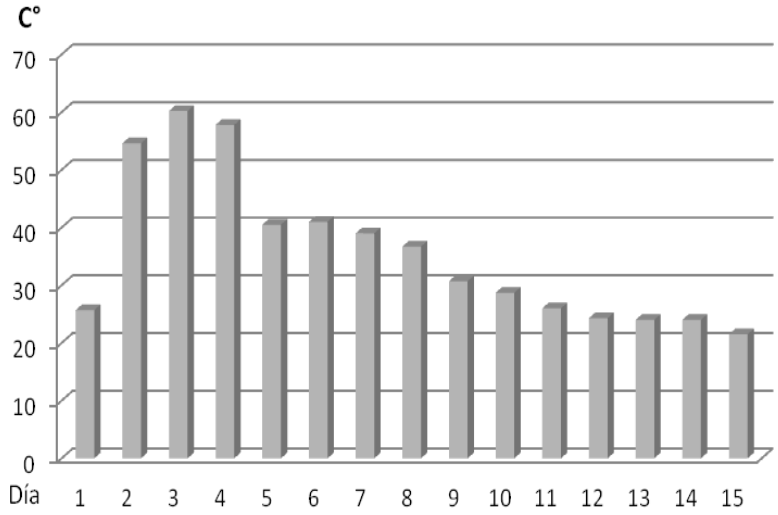


Figura 3. Temperatura del bocashi durante su elaboración.

Al comparar los crormatogramas de los suelos con agricultura convencional (Figura 2), con el proceso de elaboración del bocashi (Figura 4) y lo que manifiesta un suelo con agricultura orgánica (Figura 1), se encuentra lo que Piñeiro (2009), define como un retroceso en la salud, condición y estructura de los suelos tratados con fertilizantes químicos y agroquímicos (Figura 2).

CONCLUSIONES

Los cromatogramas realizados a los suelos de agricultura convencional, dan una idea clara del efecto de los productos fertilizantes y agroquímicos, en comparación con un suelo tratado con técnicas de agricultura orgánica, el cual manifiesta armonía e integración. Así mismo en el proceso de elaboración del bocashi se identifica la buena salud, evolución e integración de todas sus partes durante la elaboración. Los cromatogramas, por lo tanto, representan una buena herramienta para conocer las cualidades, condiciones y desarrollo, que guardan compostas y suelos.

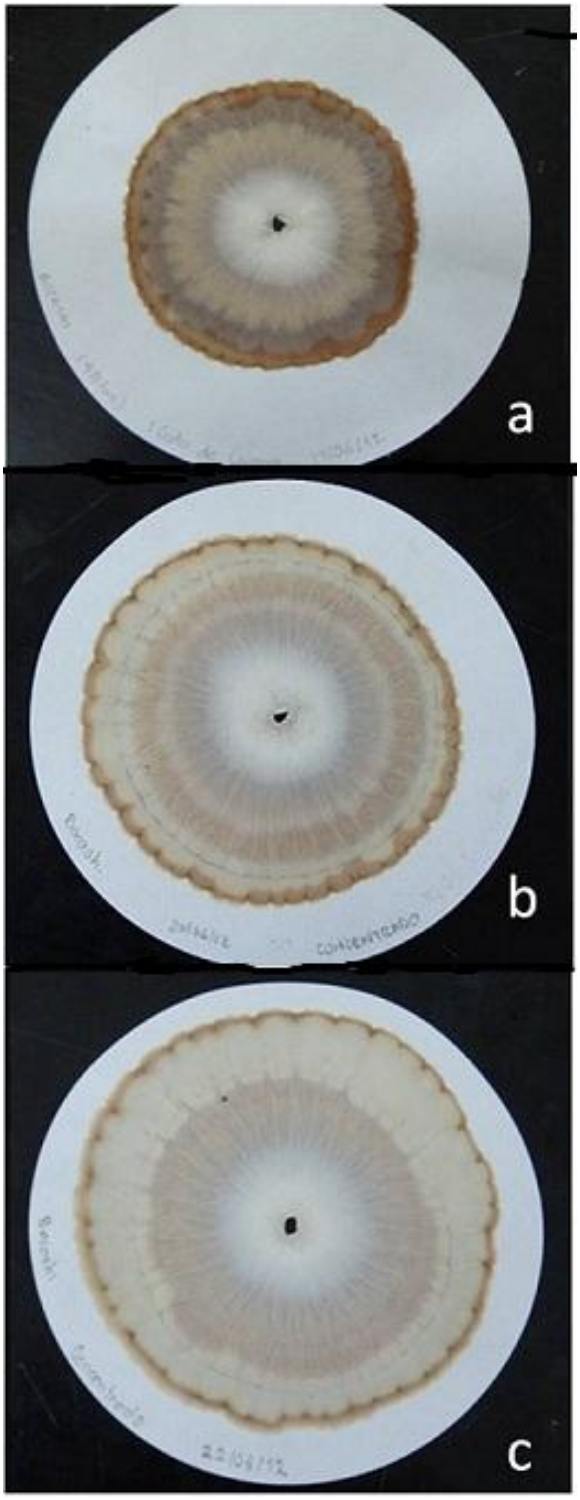


Figura 4. Cromatograma del bocashi durante su elaboración: a) etapa inicial, b) etapa intermedia, c) etapa final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre M. J. C. (2009). Biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. Tuxtla Chico, Chiapas México: INIFAP.

Domínguez A. C. (1992). Abonos guía práctica de la fertilización. Madrid España: Mundi prensa.

Julca A. L. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. Chile: IDESIA.

Kolmans E. D. (1999). Manual de agricultura ecológica, una introducción a los principios básicos y su aplicación. La Habana Cuba: Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF.

Méndez P. (1992). Una biografía sucinta de Rudolf Steiner. Santiago, Chile. Epidauro editorial.

Morales G. A. (2008). Buenas prácticas agropecuarias. San José Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Pastori N. (2011). Compost: Ficha Técnica y Especificaciones. Argentina: Bionex.

Pérez M. L., Rodríguez V. J., Ornelas M. J. S., Sánchez H. J., García N. J. J., (2010). Producir abonos orgánicos (composta bocashi). Yahuelica, Jalisco: Brigada de educación para el desarrollo rural No. 8 Secretaría de Educación Pública.

Piñeiro S. (2009). Diplomado en agricultura orgánica, cromatografía y permacultura. Uruapan Michoacán: Instituto Tecnológico Superior de Uruapan, COAS.

Restrepo R. J. (2006). Manual Práctico, el ABC de la agricultura orgánica y panes de piedra. COAS, pp 17 – 27. México D F:

Restrepo R. J. (1994). Abonos fermentados experiencias de agricultores en centroamérica y Brasil. San José, Costa Rica: OIT.

Restrepo R. J. (2007). La agricultura orgánica y panes de piedra. Cali Colombia: Editorial Feriva.

Restrepo R. J., Piñeiro S. (2011). Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo. pp 55 – 89. COAS editores. Cali, Colombia

Ruíz V. J., Helvio D., Walter H. (2007). Taller teórico práctico sobre algunas técnicas agroecológicas en apoyo al proceso de transición hacia una agricultura sustentable. Uruapan Mich.

Sánchez G. T. (2009). Caracterización microbiológica del proceso de compostaje de los residuos de azúcar. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Agronomía (UCV-FAGRO). Caracas Venezuela.

Sánchez J. V. (2012). Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas**.** Fertitec s http://www.agronegociosperu.org, (acensado 23 de julio 2012).

Shintani M., Leblanc H., Tabora P. (2000). Bokashi (abono orgánico fermentado), Tecnología Tradicional Adaptada para una Agricultura Sostenible y un Manejo de Desechos Modernos. Guía práctica. EARTH primera edición. Guacimo, Limón, Costa Rica

Villargoide A. (2007). Pintura en tela II. Editorial NAREA. San Sebastián.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

RESPUESTA GÉNICA ASOCIADA A LA TOLERANCIA A SEQUÍA EN DOS VARIEDADES CONTRASTANTES DE FRIJOL COMÚN

Glenda M. Gutiérrez-Benicio[1]; Víctor Montero-Tavera[2§]; Jorge A. Acosta Gallegos[2]; José Luis Anaya López[2]; César L. Aguirre-Mancilla[1]; Juan C. Raya-Pérez[1]; Juan G. Ramírez-Pimentel[1]

[1]Instituto Tecnológico de Roque. Celaya Gto. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto. [§]Autor responsable: glemgb@hotmail.com

RESUMEN

El frijol es uno de los cultivos de mayor importancia en México, representa para la economía de los productores nacionales una fuente importante de ingreso y es una garantía de seguridad alimentaria por sus valores nutricionales y nutracéuticos. Sin embargo el rendimiento del cultivo de frijol ha disminuido hasta 380 kg/ha debido a lluvias escasas e intermitentes ocasionando períodos de sequía más largos, lo que produce un impacto negativo en la producción de frijol. Debido a esta problemática, en México como en otros países, se han implementado programas de mejoramiento tradicional que han permitido obtener variedades de frijol común tolerante a sequía mediante cruzamiento y selección de genotipos. Sin embargo la aplicación del mejoramiento genético tradicional es un proceso largo y la respuesta al ambiente es variable. Una alternativa de mejoramiento genético es la selección asistida por herramientas biotecnológicas que permite la identificación de genotipos tolerantes al déficit hídrico y acorta el tiempo de selección. El objetivo del presente trabajo fue estudiar perfiles de expresión de genes asociados con la respuesta a estrés por sequía. Se emplearon dos variedades de frijol, Pinto Villa tolerante a sequía y como susceptible, Canario 60. Las plantas se cultivaron en invernadero con tratamientos de riego normal (control) y sequía en las etapas fenológicas V3 e inicio de la floración. Se determinaron los niveles de expresión por RT-PCR, se utilizaron oligonucleótidos diseñados a partir de ESTs del GenBank para *Pasheolus vulgaris* y de bibliotecas sustractivas supresivas para Pinto Saltillo. Se identificó inducción de la expresión de 10 genes para la variedad tolerante. Los genes más importantes por su nivel de expresión fueron proteínas ricas en azufre, metalotioneína, dehidrina y LEA 3; los cuales son importantes en respuesta a sequía y salinidad. Dichos genes se transcribieron en menor nivel en la variedad susceptible. Los resultados en general indican que existe una correlación positiva entre los niveles de expresión de los genes estudiados y la tolerancia a sequía.

Palabras clave: marcadores moleculares, nivel de expresión, déficit hídrico.

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas que enfrenta actualmente la agricultura es la disponibilidad de agua para la obtención de diversos cultivos agrícolas, por lo que no se pueden enfrentar exitosamente las necesidades crecientes de producción de alimentos. Particularmente el cultivo de frijol representa para la población mexicana una garantía de seguridad alimentaria por sus valores nutricionales y nutracéuticos (Guzmán Maldonado *et al*., 2002), sin embargo las condiciones climáticas adversas, principalmente la sequía, han afectado a este cultivo, en este sentido, el rendimiento de frijol para México en el año agrícola 2011 se vio drásticamente afectado, el cual disminuyó a 0.38 t/ha mientras que en año 2010 fue de 0.5 t/ha (DIES, 2012). Debido a esta problemática se han implementado programas de mejoramiento tradicional que han permitido obtener variedades de frijol común tolerantes a sequía mediante cruzamiento y selección de genotipos (Acosta *et al*., 1999; Acosta-Díaz *et al*., 2004). El mejoramiento tradicional presenta restricciones, como la interferencia de las interacciones genotipo-ambiente las cuales dificultan la definición de caracteres asociados a la resistencia a sequía (Miklas *et al*., 2006), lo que hace que sea un proceso largo, difícil y costoso. Debido a la problemática actual en cuanto a los niveles de producción del cultivo de frijol que enfrenta nuestro país, impone la necesidad de abordar esta situación con herramientas que permitan acelerar la disponibilidad de estrategias más efectivas, entre las que se encuentran las herramientas biotecnológicas para mejoramiento de diversos cultivos con determinadas características sobresalientes. La selección asistida por marcadores moleculares es una estrategia a seguir para la selección de variedades de frijol tolerantes a sequía. Estos marcadores pueden ser características morfológicas, bioquímicas o moleculares cuyo patrón de herencia puede establecerse, estos caracteres se basan en los cambios que un determinado gen o región del ADN puede tener con respecto a otro u otra similar de un individuo diferente. Estos cambios o polimorfismos tienen la ventaja de que se pueden detectar en etapas tempranas de desarrollo de la planta, lo cual ahorra tiempo. Es en estas circunstancias en donde la biotecnología ofrece metodologías muy poderosas que podrían ser utilizadas para acelerar los tiempos de selección de nuevos cultivares y ser incorporados para un mejoramiento genético integral. El Objetivo del trabajo fue identificar genes asociados a la respuesta de sequía en frijol común como una herramienta biotecnológica con potencial para eficientar la selección de genotipos superiores y la obtención de nuevas variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico. En cámaras de crecimiento a 27˚C se germinaron semillas de frijol de dos variedades, Pinto Villa (PV) tolerante a sequía y Canario 60 (C60) susceptible. Las semillas germinadas se transplantaron en sustrato Sunshine No. 3® y se cultivaron en invernadero.

Tratamientos. A 10 plantas de las cuatro variedades de frijol se les aplicaron dos tratamientos independientes: riego en todo el ciclo biológico de las plantas (control) y sequía (suspensión total de riego), bajo el siguiente esquema:

i) 1 estrés en etapa vegetativa V3 (tercer trifolio)
ii) 2 estreses: etapa V3 e inicio de la floración.
iii) 1 estrés en inicio de floración.

Cuando las plantas de tratamiento de sequía mostraron síntomas (5 días aproximadamente) se realizó la colecta.

Colecta. Se cosechó tejido foliar en todos los tratamientos y se almacenó a - 80˚C, para su posterior extracción de ARN total. En la medición del Contenido Relativo de Agua (CRA) se tomaron muestras de 1.5 centímetros de diámetro de hojas en todos los tratamientos. Para el CRA se empleó la siguiente formula:

CRA (%) = [Peso fresco - Peso seco / Peso saturado-Peso seco]*100

Extracción de ARN. Para la extracción de ARN total de las muestras colectadas de riego y sequía se aplicó la técnica de Logemann *et al.,* 1987. Se cuantificó el ARN total con el espectrofotómetro NanoDrop®. Se estandarizó la concentración a 400 ng/μl y de las muestras individuales se hizo una mezcla equimolar para cada uno de los tratamientos. El ARN de cada mezcla se corrió en un gel de agarosa al 1.5% en condiciones desnaturalizantes para determinar su calidad.

RT-PCR. A partir de cada una de las mezclas se sintetizó ADNc con el protocolo Super Smart de Clontech®. Se estandarizaron las condiciones de amplificación por PCR con iniciadores específicos para el gen ribosómico constitutivo 26S. Posteriormente se amplificaron los genes asociados a sequía con 20 iniciadores diseñados a partir de una biblioteca sustractiva supresiva de frijol Pinto Saltillo en condiciones de sequía y 28 iniciadores diseñados a partir del banco de genes del NCBI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del contenido relativo de agua en hoja, para las dos variedades mostró que las plantas sometidas a estrés hídrico en el primer estrés (V) mantuvieron niveles normales (alrededor del 60%), mientras que para el segundo estrés en el inicio de floración (F) los niveles de agua en Pinto villa aumentaron a 80%, sin embargo en la variedad Canario 60 los niveles de agua en el segundo estrés (F) no presentaron variación con respecto al primer estrés (Figura 1). El CRA para el único estrés en el inicio de floración (1F) mostró niveles inferiores con respecto al segundo estrés. Por lo tanto existe una sobresaliente diferencia en los niveles de agua en hoja para Pinto Villa con respecto a Canario 60, los que se asume que Pinto Villa tiene una respuesta al déficit hídrico desde etapas tempranas de su desarrollo (V3) y que se prepara o sensa para resistir un segundo estrés aumentando su contenido de agua.

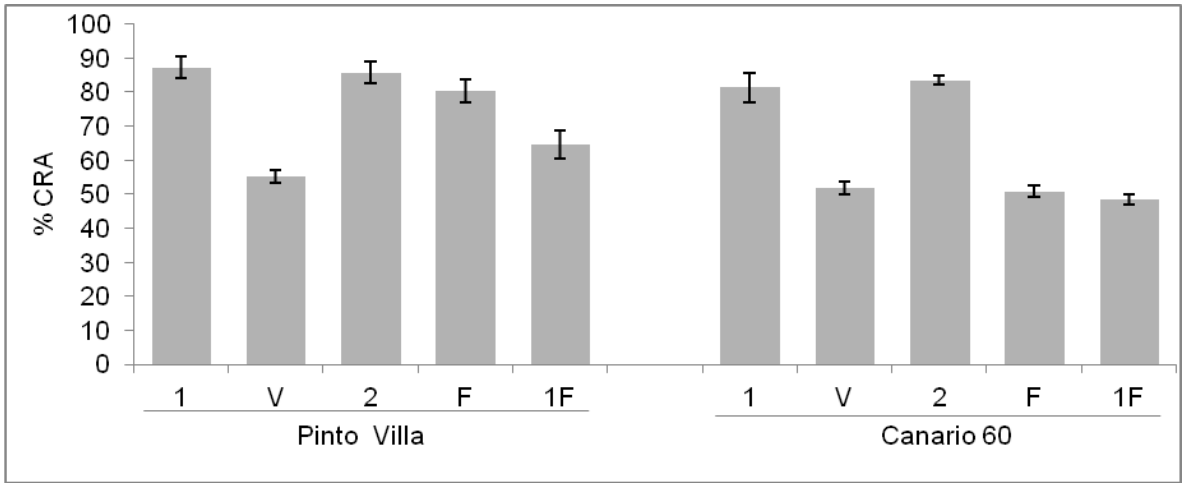


Figura 1. %CRA en hoja. 1 y 2 son estados basales, V es la etapa vegetativa, F es segundo estrés inicio de floración y 1F es único estrés inicio de floración.

En lo que respecta a la extracción de ácidos nucleicos, se obtuvo ARN de buena calidad, el cual fue determinante para establecer la estandarización con el gen constitutivo 26S. Esta estandarización se validó para amplificar genes de respuesta a sequía, en donde se determinaron 25 ciclos de amplificación y 400 ng de ARN. De una batería de 48 genes asociados a sequía se obtuvo sobreexpresión de 11 genes (Cuadro 1) para la variedad tolerante Pinto Villa (Figura 2), los cuales se sobreexpresaron en la etapa vegetativa V3 (carril V), comparado con sus estados basales (carril 1), algunos genes permanecen aun después de la recuperación con riego (carril R). También se sobre expresaron genes en el segundo estrés (carril F) a partir de sus estados basales (carril 2). Se indujo sobreexpresión en la etapa de floración (carril F1), mientras que en la variedad Canario 60 estos mismos genes no se sobre expresaron en los tratamientos

de sequía, algunos de ellos solamente se expresaron en los tratamientos de riego (carril 1 y 2). Las diferencias en los niveles de expresión encontradas entre las variedades contrastantes, tolerante y susceptible, confirma que Pinto Villa es tolerante a sequía y por sus cualidades de respuesta génica al déficit hídrico es calificado como un buen candidato de estudio en marcadores moleculares, y consecuentemente los marcadores de expresión representan una buena herramienta biotecnológica para la selección de genotipos de frijol tolerantes a sequía. Los genes más importantes por su nivel de expresión en condiciones de sequía fueron: una EST que codifica para una proteína rica en azufre, metalotioneína, dehidrina, poliubiquitina y LEA 3; los cuales son elementos importantes en respuesta a estrés abiótico, principalmente a sequía y salinidad (Shuai *et al*., 2012). La presencia de estos genes encontrados en Pinto Villa corrobora los genes con funciones similares en la misma variedad reportados por Barrera-Figueroa *et al*. (2007).

Cuadro 1. Genes que se amplificaron en respuesta a sequía.

Gen	Iniciador directo	Iniciador reverso	Accesión del GenBank
Avr 4	CCCAGTGATGTTGAAATAGTCATCA	TGCAGCAAATAGAAACCGGAAAGGA	FE698412
Clona GMFL 01-08-H07	ACCATGCTTGGTTTGCACGCTTCA	ACCACGCGACACAGCCTGAT	AK285380
LEA 3	TGCGGGACAGACCTTCAACG	GGTCACCATATGAACCTCTAGAACC	DQ196430
Proteínas ricas en azufre	CCTGCGTGAGCCACAGGGTG	CGTGTGGGACAACGTCCCGT	GW912990
Proteínas fotosistema II	AGGAATGAATAAAGCAAGTGACAGT	ACATCTTGCAGCCTGCTCTG	BT090497
Metalotioneina tipo 2	ACGGCTGCTCAGGCTGCAAG	ACAGGGGTCGCATTGGCAGT	EE253620
Poliubiquitina 2	CATCCAGAAGGAATCCACTCTGCAC	TGAAAAGCTTAAAAGCCACCGCGA	EE253619
Factor de elongación 1A	CCCCTGTTGAACCGCCCAGC	AGGATCCCACTGGAGCCAAGGT	EE253615
Dehidrina	TGCAGCAAACTTATTAAAAACACA	GACATCGTGTGTGTGCATGC	EE253616
Enzimas glicosilación	GATGACTCGTCATTGCCATCCATG	CTTCTACACAAACTCTAACGTGGCC	DT661629
Proteínas grupo 4lEA	TTTAACCAGTAACAACACCCA	TCTTTAGTCTTGTTCACTTTTTCTC	EE253612

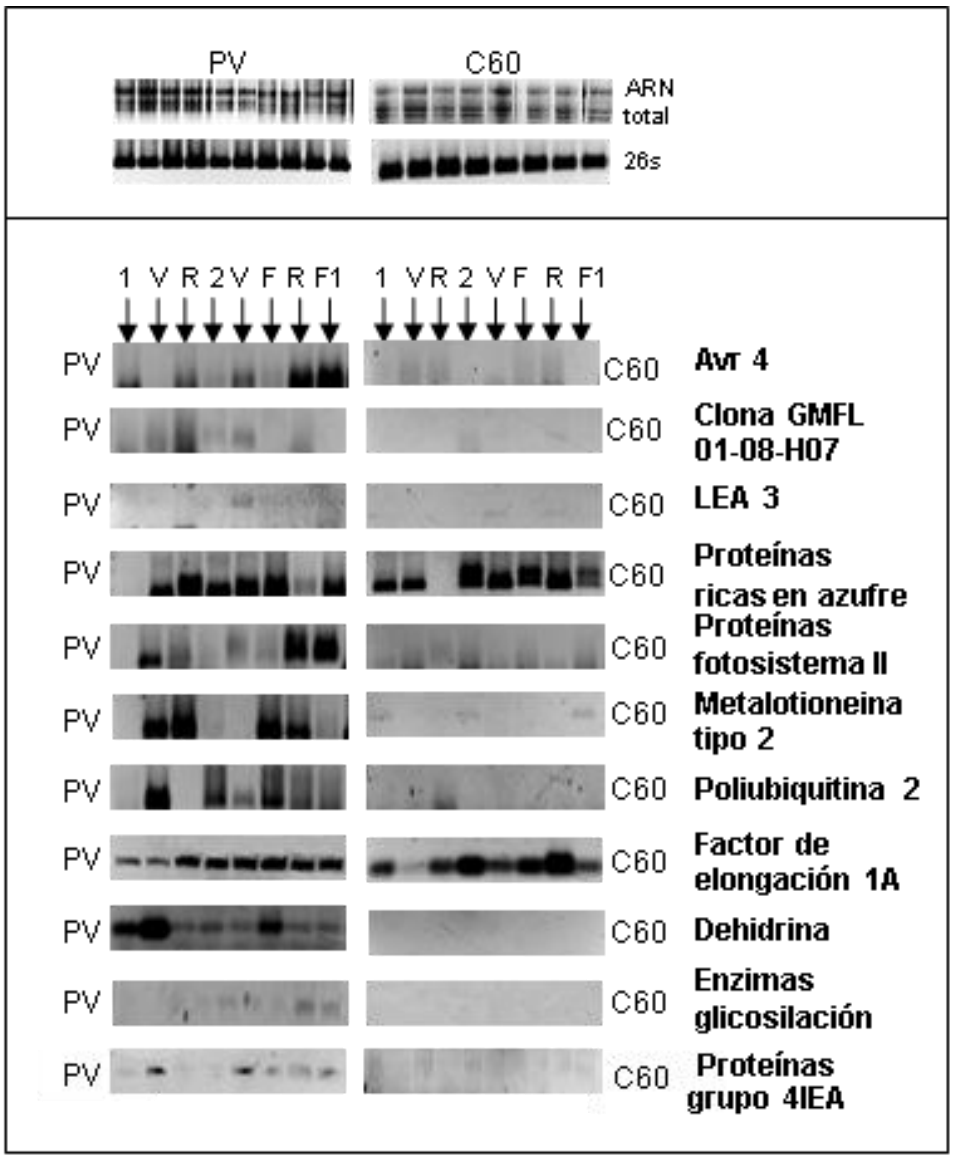


Figura 2. Niveles de expresión asociados a la respuesta a sequía.

CONCLUSIONES

Entre la variedad tolerante y susceptible existen diferencias en los niveles de expresión de los genes asociados a sequía, confirmando la presencia de genes de respuesta a sequía en Pinto Villa. Identificar los niveles de expresión de genes asociados a sequía permite conocer y fortalecer mecanismos por los cuales se generan las respuestas metabólicas y fisiológicas para la adaptación y sobrevivencia al estrés hídrico en el cultivo de frijol. Por lo tanto, la determinación de los niveles de expresión simultánea de múltiples genes es una herramienta efectiva para la selección de genotipos tolerantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta J.A.; Acosta E.; Padilla S.; Goyta M.A.; Rosales R.; López E. (1999). Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. Agronomía Mesoamericana 10: 83-90.

Acosta-Díaz E.; Trejo-López C.; Ruiz-Posadas L.M.; Padilla-Ramírez J.S.; Acosta-Gallegos J.A. (2004). Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. TERRA Latinoamericana. 22: 49-58.

Barrera-Figueroa B.; Peña-Castro J.M.; Acosta-Gallegos J.A.; Ruiz-Medrano R.; Xoconostle-Cázares B. (2007). Isolation of dehydration-responsive genes in a drought tolerant common bean cultivar and expression of a group 3 late embryogenesis abundant mRNA in tolerant and susceptible bean cultivars. Functional Plant Biology. 34: 368-381.

Dirección de Investigación Económica y Sectorial (DIES). (2012) Panorama agroalimentario, frijol 2011/12.

Guzmán-Maldonado S.H.; Acosta-Gallegos J.A.; Alvarez-Muñoz M.A.; García-Delgado S.; Loarca-Piña G. (2002). Calidad alimentaria y potencial nutracéutico del frijol (*Phaseolus vulgaris*). Agricultura Técnica en México. 28:159-173.

Miklas P.N., Kelly J.D., Beebe S.E. y Blair M.W. (2006). Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical to MAS breeding. Euphytica. 147: 105-131

Shuai H.; Lili T.; Zongli H.; Guoping Ch., Guiwue W. y Tingzhang H. (2012). Molecular characterization and functional analysis by heterologous expression in E. coli under diverse abiotic stresses for OsLEA5, the atypical hydrophobic LEA protein from Oryza sativa L. Molecular Genetics and Genomics. 287: 39-54.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

FERTILIZACIÓN MINERAL, ORGÁNICA Y BIOLÓGICA DEL SORGO (*Sorghum vulgare*) EN LA ZONA CENTRAL DE VERACRUZ

Ricardo Cruz-Balcázar§; Manuel Villarruel Fuentes; Armando Domínguez-Torres

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. §Autor responsable: balcazar13@yahoo.com.mx.

RESUMEN

Cada año en el centro de Veracruz los ganaderos enfrentan un periodo de sequía que les disminuye la productividad de sus hatos por la escasez de forraje. El sorgo es un cultivo alternativo para estas situaciones, pero requiere de estudios edafológicos que aseguren alta producción. El objetivo de esta investigación fue determinar de ocho genotipos de sorgo el mejor en rendimiento de biomasa verde con base en cuatro tipos de fertilización. El experimento se realizó en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, ubicado en el municipio de Úrsulo Galván en la zona central de Veracruz, México. Se evaluaron los genotipos Mas 715, Mas 510 y Mas_w 348 (grano); Gota de Miel, Rayo Verde, HF–895 (forraje) y Fortuna y Silo Dulce (doble propósito) y, los tipos de fertilización: mineral con urea + superfosfato de calcio triple (FM), orgánica con zeolita y coproductos de caña de azúcar (FO), FM + Biofertilización con *Azospirillum* + micorrizas (BF) y FO + BF. El diseño experimental fue en cuatro bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. Se midió peso de forraje y de panoja verde. El análisis estadístico de datos incluyó ANVA y prueba de medias (Tukey, α=0.05). En ambas variables el sorgo Fortuna fue superior a los demás genotipos; asimismo, los tratamientos con FM combinado con BF y FM solo, fueron los mejores. Se concluyó que para la zona central de Veracruz, el sorgo Fortuna representa la mejor opción de cultivo con fertilización biológica (BF) y mineral (FM) combinadas y FM independiente.

Palabras clave: Fertilizantes, sorgo, *Azospirillum*, micorrizas

INTRODUCCIÓN

Los ganaderos de la zona central de Veracruz, cada año se enfrentan a un período prolongado de sequía que va de noviembre a mayo, en el cual el alimento para sus animales, tanto en grano como en forraje se escasea. Tal situación provoca que la productividad de carne y leche disminuya y en casos severos ocurran pérdidas de semovientes (Durán y Aguirre-Medina, 2008). La producción de sorgo es una alternativa que podría contrarrestar los efectos negativos de la sequía que año con año se presenta; sin embargo, la existencia de diversos microclimas y suelos presentes en el estado, con características muy particulares, conlleva a la necesidad de comparar la respuesta de diferentes genotipos a condiciones edáficas y climatológicas específicas (Rodríguez-Montalvo, 2006). En el factor edáfico es de gran

importancia la fertilización, más cuando en la actualidad se han hecho populares los sistemas sustentables y los costos de los fertilizantes minerales se han elevado tanto que resultan inalcanzables para la mayoría de los productores (Rodríguez, 2005); no obstante, existen otros materiales de menor costo que podrían ser tan eficientes o más en la nutrición del cultivo y que incluso mejoran las propiedades físicas del suelo, tal es el caso de los fertilizantes orgánicos y biológicos (Aguirre-Medina, 2006).

Con estos antecedentes se desarrolló éste trabajo de investigación, con el objetivo de determinar el genotipo de sorgo de doble propósito, grano y forrajero, y su respuesta al tipo de fertilización mineral, orgánica y biológica, en el rendimiento de biomasa de sorgo, bajo la hipótesis de que el genotipo Fortuna con la aplicación de biofertilizante y fertilizante mineral, presenta la mejor respuesta en rendimiento en la región central de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación experimental se estableció en campo de septiembre/10 a enero/11 en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, localizado a 19° 21' N y 96° 25' O, a 8 m de altura, en el km 4.5 de la carretera Cardel-Chachalacas, en el municipio del mismo nombre, en la zona central de Veracruz. El clima predominante es Aw_2, cálido-húmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 25.8 °C y precipitación pluvial media anual de 1,017.7 mm. El experimento se realizó en un suelo fluvisol de textura arcillo limosa. Se evaluaron dos factores: genotipo de sorgo con ocho niveles y tipo de fertilización con cuatro, para un total 128 unidades experimentales. El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. La parcela grande incluyó los genotipos de sorgo y la chica los tipos de fertilización. Los genotipos de sorgo evaluados fueron: Mas 715, Mas 510 y Mas_w 348 de grano; Gota de Miel, Rayo Verde, HF–895 para forraje y, variedad Fortuna y Silo Dulce de doble propósito. Los tipos de fertilización fueron: (FM) fertilización mineral (urea + superfosfato de calcio triple), (FO) fertilización orgánica (zeolita con coproductos de caña de azúcar), (FM + BF) FM + Biofertilización (*Azospirillum* + micorrizas *basidiomycetes*) y (FO + BF) FO + Biofertilización (*Azospirillum* + micorrizas *basidiomycetes*). Las unidades experimentales se formaron por cinco surcos de 5 m de largo, con una separación entre surcos de 80 cm, considerando como parcela útil los tres surcos centrales y los 3 m centrales de cada uno de estos surcos. Las variables que se midieron fueron peso de forraje verde y peso de panoja verde. Los datos se sometieron a análisis de varianza y a prueba de medias de Tukey (α=0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso de forraje verde

En el Cuadro 1 se presenta el análisis de varianza para variable peso de forraje verde. Se observa que existe diferencia altamente significativa entre los factores genotipos y tipos de fertilización, así como para la interacción, con un coeficiente de variación del 19.9 %, lo cual indica que sí hubo efecto de los diferentes niveles utilizados por factor.

Cuadro 1. Análisis de varianza de genotipos de sorgo y fertilización de sorgo. Úrsulo Galván, Ver.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repetición	3	2550848.0	850282.7	4.9	0.010
Genotipo (G)	7	48938336.0	6991191.0	40.3	0.000
Error A	21	3646720.0	173653.3		
Fertilización (F)	3	1387216.0	462405.3	7.2	0.000
Interacción (GxF)	21	4012336.0	191063.6	3.0	0.000
Error B	72	4630608.0	64314.0		
Total	127	65166064.0			

C.V. = 19.9%

La Figura 1 muestra los resultados del peso de forraje verde y se observa que el genotipo de sorgo Fortuna, en sus cuatro niveles de fertilización, presentó los mejores resultados con valores entre 1.9 y 3.2 kg en los nueve m de surco de la parcela útil, que superan a los demás genotipos con sus respectivos niveles de fertilización. El resto de genotipos mostraron respuestas similares en cuanto a peso de forraje verde.

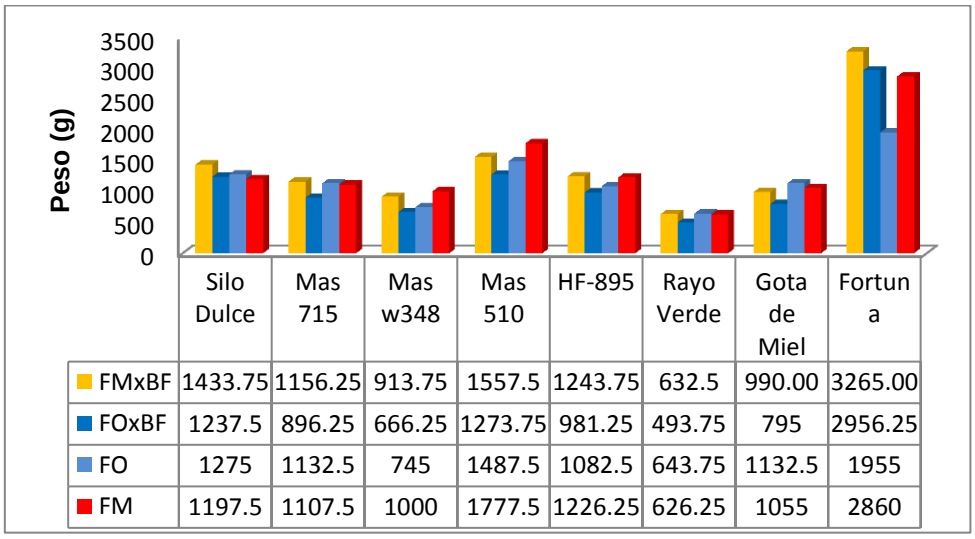


Figura 1. Peso de forraje verde por genotipo de sorgo y tipo de fertilización.

De la prueba de comparación de medias de Tuckey del Cuadro 2, se puede observar que el genotipo de sorgo Fortuna fue el mejor al presentar el mayor peso de forraje verde, superando significativamente a todos los demás genotipos. Además, los tratamientos con fertilizante mineral (FM) y fertilizante mineral combinado con biofertilizante (FM+BF), fueron los mejores tratamientos al presentar los más altos pesos de forraje verde.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de la variable peso de forraje verde (en la parcela útil) para los factores genotipos de sorgo y tipos de fertilización (Tuckey, α=0.05).

Factor	Peso de forraje verde (g)	Calificación de Tukey	CV (%)
Genotipo			
Fortuna	2759.07	a	
Mas 510	1524.06	b	
Silo Dulce	1285.94	bc	
HF-895	1133.44	bc	
Mas 715	1073.13	bcd	
Gota de Miel	993.13	cd	19.9
Mas w348	831.25	cd	
Rayo Verde	599.06	d	
Fertilización			
FM+BF	1399.06	a	
FM	1356.25	a	
FO	1181.72	b	
FO+BF	1162.50	b	

Peso de panoja verde

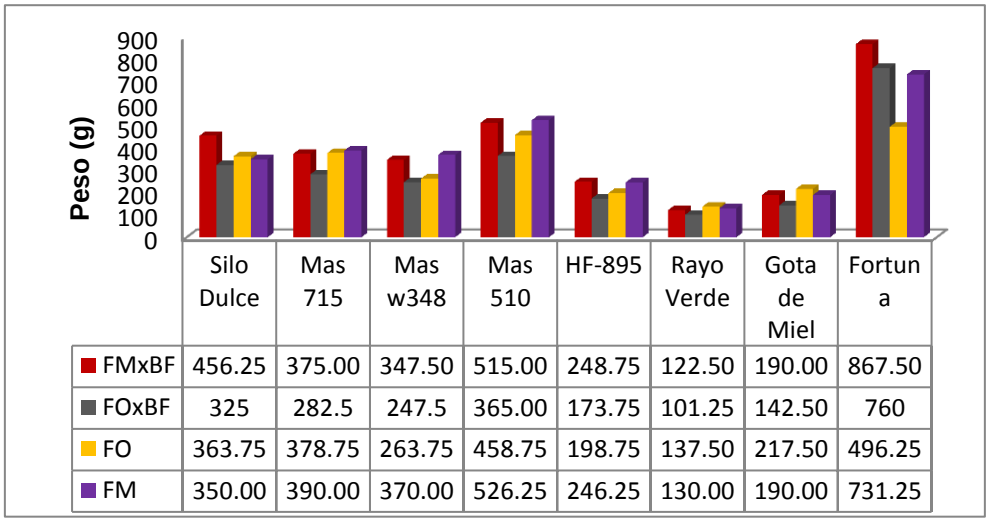
En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza del peso de panoja verde. Se observa que hubo diferencia altamente significativas para genotipos y tipos de fertilización, así como para la interacción, con un coeficiente de variación del 20.3%.

Cuadro 3. Análisis de varianza de la variable peso de panoja verde para los factores genotipos de sorgo y tipos de fertilización (Tuckey, α=0.05).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	3	127203.0	42401.0	2.4	0.092
Genotipos	7	3910589.0	558655.6	32.1	0.000
Error A	21	365741.0	17416.2		
Fertilización	3	175878.0	58626.0	12.1	0.000
Interacción	21	326878.0	15565.6	3.2	0.000
Error B	72	348098.0	4834.7		
Total	127	5254387.0			

C.V. = 20.3%

En la Figura 2 se presentan las medias de peso de panoja verde por genotipo de sorgo y tipo de fertilización. Se observa que el genotipo de sorgo Fortuna, con sus cuatro niveles de fertilización, mostró los mejores resultados al lograr el mayor peso de panoja verde con 867.5 g de la parcela útil, con el nivel más alto de fertilización mineral en combinación con el biofertilizante.



	Silo Dulce	Mas 715	Mas w348	Mas 510	HF-895	Rayo Verde	Gota de Miel	Fortuna
FMxBF	456.25	375.00	347.50	515.00	248.75	122.50	190.00	867.50
FOxBF	325	282.5	247.5	365.00	173.75	101.25	142.50	760
FO	363.75	378.75	263.75	458.75	198.75	137.50	217.50	496.25
FM	350.00	390.00	370.00	526.25	246.25	130.00	190.00	731.25

Figura 2. Resultados promedio para la variable peso de panoja verde por genotipo y tipo de fertilización.

En el Cuadro 4 se presenta la prueba de comparación de medias del peso de panoja verde para genotipo de sorgo y tipos de fertilización. Se observa que el sorgo Fortuna fue superior a los demás genotipos. Los tratamientos de fertilización que resultaron superiores e iguales estadísticamente, fueron fertilización mineral más biofertilizante (FM+BF) y fertilización mineral (FM).

Los resultados obtenidos en peso de panoja verde y peso de forraje verde, coinciden en que el genotipo Fortuna fue estadísticamente superior a todos los demás y que los tratamientos de fertilización a base de biofertilizante combinado con fertilizante mineral (FM+BF) y de fertilizante mineral (FM), fueron estadísticamente iguales y superiores. Estos resultados la comprueban la hipótesis planteada, aunque también resultó superior el tratamiento testigo, con fertilización mineral.

CONCLUSIONES

El genotipo de sorgo Fortuna fertilizado con biofertilizante (BF=*Azospirillum* + micorrizas *basidiomycetes*) combinado con fertilizante mineral (FM = urea + superfosfato de calcio triple) ó solo fertilizante mineral (FM = urea + superfosfato de calcio triple), fueron los tratamientos que presentaron el mejor rendimiento en peso de

forraje verde y peso de panoja verde de sorrgo en las condiciones edafoclimáticas de la zona central de Veracruz.

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias de la variable peso de panoja verde para los factores genotipos de sorgo y tipos de fertilización (Tuckey, α=0.05).

Factor	Peso de panoja verde (g)	Calificación de Tukey	CV (%)
Genotipo			
Fortuna	713.8	a	
Mas 510	466.3	b	
Silo Dulce	373.8	bc	
Mas 715	356.6	bcd	
Mas w348	307.2	cde	
HF-895	216.9	def	
Gota de Miel	185.0	ef	
Rayo Verde	122.8	f	20.29
Fertilización			
FM+BF	390.3	a	
FM	366.7	a	
FO	314.4	b	
FO+BF	299.7	b	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar A., J.L., D. Pereyra D., R. Zulueta R. 1993. Zonificación agroecológica para el cultivo de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] en el estado de Veracruz.

Aguirre-Medina, J. F. 2006. Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas.

Díaz-Franco, A. y I. Garza-Cano. 2007 Crecimiento de genotipos de sorgo y cártamo asociados a la colonización micorrízica arbuscular en suelo con baja fertilidad. www.ujat.mx/publicaciones/uciencia 23(1). Pp. 15-20.

Díaz-Franco, A. y J.R. Salinas, G. 2007. Rentabilidad comparativa entre micorrización y fertilización química en sorgo. *In*: Memoria de resúmenes del Congreso. XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. México.

Durán Prado, A. y J. F. Aguirre-Medina. 2008. Biofertilizantes. Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Desplegable para productores Núm. 11.

Rodríguez-Montalvo, F. A. 2006. Evaluación de genotipos de sorgo forrajeros, bajo condiciones de riego, durante el ciclo PV 2005/05, en la zona central de Veracruz. Doc. de circulación interna. CAE Cotaxtla, INIFAP.

Rodríguez Suppo, F. 2005. Fertilizantes nutrición vegetal. Ed. A. G. T. México DF.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

EFECTO DE *Azospirillum* sp. EN PLÁNTULA DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) EN INVERNADERO

Rosalinda Mendoza Villarreal§; Juan C. Rivera López; Juan M. Ruiz Nieves; Violeta Aspeitia Echegaray; Alberto Sandoval Rangel

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. §rosalindamendoza@hotmail.com

RESUMEN

El cultivo de la papaya es rentable en el ámbito nacional como internacional, siendo necesaria la reducción de tiempo en vivero para acortar el ciclo del cultivo sin disminuir la producción. Por tal motivo se deben utilizar estimulantes de la germinación de la semilla y enraizadores para tal fin. La siembra de las semillas de papaya (C*arica papaya*) variedad Maradol, se realizó en charolas de germinación de 200 cavidades en el mes de junio y en julio se obtuvo la plántula, la cual fue depositada en vasos de unicel con sustrato *peat moss* + perlita (1:1): Las plántulas fueron inoculadas con dos cepas nativas de *Azospirillum* sp. aisladas de raíces de trigo y maíz, C-5 y C-3 respectivamente, en tres cargas bacterianas: 10^8, 10^6 y 10^4 UFC mL^{-1}. En el invernadero se establecieron siete tratamientos con tres repeticiones y cinco plántulas por repetición, bajo un diseño completamente al azar y regadas con una solución completa (Schwarz, 1975) pero con 20% de N (F.Q.). Se realizaron cuatro muestreos: en el primero, los tratamientos 1 (F.Q.), 2, 3 y 4 (C-5, con 10^8, 10^6,10^4 UFC mL^{-1}) incrementaron la longitud de raíz; en el tercer muestreo se encontró el mayor peso fresco y seco de raíz en los tratamientos 7 y 5, con la C-3 a 10^4 y 10^8 UFC mL^{-1}; en el cuarto muestreo hubo mayor peso fresco y seco de follaje, además de que la plántula alcanzó mayor longitud de tallo en los tratamientos 1 (F.Q.), 2 y 4 con C-5 a 10^8 y 10^4 UFC mL^{-1}. Se concluye que la mejor respuesta la indujo C-5 de *Azospirillum* sp. al promover mayor longitud de raíz y tallo y peso fresco y seco de follaje, con las cargas 10^8 y 10^4 UFC mL^{-1}.

Palabras clave: Papaya, *Azospirillum*, biomasa, invernadero.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papaya es uno de los más importantes en nuestro país ya que su origen se ubica en las tierras bajas de la América central, específicamente en Meso América. Esta región comprende desde el sureste de México hasta Costa Rica. En México, los principales productores de este fruto son Chiapas, Oaxaca, Yucatán, Veracruz, Michoacán y Colima.

El cultivo de papaya requiere un suelo fértil y rico en materia orgánica, debido a su rápido crecimiento (Rodríguez, 1984), sin embargo, es de primordial importancia la germinación y el manejo en invernadero, para lo cual se requiere de estimulantes de la germinación y enraizadores (ITESM, 2003) como la rhizobacteria *Azospirillum* que estimulan crecimiento de raíz y follaje, por lo que se ha constituido en un biofertilizante de plantas. Otro aspecto relevante en el cultivo de las plantas es contar con resistencia a las enfermedades, causadas principalmente por hongos y virus, ya que si no se tiene el cuidado y manejo adecuados pueden causar grandes pérdidas económicas.

La aplicación de biofertilizantes en la etapa de vivero ha incrementado el porcentaje de germinación, crecimiento, desarrollo y salud de las plántulas de papaya, que mejoran la calidad y reducen el tiempo de permanencia de las plántulas en el vivero (Constantino *et al*., 2011). Una de las bacterias que se ha utilizado es *A. brasilense* que promueve el desarrollo de los pelos radicales de diversos cultivos anuales y perennes (Aguirre-Medina, 2006). El efecto favorable de *Azospirillum*, es que produce mayor desarrollo del sistema radical, traducido en mayor superficie de absorción de agua y nutrientes, así como mayor desarrollo de la parte aérea de la planta (Liriano *et al*., 2005), por lo que tiene el potencial para emplearse en la producción de plántulas de interés hortícola (Díaz *et al*., 2001).

La doble biofertilización, esto es en semilla y plántula, estimuló el crecimiento y biomasa de las plántulas en comparación a la simple biofertilización. Asimismo, la mejor opción para iniciar la biofertilización en la papaya es la inoculación directa a las semillas con *Azotobacter, Chroococcum* y *G. Intraradices* (Constantino *et al*., 2011). En maíz, la colonización con una cepa nativa de *Azospirillum* fue casi 70 veces más alta que con una cepa aislada en la Pampa Húmeda de Argentina (Fischer *et al.,* 2000; Schulze y Pöschel, 2004; Abril *et al*., 2006).

La concentración de bacterias en UFC mL^{-1} difiere del cultivo, suelo (pH, fertilidad, materia orgánica), estrés de la planta y producción de exudados radiculares, entre otros. Sin embargo, se han inoculado semillas con un cultivo de *Azospirillum* spp. en fase exponencial, con aproximadamente 10^8 bacterias mL^{-1}, desarrollado en medio NFb líquido con $ClNH_4$ (0.25%) como fuente de N. La dosis aplicada varió en función del tamaño de la semilla (entre 25 y 50 mL por kg de semilla) para garantizar al menos 10^4 bacterias por semilla. El inóculo fue diluído en una solución al 10% de sacarosa para permitir una distribución homogénea sobre las semillas (Kaushik *et al.,* 2002).

El nivel de inoculación óptimo para semillas y plantas de muchos cereales, vegetales y plantas de cultivos comerciales, se ha observado que es alrededor de 10^4 a 10^6 UFC mL^{-1}, mientras que para maíz es de 10^7 UFC mL^{-1}. Una concentración de inóculo de 10^{7-} a 10^{10} UFC mL^{-1}, generalmente inhibe el desarrollo radicular (Bashan *et al*., 1990).

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el trabajo de investigación tuvo como objetivo producir plántulas de papaya inoculadas con dos cepas de *Azospirillum*, para obtener características morfologicas favorables que logren el desarrollo en campo en menor tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio experimental de realizó en el invernadero del departamento de horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, localizado a 25°22" N y 101°03" O, a una altura de 1743 m.

La siembra de las semillas de papaya (C*arica papaya*) variedad Maradol, se realizó en charolas de germinación de 200 cavidades en el mes de junio y en julio se obtuvo la plántula, la cuál fue depositada en vasos de unicel con sustrato *peat moss* + perlita en una relación 1:1. La inoculación se hizo con dos cepas nativas de *Azospirillum* sp. aisladas de raíces de trigo y maíz (Mendoza *et al*., 2009), llamadas C-5 y C-3, respectivamente. En el invernadero se establecieron siete tratamientos (Cuadro 1) con tres repeticiones y cinco plantas por repetición, bajo un diseño completamente al azar. Durante ésta las plántulas fueron regadas con una solución completa (Schwarz 1975) pero con 20% de N. El manejo preventivo de plagas y enfermedades se desarrolló con el fungicida Tekto 60 a razón de 0.5 g L^{-1} y un extracto de ajo repelente de insectos, a razón de 5 mL L^{-1}, cada 8 d.

Se evaluaron variables agronómicas como peso fresco (PFF) y seco de follaje (PSF), peso fresco (PFR) y seco de raíz (PSR), longitud de raíz (LR) y tallo (LT).

La solución nutritiva de Schwarz fue elegida por ser una solución completa ya que cuenta con los minerales necesarios para un buen desarrollo de las plantas, esta se describe en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento de papaya con la aplicación de dos cepas de A*zospirillum* y fertilizante químico en invernadero. UAAAN, 2012.

Tratamiento No.	Cepa de *Azospirillum*	Concentración de *Azospirillum (*UFC mL^{-1})
1	F.Q.	Solución nutritiva Schwarz con 20% de N.
2	C-5	10^8 + F.Q.
3	C-5	10^6 + F.Q.
4	C-5	10^4 + F.Q.
5	C-3	10^8 + F.Q.
6	C-3	10^6 + F.Q.
7	C-3	10^4 + F.Q.

C-5, A*zospirillum* aislada de raíz de trigo; C-3, A*zospirillum* aislada de raíz de maíz; UFC, unidades formadoras de colonias; N, nitrógeno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó el análisis de varianza (ANVA) de las variables en estudio y se encontraron diferencias significativas en longitud de raíz (LR) en el muestreo 1, en el muestreo dos no se encontró diferencia entre tratamientos, en el muestreo 3 las diferencias significativas se encontraron en peso fresco (PFR) y seco de raíz (PSR) y en el cuarto muestreo en peso fresco (PFF) y seco de follaje (PSF), además de longitud de tallo (LT).

Cuadro 2. Solucion nutritiva Schwarz (1975) con 20% de N.

Concentración	20 %
Compuesto	
$Ca(NO_3)_2$ $4H_2O$	25.3
$CO(NH_2)_2$	0.0
$NH_4H_2PO_4$	15.3
K_2SO_4	60.0
$MgSO_4$ $7H_2O$	76.0
$FeSO_4$ $7H_2O$	2.5
$MnSO_4$ $7H_2O$	0.7
$CuSO_4$ $5H_2O$	0.1
$ZnSO_4$ $7H_2O$	0.2
H_3BO_3	0.5
$CaSO_4$ $2H_2O$	9.0

La prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) (Cuadro 3) encontró en el muestreo 1 que los tratamientos 1(F.Q), 2,3 y 4 (C-5 con10^8, 10^6,10^4 UFC mL^{-1}) fueron diferentes a la C-3 a las mismas concentraciones. Por lo tanto la fertilización química y la C-5 incrementaron la longitud de raíz en mayor

medida, con diferencia de 1 cm sin importar la concentración de la bacteria; sin embargo. Bashan *et al*., (1990) establecen que la inoculación con 10^4 a 10^6 UFC mL^{-1} de *Azospirillum* es suficiente para provocar respuesta morfológica en cultivos comerciales y que concentraciones de 10^7 a 10^{10} provocan inhibición en el desarrollo de raíces. En el muestreo 3 se encontró el mayor peso fresco y seco de raíz en los tratamientos 7 y 5 con la C-3 a 10^4 y 10^8 UFC mL^{-1}, en el muestreo 4 se encontró mayor peso fresco y peso seco de follaje, además de longitud de tallo en los tratamientos 1 (F.Q), 2 y 4 con la C-5 a 10^8 y 10^4 UFC mL^{-1}. Estos resultados concuerdan con Liriano *et al*. (2005), quienes indican que existe mayor desarrollo de la parte aérea de la planta, con potencial para emplearse en la producción de plántulas de interés hortícola (Díaz *et al*., 2001).

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Tukey (P≤0.05) en variables agronómicas de plántulas de papaya inoculadas con dos cepas de A*zospirillum* sp.

Tratamiento	M1	M3		M4		
	LR (cm)	PFR (g)	PSR (g)	PFF (g)	PSF (g)	LT (cm)
1	10.06 A	1.22ABC	0.06 AB	1.82 A	0.28 A	7.83 A
2	9.00 A	1.03 C	0.05 BC	1.79 A	0.28 A	7.43AB
3	8.96 A	1.05 BC	0.05 BC	1.40 BC	0.23 BC	6.16C
4	8.93 A	1.04 C	0.05 BC	1.73 A	0.28 A	7.43AB
5	6.93BC	1.53 A	0.06 AB	1.45 BC	0.25ABC	6.60BC
6	6.73 C	1.06 BC	0.04C	1.37C	0.20C	6.46C
7	8.60 AB	1.35 AB	0.07 A	1.64AB	0.27 AB	7.00ABC

Dónde M1, M3, y M4= muestreos; LR, Longitud de raíz; PFR, Peso fresco de raíz; PSR, Peso seco de raíz; PFF, Peso fresco de follaje; PSF, Peso seco de follaje; LT, Longitud de tallo.

CONCLUSIONES

La C-5 de *Azospirillum* sp. aislada de raíces de trigo, incrementa la longitud de la raíz, peso fresco y seco de follaje, además de longitud de tallo en concentraciones de 10^8 y 10^4 UFC mL^{-1}.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre-Medina, J.F. (2006). Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Chiapas, México. 201 p.

Aguirre-Medina,J.F; Mendoza-López, A.; Cadena-Iñiguez, J.; Avendaño-Arrazate, C. (2007). La biofertilización del cacao (*Theobroma cacao* L). en vivero con (*Azospirillum brasilense*) Tarrand, Krieg *et* Döbereiner y (*Glomus intraradices*) Schenk *et* Smith. Interciencia 32(8):1-6.

Abril, A; Biasutti, C; Maich, R; Dubbini, L. y Noe, L. (2006). Inoculación con *Azospirillum* spp. en la Región Semiárida-Central de Argentina: factores que afectan la colonización rizosférica. Ciencia del Suelo 24 (1): 34-42.

Bashan, Y. (1990). Short exposure to *Azospirillum brasilense* Cd inoculation enhanced proton effux in intact whaet roots. Can. J. Microbiol. 36: 419-425

Constantino, M.; Gómez, R.; Álvarez, J.D.; Pat, J.M.; Espín, E.G. (2011). Efecto de la inoculación de *Azotobacter chroococcum* y *Glomus intraradices* en el crecimiento y nutrición de plántulas de papaya en fase de invernadero. *Agronomía Costarricense*. 35(1): 15-31.

Fischer, S; V. Rivarola; G. Mori.(2000). Colonization of wheat by *Azospirillum brasilense* Cd is impaired by saline stress. *Plant Soil* 225: 187-191.

ITESM. (2003). Cadena agroalimentaria de la papaya Maradol. Programa estratégico y necesidades de investigación y transferencia de tecnología del estado de Chiapas. Fundación Produce Chiapas. pp. 27-30

Kaushik, R; Saxena, AK; K.V.B.R. Tilak. (2002). Can A*zospirillum* strains capable of growing at a sub-optimal temperature perform better in field-grown-wheat rhizosphere? *Biol. Fert. Soils* 35: 92-95

Mendoza V. R; Martínez G.F.J.; Rodríguez, V.M.; Benavides M.A. (2009). Biofertilización con *Azospirillum* sp. en trigo. Torreón, Coahuila, México. (1):100-107. ISBN 978-607-95106-1-9

Rodríguez, H. (1984). Nutrición en frutales. *Psidium guajaba y Carica papaya*. Boletín de reseñas. Cítricos y Otros frutales. Cida. Minagri. Cuba. pp. 27-51.

Schulze, J. and G. Pöschel (2004). Bacterial inoculation of maize affects carbon allocation to roots and carbon turnover in the rhizosphere. *Plant Soil* 267: 235-241.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

AISLADOS DE RIZOBACTERIAS CON CAPACIDAD DE PROMOCIÓN DE CRECIMIENTO DE PLANTAS

Blanca E. Gómez Luna§; Jennifer Barrera Lara; Adriana Hidalgo Villagómez; Carlos H. Herrera Méndez; Lorena Vargas Rodríguez

Universidad de Guanajuato, Campus Celaya - Salvatierra, División de Ciencias de la Salud e Ingenierias, sede Salvatierra, Privada de Arteaga s/n col. Centro, Salvatierra Gto. §Autor responsable: bgomezl2000@yahoo.com.mx

RESUMEN

La guayaba es un cultivo muy difundido en todo el mundo y una fuente natural de vitaminas y minerales, este cultivo fue de importancia económica para el municipio de Salvatierra, el cual en los últimos años ha ido disminuyendo debido a las plagas presentes en los huertos así como a una deficiencia en el desarrollo y crecimiento vegetal, es por eso que en este trabajo se realizó el aislamiento de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal de suelos de huertos de guayaba, se obtuvieron aislados con actividad de ACC desaminasa, para posteriormente realizar pruebas de germinación con semillas de pepino y guayaba así como desarrollo de raíz con la planta modelo *Arabidopsis thaliana*, así como también se determinó que aislados fijaban nitrógeno y solubilizaban fosfatos, realizando también pruebas con 50 plantas de guayaba dentro de invernadero para ver las mejoras directamente en la planta. En cada uno de las pruebas que se realizaron los resultados obtenidos fueron positivos en comparación con el control que se manejó en cada prueba

Palabras clave: *Psidium guajava*, PGPR, nutrientes

INTRODUCCIÓN

La Guayaba (*Psidium guajava* L.) es un cultivo originario de América Tropical y actualmente se encuentra muy difundido en todo el mudo, es una fuente natural de vitaminas y minerales. Tiene muchas variedades, entre las que hay dulces, semiácidas y ácidas. Generalmente son de forma redondeada, no muy grande, amarilla cuando está madura, de sabor agridulce y con gran cantidad de semillas pequeñas y duras. Tiene olor penetrante y su sabor varía, según la especie. Anteriormente Salvatierra, Gto., se caracterizaba por ser un gran productor de dicho fruto utilizándolo para autoconsumo, venta como fruto fresco y seco, así como la elaboración de dulces típicos de la región; esta práctica se ha ido abandonando debido a que la

producción de guayaba en huertos es muy bajo, a causa de que el árbol presenta deficiencias de desarrollo y crecimiento (Casaca, 2005).

Los productores de esta región que continúan con este cultivo son de bajos recursos, ya que el ingreso es muy bajo y no les aporta recursos para compra de fertilizantes inorgánicos, además de que los suelos son pobres en nutrientes y tienen una baja calidad de riego, por este motivo se busca aislar e implementar microorganismos promotores de crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés). Como su nombre lo indica promueven y mejoran el crecimiento de las plantas ya que desempeñan funciones clave para la planta, mediante 2 formas diferentes, la primera teniendo un efecto indirecto sobre la planta conocido también como de control biológico protegiendo a la planta de ataques de microrganismos patógenos mediante diferentes mecanismos entre ellos la producción de sideróforos, la resistencia sistémica inducida, producción de antibióticos, estos por mencionar solo algunos, así como también aquellas que tiene un efecto directo sobre la planta, esto es porque los mecanismos de acción afectan directamente el metabolismo de la planta. Siendo estos los principales microrganismo en los que se centrara este trabajo, explicando a continuación algunos de los mecanismos con los cuales trabajan dichos microorganismo (Bach y Diaz, 2008; Franco, 2008).

Fijación de nitrógeno: Se considera uno de los principales mecanismos por el cual las plantas encuentran beneficio en la asociación que forman con los microrganismos benéficos, aunque en la mayoría de los casos, la fijación de nitrógeno es solo un componente minoritario en la contribución al beneficio a la planta (Bach y Diaz, 2008).

Producción de reguladores del crecimiento vegetal: Son pequeñas moléculas conocidas como hormonas vegetales, que afectan el desarrollo y crecimiento vegetal, que generan cambios en el proceso fisiológico que repercuten en la floración, fructificación y rebrote de hojas entre otros. Estas hormonas pertenecen a 5 grupos conocidos de compuestos en el cual se incluyen auxinas, etileno, giberelinas, citoquininas y ácido abscisico (Bach y Diaz, 2008).

Solubilizacion de fosfatos: A través de la secreción de ácidos orgánicos, solubilizan el fósforo mineral y mediante la acción hidrolítica de las enzimas fosfatasas, mineralizan el fósforo orgánico, convirtiéndolo en un nutriente disponible para la planta (Bach y Diaz, 2008).

Inhibición de síntesis del etileno: Se ha encontrado que algunas enzimas de los microrganismo promotores del crecimiento de las plantas producen una enzima llamada ACC desaminasa la cual facilita el crecimiento y desarrollo de la planta mediante la disminución de los niveles de etileno, lo cual se observa en el mejoramiento del desarrollo radicular (Ochoa y col., 2010).

Todos estos mecanismos entre otros son los que logran el mejoramiento de las plantas, logrando así tener una mejora en la producción de los cultivos sin tener un efecto nocivo para el ecosistema. El objetivo de este trabajo fue aislar bacterias de la rizósfera de árboles de guayaba para seleccionar una cepa con las mejores capacidades para mejorar la producción en guayaba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo de suelo

Se tomaron muestras de suelo de la rizósfera de árboles de guayaba de cicno huertos del municipio de Salvatierra, Gto., cinco árboles en cada huerto y tres puntos de cada árbol.

Aislados bacterianos

Una dilución 1:100 de suelo se inoculó en medio selectivo con 1-ácido carbixilico-1-aminociclopropano (ACC), las bacterias que crecieron en este medio se caracterizó su capacidad promotora de crecimiento. El cual contiene las sales minerales del medio Dworkin y Foster cuya composición por litro es la siguiente (4g KH_2PO_4, 6 g $NaHPO_4$, 0.2 g $MgSO_4$, 1 mg $FeSO_4$, 10 μg H_3BO_3, 10 μg $MnSO_4$, 50 μg $CuSO_4$, 10 μg MoO_3, 70 μg $ZnSO_4$, glucosa 0.2%, ácido glucónico 0.2%, ácido cítrico 0.2% y agar bacteriológico al 2% y ACC 3 mM (Sigma).

Prueba de germinación

Se utilizaron semillas de pepino y semillas de guayaba, las cuales se esterilizaron superficialmente con una solución de hipoclorito de sodio comercial al 20 % manteniendo en agitación durante 45 s, posteriormente se le añadió una solución de etanol al 70% durante 45 s en agitación, se vacío la solución y por último se utilizó agua destilada estéril y se agito durante 45 seg, este último paso se repite tres veces. Después de esto se prepararon tubos con 10 ml de caldo de papa estéril, en los cuales se inocularon los aislados seleccionados para realizar esta prueba, y uno sin inocular como control, se dejaron incubando durante 24 hrs a una temperatura de 28°C en agitación constante. Se tomaron 15 semillas de pepino y 30 semillas de

guayaba por cada tubo, se pusieron en agitación durante 20 min, pasado este tiempo las semillas fueron colocadas en cajas Petri con papel estéril humedecido, se dejaron en incubación a 28°C.

Prueba de desarrollo de raíz in vitro

Se utilizaron semillas de *Arabidopsis thaliana* las semillas fueron esterilizadas superficialmente, agitando en etanol al 70% por 3 min, seguido de la agitación en hipoclorito de sodio comercial al 20% por 3 min y posteriormente fueron lavadas 3 veces con agua destilada estéril. La semillas esterilizadas fueron colocadas en cajas de Petri que contenían el medio Murashige-Skoog (MS; GIBCO BRL, Rockville, MD, USA) al 20% suplementado con sacarosa al 1% y agar al 1% (Bioxon BD, Becton-Dickson, México) y el pH ajustado a 5.7. Para promover y uniformizar la germinación, las cajas se incubaron a 4°C durante 48 hrs en oscuridad. Posteriormente se sembró un aislado por caja, en el lado opuesto de donde se colocaron las semillas por último se colocaron en forma vertical en cámara de crecimiento a 24°C con un fotoperiodo de 16 h luz y 8 h oscuridad por 10 días.

Aislamiento de bacterias fijadoras de Nitrógeno

Para el aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno, se empleó el medio libre de nitrógeno (NFB), cuya composición por litro fue la siguiente: 5 g de ácido málico, 0.5 g de K_2HPO_4, 0.2 g de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.1 g de NaCl, 0.02 g de $CaCl_2$, 2 ml de elementos traza, 2 ml de azul de bromotimol, 4 ml de solución FeEDTA al 1.64%, 1 ml de solución vitaminada, 4 g de KOH y 1.75 g de agar bacteriológico en este caso para preparación de medio semisólido, cada uno de los reactivos agregados en el orden mencionado hasta disolución completa; para la preparación de elementos traza se utilizó: 0.2 g de $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$, 0.235 g de $MnSO_4 \cdot H_2O$, 0.28 g de H_3BO_3, 0.008 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ y 0.024 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. La solución vitaminada se preparó con 0.01 g de Biotina y 0.02 g de piridoxina en 1000 ml de agua destilada; la preparación de solución FeEDTA, 0.69 g de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.93 g de NaEDTA en 80 ml de agua hirviendo y enseguida se aforó a 1000 ml con agua destilada fría; y por último el azul de bromotimol 95% de etanol y 5% de azul de bromotimol. La solución NFB, se esterilizó a 15 lb de presión durante 15 minutos, sin la solución vitaminada ya que es termolábil, esta se agregó hasta que la temperatura del medio fuera aproximada a los 40°C. Se colocaron fragmentos de raíz de 2 cm de largo y se incubaron a 28°C por 48 h.

Determinación de Solubilizadoras de fosfatos.

Para la determinación de bacterias solubilizadoras de fosfatos, se empleó el medio NBRIP (Medio de fosfatos del National Botanical Research Institute), cuya composición por litro fue la siguiente: 10 g de Glucosa, 5 g de $Ca_3(PO_4)_2$, 5 g de $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, 0.025 g de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.2 g de KCl, 0.1 g de $(NH_4)SO_4$ y 0.05 g de azul de bromotimol. Cada uno de los reactivos fue agregado y disuelto en el orden

mencionado, y en seguida se agregaron 20 g de agar bacteriológico y se esterilizo a 15 lb de presión durante 15 min. Cada una de las cepas aisladas fue inoculada en medio NBRIP por picadura y se incubaron a 28°C durante 24 h. La determinación de cepas solubilizadoras se realizó de acuerdo a la formación de un halo de degradación.

Experimento en Invernadero.

Para esta prueba se prepararon cuatro tratamientos con 50 plantas, obtenidas del vivero de Salvatierra, cada planta con sustrato artificial en macetas de 10 litros.

Se evaluaron tres cepas del genero *Bacillus subtilis* del laboratorio de bioquímica ecológica a cargo del Dr. Víctor Olalde en Cinvestav-IPN U. Irapuato.

Se inocularon las plantas de guayaba con cada una de las cepas (DN, MZ y BH) cultivadas en caldo de papa y un control solo con riego. El ensayo se dejó por 7 meses y se dieron dos inoculaciones. Se evaluaron altura de la planta, número de ramas, número de hojas. Las condiciones en invernadero fueron: temperatura entre 25°C – 30°C y riego diario de 1 litro de agua por maceta. Los tratamientos fueron nombrados de la siguiente manera:

T1-Bacillus subtilis DN

T2-Bacillus subtilis MZ

T3-Bacillus subtilis BH

T4-Control (plantas sin la inoculación de rizobacterias, sólo riego)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba de germinación

En ambos casos tanto en las semillas de pepino como en las semillas de guayaba, se observó diferencia el porcentaje de germinación utilizando el cultivo de bacteria en comparación con el control solo con agua, para pepino se mejoró en un 100% y para guayaba 56.6%, mostrándose los resultados en el Cuadro 1 y Figura 1.

Prueba de desarrollo de raíz in vitro

Los resultados obtenidos fueron mucho mejores en las plantas de *Arabidopsis thaliana* donde se inocularon con bacterias en comparación con el control. El efecto en la raíz fue especialmente en lo largo mejorando hasta en veces comparado con el control en el cual fue la planta *Arabidopsis thaliana* en medio de cultivo

MS con agua, Cuadro 2. Esto nos indica que los aislados bacterianos producen un metabolito que difunde en el medio de cultivo y tiene su efecto en el desarrollo de la raíz de la planta.

Cuadro 1. Porcentaje de germinación en semillas de pepino y guayaba.

Clave	Pepino	Clave	Guayaba
A2.1a	66.60%	6A2b - 2	56.66%
A3d	92.80%	B1R1/1	56.66%
A2d	86.60%	A2R2/10	56.66%
A6a	80%	A2R2/4	46.66%
A3.1c	73.33%	13A3d	43.33%
A3a	80%	E1R1/3.2	43.33%
A2c	100%	8A3a – 1	43.33%
A2b	86.60%	47A3C	40%
A3.1d	93%	8A2.1 - 2	40%
Control	46.60%	Control	33.33%



Figura 1. A) Semillas de guayaba con agua, B) Semillas de guayaba embebidas en caldo de papa con la cepa B1R1, C) Semillas de pepino con agua y D) Semillas de pepino con caldo de papa con la cepa A6a2.

Aislamiento de bacterias fijadoras de Nitrógeno

Se obtuvieron 34 aislados de raíces de plantas de guayaba en medio selectivo para bacterias fijadoras de nitrógeno (NFB). Estos aislados tienen el potencial de proporcionar a las plantas nitrógeno y mejorar su desarrollo.

Determinación de Solubilizadoras de fosfatos

De los aislados obtenidos 21 son gram negativos y 32 son gram positivos, del total de aislados que fueron 53, se obtuvieron 27 cepas con capacidad de solubilizar fosfatos, estas cepas tienen potencial de favorecer a la planta con la toma de fosforo no disponible (Cuadro 3).

Cuadro 2. Efecto de las cepas aisladas en la promoción del crecimiento de la raíz.

Desarrollo de raíz	
Cepa	Longitud de raíz (cm)
4a3.1c	2.7
A3d3	1
2A3.1d	2.8
5A2b	2.7
A3a7	3
10A2c	2.6
9A2.1a	1
2A6a	1
11A2d	2.7
Control	1

Cuadro 3. Caracterización de las cepas aisladas por tinción Gram y formación de halo de solubilización de fosfatos.

Cepa	Gram	Halo
47-A3c	-	
A2R2/4	-	X
1A2.1a-1	-	X
8A3b-2	-	
A2R2/1	-	X
6A2a-1	+	X
12A2.1-2	+	X
B2R3/2	+	
8A3a-1	+	
6A2d-3	+	X
12A2.1d-2	+	X
A2R2/7	-	
A2R2/9	-	
B2R2/9	-	
B2R3/3	-	
12A2.1c	-	
A2R2/3	-	X
12A2.1-1	+	
6A2d-2	+	X
6A2a-3	+	X
8A2.1c-3	-	
8A2.1d-1	-	
8A3a-2	+	
1A2.1a-2	+	X
A2R2/2.2	+	X
E1R1/4.1	+	
C3R2/2.2	+	X

Cepa	Gram	Halo
A2R2/7	+	X
A2R2/2.1	-	X
A2R2/10	-	X
8A2.1d-2	-	
C3R2/10	+	
8A2.1d-2	-	
6A2d-1	+	X
13A3d	-	X
47A3c	+	
C3R2/2.3	+	X
12A2.1d-1	+	X
6A2b/1	+	X
12A2.1b-1	-	
E1R1/3.2	+	
12A2.1b/2	-	
8A3b-1	-	
6A2c-2	+	X
6A2a-2	+	X
E1R1/3.1	+	
6A2c-3	+	X
B2R3/10	+	
D1R1/1	+	
C3R2/3.1	+	X
6A2b-2	+	X
6A2c-1	+	X
B2R3/8	+	

Experimento en invernadero

Se observó en altura, que la cepa MZ fue la que mostró un mayor efecto en la planta, superando al control en un 134%, seguida de la cepa DN que fue mayor al control en un 102% y la cepa BH también superior al control en un 60%. De igual manera, mostró el comportamiento para ramas y hojas, cuando si la supera al control o igual al control, tomando como un 100% la medida del control. Los resultados se muestran gráficamente en la Figura 2.

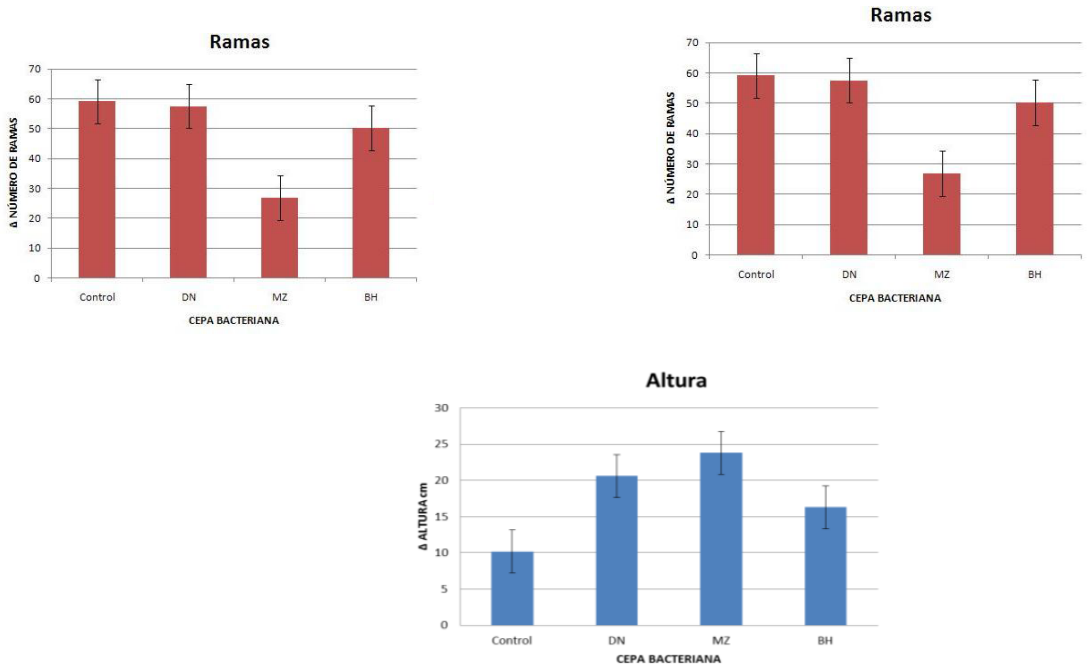


Figura 2. Efecto de las cepas de *Bacillus subtilis* DN, MZ y BH en la altura, número de ramas y hojas de la planta de guayaba.

CONCLUSIONES

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal resultan ser una excelente herramienta biotecnológica, para favorecer el desarrollo de la agricultura en el país, ya que los beneficios son muchos tanto en la mayor y mejor producción así como a la mejora del medio ambiente.

Las rizobacterias aisladas durante la elaboración de este trabajo muestran tener un efecto directo en el desarrollo de la planta, lo cual representa una alternativa positiva para obtener una mayor y mejor producción de guayabas sin el uso excesivo de productos químicos, evitando así más el desgaste ya ocasionado en los suelos de la ciudad de Salvatierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bach, Alvarez T; Diaz M. (2008). Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en la agricultura, Agricultura orgánica. [online]

Franco, Correa M. (2008). Evaluación de caracteres PGPR en actinomicetos e interacciones de estas rizobacterias con hongos formadores de micorrizas. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. España.

Sarabia, Ochoa M, Madrigal, Pedraza R, Martínez, Trujillo M, Carreón, Abud Y. (2010). Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones, Biologicas, [online]. Vol. 12, Art. # 1.

Casaca A. (2005). El cultivo de la Guayaba (*Psidium guajava*). SAG. Volumen 5. [online]

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

COMPLEJO HORMONAL CON MICRONUTRIMENTOS, EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE NARANJA 'VALENCIA' EN CUATRO ETAPAS EXPERIMENTALES

Juan J. Galván Luna§; Andrés Martínez Cano; Víctor M. Reyes Salas; Marcelino Cabrera de la Fuente; Fabiola Aureoles Rodríguez

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. §Autor responsable: juan.galvan@uaaan.mx; doctorgalvanluna@hotmail.com

RESUMEN

Con el fin de conocer los efectos de un complejo hormonal y micronutrimentos en el rendimiento y calidad del fruto en naranja 'Valencia' se realizaron cuatro experimentos durante el período 2007 – 2010, en Montemorelos, Nuevo León. Los principales resultados se muestran a continuación de acuerdo a cada uno de los años: Primer año. Se tuvo mejores resultados en el T_2 con la dosis 0.5 ml l^{-1} de Biozyme TF, en grosor de la cascara (0.46), contenido de jugo (49.44), grados brix (12.89), y color L* (74.02) con respecto al testigo. En el segundo año, el T_5 con la dosis 2 ml l^{-1} de Biozyme TF + 0.5 ml l^{-1} de Foltron Plus presenta los mejores resultados. En el tercer años el T_5 mostró los mejores resultados teniendo un peso promedio de 197.30 gr por fruto, comparado con el testigo (168.0 gr), reportándose un rendimiento por ha de 18.95 t. En el cuarto año se tuvieron los mejores resultados, con la aplicación de 1 ml l^{-1} de Biozyme TF + 3 ml l^{-1} de Poliquel Zinc, dado que influye directamente en cuanto a la calidad del fruto, en virtud de que nos presenta un fruto con mayor brillantez; con mayor peso total, así como, mayor volumen y peso en cuanto al contenido de jugo y por consiguiente mayor núm. de gajos; además, de aportar un mejor valor en cuanto al pH apto para la naranja de consumo. En conclusión la aplicación de Biozyme TF 2 ml l^{-1} + Foltron Plus 0.5 ml l^{-1}, incrementa considerablemente el peso de fruto, así como algunas variables que mejoran la calidad, como grados brix, color a*, color b*, diámetro polar, diámetro ecuatorial, contenido de jugo, pH, y numero de gajos.

Palabras clave: Calidad, *Citrus sinensis*, fitohormonas, microelementos.

INTRODUCCIÓN

México se colocó en 2010 en el cuarto lugar a escala mundial en la producción de naranja (*Citrus sinensis* L. Osb.), con una superficie sembrada de 339,423.51 ha y una producción total de 4, 193,484.44 t (SIAP, 2010). La producción per cápita de naranja en México es de 38.2 kg. El 50% de la producción es aportada

por el estado de Veracruz y el resto por otros estados, entre los más importantes, Tamaulipas y San Luis Potosí.

La producción mundial de naranja es de 62, 301,031 millones de t. La naranja se cultiva en 60 países de los 5 continentes del mundo, siendo 20 países los principales productores (FAO, 2008). Los cítricos son, tras las bananas (*Musa* × *paradisiaca*) la segunda fruta en importancia del comercio mundial de productos hortofrutícolas. España es un líder en este mercado, ya que es el primer país exportador de cítricos en fresco del mundo.

La variedad de naranja "Valencia tardía" (*Citrus sinensis* L.), es uno de los frutos más importantes producidos en las regiones tropicales y subtropicales. Este cultivo ha alcanzado una importancia económica considerable que ha permitido su comercialización en todo el mundo. La mayor parte de producción de naranja Valencia se concentra en la región del mediterráneo y América del norte principalmente.

El término "substancias reguladoras del crecimiento" es más general y abarca a las substancias tanto de origen natural como las sintetizadas en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo ó desarrollo en la planta.

El uso de reguladores de crecimiento y micro elementos es una alternativa para incrementar el porciento de amarre de frutos, lo cual se traduce en incrementos de la producción.

En los últimos años se ha incrementado el uso de los micronutrientes en los programas de fertilización debido principalmente a un mejor conocimiento de la nutrición vegetal que ha ayudado a diagnosticar deficiencias de elementos menores que antes no eran atendidas. (Tolentino, 2010).

En la época de floración, el uso de reguladores hormonales complejos y microelementos, han mostrado ser más efectivos para mejorar la producción que los productos que contienen una sola hormona (Ruiz, 1999, citado por Galván, 2009).

Objetivo general

Evaluar los efectos del complejo hormonal "Biozyme ® TF" y micronutrientes FoltrónPlus, Poliquel zinc y Poliquel Multi, en el rendimiento y calidad de la naranja valencia.

Objetivo específico

Identificar la mejor dosificación de 4 etapas del experimento, que den como resultado un mayor rendimiento y calidad de la naranja valencia.

Hipótesis

Por lo menos una de las dosificaciones del complejo hormonal Biozyme ® TF y micronutrientes, Foltrón Plus, Poliquel zinc y Poliquel Multi, mejora el rendimiento y la calidad del fruto de la Naranja "valencia".

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en el periodo 2008 - 2010, en árboles de naranja del cultivar "Valencia" de 20 años de edad, ubicado en la huerta La Eugenia carretera Monterrey - Montemorelos Km 66. Gil de Leyva Montemorelos, Nuevo León, México; entre los paralelos 25º 11‟ 24" latitud norte y 99º 41‟ 33" longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 423 msnm y una precipitación de 600 a 1000 mm.

Se trabajó con un suelo no Salino, arcilloso, con un pH de 7.1, rico en materia orgánica, con una densidad aparente de 1.19 gr/cm3, árboles con nivel deficiente de nitrógeno, magnesio y zinc, óptimo en cuanto a las concentraciones de potasio, calcio, hierro y cobre; bajo en manganeso, con riego rodado y agua proveniente del rió.

Se usaron como fuente el complejo de fitohormonas y fertilizantes foliares, (Primera Etapa, 2008., Bionex + Biozyme TF®), (Segunda Etapa, 2009., Bionex + Biozyme TF® + Foltron Plus), (Tercera Etapa., Bionex + Biozyme TF® + Poliquel Multi. + Poliquel Zinc) Y (Cuarta Etapa, 2010., Bionex + Biozyme TF® + Poliquel Multi. + Poliquel Zinc).

Las variables evaluadas fueron peso del fruto, (PF),diámetro ecuatorial,(DE), diámetro polar (DP), grosor de la cáscara (GC), firmeza del fruto(F), contenido de jugo (CJ), volumen de jugo (VJ), peso de jugo (PJ),grados brix (GB), espacio de color L* a* b*, con el colorímetro y ácido cítrico, Contenido de vitamina "C" (C de V "C"),numero de semillas por fruto (SF), (pH).

En el Cuadro 1 se presenta la descripción de los tratamientos.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento					
	Bionex	Biozyme Tf	Foltron Plus	Poliquel multi	Poliquel Zinc
1	2 ml/L	5 ml/L	0	0	0
2	2 ml/L	10 ml/L	0	0	0
3	2 ml/L	15 ml/L	0	0	0
4	2 ml/L	20 ml/L	0	0	0
5	2 ml/L	5 ml/L	5 ml/L	0	0
6	2 ml/L	10 ml/L	5 ml/L	0	0
7	2 ml/L	15 ml/L	5 ml/L	0	0
8	2 ml/L	20 ml/L	5 ml/L	0	0
9	2 ml/L	1 ml/L	0	0	0
10	2 ml/L	1 ml/L	0	0	2 ml/L
11	2 ml/L	1 ml/L	0	0	3 ml/L
12	2 ml/L	1 ml/L	0	4 ml/L	3 ml/L
13	2 ml/L	1 ml/L	0	10 ml/L	5 ml/L
14	2 ml/L	1 ml/L	0	0	0
15	2 ml/L	1 ml/L	0	0	2 ml/L
16	2 ml/L	1 ml/L	0	0	3 ml/L
17	2 ml/L	1 ml/L	0	4 ml/L	0
18	2 ml/L	1 ml/L	0	5 ml/L	0
19	2 ml/L	1 ml/L	0	2.5 ml/L	0
20	0	0	0	0	0

En el área de Montemorelos, por su temperatura predomina un clima semicálido con una temperatura promedio anual de 18º a 22ºC y por su grado de humedad, como subhúmedo, con lluvias intermedias en verano e invierno, de acuerdo a la clasificación climática de Koppen modificado por (García,1987).

El método quedó determinado por las condiciones del clima que prevalecía en ese momento, cuidando que el factor viento y temperatura, no tuviera mucha variación a la hora de aplicación entre las 8 am – 11 am, se aplicó con una mochila, se realizó en forma directa al follaje, casi a punto de goteo y en forma homogénea al árbol.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 21 tratamientos y 4 repeticiones. En dos a tres fechas de aplicación. Los resultados obtenidos fueron analizados conforme un diseño completamente al azar con el análisis de varianza y las pruebas de comparación de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico de SAS (2000).

Biozyme® TF es un producto de origen natural, que participa en el desarrollo de las plantas. Su objetivo es el de estimular diferentes procesos metabólicos y fisiológicos de las plantas como: dimensión y diferenciación celular, translocación de sustancias, síntesis de clorofila, diferenciación de yemas, uniformidad en floración y amarre de flores y frutos. Dando como resultado mayor eficiencia metabólica que se traduce en crecimiento y desarrollo armónico de las plantas (Diccionario de especialidades agronómicas, 2010).

Foltrón Plus es un fertilizante foliar liquido de alta concentración, suplemento adicional al programa de fertilización. Es un producto que tiene una formulación de elementos mayores 10 – 20 – 5 y está adicionado con elementos menores, hormonas vegetales, folcisteina y ácidos húmicos. Corrige deficiencias nutrimentales en las plantas y evita la ciada de botones, flores y frutos. (GBM, 2008).

Poliquel zinc Arysta-GBM es un corrector de carencias de zinc en forma líquida de muy alta solubilidad y concentración a un 8%. Indicado para usarse en cultivos frutales y hortícolas, indicado para la prevención y corrección de las deficiencias causadas por la falta o mala asimilación de este elemento (Diccionario de especialidades agronómicas, 2010, citado por Tolentino, 2010).

Poliquel Multi, Arysta-GBM es un fertilizante líquido de muy alta solubilidad y concentración, indicado para usarse en cultivos frutales y hortícolas. Para máxima asimilación y translocación en hojas, frutos y raíces, POLIQUEL* MULTI está formulado con base en un complejo de varios agentes quelatantes o secuestrantes de zinc, fierro, magnesio, manganeso, cobre y cobalto acompañado de concentraciones balanceadas de boro, molibdeno y azufre (Diccionario de especialidades agronómicas, 2010, citado por Tolentino, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la primera etapa, no muestran diferencias estadísticas en la mayoría de las variables consideradas, sin embargo el T_5 con la dosis de 20 ml de complejo hormonal mostro los mayores resultados numéricos en sólidos solubles totales °brix (GB), con respecto al testigo (12.23) y (13.25) respectivamente.

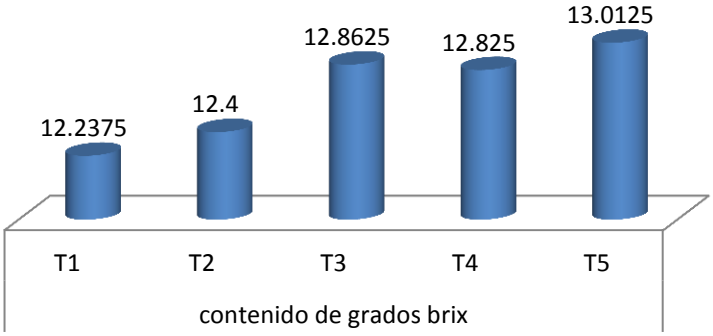


Figura1. Grados Brix en frutos de naranja con la aplicación de biozyme TF.

En la segunda etapa fecha 12 de marzo, se obtuvieron mayores resultados con el tratamiento 2 (T_2) 10 ml de complejo hormonal, en grosor de la cascara (GC) (0.46), contenido de jugo (CJ) (49.44), grados brix (GB) (12.89), color L* (74.02) con respecto al testigo (GC) (0.40), CJ (44.86), (GB) (12.40), y color L (67.05), lo que coincide con Talón, 2001.

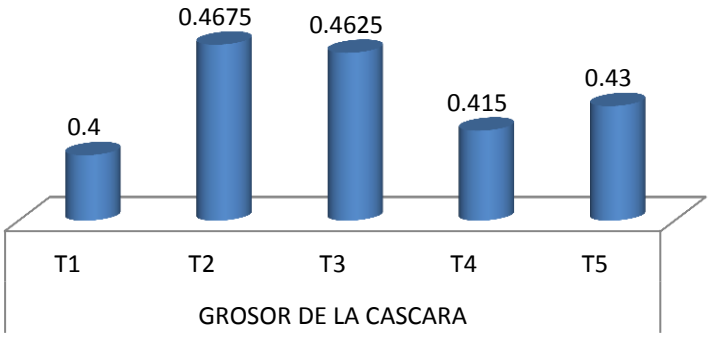


Figura 2. Grosor de la cáscara (GC) en frutos de naranja valencia en Montemorelos N.L. con la aplicación de un complejo hormonal (biozyme tf).

Los resultados que se obtuvieron en la tercera y cuarta etapa muestran que en los tratamientos 1,3,4 y 5 no se detectó diferencia significativa estadísticamente, por lo que en el tratamiento 2 muestra los mejores resultados con una firmeza de 3.05 kg/cm^3 dato que supera a lo reportado por (Vázquez, 2009.) con un promedio de 2.675, en naranja valencia.

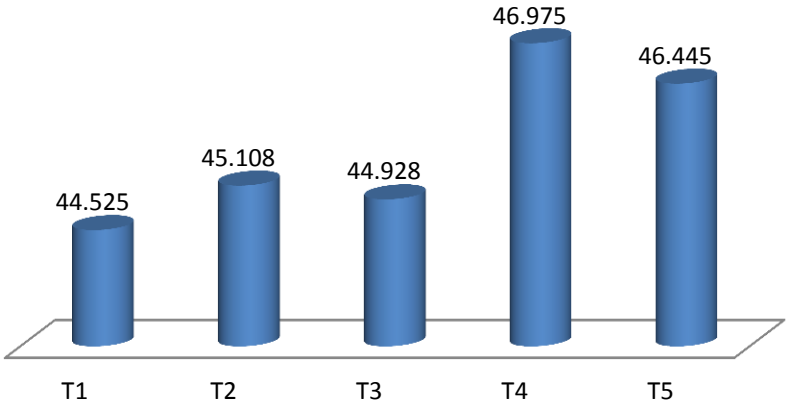


Figura 3. Contenido de jugo (CJ) en frutos de naranja valencia en Montemorelos N.L. con la aplicación de un complejo hormonal (biozyme tf).

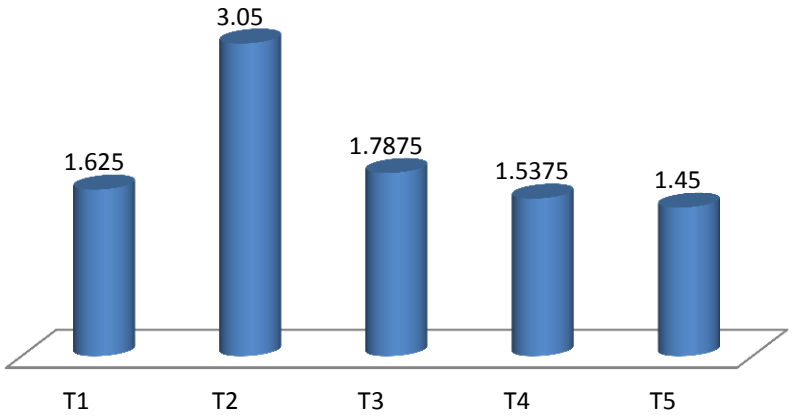


Figura 4. Firmeza de fruto. En frutos de naranja valencia en Montemorelos N.L. con la aplicación de un complejo hormonal 1 ml (biozyme tf) + micronutrientes 2 ml (poliquel zinc.).

CONCLUSIONES

La aplicación de Bionex 2.0 ml l^{-1} + Biozyme TF 2 ml l^{-1} + Foltron Plus 0.5 ml l^{-1}, incrementa considerablemente el peso de fruto, así como algunas variables que mejoran la calidad, como sólidos solubles totales, color a*, color b*, diámetro polar, diámetro ecuatorial, contenido de jugo, pH y numero de gajos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Diccionario de especialidades agronómicas. 2010.

FAOSTAT, 2008. www.infoagro.com (En línea) el cultivo del naranjo.

Galván L. J. J.; Briones E. F.; Rivera O. P.; Valdés A. L.A.; , Soto H. M.; Rodríguez A. J.; Salazar S. O.**;** Amarre, Rendimiento y Calidad del Fruto en Naranja con aplicación de un complejo hormonal; Agricultura Técnica en México, Vol. 35, Núm. 3, julio-septiembre, 2009, pp. 339-345; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México; citado el 10 de septiembre del 2010, de http://redalyc.uaemex.mx/pdf/608/60812263011.pdf

Grupo Bioquímico Mexicano, S.A. de C.V. 2008. www.gbm.com

SAS Institute. 2000. SAS / STAT version 8.0. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

SIAP. 2010. (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SIACON, SAGARPA) 2010; Consulta de Indicadores de Producción, Precios y Márgenes de Comercialización de Naranja Nacional. Obtenida el 12 de octubre del 2010, de: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

Talón, M., Tadeo FR., M. Juan., J. Soler., M. Agusti and E. Primo. 2001. Improving citrus fruit set by applications of gibberellic acid. Comunitat Valencia Land Magazine No. 15: 1-8.

Tolentino C. A. 2010. USO DE UN COMPLEJO HORMONAL Y MICRONUTRIENTES EN DOS MOMENTOS DE LA FLORACION EN NARANJA “VALENCIA” Tesis de Licenciatura. Departamento de Horticultura. UAAAN.

Vazquez.R.F.2009.Uso de un complejo hormonal y micronutrientes en naranja “Valencia” Tesis licenciatura. U.A.A.A.N, Saltillo, Coahuila, México.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

COMPORTAMIENTO DE LA SANDÍA INJERTADA EXPUESTA A SUELOS CON PROBLEMAS FITOSANITARIOS Y DENSIDADES DE POBLACIÓN

Juan C. Álvarez Hernández[1§]; Javier Z. Castellanos Ramos[1]; Francisco Camacho Ferre[2]; Cesar L. Aguirre Mancilla[1]; José A. Rangel Lucio[1]; María V. Huitrón Ramirez[3]

[1]Instituto Tecnológico de Roque. Celaya, Guanajuato. [2]Universidad de Almería, España. [3]Instituto Tecnológico de Colima. [§]Autor responsable: jcalvarh@umich.mx

RESUMEN

Al considerarse la técnica de injerto una alternativa eficaz, se le ha reconocido en el ámbito agrícola por su efecto no contaminante. En cucurbitáceas las enfermedades manejadas mediante la técnica son marchitez por *Fusarium* y nematodos. Los portainjertos en sandía influyen en el porte y vigor de la planta, por ello, es fundamental considerar la densidad como factor importante de competencia, pues repercute en la calidad y rendimiento. El objetivo planteado para el desarrollo de la Tesis Doctoral fue evaluar dos portainjertos para sandía, en dos densidades. El estudio se desarrolló en un primer año de dos, en un predio ubicado dentro del Valle de Apatzingán Michoacán con presencia de nematodos y *Fusarium*. Los portainjertos fueron *Citrullus lanatus* e hibrido de calabaza, como injerto sandía triploide `Crunchy Red´, y polinizador `Sangría´. Se conformaron seis tratamientos (dos portainjertos y testigo a dos densidades). Se registró el desarrollo fenológico, incidencia de daño con base a sintomatología de *Fusarium* y nematodo, e índice de agallamiento, características productivas y rendimiento. El análisis de datos dependió del tipo de estudio. Los resultados arrojaron que los portainjertos mostraron tolerancia en presencia de *Fusarium* y nematodos, ya que en la mayoría de las variables se superó al testigo, también, la mayor densidad (4,167 plantas/ha) obtuvo mayor rendimiento 3.07 y 3.76 kg/m^2 para los portainjertos de calabaza y *Citrullus* respectivamente, a diferencia de la baja densidad (2,083 pta/ha), y este a su vez duplicó al testigo.

Palabras clave: Portainjeto, *Fusarium*, nemátodo, triploide

INTRODUCCIÓN

Durante la década de los 80 el estado de Michoacán, específicamente la región “Valle de Apatzingán”, se posicionó dentro de los principales siete estados productores de sandía, aún con la ventaja de presentar condiciones de ambiente ideales para el desarrollo del cultivo durante el ciclo otoño-invierno. En la actualidad, su participación se ha reducido (SIAP-SAGARPA, 2010) y se atribuye a varios factores. Por la

importancia económica que tiene el cultivo, es necesario producirlo bajo sistemas de eficientes y sustentables, donde la elección del genotipo, injerto, densidad de población y adecuado manejo fitosanitario, son prácticas fundamentales y necesarias para alcanzar los mayores rendimientos. Por su naturaleza, los genotipos de sandía presentan alto potencial productivo, lo que conduce a determinar su comportamiento agronómico a las condiciones ambientales de la región. Al considerarse la técnica de injerto una alternativa eficaz y sin impacto negativo en el ambiente, se le ha reconocido en todos los ámbitos agrícolas; además, con la prohibición del bromuro de metilo, se revaloriza ésta técnica por su efecto no contaminante (González *et al*., 2008).

El empleo del injerto mejora la tolerancia de las plantas a factores bióticos y abióticos. Dentro de las cucurbitáceas que comúnmente se injertan se incluye sandía, melón y pepino. Existen algunos portainjertos compatibles con las tres especies, mientras otros tienden a ser específicos (King *et al*., 2010). En varias regiones de Japón se utilizan diferentes portainjertos de cucurbitáceas en estos cultivos (Sakata *et al*., 2007; 2008); por ejemplo, la sandía es injertada sobre guaje (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.), *Cucurbita* spp. y *Citrullus* spp. Entre estos, los portainjertos más comunes son el híbrido interespecífico de calabaza (*Cucurbita maxima* Duchense ex. Lam. x *Cucurbita moschata* Duchesne ex. Poir) y la sandía silvestre (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) (King *et al*., 2008; Davis *et al*., 2008). Respecto a las enfermedades en cucurbitáceas, las más importantes que han logrado el manejo mediante el uso de injerto (Louws *et al*., 2010) son las causadas por hongos patógenos; entre estos es común la marchitez causada por *Fusarium* en diferentes formas especializadas del patógeno, nemátodos agalladores de la raíz y virus patógenos transmitidos desde el suelo (Davis *et al*., 2008).

En el caso de *Fusarium* y las formas especializadas que atacan a sandía, melón y pepino, tanto el portainjerto de guaje (*Langenaria siceraria*) y el hibrido interespecifico de *C. maxima* x *Cucurbita moschata*, son resistentes (Kawaide, 1985; Cañizares y Goto, 1998; Santos *et al*., 2000; King *et al*., 2008). *Verticillium dahliae* Kleb. es otro patógeno común del suelo, cuyo manejo efectivo puede ser resuelto con el injerto, aunque los resultados varían a diferencia de *Fusarium*, al combinar la técnica de injerto con otras medidas de control, como la esterilización del suelo, que puede mejorar su fiabilidad (Ioannou, 2001). Con respecto a los nemátodos en México, los más comunes formadores de agallas pertenecen al género *Meloidogyne*, que incluye las especies *M. incognita*, *M. acrita*, *javanica* y *M. hapla*. Al ser la sandía un hospedero predilecto del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*), su asociación al cultivo se relaciona con la

reducción de rendimiento (Davis, 2007). Actualmente, en diversos países se utilizan con éxito portainjertos híbridos de origen silvestre o especies cultivadas resistentes a *Meloidogyne* spp. (González *et al*., 2008).

Dado que el uso de portainjertos en sandía influye directamente en el porte y vigor de la planta, es necesario considerar la densidad de población como factor importante de competencia, lo que repercute directamente en la calidad y rendimiento del fruto; además de que permite explotar al máximo el potencial genético de los cultivares comerciales. En la actualidad, las publicaciones relacionadas con la densidad de población de sandía injertada y su efecto en el plano productivo, aún son escasas. Por estos motivos se estableció éste experimento con el objetivo de evaluar dos portainjertos para sandía: `Robusta´ (*Citrullus lanatus*) y `Super Shintosa´ hibrido interespecífico de calabaza (*Cucurbita maxima* x *C. moschata*), bajo el efecto de diferentes densidades de población, y su uso como alternativa sustentable en el manejo sanitario del cultivo, bajo condiciones ambientales del valle de Apatzingán, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en un primer año de dos, en un predio agrícola ubicado en el "Valle de Apatzingán", Michoacán, con antecedentes de problemas fitosanitarios causados por nemátodos y *Fusarium*, localizado en el municipio de Parácuaro, Michoacán, específicamente en el Ejido Ciudad Morelos, que geográficamente se localiza a 19° 00' 53" N y 102° 16' 44" O y 300 m de altura

Los germoplasmas que se utilizaron como portainjetos fueron el cv. `Robusta´ (I-PR) (*Citrullus lanatus*) y el cv `Super Shintosa®´ (I-PSS), hibrido interespecífico de calabaza (*Cucurbita maxima* x *C. moschata*). En la región del "Valle de Apatzingán" se usa el hibrido de sandía triploide cv `Crunchy Red®´ como injerto y, como polinizador, el hibrido de sandía diploide cv. `Sangría®´.

A partir de noviembre de 2011, se realizó la siembra de semilla en charolas de unicel de 128 cavidades, y sustrato Growing Mix IVM® (Canadian Sphagnum Peat Moss) por cada material vegetal. Se eligieron plántulas del portainjerto e injerto de aspecto visible sano. La técnica de injerto que se utilizó fue de aproximación (Oda, 1995).

El trasplante en campo se estableció a principios de enero de 2012. Previamente se tomaron muestras de suelo y agua y se efectuaron análisis físico-químico. Para la preparación del terreno se realizó barbecho, rastreo en dos pasos y formación y elevación de camas de 1.0 m y 4 m de longitud. Al centro de la cama elevada se colocó la línea regante de cintilla con goteros espaciados 15 cm con gasto de 0.7 L h^{-1}, y encima se colocó el plástico de 1.30 m de ancho, calibre 90 y color blanco/negro.

El diseño experimental fue bloques completos al azar y tres repeticiones. Se evaluaron injertos de sandía triploide sobre dos portainjertos, y dos densidades de población: 4,166 (100%, tradicional) y 2,083 (50%) plantas/ha; y testigo que será sandía sin injertar 100 y 50%, dando un total de seis tratamientos. En el manejo de la plantación se siguieron las recomendaciones establecidas en el paquete tecnológico del INIFAP (Acosta *et al*., 2003) con ciertas modificaciones, y prácticas habituales utilizadas en la región.

Durante el ciclo del cultivo se registraron datos fenológicos (longitud de guía principal, diámetro de tallo, longitud a primera flor masculina y femenina y número de frutos amarrados; al finalizar la cosecha se obtuvo peso seco de raíz). Para Incidencia se muestrearon plantas que mostraron síntomas visuales de daños de *Fusarium* y nemátodo agallador. Asimismo, se tomaron muestras de tejido de raíz y tallo afectados, donde se efectuaron análisis para determinar el agente causal. Particularmente para nematodo, al finalizar del ciclo se registró el índice de agallamiento con base a la escala propuesta por Taylor y Sasser (1978), donde: 0) ausencia de agallas; 1) uno a dos agallas; 2) tres a 10 agallas; 3) 11 a 30 agallas; 4) 31 a 100 agallas y; 5) más de 100 agallas. También, características productivas (circunferencia polar y ecuatorial, peso de fruto y rendimiento). En frutos se midió firmeza, pH, sólidos solubles, espesor de corteza, diámetro de pulpa y contenido de agua. El análisis de datos dependió del tipo de estudio, pero en su mayoría se efectuaron análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de las variables fenológicas mostró diferencias estadísticas significativas para diámetro de tallo, longitud a la primera flor femenina y peso seco de raíz (Cuadro 1). El diámetro de tallo de ambos portainjertos (I-PSS e I-PR) y densidades, superaron significativamente al testigo. Desde el punto de vista agronómico esta variable, la longitud a la primera flor femenina se favorece por la menor distancia en la que se localiza en el tallo (tratamientos 1, 2 y 6), aunque el tratamiento 4 (I-PR) presentó el mayor

valor y fue estadísticamente superior a los demás. En peso seco de raíz, los tratamientos 3 y 4, correspondientes a I-PR en las dos densidades, fueron significativamente superiores al resto de tratamientos, incluido I-PSS, en ambas densidades (tratamientos 1 y 2).

Cuadro 1. Variables fenológicas en sandía injertada en dos densidades de población. Primer ensayo.

Tratamientos	Triploide Crunchy Red				
	Longitud de guía (85 ddt)	Diámetro de tallo (85 ddt)	Longitud a 1a. flor femenina (38 ddt)	Longitud a 1a. flor masculina (38 ddt)	Peso seco de raíz
1 (I-PSS-100)	50.05	1.35 a	93.00 b	140.78	9.30 d
2 (I-PSS-50)	61.16	1.36 a	86.49 b	145.22	9.65 cd
3 (I-PR-100)	53.22	1.39 a	107.33 b	156.78	19.89 a
4 (I-PR-50)	57.16	1.33 a	136.66 a	188.33	21.62 a
5 (T-100)	25.00	1.21 b	102.50 b	139.05	12.43 bc
6 (T-50)	39.66	1.20 b	90.10 b	97.27	12.80 b
P	0.44	0.00	0.00	0.10	0.00
DSM	62.14	0.07	24.47	91.85	3.01
C.V.	5.06	2.20	8.69	23.17	7.70

En lo referente a las variables productivas, en el Cuadro 2 se muestran los resultados arrojados por los análisis de varianza, como se aprecia en todas las variables hubo diferencias estadísticas significativas, pues los valores fueron mayores en los tratamientos de I-PSS e I-PR en las dos densidades, a diferencia del testigo. Pero entre los dos portainjertos (I-PSS e I-PR), hubo tendencias marcadas entre las dos densidades, por ejemplo, en el tamaño de fruto, los tratamientos 2 y 4 correspondientes a la menor densidad, tuvieron frutos mas grandes, y por consiguiente mayor peso de fruto. Sin embargo, en los tratamientos 1 y 2 correspondientes a la mayor densidad, presentaron mas frutos por m^2, y por lo tanto mayor rendimiento por m^2 (3.07 y 3.76 respectivamente).

En el caso de las características cualitativas de los frutos, el análisis estadístico mostró diferencias significativas en las variables dureza de pulpa y anchura de corteza y de pulpa (Cuadro 3), donde a excepción de la corteza, se superó al testigo en ambas densidades. Aunque estadísticamente hubo diferencias entre portainjertos (I-PSS e I-PR), con los valores tan cercanos se presume que el uso del injerto no altera la calidad del fruto.

Cuadro 2. Aspectos cuantitativos de frutos de sandía injertada en dos densidades de población. Primer ensayo.

Tratamientos	Triploide Crunchy Red						
	No. frutos amarrados /planta	Tamaño de fruto		Peso de fruto (kg)	Frutos/m^2	Rend./ planta (kg)	Rend. (kg/m^2)
		Circ. polar	Circ. ecuatorial				
1 (I-PSS-100)	2.44 abc	69.97 b	61.93 bc	4.56 b	0.67 a	11.09 a	3.07 a
2 (I-PSS-50)	2.83 a	74.00 a	65.53 a	5.03 ab	0.38 bc	14.20 a	1.96 b
3 (I-PR-100)	2.66 a	73.63 a	65.20 ab	5.09 a	0.73 a	13.55 a	3.76 a
4 (I-PR-50)	2.55 ab	75.50 a	64.03 ab	5.23 a	0.34 bc	13.36 a	1.51 bc
5 (T-100)	1.72 bc	62.06 d	55.23 d	3.05 d	0.47 b	3.93 b	1.46 bc
6 (T-50)	1.66 c	65.53 c	60.20 c	3.92 c	0.22 c	6.52 b	0.90 c
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DSM	0.85	3.32	3.33	0.53	0.19	4.31	0.80
C.V.	13.51	1.72	1.96	4.37	14.67	15.05	13.83

Cuadro 3. Aspectos cualitativos de frutos de sandía injertada en dos densidades de población. Primer ensayo.

Tratamientos	Triploide Crunchy Red					
	Solidos solubles (°Brix)	Dureza de pulpa (kg/ cm^2)	pH	Ancho corteza (cm)	Ancho de pulpa (cm)	Contenido de humedad (%)
1 (I-PSS-100)	11.72	1.94 bc	5.20	1.43 c	15.59 b	91.13
2 (I-PSS-50)	11.78	2.02 ab	5.30	1.45 bc	17.63 a	91.16
3 (I-PR-100)	11.74	2.12 a	5.27	1.50 ab	17.29 a	90.97
4 (I-PR-50)	11.53	2.11 a	5.27	1.45 bc	17.27 a	90.94
5 (T-100)	11.46	1.86 c	5.29	1.53 a	10.67 d	91.83
6 (T-50)	11.46	1.70 d	5.27	1.53 a	13.55 c	91.27
P	0.17	0.00	0.87	0.00	0.00	0.28
DSM	0.50	0.15	0.27	0.05	1.65	1.29
C.V.	1.59	2.79	1.91	1.42	3.93	0.51

En el Cuadro 4 se muestran resultados de la incidencia de *Fusarium* y nemétodo e índice de agallamiento. Como se aprecia, no hubo diferencia estadística en incidencia de *Fusarium*, sin embargo, la mayor afectación se presenta en los tratamientos 5 y 6, que corresponden al testigo en ambas densidades, seguido del I-PR en las dos densidades (tratamientos 3 y 4), y con menor incidencia el I-PSS (tratamiento 1 y 2). Para el caso de la incidencia del nemátodo, el análisis estadístico mostró diferencias, donde sobresale I-PSS en ambas densidades (tratamientos 1 y 2), seguido por los tratamientos 5 y 6. Respecto al índice de agallamiento, también hubo diferencias estadísticas, y el comportamiento coincidió con la anterior variable, los tratamientos 1 y 2 sobresalieron por presentar un mayor índice de agallamiento (mayor daño), seguido

de los tratamientos correspondientes al testigo, y el menor daño se registró en los tratamientos 3 y 4 correspondientes al I-PR en las dos densidades.

Cuadro 4. Incidencia de *Fusarium* y nematodo e índice de agallamiento en sandía injertada en dos densidades de población, primer ensayo.

Tratamientos	Triploide Crunchy Red		Índice de agallamiento por nematodo*
	Incidencia *Fusarium* (%)†	Incidencia nematodo (%)	
1 (I-PSS-100)	0.41 (16.66)	0.75 a (46.66)	3.94 a
2 (I-PSS-50)	0.36 (13.33)	0.64 a (36.66)	4.27 a
3 (I-PR-100)	0.45 (20.00)	0.41 ab (16.66)	0.77 c
4 (I-PR-50)	0.50 (23.33)	0.26 b (10.00)	0.83 c
5 (T-100)	0.64 (36.66)	0.61 a (33.33)	2.16 b
6 (T-50)	0.59 (33.33)	0.57 ab (30.00)	2.71 b
P	0.15	0.01	0.00
DSM	0.35	0.34	0.75
C.V.	25.01	22.05	11.00

* Escala 0-5, donde 0 = 0 agallas, 1 = 1-2, 2 = 3-10, 3 = 11-30, 4 = 31-100, y 5 >100 agallas por raíz (Taylor y Sasser, 1979).
†Datos previamente transformados al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción; entre paréntesis, datos no transformados.

De las muestras de tejido analizadas en laboratorio para determinar a *Fusarium* tanto en tallo y raíz, se aisló y determinó en 10% de las muestras de tallo a *Fusarium oxisporum* ; en raíz no se detectó a éste, pero sí a *Pythium aphanidermatum*. La forma especializada de *Fusarium* aún no se determina. Cabe señalar, que los portainjertos presentan resistencia o tolerancia a *Fusarium*, y que fue posible la contaminación de plantas a través de tallos rastreros, pues las raíces se emitieron después de un período de precipitación pluvial atípico en la región, durante el mes de febrero.

CONCLUSIONES

Los portainjertos utilizados mostraron tolerancia a *Fusarium* y nemátodos, pues en la mayoría de las variables se superó al testigo. Con densidad de población alta (4,167 plantas/ha) se obtuvo mayor producción de fruto de sandía, a diferencia de la baja densidad (2,083 pta/ha), valor que duplicó al testigo. En la raíz del portainjetos no se detectó *Fusarium*, a diferencia del tallo sí, con lo que se prevé algún grado de contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta R. G. G.; Galván L. R.; Luján F. M.; Quiñones P. F. J.; Chávez S. N.; Pilar A. J. A. (2003). Manejo del cultivo de sandía en la región centro-sur del estado de Chihuahua. Folleto Técnico No. 15. INIFAP-CIRNC-CED. Delicias Chihuahua. 35 p.

Cañizares K. A. L.; Goto R. (1998). Crescimento e produção de híbridos de pepino em função da enxertia. Horticultura Brasileira 6: 110-113.

Davis R. F. (2007). Effect of *Meloidogyne incognita* on watermelon yield. Nematropica 37 (2): 287-293.

Davis A. R.; Perkins-Veazie P.; Sakata Y.; López-Galarza S.; Maroto J. V.; Lee S. G.; Huh Y. C.; Sun Z.; Miguel A.; King S. R.; Cohem R.; Lee J. M. (2008). Cucurbit grafting. Crit. Rev. Plant Sci. 27: 50-74.

González F. M.; Hernández A.; Casanova A.; Depestre T.; Gómez L.; Rodríguez M. G. (2008). El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo. Rev. Protección Veg. 23(2): 69-74.

Ioannou N. (2001). Integrating soil solarization with grafting on resistant rootstocks for management of soil-borne pathogens of eggplant. J. Hort. Sci. Biotechnol. 76: 396-401.

Kawaide T. (1985). Utilization of roosttocks in cucurbits production in Japan. Japan Agricultural Research Quarterly, Ibaraki 18: 284-289.

King S. R.; Davis A. R.; Liu W.; Levi A. (2008). Grafting for disease resistance. HortScience 43: 1673-1676.

King S. R.; Davis A. R.; Zhang X.; Crosby K. (2010). Genetics, breeding and selection of rootstocks for solanaceae and cucurbitaceae. Scientia Horticulturae 127: 106-111.

Louws F. J.; Rivard C. L.; Kubota Ch. (2010). Grafting fruiting vegetables to manage soliborne pathogens, foliar pathogens, arthropods and weeds. Scientia Horticulturae 127: 127-146.

Oda M. (1995). New grafting methods for fruits bearing vegetables in Japan. Japan Agricultural Research Quarterly 29: 187-194.

Sakata Y.; Ohara T.; Sugiyama M. (2007). The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetables in Japan. Acta Horticult. 731: 169-170.

Sakata Y.; Ohara T.; Sugiyama M. (2008). The history of melon and cucumber grafting in Japan. Acta Horticult. 767: 217-228.

Santos L. M.; Fontanetti V. M.; Minami K.; Tessarioli N. J. (2000). Evaluation of graft supports for japanese cucumber. Sci. Agric (Brasil) 57(1).

SIAP-SAGARPA. (2010). Estadísticas de la producción nacional de sandía. Datos disponibles en internet.
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

Taylor A. L.; Sasser J. N. (1978). Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) North Carolina State University and U. S. Agency for International Development, Raleigh, North Carolina, U.S.A. 111 p.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

EFECTO DE NIM (*Azadirachta indica*) SOBRE *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) EN GRANOS DE MAÍZ ALMACENADO

María Martha Reyes Zavala[1§]; Fernando Bahena Juárez[2]; Margarita García Becerra[1]

[1]Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro. Pátzcuaro, Mich. [2]Campo Experimental Uruapan INIFAP. Uruapan, Mich. [§]Autor responsable: mareyes_z@hotmail.com

RESUMEN

Los agricultores de Pátzcuaro, Michoacán, protegen sus granos almacenados con insecticidas organosintéticos, que provocan problemas ambientales y de salud. El uso de insecticidas vegetales como las semillas de nim, pueden ser una alternativa para esos productores y otras regiones. Se evaluó en laboratorio el efecto insecticida de hojas y semillas de nim sobre *Sitophilus zeamais* en granos almacenados de maíz. El ensayo se estableció entre agosto y enero de 2011-2012 en Pátzcuaro, Mich., para evaluar las concentraciones: 2% y 4% de hojas y 3%, 6% y 10% con semillas. Las semillas y hojas de nim se colectaron en el CE de Apatzingan (INIFAP). Los parámetros evaluados fueron: % de mortalidad, emergencia de primera generación, % de grano dañado, olor y sabor de la semilla en tortilla. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. Las semillas y hojas molidas se mezclaron en frascos con 500 g de maíz criollo y se adicionaron 10 parejas de insectos adultos. La temperatura se reguló entre 21° y 22°C; 15 días después se retiraron los insectos y se contabilizaron los vivos y muertos; a los 55 d se registró la emergencia de F1 y % de grano dañado; a los 65 días se realizó análisis de olor y sabor en tortilla. La mayor mortalidad de insectos fue con las semillas de nim en dosis de 3, 6 y 10% con muertes de 58.75, 73.75 y 97.5% y efectividad biológica de 48.43, 67.18 y 96.88% respectivamente. Estas mismas dosis produjeron menor daño en el grano: 3.15, 3.07 y 2.65%, respectivamente. Existieron diferencias significativas entre el efecto de la hoja y semilla. La menor emergencia de adultos se obtuvo con la semilla al 10%, con 0.52% de adultos emergidos. Para el análisis organoléptico los tratamientos con hojas fueron imperceptibles; a diferencia de las semillas. Los tratamientos uno, dos y seis no dejaron sabor, los tratamientos tres y cuatro con un ligero a regular sabor y el cinco dejó sabor muy amargo; por lo que éste último podría ser útil para proteger semilla y el tratamiento tres para el autoconsumo de grano de maíz.

Palabras clave: *Azadirachta indica*, granos almacenados, *Sitophillus zeamais*

INTRODUCCIÓN

En México se reportan pérdidas del 25 % en los granos almacenados por los productores y en las regiones tropicales alcanza hasta 50 % (Rodríguez, 1990; Escalante, 2009) a causa de las plagas en los granos. Los gorgojos (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, Coleoptera: Curculionidae), los cuales atacan inicialmente en el campo, causan daños durante el almacenamiento de semillas de maíz (Viñuela *et al*., 1993; Rees, 1996) y se les considera la plaga más importante en México.

En la Región Pátzcuaro se cultiva maíz criollo de temporal como fuente de alimento, autoconsumo, consumo animal y semilla/siembra; por lo que necesitan preservar su semilla para su conservación y almacenamiento, utilizando costales o preservando las mazorcas en los tapancos de sus hogares, sin embargo muchas de estas medidas no controlan en sus totalidad las plagas por más tiempo, por lo que se tienen numerosas pérdidas.

Para minimizar estas pérdidas, normalmente se utilizan insecticidas sintéticos, pero estas útiles herramientas, conducen con frecuencia a problemas provocando contaminación en el agua, suelo y aire, destruyen la flora benéfica y a los enemigos naturales y el desarrollo de resistencia en las plagas (Rodríguez y Rosas, 2002) presencia de residuos en alimentos provocando pérdidas importantes en la economía, además que perjudican la salud humana de una forma directa, por ello la importancia del control con métodos biorracionales (Torres-Vila, 2005).

Existen antecedentes que datan, que el primer insecticida natural apareció aproximadamente en el siglo XVII, usando extractos y plantas vegetales, con la aparición de los insecticidas sintéticos se sustituyeron y dejaron a un lado los insecticidas vegetales por un largo tiempo, pero debido a problemas ambientales, los residuos en los alimentos y residuos ambientales nuevamente se han tomado en cuenta (Silva-Aguayo, 2012) por lo que se ha estado trabajando para encontrar, una medida de control de plagas en almacenamiento, que sea económica y que se encuentre al alcance de los productores, que no dañen el ambiente y su fácil aplicación. Sabiendo que los extractos vegetales, son productos agrícolas renovables, por lo que es importante retomar métodos que han existido desde antes pero que en ciertos lugares se han dejado de utilizar o se tiene que investigar más sobre estos productos (Hernádez-Cortés *et al*., 2006). Por tal motivo en éste trabajo se evaluarón extractos del árbol del nim (*Azadirachta indica*) (hojas y semillas)

como una alternativa para el control de plagas en granos de maíz almacenado. Por lo anterior el objetivo del bioensayo fue evaluar el uso de extractos hojas y semillas del árbol del nim (*Azadirachta indica*) como una alternativa para el control de plagas de granos almacenados en maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Química del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, Michoacán, de agosto del 2011 a enero de 2012.

Obtención y procesamiento de semillas.

Las semillas de nim se obtuvieron de una plantación que se encuentra establecida en el Campo Experimental de Apatzingán del INIFAP en verano del año 2011, se utilizaron bolsas de polipropileno de capacidad de un kilogramo, se eligieron sin importar su grado de madures. Estas fueron llevadas al laboratorio del ITSPA para su posterior procesamiento. Las semillas fueron despulpadas y colocadas en cubetas de plástico con agua a la mitad del recipiente, estas se dejaron de dos a tres días hasta que estuvieran bien limpias, ya limpias se sacaron del agua y se colocaron en periódico distribuyéndolas en todo el espacio y en la sombra donde no interfiera los rayos del sol directamente. Cuando las semillas se encontraron listas se molieron en un molino eléctrico y el polvo se utilizó para preparar las dosis que se aplicaron en los tratamientos del bioensayo. En el caso de las hojas se uso la misma técnica. La cantidad que se utilizo de semilla por recipiente fue tratamiento T_1 hoja al 2% (10gr), T_2 hoja al 4% (20gr), T_3 semilla al 3% (15gr), T_4 semilla al 6% (30gr), T_5 al 10% (50gr) Y T_6 testigo (sin bioinsecticida).

Granos almacenados.

Para la obtención de las semillas de maíz, se visitó el rancho las Trojes donde de parcelas cultivadas de temporal, se cosecharon las semillas del ciclo agrícola 2011, estas se desgranaron y se secaron durante una semana sobre costales hasta que el sol se ocultara, después de secadas se almacenaron para su posterior utilización.

Establecimiento de la cría de *S. zeamais.*

Los insectos utilizados para el bioensayo se obtuvieron de maíz almacenado, proveniente de parcelas cercanas al muelle de San Pedrito en el Municipio de Pátzcuaro, Michoacán, posteriormente se incremento la población de insectos, en el Laboratorio de química del ITSPA. Los gorgojos se colocaron en frascos de plástico (500 g) con tapaderas perforadas de 3 mm aproximadamente y se le coloco un pedazo

de tul de malla, con 500 g de maíz criollo de temporal Enero-Julio. Los frascos se mantuvieron en incubación a 26 °C.

Bioensayo.

En frascos de plástico de capacidad de 1 kilogramo se mezclaron homogéneamente 500 gramos de maíz criollo, se evaluaron seis tratamientos con cuatro repeticiones, a los tratamientos se les agregaron polvos de hojas y semillas de nim a las concentraciones siguientes; para los tratamientos 1 y 2 se aplicaron polvos de hoja al 2 y 4 % (pxp), polvos de semilla al 3, 6 y 10% (pxp) y un testigo que solo contenía el grano y los insectos, se mezclo manualmente mediante movimientos oscilatorios y verticales hasta distribuirlos uniformemente, luego se colocaron 10 gorgojos adultos machos (con pronotum corto y rugoso) y 10 hembras (pronotum largo y liso) los cuales se sexaron según el criterio de (Dell´Orto y Arias, 1985). Cada frasco se etiquetó con la información correspondiente y se colocaron en cajas de cartón de 62 cm de largo por 34 de ancho, regulando la temperatura con un foco de 40 kw. Se creó un ambiente artificial debido a que las condiciones de temperatura dentro del laboratorio no eran optimas para el desarrollo de los insectos lo cual nos ayudo a tener un ambiente más controlado y obtener mejores resultados.

Los parámetros a evaluar durante el experimento fueron mortalidad, emergencia de la F1 y el daño del grano, los cuales se fijaron a los 55 días de realizadas las infestaciones. Olor y sabor a los 65 días.

Análisis de datos

Con el propósito de eliminar la mortalidad de los insectos originada por efectos ajenos a los polvos vegetales, la mortalidad obtenida en cada uno de los tratamientos se corrigió utilizando la ecuación de Abbott (1925).

$$\%\ MC = \left| \frac{X - Y}{100 - Y} \right| \times 100$$

Donde: %M C= Mortalidad corregida (100%)

X= Porcentaje de mortalidad en el tratamiento

Y= Porcentaje de mortalidad en el testigo

Se consideraron como prometedores aquellos polvos vegetales que ocasionan una mortalidad corregida igual o mayor al 40% (Lagunes, 1994). Fue necesario transformar los valores con el logaritmo(n+1) de los

porcentajes de mortalidad, con el objeto de que los resultados tuvieran una distribución normal y poder realizar el análisis de varianza correspondiente.

Mortalidad

La mortalidad de los adultos se evaluó a los 15 días de infestados los frascos. Se cuantificaron los adultos vivos y muertos de cada tratamiento.

Estimación de la emergencia F1

A los 55 días de iniciada la infestación se registro la emergencia de la primera generación y se calculo tanto el porcentaje de emergencia como el porcentaje de grano dañado con respecto al testigo. Para cuantificar esta variable se consideró según (Aguilera, 2001) como 100% la emergencia del testigo. Para el caculo del porcentaje de emergencia corregida de insectos se utilizo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Emergencia} = \frac{X * 100}{Y}$$

Donde: X= número de insectos emergidos en el tratamiento.
Y=número de insectos emergidos en el testigo

Se consideran como prometedores aquellos tratamientos con emergencia de la primera generación menor o igual al 50%. Los datos se transformaron para normalizarlos y se realizó un análisis de varianza con la prueba de Duncan (α =0.5).

Porcentaje de pérdida de peso del grano.

El porcentaje de grano dañado se cuantificó a los 55 días de realizada la infestación, se contabilizaron los granos sanos y dañados. Para poder hacer la estimación de porcentaje de granos dañados se utilizó la fórmula propuesta por Adams y Schulten (1976). Debido a que no existen criterios para determinar si un polvo reduce las pérdidas económicas al disminuir el daño en el grano, se tomo como referencia un 20% ya que según datos estadísticos arrojados de un estudio realizado en el estado de Veracruz, las pérdidas al grano ocasionadas por *Z. subfascistus*, van desde un 20 % hasta un total de la cosecha.

Pdg = 100 (Ngd /Ntg)

Donde: Pdg: porcentaje de grano dañado
Ndg: número de granos dañados
Ntg: número total de granos (Silva *et al*., 2005).

Olor de la semilla a los 65 días.

Para la evaluación organoléptica de la semilla, en referencia al olor, se propuso una cualificación, para cada tratamiento estableciendo la siguiente escala de valor: 1. Normal, 2. Poco amargo, 3. Regular y 4. Muy amargo (olor muy perceptible). Esta evaluación se realizó después de sacar la tortilla recién hecha en el comal.

Sabor de semilla a los 65 días.

El sabor de la semilla se evaluó con la misma característica descrita anteriormente. De los seis tratamientos junto con el testigo se colocaron en 6 recipientes distintos de polipropileno, se retiraron los polvos de hoja y semilla de nim, se enjuagaron rápidamente con agua limpia y se procedió para hacer el nixtamal y la elaboración de las tortillas para cada tratamiento, después de la elaboración de la tortilla se dio la prueba a ocho personas distintas para la degustación.

Diseño experimental y análisis estadístico.

El diseño experimental fue completamente al azar. Se evaluaron seis tratamientos junto con el testigo con cuatro repeticiones cada uno, utilizando 20 adultos por unidad experimental. Con los resultados que se obtuvieron se hicieron pruebas de normalidad y transformación Ln (n + 1) que se sometieron a análisis de varianza para probar la significancia de los factores principales y sus interacciones. Se realizaron comparaciones múltiples de medias de los tratamientos mediante la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de Mortalidad.

Se puede mencionar que de los 6 tratamientos evaluados solamente 3 sobrepasan el porcentaje de 40% según (Lagunes, 1994) ya que en sus estudios considera como prometedores aquellos polvos vegetales que ocasionan una mortalidad corregida igual o mayor al 40%. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 1. Estos datos muestran que hubo diferencias entre los polvos de hoja y semilla de nim en el efecto de mortalidad sobre los gorgojos *Sitophilus zeamais*. Los mejores resultados se obtuvieron con los polvos de la semilla de nim en los tratamientos tres, cuatro y cinco con un 48.43, 67.18 y 96.88% respectivamente.

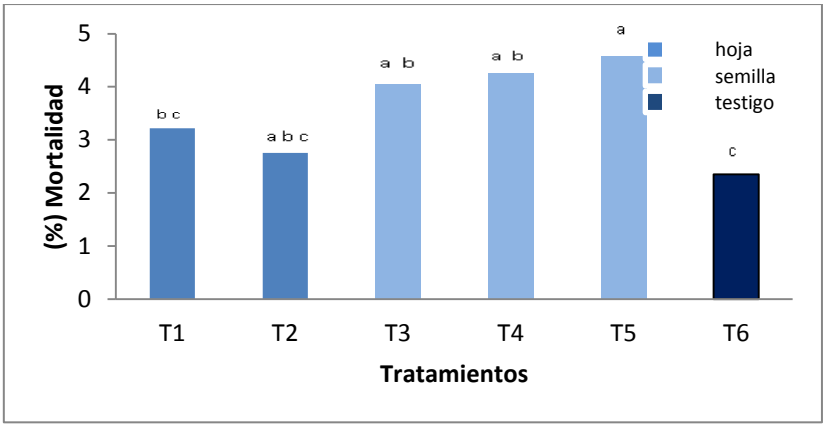


Figura 1. Efectividad biológica. Porcentaje de mortalidad de adultos de *Sitophillus zeam*ais a diferentes concentraciones de extractos de nim después de los 15 d de la infestación. *Mortalidad corregida (Abbott, 1995). **Trasformación Ln (n+1).

Los resultados de este experimento muestran factibilidad en el control de plagas de almacén siendo esté bajo condiciones de laboratorio, además de que se identificaron las dosis ideales para el control de *S. zeamais,* por lo que sí es aplicado en las comunidades rurales reduciría los costos de producción, sin embargo sería importante corroborar estos resultados en bioensayos en campo (almacenes reales) para poder lograr un recomendación adecuada para el sector agrícola.

Emergencia

En la Figura 2 se observa que los tratamientos que causaron los porcentajes más bajos de emergencia de adultos *S.zeamais*, fueron las semillas de nim los cuales a su vez tendieron a causar mayor mortalidad respecto a las hojas. Con los valores siguientes 4.60, 3.28 y 1.47% respectivamente. Por lo que se demuestra nuevamente que las substancias vegetales provocan inhibición de: la alimentación, del crecimiento y de la ovoposición en diferentes fases y diversos niveles, lo cual manifiesta la disminución en la densidad de población para los adultos *S.zeamais.*

Porcentaje de grano dañado.

Con una mayor mortalidad de insectos y por consecuencia una menor emergencia de los mismos, se esperaría un menor daño al grano en los tratamientos prometedores. Cabe mencionar que algunos tratamientos que no incrementaron la mortalidad por encima del 40% lograron reducir la emergencia de la primera generación y por consecuencia el porcentaje del daño. Los mejores tratamientos que presentaron el menor porcentaje de grano dañado se obtuvieron con la semilla de nim en las concentraciones 3, 6 y 10 %. Reduciendo el daño en los granos en un 1.94, 1.71 y 1.07% respectivamente (Figura 3). Comportándose estadísticamente similares en las tres dosis de semilla.

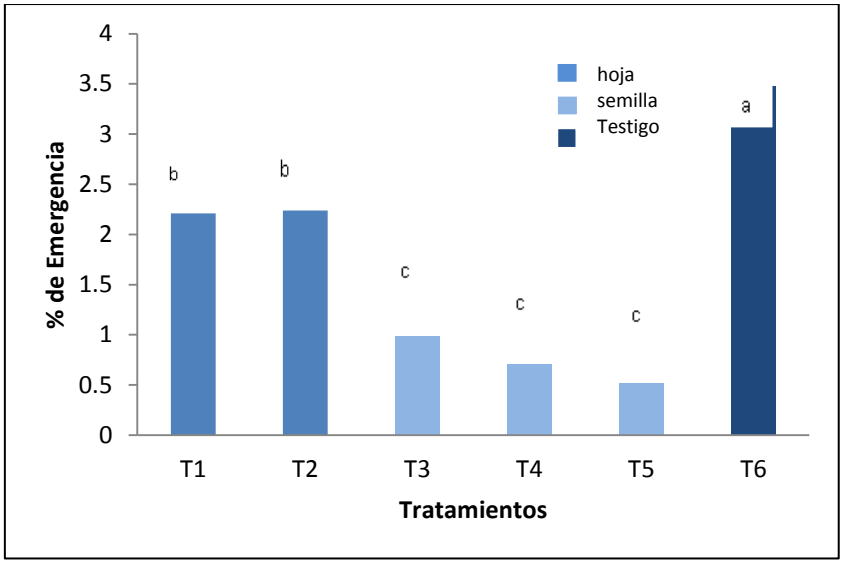


Figura 2. Porcentaje de emergencia de adultos de *Sitophillus zeam*ais a diferentes concentraciones de extractos de nim después de los 55 d de la infestación. *Mortalidad corregida (Abbott, 1995).
*Datos con las Medias de la prueba de Duncan.

Olor de la semilla.

Después de haber elaborado las tortillas, se olfateó la tortilla para percibir algún olor distinto al que comúnmente huele las semilla de maíz recién calentadas y los resultados arrojaron que los tratamientos 2, 3, 4 y 5 fue donde se percibió un olor distinto respecto al testigo (Figura 4), por lo que se recomienda que la semilla se enjuague un poco más para volver a oler la semilla.

Sabor de la semilla.

Para el sabor de la semilla, los resultados muestran que el tratamiento donde se percibe más el sabor del nim son lo tratamiento 2,3, 4 y 5 (Figura 5), según la evaluación que se hicieron a las personas que degustaron las tortillas, por lo que sería importante que cuando el nim se retirara de la semilla se le diera una doble enjuagada para que tenga mayor sabor. Por otro lado el tratamiento 3, se observa como una de las mejores concentraciones. Ya que anteriormente en el análisis de varianza se observó que hubo diferencias significativas y de acuerdo a la prueba de Duncan que separó los tratamientos en tres grupos siendo la concentración 3 una de las tres más sobresalientes, esto demostró que las semillas de nim, son consideradas como una alternativa viable para el control de plagas de almacén, tomando bien en cuenta las recomendaciones para que al momento de elaborar las tortillas, este no afecte el sabor original de la tortilla.

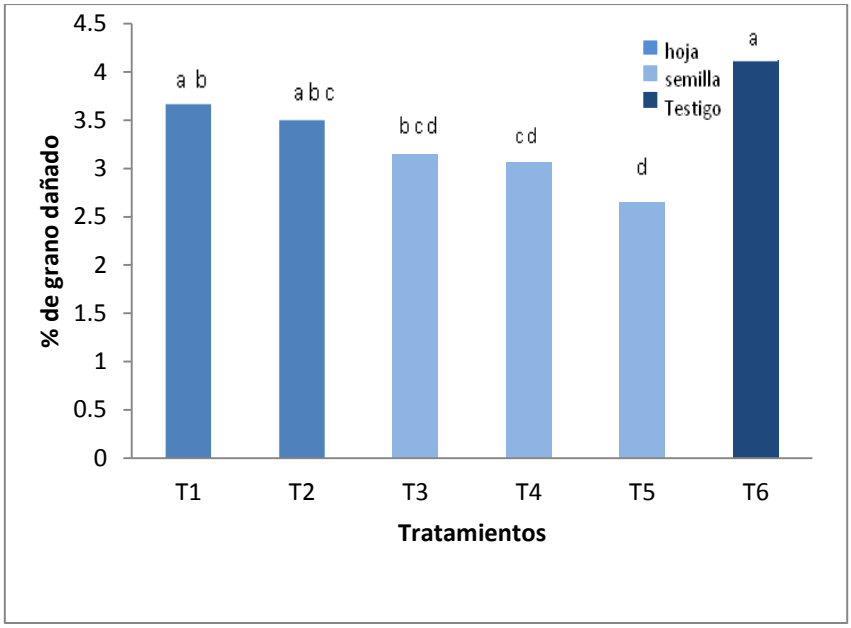


Figura 3. Porcentaje de pérdida de peso del grano por el daño de adultos de *S. zeam*ais a diferentes concentraciones de extractos de nim después de los 55 d de la infestación. *Mortalidad corregida (Abbott, 1995). *Datos con las Medias de la prueba de Duncan.

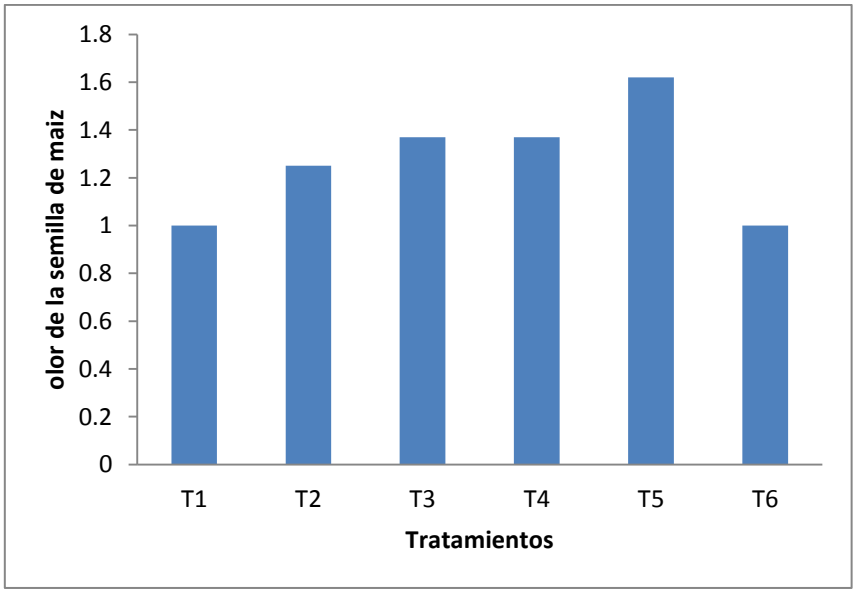


Figura 4. Porcentaje de olor de la semilla de maíz sin nim.

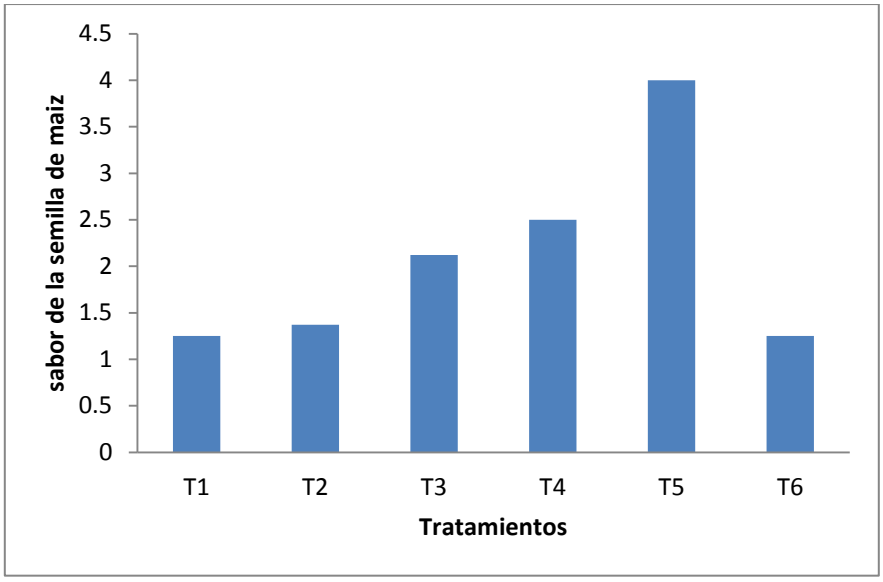


Figura 5 .Porcentaje de sabor de la semilla

CONCLUSIONES

Los tratamiento de semilla al 3%, 6% y 10% mostraron los mejores resultados, en lo que respecta a la mortalidad con porcentajes del 58.75%, 73.75 y 97.5% respectivamente y una efectividad biológica del 48.43, 67.18 y 96.88% respectivamente. El tratamiento de semilla al 10% dejó rastros perceptibles en lo que respecta al olor y sabor, sin embargo este puede ser útil para proteger semilla para siembra.

El tratamiento de semilla al 3% muestra el mejor resultado de la combinación de olor, sabor y mortalidad de la plaga, siendo la mejor alternativa para el control de *S. zeamais* y para el agricultor ya que utilizaría una dosis menor y los costos se reducirían, además de que ellos podrían prepararlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbott, W. S. (1975). A method of comuting the effectiveness of an insecticida. J. Econ. Entomol.18: 265-267.

Adams, J. M., and C. G. M.Schulten. (1976). Losses caused by insects, mites and microorganisms. In: Postharvest Grain Loss Assessment Methods. American Association of Cereal Chemists Sloogh, England. pp: 83-93.

Aguilera, M. (2001). Estudios de efectividad biológica con plagas de granos almacenados. In: Bases para Realizar Estudios de Efectividad Biológica de Plaguicidas. Bautista N., y O. Díaz (eds). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp.: 43- 50.

Bahena, J. F., L. Velázquez-Dionicio y M. A. Miranda- Salcedo. (2002). El arból de nim (*Azadirachta indica* A.Juss), una alternativa agroecológica, de uso multiple, en el trópico seco del estado de Michoácan, México. *INIFAP* , pp.:1011-1016.

Dell´Orto, T. H. y C. J. Arias, V. (1985). *Insectos que dañan Granos y Maíz Almacenado.* Santiago Chile: FAO.

Escalante, S. E. (2009). Boletin ASERCA Región Peninsular: El Manejo de los granos basicos, En C. C. Muñoz.; R. C. Espadas.; M. J. Conde.; T. M. Amaro.; M. C. Can. y J. Z. Zopiyaxtle, (eds). *SAGARPA* , pp. 37.

Hernández-Cortés, G.; F. Facio- Parra.; E. Guerrero, y M. E. Vázquez. (2006). Control de *Sitophilus zeamais* Montschulsky por Productos Naturales en Semilla de Maiz, In E. G. Estrada. V.; J. Romero. N.; A. Equihua. M.; C. Luna. L.; J. L. Rosasa. A (eds). Entomologia mexicana. Vol.3. Tomo 2. pp.1003-1005.

Lagunes, T. A. (1994). Extractos y polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas de maíz y de frijol en la agricultura de subsistencia. Montecillo, México: CONACYT/ Colegio de Posgraduados. 1:27-30

Rees, D. P. (1996). Coleoptera. En: Subramanyam, B., Hagstrum, D. W. (eds.): *Integrated Management of Insects in Stored Products.* Marcel Dekker, Inc., New York, Estados Unidos, 1-40.

Rodríguez, H. C. (1999). Memorias del V Simposio Nacional sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Aguascalientes, Ags., México. pp: 39- 59.

Rodríguez, H. C. y C. Rosas, V. (2002). Actividad del Epazote Teloxys ambrosioides (Chenopodiaceae) en el gorgojo del maíz *Sithophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). In J. Romero. N.; E. G. Estrada. V.; A. Equihua, M (eds) *Entomología mexicana*, Vol. 1. pp.323-328.

Silva, A. G. I., R. Kiger M., R. Hepp G. y M. Tapia V. (2005). Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. Brasilia, Brasil. 40 (1):11-17.

Silva-Aguayo, G. (2012). Insecticidas Vegetales. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción. Chillan Chile. http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/GsilvaSp.htm. Consulta 16 de Marzo del 2012.

Torres-Vila, L. M. (2005). La resistencia insecticida de *Helicoverpa armigera* Hubner en España: un enfoque agroecológico. Phytoma 173: 51-578p

Viñuela, E., Adán, A., Del estal, P., Marco, V., Budia , F. (1993). Plagas de los productos almacenados. *Hojas divulgadoras* 1/93 HD.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

ELABORACIÓN DE UN *CHAMPÚ* EMPLEANDO EL EXTRACTO HIDROSOLUBLE DE LA GRANA COCHINILLA

Gabriela Arroyo Figueroa§; Brenda I. Martínez Pérez; Antonio Pérez Nieto; Lorena Vargas Rodríguez

Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra. Salvatierra, Gto. §Autor responsable: gabiaf@yahoo.com.mx

RESUMEN

El champú es un producto cosmético diseñado para limpiar y cuidar el cabello y cuero cabelludo, su fin principalmente es remover la suciedad, la grasa producida por las glándulas sebáceas, células muertas de la piel y en general todo tipo de suciedad que se adhieren y acumulan en el cabello. Una de las características organolépticas que influyen al momento de adquirir dicho producto es el color. Para poder lograrlo las empresas hacen uso de colorantes sintéticos, los cuales a la larga causan problemas a la salud. Por ello en la actualidad se está haciendo uso de colorantes naturales. Por lo que el objetivo de este trabajo fue emplear un colorante natural obtenido de la grana cochinilla, el mismo que se aplicó en un champú en forma de extracto acuoso. Al producto final obtenido se le realizaron pruebas fisicoquímicas, posteriormente estás se volvieron a realizar 60 días después de su elaboración con la finalidad de conocer su estabilidad y vida de anaquel. Las diferencias en los resultados obtenidos fueron mínimas.

Palabras clave: champú, colorante natural, extracto hidrosoluble.

INTRODUCCIÓN

El champú es un producto cosmético diseñado para limpiar y cuidar el cabello y cuero cabelludo, su fin principalmente es remover la suciedad, la grasa producida por las glándulas sebáceas, células muertas de la piel y en general todo tipo de suciedad que se adhieren y acumulan en el cabello [Alexandre, 2012]. Existe cierta tendencia a utilizar términos ingleses para los productos cosméticos y de higiene personal. Sin embargo el término champú proviene de la palabra india *champo*, término empleado a los tradicionales masajes en la cabeza con aceites y lociones capilares, donde esta costumbre fue adoptada por los colonizadores británicos. Así fue como llego el término a la metrópoli inglesa. Por lo tanto la palabra no se refiere tanto al producto, si no a la forma de aplicarlo [Lara, 2011]. El uso y origen de este producto es relativamente reciente. Antiguamente los egipcios lavaban sus cabellos y cueros cabelludos con agua y zumo de limón, pues el ácido cítrico descomponía efectivamente la grasa sebácea. En los tiempos de la Edad Media, apareció en Europa una alternativa semejante al jabón, la cual consistía en hervir agua con

jabón y sosa o potasa con la cual conseguían una mezcla muy semejante a la del champú moderno [Cámara, 2012]. Existen distintos tipos de champú, cada uno con aplicaciones determinadas: a) Champú líquido, contiene componentes aceitosos para que el cabello se sienta más suave y sedoso. b) Seco, utilizado para limpiar tanto el cuero cabelludo como el cabello cuando la persona que lo utiliza no puede recibir un lavado frecuente debido a alguna enfermedad. c) Con pH equilibrado, evita la eliminación de la coloración del cabello, hidratantes que contienen agentes humectantes diseñados para fijar las propiedades hidratantes del producto o atraer la humedad al cabello. d) Limpieza profunda, ayuda a la eliminación de productos que pueden recubrir y aplastar el cabello, e) Equilibrante, diseñado tanto para el cuero cabelludo como para eliminar el exceso de grasa e impidiendo que el cabello se seque. f) Medicados, efectivos para reducir la caspa o aliviar padecimientos del cuero cabelludo, y finalmente. g) Tipo tinte, para realzar el color [Rodríguez, 2012]. En general, un champú está compuesto por una mezcla de ingredientes que son seleccionados y clasificados según su desempeño en las fórmulas. Entre los principales ingredientes de un champú se encuentran: a) Tensoactivos anfóteros, agentes de limpieza. b) Formadores de espuma, para arrastrar la suciedad. c) Espesantes, le proporcionan el cuerpo al champú así como proporcionarle la estabilidad al producto. d) Acondicionadores, que imparten manejabilidad y cuerpo al cabello. e) Agentes aperlantes, usado con fines estéticos ya que es empleado cuando no se puede tener un producto claro. e) Conservantes, los cuales asegura que no habrá crecimiento de microorganismos, aunque algunos tensoactivos poseen esta característica antimicrobiana. f) Agentes humectantes (anti-frizz). g) Fragancia y h) Color que ayudan a resaltar las características del champú [Winter, 1999]. Además de esos ingredientes, se le pueden adicionar otros denominados naturales, elaborados a base de diferentes extractos de plantas, las cuales le confieren sus propiedades al producto. Dentro de estos ingredientes también se encuentran los colorantes naturales, que le confieren el realce del carácter organoléptico del color. Esta característica es de gran importancia, ya que de esta depende la aceptación del producto en el mercado, y para ello actualmente los colorantes empleados son aquellos que han sido obtenidos de forma sintética, el problema de estos colorantes es que son considerados potencialmente cancerígenos. Un colorante natural empleado en la industria cosmética es el ácido carmínico que se encuentra presente en la grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa), el cual es un insecto que se hospeda en la penca del nopal. Este colorante natural presenta ventajas en comparación con los sintéticos, ya que su toxicidad es nula, sin representar un riesgo para el ser humano y el medio ambiente. Además de que presenta una excelente tonalidad y produce una amplia gama de colores, dependiendo de la solución en la que se encuentre presente, obteniendo coloraciones naranja en medio

ácido, violeta y púrpura en medio básico, pasando por el rojo [Martínez *et* al., 2012]. El objetivo del trabajo fue analizar las propiedades fisicoquímicas de un champú coloreado con extracto hidrosoluble de la grana cochinilla para determinar su estabilidad y vida de anaquel de un periodo de dos meses.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que se llevo a cabo en el presente trabajo se dividió en dos partes. La primera consistió en la elaboración del champú, la segunda en determinar la estabilidad y vida de anaquel del producto elaborado. A continuación se describen dichas metodologías:

1. Elaboración del champú

Para elaborar el champú se llevo a cabo la siguiente metodología de la Figura 1:

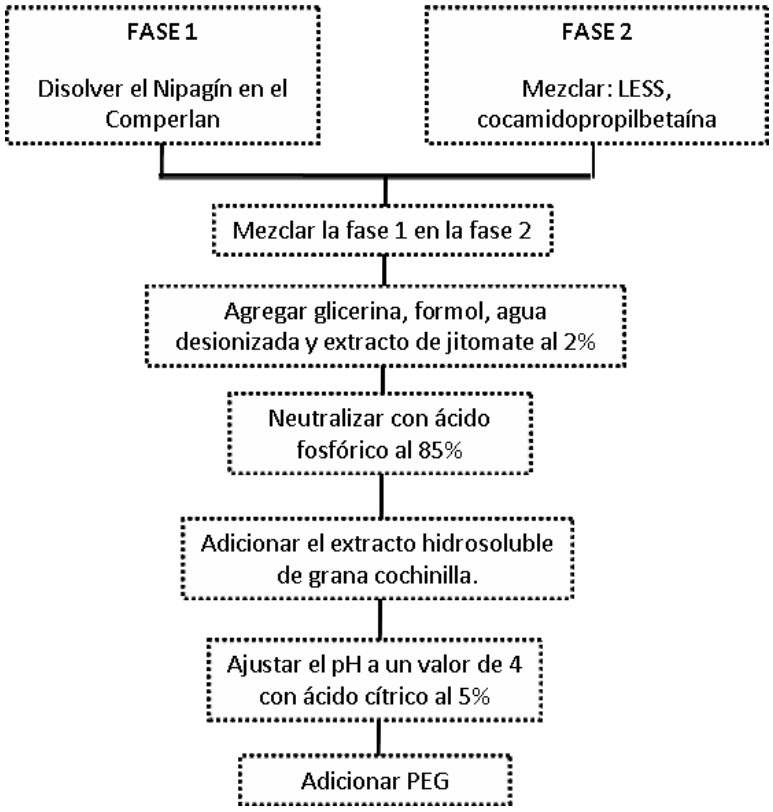


Figura 1. Metodología para la elaboración del champú.

Para elaborar el champú se realizaron dos fases, la fase 1 y 2, respectivamente. En la fase 1 se disolvió el conservador en el estabilizante de espuma; en la fase 2 se mezclaron los detergentes. Se mezcló la fase 1

sobre la fase 2, se agregó glicerina, formol y extracto de jitomate al 2%. La mezcla anterior se neutralizó con ácido fosfórico al 85% (pH de 7.0). Se agregó el extracto hidrosoluble de la grana cochinilla, se ajusto el pH a un valor de 4.0 con ácido cítrico al 5%, y finalmente fue adicionado el espesante.

2. Estabilidad y vida de anaquel en el champú.

Para determinar este experimento, se realizaron pruebas fisicoquímicas al producto obtenido, tomando como base la guía de estabilidad de productos cosméticos [Anvisa, 2012], las cuales consistieron en determinar su aspecto, olor, textura, determinación de pH, densidad, centrifugado; porcentaje de humedad, volátiles y cenizas [Martínez et al., 2012]. Así mismo se determinó el color en el producto final, el cual fue el parámetro de mayor interés. Para ello se empleó un colorímetro marca Minolta CR-400. Este equipo mide el color mediante la escala CIELAB con las coordenadas L*, a* y b*. La coordenada L* muestra el nivel de claridad del color, en un intervalo de 0-100, mientras más próxima a cero este la coordenada L* más oscuro es el tono. La coordenada a* muestra la tendencia del rojo siendo números mayores a cero, o hacia el verde siendo números menores a cero. Finalmente la coordenada b* muestra la tendencia del amarillo siendo números mayores a cero, o hacia azul siendo números menores [Westland, 2012]. Para las pruebas anteriores se consideró el Día 0 como la fecha de la elaboración del champú, y el Día 60 como el último registrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Elaboración del champú

Se obtuvo un champú coloreado con un colorante natural, en este caso con el extracto hidrosoluble de grana cochinilla, el cual al momento de añadirlo se observó una coloración rojiza, y una vez que se modificó el pH con el ácido cítrico al 5%, se notó como el color variaba hacia un tono naranja intenso. Un elemento indispensable para la elaboración de este producto es el agua. Mancilla, (2004), menciona que para este tipo de productos es necesario hacer uso de agua desionizada, e inclusive esterilizada, de esta manera se garantiza que en ella no van impurezas, algunas sales, cloro, metales y algunos sólidos en el agua que puedan dañar el desarrollo de los productos, degradar fragancias y reducir la efectividad de los conservadores contra el crecimiento microbiano.

Estabilidad y vida de anaquel

En cuanto a las pruebas fisicoquímicas de aspecto, olor, textura y centrifugado no se presentó ningún cambio en el día 60, con respecto al día 0, como se muestra en la Tabla 1. Esto debido a que la cantidad que se adicionó de extracto acuoso de grana cochinilla fue muy pequeña (por el gran poder de coloración que tiene) para poder influenciar en los resultados.

Cuadro 1. Resultados de algunas pruebas fisicoquímicas realizadas al champú.

Pruebas fisicoquímicas	Día 0	Día 60
Aspecto	Líquido viscoso	Líquido viscoso
Olor	Detergente	Detergente
Textura	Viscoso	Viscoso
Centrifugado	Sin separación, Sin sedimentación	Sin separación, Sin sedimentación

Como se puede observar en la Figura 2, para las pruebas fisicoquímicas de pH, densidad, humedad, volátiles y cenizas no existió diferencia significativa. Esto nos indica que el extracto hidrosoluble de la grana cochinilla se mantuvo estable en el producto final durante lapso de dos meses que duró en el estante.

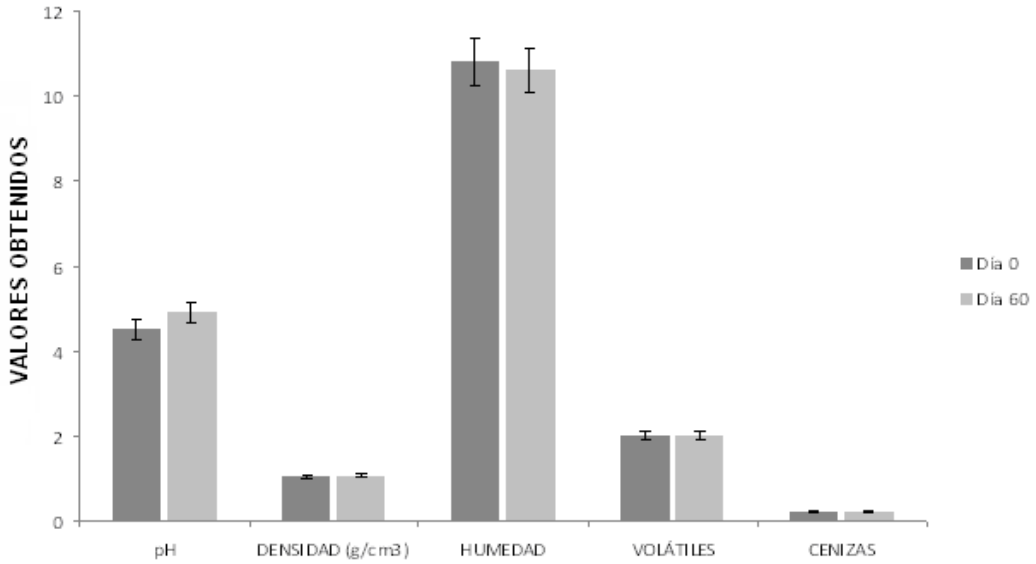


Figura 2. Pruebas fisicoquímicas realizadas al producto terminado.

La prueba que se consideró de mayor importancia en este trabajo fue la de color, esto debido a que nos interesa determinar su estabilidad en la apliacación de este cosmético. Como se puede observar en la Figura 3, el cambio de las coordenadas L*, a* y b* fue miníma, lo que nos indica que el color que obtuvimos

inicialmente al momento de añadir el extracto acuoso de la grana cochinilla se mantuvo estable durante un los 60 días, periodo en el que se dejo este producto en estante.

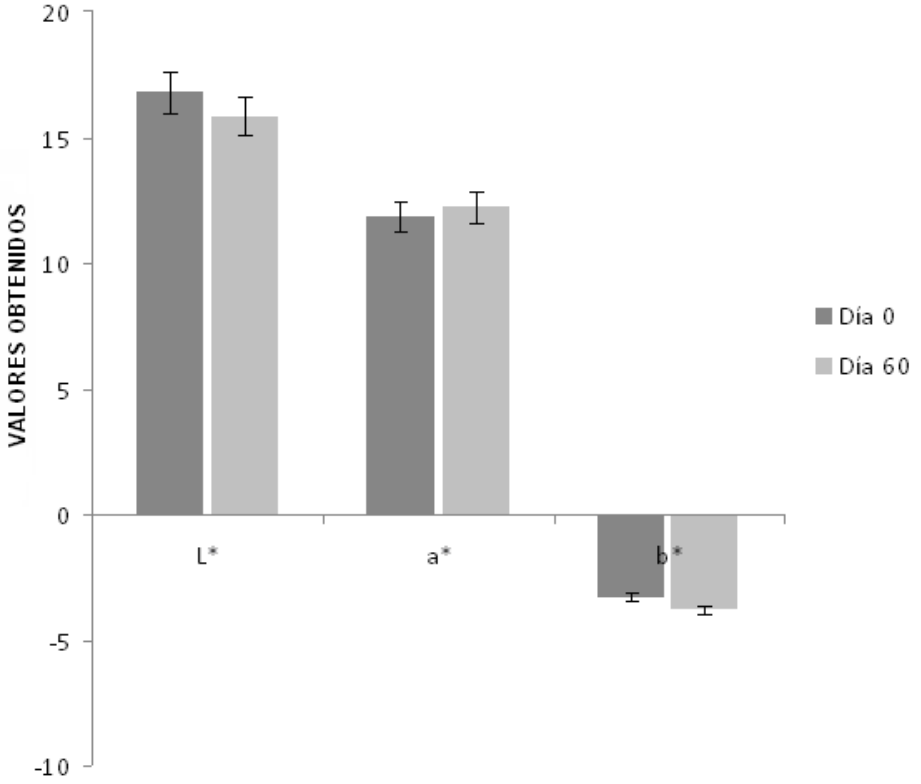


Figura 3. Valores obtenidos en la prueba fisicoquímica del color en el producto terminado.

Para que un producto sea apto para el uso o consumo humano, además de realizar las anteriores pruebas fisicoquímicas es necesario determinar las características toxicológicas propias del producto final, como menciona Arias y Carballo, (2002). Para ello hace falta administrar dosis graduales a ratones, de esta manera se determina su toxicidad.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicas aplicadas al champú coloreado con el extracto hidrosoluble de la grana cochinilla, y los cuales nos indicarían la estabilidad del producto durante su vida de anaquel, con un tiempo de 60 días, nos indican que al momento de hacer uso de este colorante natural no presenta cambios que puedan alterar las propiedades fisicoquímicas en el producto empleado que en este caso fue un champú natural. Sin embargo se seguirán haciendo estas pruebas de estabilidad y vida de

anaquel al producto con la finalidad de corroborar la información sobre la estabilidad de este colorante con el paso del tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexandre S. *Curso de cuidado del cabello y estética No,* 22, [en lìnea], <http://www.cabeleireiras0911.net78.net/sandraalexandre/HISTORIA_CHAMPO.pdf> [consulta 16 agosto 2012].

Lara N. *Origen de la palabra champú,* [en línea], <http://www.elperuano.com.pe/edicion/noticia> [consulta 13 agosto 2012].

Cámara A. *Historia de la higiene capilar el champú* [en línea], <http://anacamara.blogspot.mx/2008/03/historia-de-la-higiene-capilar-el-champ.html> [consulta 11 agosto 2012].

Rodríguez R. *Diferentes tipos de champús* [en línea], <http://www.slideshare.net/ProfeRodriguez/clase-22-diferentes-tipos-de-champs> [consulta 11 agosto 2012].

Winter R. (1999). *A consumer´s dictionary of cosmetic ingredients.* 5th. edition. pp. 386. Three rivers press, New York. 472.

Formulación de shampoo & selección de tensoactivos [en línea], <http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/ShampooPres_4756.pdf> [consulta 15 agosto 2012].

Martínez B, Arroyo G. *Aplicación del insecto grana cochinilla en productos cosméticos*, (2012), Memorias del 3er. Verano de la Investigación en Empresas y Dependencias Gubernamentales de la Universidad de Guanajuato.

Anvisa. *Guía de estabilidad de productos cosméticos* [en línea], <http://.anvisa.gov.br/esp/cosmeticos/guia_serie_tematica_cosmeticos_espanhol.pdf> [consulta 07 agosto 2012].

Westland S. *¿Qué es el espacio de color CIE L*a*b*?* [en línea] <http://gusgsm.com/espacio_color_cie_lab> [consulta 06 julio 2012].

Mancilla C. *Verificación de un sistema de purificación de agua para producción en una industria cosmética*, (2004), [en línea] <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2255.pdf> [consulta 27 septiembre 2012].

Arias P, Carballo S. *Formulación y posicionamiento de mercado de un champú de limpieza personal a partir del extracto de azul de mata (Justicia tinctorea)* , (2002), [en línea], <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/99011.pdf> [consulta 20 agosto 2012].

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

GAS CHROMATOGRAPHY: AN ANALYTICAL PLATFORM IN METABOLOMICS FOR QUANTIFYING ETHANOL OF MAIZE PLANTS

Martín García Flores§; Axel Tiessen

Centro de Investigación y Estudios Avanzados. IPN. Irapuato, Gto. México.§corresponding author: masterfoodscience@live.com

ABSTRACT

The current need to develop alternative sources of biomass for ethanol production is creating the need to consider the stalk of the corn plant as an additional source of bioenergy, as an alternative to its current use as fodder. Different nutrient limiting conditions and various environmental conditions affect the development of a plant. Therefore holistic research is needed that considers environmental variables in their experimental designs. Ethanol is a major metabolite in fermentative processes of bacteria. However, it is not known whether plants such as maize accumulate ethanol in tissues that have a limited supply of oxygen. We used gas chromatography as a tool to evaluate the amount of endogenous ethanol present in the juice extracted from the stems of plants maize under water stress conditions or low levels of nitrogen. Corn plants were grown in experimental fields of CIMMYT-Texcoco, Mexico. The levels of ethanol were statistically analyzed. We determined mean values of ethanol content in different genotypes and under different culture conditions. The stalk of the corn plant, as a study model has advantages and is a low cost source as a substrate for the production of biofuels.

Keywords: Bioethanol, Gas chromatography, *Maize,* Metabolomics.

INTRODUCTION

Background. The market for liquid biofuel made by fermentation of starch and sugars has expanded many-fold in the last few years (Smith, 2008). The major sources of starch and sugars for bioethanol production are currently maize seeds and sugar cane stems, respectively. The United States Department of Agricultural (USDA) predicts that 20% of US maize production in 2006/2007 will be used for bioethanol (Smith, 2008). The last harvest season reported in México (2011) of maize plants for use as forage was: 8,626,823 tons and the biomass yield was: 30.6 t/ha. The historic data on both indexes are show on figs. 1 and 2, respectively. They include normal and temporary irrigated crop fields (http://www.siap.gob.mx/).

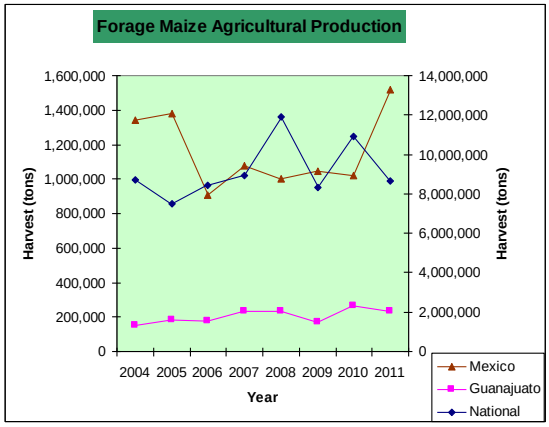


Figure 1. Maize production by year (Siap, 2011)

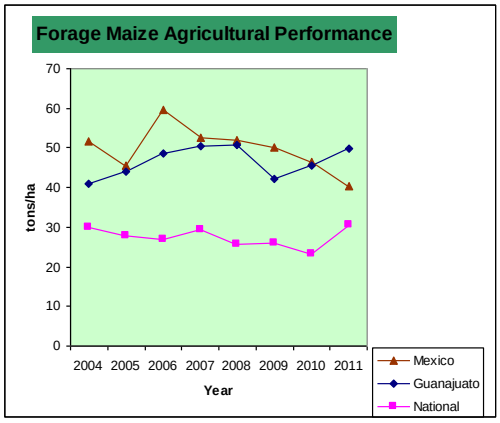


Figure 2. Maize grain yield index (Siap, 2011)

Advantages of corn as a biofuel crop. Desirable attributes associated with fuel biofuel crops include, but are not limited to, genetic resources for improvement, lack of invasiveness, latitudinal range of adaptability, availability of production and harvest equipment, and grower acceptance (White et al., 2012). A wide variety of plant species have been proponed as potential biomass crops to meet this need each offering complementary advantages in different regions based on a number of important biological, economic, environmental, and societal factors. Among the many possible options for biomass crops, grass species that employ the C_4 pathway for photosynthesis emerge as leading candidate because they exhibit the highest efficiencies of carbon fixation, water use, and nitrogen economy (Ragouskas et al., 2006). Maize, sugar cane, sorghum and switchgrass all belong to this group of C_4 grasses and are already highly productive biomass crops that collectively are cultivated across the global spectrum of agricultural production environments. Depending on species, C_4 grasses can produce one or more of three distinct types of biomass feedstocks: sugar, starch, and lignocellulosic mass. Although different C_4 grass crops may be specialized for one or more of these three forms of harvested carbon, most also exhibit versatility in the types of carbon produced and thus can be tailored as appropriate feedstocks for specific environments or processing streams. Corn grain is the major source of first-generation feedstocks for ethanol, and corn stover with tropical maize, sorghum, sugarcane, and switchgrass the major biomass feedstocks in the US for second-generation bioethanol and other biofuels. Only sugarcane, sweet sorghum, and tropical maize exhibit the combination of sugar, starch, and lignocellulosic biomass (White *et al*., 2012). Unlike ethanol produced from corn grain, which has an energy balance ratio of 1.4-1.5 (i.e. energy invested vs. energy returned), the combined sugar and biomass of tropical maize would have an energy balance ratio approaching ten, similar to that of sugar cane or sweet sorghum (Goldemberg, 2007). Thus tropical maize

provides more energy per unit of land area than corn grain ethanol and, as a result, is more efficient in land usage. An additional similarity with sorghum and sugar cane is the potential of tropical maize to reduce greenhouse gas emissions by combining two of the most effective feedstocks –grain and stalk biomass. In processing the sugar, the biomass itself is cofired to provide most of the input energy required for distillation (White *et al*., 2012).

Metabolomics. We are currently in a phase of scientific enquiry that is increasingly driven by the need to analyze biological systems much more holistically. Much of the excitement with respect to this need is due to the realization among practitioners of the traditional reductionist approach, including biochemist and molecular biologists, that there is more to biological systems than can be adequately accounted for by reductionist enquires alone (Vaidyanathan *et al.,* 2005). Tracking changes in the metabolic complement of the system (the low molecular weight component-the metabolome) that relate to its behaviour is progressively gaining momentum (Olive *et al*., 1998; Tweeddale *et al*., 1998; Fell, 2001; Fiehn, 2001; ter Kuile and Westerhoof, 2001; Harrigan and Goodacre, 2003; Goodacre *et al*., 2004; Kell, 2004). There are various strategies and challenges pertaining to the tracking of metabolome-wide changes in different biological systems under different applications contexts. Most strategies for capturing comprehensive metabolomic data employ a separation technique followed by sensitive detection, typically using mass spectrometry (MS); separation techniques include two-dimensional thin layer chromatography (2D-TLC), capillary electrophoresis (CE), gas-chromatography (GC) and liquid chromatography (LC). Whilst the objective in such strategies is to capture comprehensive metabolome-wide changes, often the nature of the techniques and sample preparation protocols bias the type of metabolites detected, restricting the analyses to sub-metabolomes (Vaidyanathan *et al.,* 2005).

Gas chromatography as technology. Gas chromatography is a very suitable technique for comprehensive analysis, as it combines high separation efficiency with versatile, selective and sensitive detection. Problems with ion suppression of co-eluting compounds as observed in liquid chromatography are virtually absent in GC. Volatile, low-molecular-weight–metabolites can be sampled and analyzed directly (Koek *et al*., 2011). Advantages: relatively inexpensive; quantitative standards available; medium sample size; good sensitivity; good programs and databases to support; detects most organic and some inorganic molecules; excellent reproducibility in the separation; max peak capacity, 1000; theoretical plates/resolution, 1.5 million. Disadvantages: destructive; nonvolatile need derivatization; broad processes for sample preparation; phase

separation is large measurement time (20-50 min); it is difficult to identify unknown compounds (Vaidyanathan *et al.,* 2005). The Objective was to develop an analytical platform using gas chromatography for ethanol quantifying in stalk juices of Maize plants.

MATERIALS AND METHODS

*Biological samples***.** Water Stress experiments. The water stress (WS) trial was done in the CIMMYT field station located in Tlaltizapán, Morelos, México (18°41' N latitude, 99°07' O longitude, 945 masl altitude) with 19 genotypes harvested 10-20 days after silking, at approximately 90 days after sowing. The watering regime was performed according to the field management standards established by CIMMYT for. The water stress treatment (WS) consisted of suppressing irrigation for three weeks before flowering whereas the well watered (WW) control group was irrigated at the usual frequency. We sampled six plants per genotype for each treatment (WS and WW). Three plants were harvested from the first replica, rep1, of the field experiment, whereas the other 3 plants were obtained from the second replica, rep2, of the field experiment.

Low Nitrogen experiments. The low nitrogen experiments (LN) trial was done in the CIMMYT field station located in El Batán, Texcoco, México state (19°30' N latitude, 98°53' O longitude, 2 247 masl altitude) with 19 genotypes harvested 10-20 days after silking, at approximately 90 days after sowing. The fertilization regime was performed according to the field management standards established by CIMMYT for. The low nitrogen treatment (LN) consisted of suppressing total nitrogen fertilization whereas the well nitrogenated (NN) control group was fertilizated at the usual frequency. We sampled six plants per genotype for each treatment (LN and NN). Three plants were harvested from the first replica, rep1, of the field experiment, whereas the other 3 plants were obtained from the second replica, rep2, of the field experiment.

Stem juice Collection. In all experiments, the whole stems including the leaf sheaths were sampled, its juice was extracted with a mechanical juice extractor (International, model EXS). We registered agronomic data before extract the juice, i.e. total plant weight, plant height (until the flag leaf), ears number, total ears weight and weight of the stem without leaf blades. Then, the stem was ground, its juice was collected, weighted and finally we took 1mL-aliquotes in 96-well microplates, they were frozen at -80°C until the metabolites quantification (Juárez-Colunga, 2012).

Sample fitness for reading samples in GC. a) Filter 1 ml of the stem juice with a Gelman Acrodisc filter 0.45 µm and placed it in a 2 ml Eppis. b) Take 10 µL of the sample and mix with 30 µL of water in an EPPis (1:4). c) Take the sample to chromatography room for testing. d) Keep the testing samples under low temperature (ice bath) all the time.

RESULTS

Water stress and Low nitrogen experiments

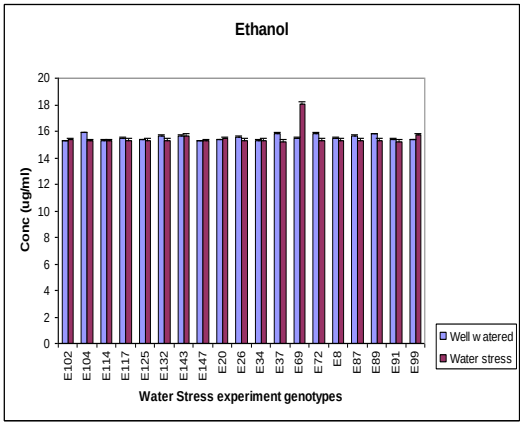


Figure 3 WS vs WW experiment result

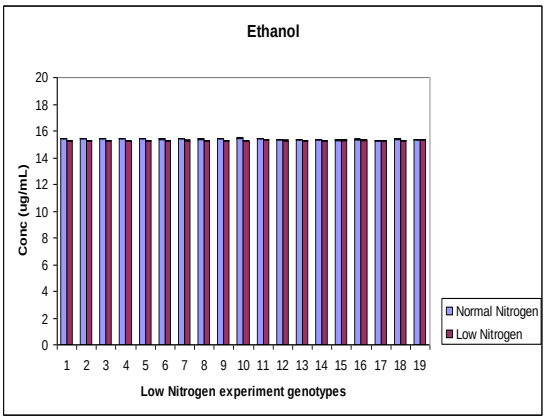


Figure 4 LN vs NN experiment result

Statistical Analysis. After analyzing the data generated from each experiment, we found that in the two nitrogen treatments there were not significative differences among the 19 genotypes. The later data was obtained applying an unidirectional ANOVA, tukey test (confidence level 95%); however, we found the levels of ethanol for low nitrogen treatment were reduced in average 28.1%; G15 and G19 genotypes showed no differences among both treatments, but the G1, G2, G3, G6, G9, G10, G11, and G16 genotypes were clustered differently for having similar ethanol concentration levels between the two treatments. The other genotypes included in this experiment showed different clustering level. For the two water stress treatments, we found significative differences (data not shown).

CONCLUSIONS

The quantification method developed was suitable for determining ethanol in the extracts of the stalk of corn plants. The stalk juice contains low levels of ethanol even in the absence of fermentative fungi or bacteria. This suggest that the plant posseses all enzymes for the production and accumulation of ethanol. The

characteristics of gas chromatography allowed handling a large number of samples, which is a great advantage when comparing the sample analysis platforms available for breeding projects. Concerning the behavior of ethanol levels for each genotype and experiment, we identified groups of genotypes to select genotypes that best adapt to the prevailing weather conditions in the highlands of México. Corn is a plant species with competitive advantages for use as an alternative source of bioenergy production, since both grains and stalk biomass can be used for biorefinery purposes.

REFERENCES

Juárez C. S. Tesis de Maestría. (2012). The stem as a dynamic carbohydrate reservoir in maize. Cinvestav. Irapuato.

Koek M. M., Jellema H. R., van der Geef, J., Tas C. A. and Hankemeier, T. (2011). Quantitative metabolomics base don gas chromatography mass spectrometry: status and perspectives. *Metabolomics* 7:307-328.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. (http://www.siap.gob.mx/) 03/08/2012.

Smith M. Al. (2008). Prospects for increasing Starch and sucrose yields for bioethanol production. *The Plant Journal*, 54, 546-558.

Vaidyanathan, S.; Harrigan, G. G. and Goodacre, R. (2005). Metabolome Analyses: strategies for Systems biology. *Springer Science+Bussines Media, Inc*. New York, USA.

White G., W., Moose P., S., Weil F. C., McCann C., M., Carpita C., N. and Below E., F. (2011). Tropical Maize: Exploiting Maize Genetic Diversity to develop a Novel Annual Crop for Lignocellulosic Biomass and Sugar Production. *M. S. Buckeridge and G.H. Goldman (eds.), Routes to Cellulosic Ethanol*, DOI 10.1007/1978-0-387-92740-4_11, Springer Science+Business Media, LLC 2011.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

EVALUACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO *in vitro* PARA VAQUITA (*Stanhopea oculata* Lindl.) ORQUÍDEA AMENAZADA DE MÉXICO

Daniel Utrera López§, Juana Fabiola Jiménez Flores, Salvador Paredes Rincón, Jacel Adame García, Ramiro Sánchez Uranga, Daniel Utrera Villa

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Ver. §Autor responsable: danielutrera1@hotmail.com

RESUMEN

En México se reconocen actualmente más de 1,200 especies y subespecies de orquídeas. Sin embargo, la alteración y destrucción del hábitat, así como la extracción ilegal de especies de orquídeas silvestres, motivo por el cual estén consideradas amenazadas y en peligro de extinción. Por la importancia que reviste su rescate y propagación a partir de la germinación de semillas utilizando métodos de cultivo *in vitro,* se propuso el objetivo de evaluar diferentes medios de cultivo para determinar el más apropiado para la propagación in vitro de Vaquita *Stanhopea oculata* Lindl. La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto Tecnológico Úrsulo Galván, durante el período Agosto/2011- Diciembre/2011 bajo un diseño experimental completamente al azar con 5 tratamientos x 4 repeticiones (20 unidades/repetición) estos fueron: T1= MS 100%, T2= MS 50%, T3= MS 100% + Carbón activado, T4= MS 50% + C. Activado, T5= MS 100% + Extractos + Carbón activado. Las variables medidas fueron tamaño de cormo y número de hojas durante 4 etapas de crecimiento (30 días/etapa). Al Análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativa ($P \leq 0.01$) donde los tratamientos T1 y T2 fueron mejores para el tamaño del cormo 0.6 mm y 0.5 mm, y para el número de hojas los tratamientos T1 y T2 con 0.81 y 0.56 hojas, respectivamente. Se concluyó que las etapas 3 y 4 fueron las mejores para el mayor desarrollo del cormo y el número de hojas con los tratamientos a base de MS-100% y al 50%.

Palabras clave: *Stanhopea*, vitroplanta, Evaluación de Medios, Orquídea.

INTRODUCCIÓN

En México se reconocen actualmente más de 1,200 especies y subespecies de orquídeas. Las orquídeas se ubican al sur del Trópico de Cáncer, desde las costas del Pacífico y del Golfo, en altitudes que pueden alcanzar los 3,500 m. Una de las características más interesantes de esta familia es su alta proporción de especies endémicas. Se han registrado 444 especies o sub-especies que corresponden aproximadamente

al 40% del total de taxa en el país. Lo anterior convierte a la Orchidaceae en una de las familias más ricas en endemismos entre los países de América tropical. Sin embargo, la alteración y destrucción del hábitat, así como la extracción ilegal de orquídeas silvestres para su comercio, hace que éstas estén consideradas en peligro de extinción. En los dos últimos siglos se han extinguido varias especies de orquídeas en México y a partir de 1998 han desaparecido al menos 22. La Norma Oficial Mexicana NOM–059–ECOL–2001 incluye a la familia Orchidaceae y a todas sus especies como amenazadas y en peligro de extinción (*cruzadabosquesagua.semarnat.gob.mx/iii.html).*

Las orquídeas presentan problemas serios para su propagación en forma natural debido a que la mayor parte de las semillas están escasamente diferenciadas por lo que no se les distinguen los cotiledones ni las radículas y carecen de endospermo. Tradicionalmente, las orquídeas se han propagado asexualmente mediante división de plantas. Sin embargo, se ha demostrado que es posible obtener un gran número de plantas a partir de la germinación de semillas utilizando métodos de cultivo *in Vitro*.

La Norma Oficial Mexicana NOM–059–ECOL–2001 considera a la *Stanhopea oculata* como especie amenazada y endémica de México debido al cambio climático, el saqueo de flores y la deforestación de bosques y selvas. Por tal motivo es urgente su conservación, siendo las semillas el material de propagación más adecuado cuando se trata de conservar la mayor diversidad genética posible de una población (www.semarnat.gob.mx/leyesynormas).

La técnica a utilizar será *in vitro* ya que mejora la germinación y facilita más su propagación. Bastida (2007) Menciona que las orquídeas en general y las mexicanas en particular representan un recurso natural de gran importancia por lo que se hace necesario fomentar y conjuntar acciones que conlleven a una mejor conservación y un conocimiento más apropiado de todas ellas. Entre las acciones que se han implementado y pueden fortalecerse e iniciarse son: cuidar y aprovechar las zonas de reserva existentes, promover la difusión del conocimiento y cultivo de las orquídeas, en especial aquellas que se extraen en mayor escala y en peligro de extinción, propagar en gran escala las especies amenazadas o en peligro de extinción.

Por lo anterior, se propuso contribuir en la resolución en parte de este problema que representa la recuperación de plantas en el medio ambiente por su crecimiento lento en forma natural que tarda

aproximadamente 7 años para llegar a una fase adulta. Sin embargo si se implementan técnicas de cultivo y crecimiento de plántulas provenientes de una germinación *in vitro se* asegura el mayor porcentaje y cantidad de ejemplares que permitan recuperar áreas donde la población es muy baja o inexistente así como tener plantas disponibles para el mercado evitando la depredación de las mismas. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes medios de cultivo para determinar el más apropiado para la propagación *in Vitro* de Vaquita *Stanhopea oculata* Lindl.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se realizó durante el período Agosto/2011- Diciembre/2011, en el Laboratorio de Biotecnología, del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, localizado en el km 4.5 de la carretera Cardel-Chachalacas, en Úrsulo Galván, Ver. A los 19º 24´ Latitud norte, 96º 22´ Longitud oeste y 8 msnm (Figura 1), clima Aw_2, tropical subhúmedo, con lluvias en verano, temperatura media anual de 24.5º C y precipitación pluvial promedio anual de 1247 mm (García, 1985).

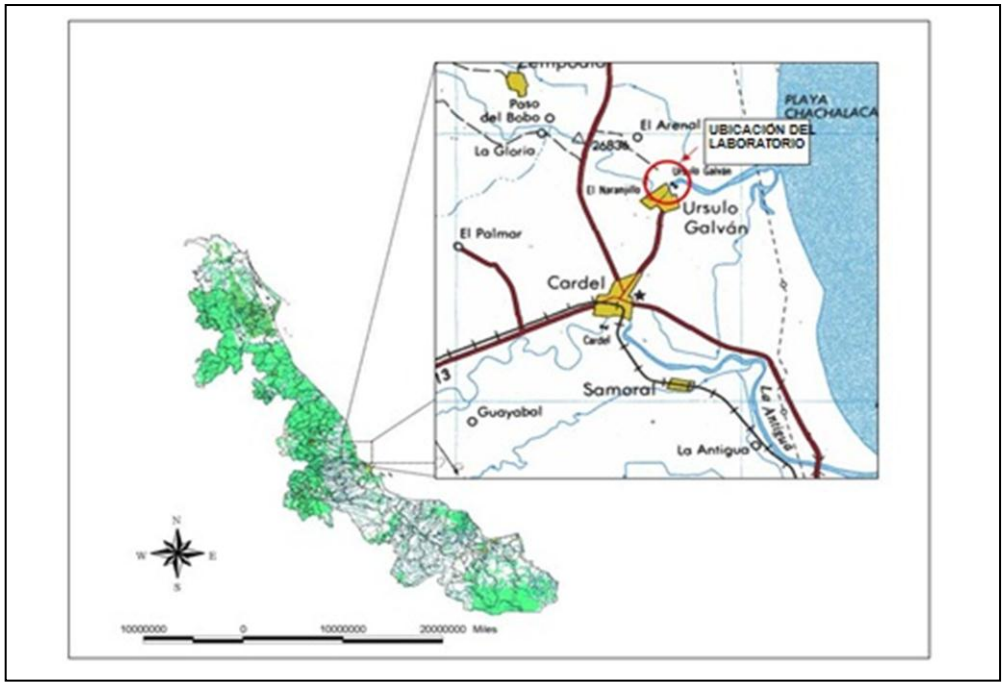


Figura 1. Localización del trabajo experimental.

Diseño experimental.- El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, conformado por cinco tratamientos con cuatro repeticiones, los cuales fueron:

T1= MS – 100%

T2= MS – 50%

T3= MS – 100% + Carbón activado

T4= MS – 50% + Carbón activado

T5= MS – 100% + Extractos + Carbón activado

Recolección de semillas. La recolección de semillas se realizó en campo, extrayendo las capsulas en bolsas de polietileno flipflop, provenientes de la polinización cruzada de dos cultivares ubicados en la ciudad de Xalapa, Veracruz.

Desinfección de semillas. La desinfección de semillas, se realizó en el laboratorio de biotecnología vegetal del ITUG, aplicando las diferentes soluciones germicidas para llevar acabo la desinfección de las semillas siendo estas en orden de uso detergente al 4%, fungicida al 4% (Captan ultra), cloruro de benzalconio al 5%, hipoclorito de Sodio al 30% y alcohol grado 96 al 70%; cada una por un período de 15 min (Figuras 2 y 3).





Figuras 2 y 3. Desinfección de semillas para siembra *in vitro*.

La siembra de semillas se realizó en un medio MS-100% con control hormonal de 1.0 mg de Kinetina + 0.5 mg de ANA/1000 ml, con pH ajustado a 5.6, en frascos Gerber de tamaño mediano con 20 ml de medio y éstas germinaron a los 35 días e incubadas a una temperatura de 25 º C y fotoperíodo de 16 h luz y 8 h de oscuridad.

Preparación de material de cristalería y esterilizado.- Se seleccionaron frascos de cristal tipo Gerber tamaño mediano sin tapa, misma medida para cada tratamiento esto para evitar variaciones en cuanto a espacio en las unidades experimentales y se les quitó etiquetas y goma o pegamento; se lavaron con una

solución de detergente, se secaron con franela y se taparon con una hoja doble de papel aluminio la boca del frasco y se esterilizaron en estufa-horno a 120ºC durante 12 h.

Preparación de medios de cultivo y esterilizado.- Para (MS – 100%) y (MS – 50%). En un matraz Erlem Meyer se vertió 500 ml de agua destilada y se depositaron 10 y 5 ml de cada solución madre respectivamente, 30 g de azúcar en el matraz, hormonas de crecimiento 0.3 ml de ANA y 0.5 ml de Kinetina, después se aforó a 1000 ml, se ajustó el pH a 5.6, y 8 gr de agar bacteriológico.

Para (MS – 100% + Carbón Activado) y (MS – 50% + Carbón Activado). En un matraz Erlenmeyer se vertió 500 ml de agua destilada y se depositaron 10 y 5 ml de cada solución madre respectivamente, 30 g de azúcar en el matraz, hormonas de crecimiento 0.3 ml de ANA, 0.5 ml de Kinetina y 2 g de Carbón Activado después se aforó a 1000 ml, se ajustó el pH a 5.6, y 8 g de agar bacteriológico.

Para (MS – 100% + Extractos + Carbón Activado) En un matraz Erlenmeyer se vertió 500 ml de agua destilada y se depositaron 10 ml de cada solución madre, 30 g de azúcar en el matraz, hormonas de crecimiento 0.3 ml de ANA y 0.5 ml de Kinetina, 2 g de peptona y se vertió 100 ml del extracto (se licuó 100 ml de agua de coco y 40 g de cada fruta: Manzana, Plátano y Jitomate) después se aforó a 1000 ml, se ajustó el pH a 5.6, y 8 g de agar bacteriológico.

Llenado de frascos.-A cada frasco se depositó 20 ml de medio, se tapó con 4 hojas de Aluminio la boca del frasco, se le colocó liga del número 10 y se esterilizó a 120ºC durante 15 min.

Siembra de protocormos o explantes.- Se realizó la siembra de protocormos (10 días de germinados), de orquídea en campana de flujo laminar y con total asepsia y se marcaron los frascos con la fecha y tratamiento que corresponde para darle seguimiento a las mediciones o toma de datos.

Toma de datos. Se realizó la toma de datos en cada unidad experimental, frasco por frasco. De acuerdo con las variables a medir, las cuales se registraron cada quince días utilizando un vernier. El desarrollo fenológico de las plantas se observó mediante visualización y la toma de fotografías de cada una de las etapas de desarrollo (Fig. 4). Las variables evaluadas fueron: Tamaño del cormo (TC) Numero de Hojas (NH). Se realizó la tabulación de los datos

Análisis de datos.- Los datos obtenidos de las variables (TC y NH), para cada uno de los tratamientos se evaluaron mediante un análisis de varianza y se realizó prueba de comparación de medias de acuerdo con la prueba de Tukey a $P \leq 0.01$ y una $P \leq 0.05$.



Figura 4. Unidades Experimentales de los Tratamientos en estudio.MS-100% y MS-100% + Extractos + Carbón activado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tamaño del cormo.- Al análisis de varianza para la variable tamaño del cormo (Cuadro 1), se observó diferencia estadística altamente significativa. (P≤0.01), destacando los tratamientos T1 con 0.06 mm y el T2 con 0.05 mm (Figura 5).

Cuadro 1. ANAVA de tamaño del cormo en medio de cultivo *in vitro* de *Stanhopea oculata* Lindl, bajo cinco tratamientos.

1-TRAT	df Effect	MS Effect	Df Error	MS Error	F	p-level
1	4	0.002216	75	0.000155	14.31745	0.001

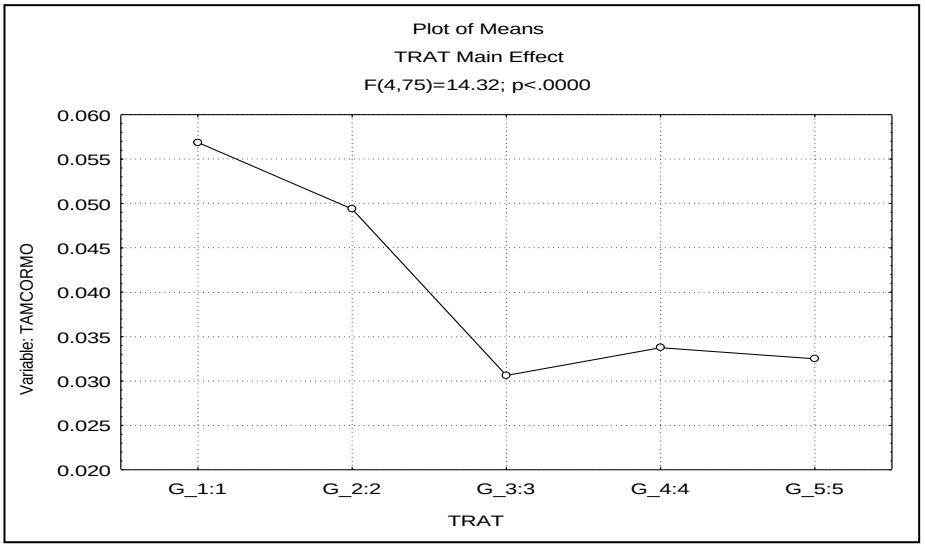


Figura 5. Distribución del tamaño del cormo en medio de cultivo in vitro de *Stanhopea oculata Lindl,* bajo cinco tratamientos.

Numero de hojas.- En cuanto al número de hojas también se observó diferencia estadística altamente significativa (P≤0.01) entre tratamientos (Cuadro 2) con promedios de .81 hojas para T1 y 0.56 hojas T2 y no se observo crecimiento alguno durante el periodo de estudio en los tratamientos 3, 4, 5. Destacando estadísticamente iguales (P≤.05) los tratamientos 1 y 2 (Figura 6). En el Cuadro 3 se resume los resultados de tamaño de cormo y número de hojas de los 5 tratamientos. En donde se destacan como mejores los tratamientos T1 y T2 con valores de .057 mm y .049 mm, respectivamente, así también el T1 con .813 y T2 con .563 hojas, respectivamente.

Cuadro 2. ANAVA. Numero de hojas en medio de cultivo in vitro de *Stanhopea oculata Lindl,* bajo cinco tratamientos.

1-TRAT	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	4	2.39375	75	0.191667	12.48913	0.001

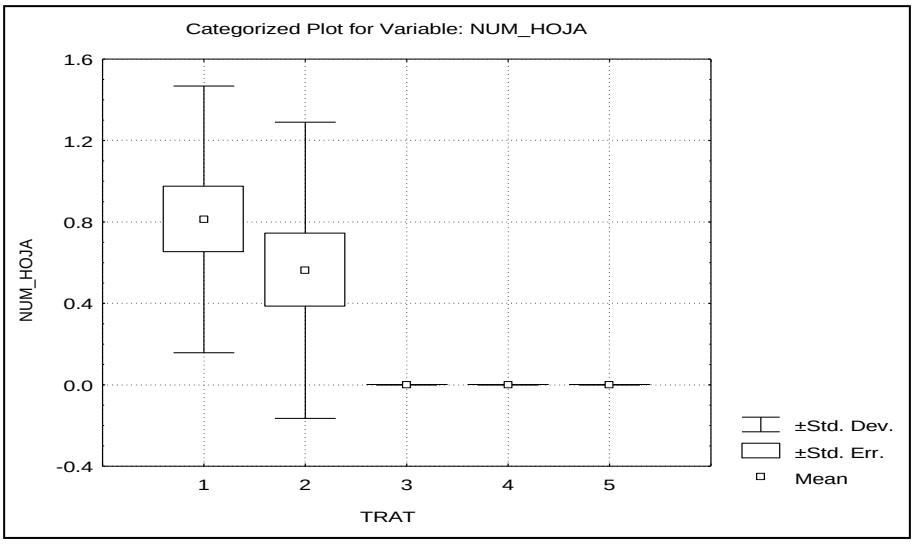


Figura 6. Distribución del número de hojas en medio de cultivo in vitro de *Stanhopea oculata Lindl,* bajo cinco tratamientos.

Análisis de datos por etapas.-Al analizar los datos en sus diferentes etapas de evaluación, se observo diferencia estadística significativa para el tamaño del cormo en las 4 etapas (Cuadro 4) con promedios de 0.03 etapa 1, 0.04 etapa 2, 0.04 etapa 3, 0.05 etapa 4. Destacando los T3 y 4 como mejores. (Figura 7). Referente al número de hojas en las cuatro etapas de estudios también se observo diferencias estadísticas significativas (P≤0.05) con promedios de 0.05 hojas en la ETAPA 1, 0.015 ETAPA 2, 0.045 ETAPA 3 y 4 (Cuadro 5) y Siendo mejores las ETAPAS 3 y 4 (Figura 8).

Cuadro 3. Resultados de tamaño del cormo y número de hojas de *Stanhopea oculata Lindl,* bajo cinco tratamientos.

Tratamiento	Tamaño de cormo (mm)	Número de-hojas
1	0.057 a	0.813 a
2	0.049 a	0.563 a
3	0.031 b	0.000 b
4	0.034 b	0.000 b
5	0.032 b	0.000 b

Valores con la misma literal, estadísticamente son iguales (P≤0.05).

Cuadro 4. ANAVA. Tamaño del cormo por Etapas, en medio de cultivo in vitro de *Stanhopea oculata Lindl,* bajo cinco tratamientos.

1-ETAPA	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	3	0.001155	76	0.000224	5.160149	0.002669

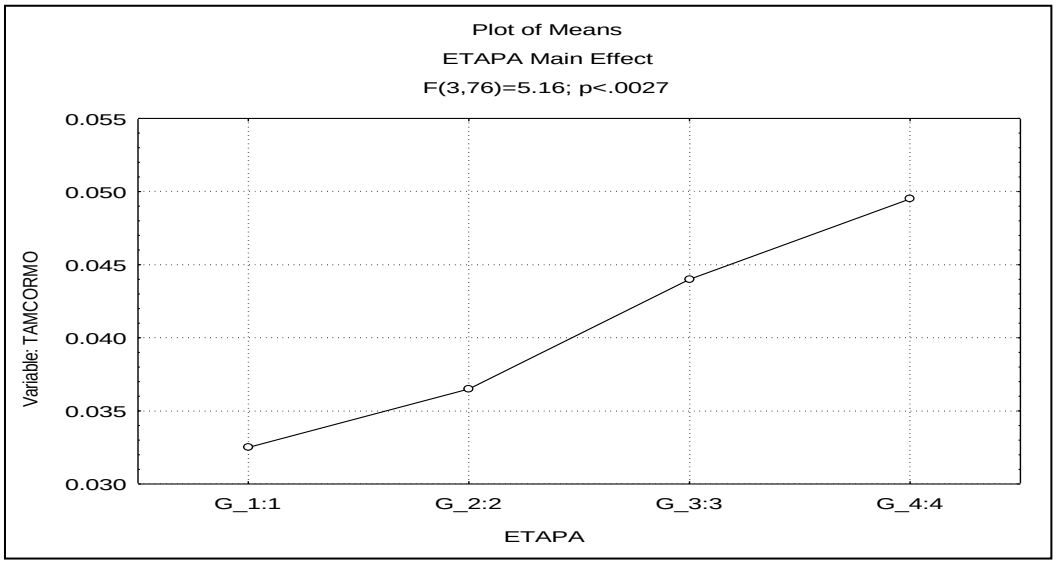


Figura 7. Distribución de tamaño del cormo por etapas, en medio de cultivo in vitro de *Stanhopea oculata* Lindl, bajo cinco tratamientos.

Cuadro 5. ANAVA. Número de hojas por etapas, en medio de cultivo in vitro de *Stanhopea oculata* Lindl, bajo cinco tratamientos.

1-ETAPA	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	3	0.85000002	76	0.28157896	3.01869154	0.03493061

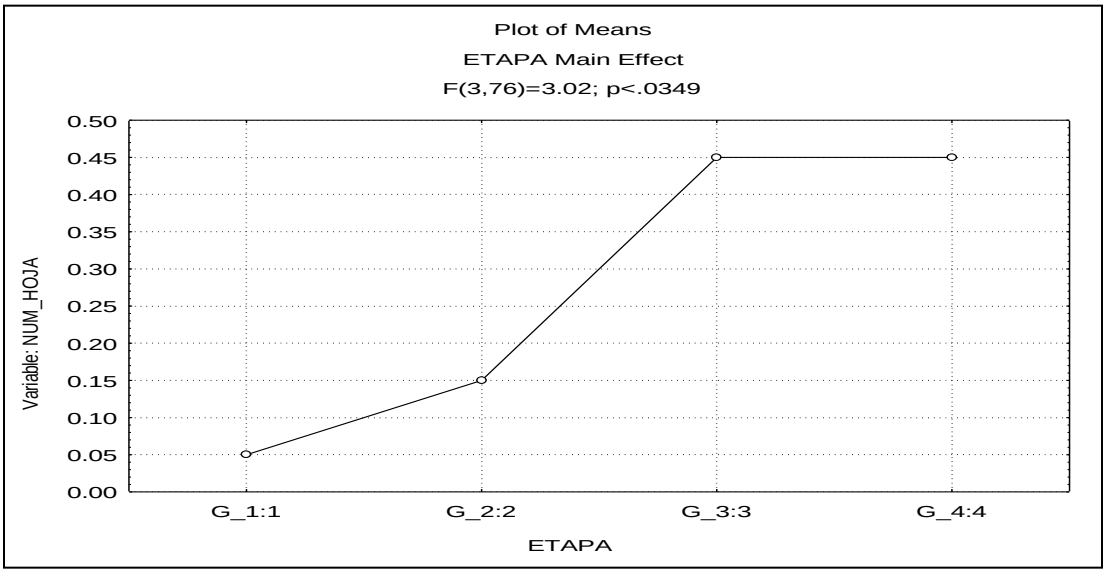


Fig. 8. Distribución del número de hojas por etapas, en medio de cultivo in vitro de *Stanhopea oculata* Lindl, bajo cinco tratamientos.

En el Cuadro 6 se resumen los resultados en tamaño del cormo y número de hojas evaluados en 4 etapas donde destacan el tratamiento 4 para el tamaño del cormo con 0.449 mm y para numero de hojas destacan los tratamientos 3 y 4 con valor igual a 0.450 mm.

Cuadro 6. Resultados de tamaño del cormo y número de hojas en cuatro etapas.

Etapas	Tamaño de cormo(mm)	Número de-hojas
1	0.032 b	0.050 b
2	0.036 b	0.150 b
3	0.044 ab	0.450 a
4	0.049 a	0.450 a

Valores, con la misma literal, estadísticamente son iguales (P≤0.05).

Discusión.- No existen investigaciones sobre evaluación de medios para *Stanhopea oculata* Lindl documentados en nuestro país y lo más cercano es la especie *Stanhopea tigrina* Bateman reportándose como promisorio con diferencia significativa el medio MS-100% + Agua de Coco y extracto de Plátano por David Moreno Martínez y Rebeca A. Menchaca García 2007. Existiendo reportes para otras especies diferentes a este género.

CONCLUSIONES

Los medios de cultivo a base de Ms 100% y al 50% fueron los mejores para el tamaño del cormo para este estudio. En tanto que los tratamientos que incluyeron carbón activado fueron los de menor respuesta para el tamaño del cormo. En cuanto al número de hojas se concluye que los tratamientos 1, 2 a base de Ms 100%, Ms 50% fueron los de mejor respuesta con 0.81 hojas 0.056 hojas, respectivamente, en tanto que los tratamiento que incluyeron carbón activado tuvieron crecimiento nulo de hojas. Por lo que respecta a las etapas se concluye que las mejores para el un mayor desarrollo del cormo fueron las etapas 3 y 4 con 0.04 mm y 0.05 mm, y para el número de hojas también fueron las etapas 3 y 4 con un promedio ambos 0.045. Se recomienda realizar una segunda fase experimental para el desarrollo de plántulas eliminando la adición de carbón activado con los mismos tratamientos o medio de cultivo y una tercer etapa para la generación de plantas completas (Rizo génesis) y terminar el proceso con una cuarta etapa con la adaptación de plántulas al medio ambiente de la especie estudiada o bien generar nuevos medios o tratamientos que posiblemente puedan favorecer o tener resultados promisorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Magali Martija Ochoa (2003). El gran libro de las orquídeas. Editorial de Vecchi S.A.U..

Aurelio Bastida Tapia, Georgina Flores Escobar, Isaías Gil Vásquez, Erick R. Navarro López (2007) Introducción a la reproducción y manejo de Orquídeas Mexicanas. Editorial Chapingo, México.

David P. Banks (2005). Orquídeas.Editorial Global Book Publishing Pty Ltd.

Roger Bellone (2006). Orquídeas Guía del aficionado.Editorial Omega, S.A.

CITAS VIRTUALES

DM Martínez – 2007Efecto de los compuestos orgánicos en la propagación *in vitro:* redalyc.uaemex.mx/pdf/497/49790204.pdf.Formato de archivo: PDF/Adobe Acrobat de. Consultado el 03/12/2011.

Biodiversidad en México: www.conevyt.org.mx/.../diversidad/lectura_biodiversidad.htm*. Consultado el 03/12/2011.*

¿Qué es la Biodiversidad?: cruzadabosquesagua.semarnat.gob.mx/iii.html *Consultado el 03/12/2011.*

Biodiversidad en Veracruz: www.jornadaveracruz.com.mx/Noticia.aspx?ID=110606_131450*. Consultado el 05/12/2011.*

www.laguiadeplantas.com/PLANTA/522.htm *Consultado el 06/12/2011.*

Norma Oficial Mexicana NOM–059–ECOL–2001: www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/ *Consultado el 06/12/11*

Que son las Orquídeas: es.wikipedia.org/wiki/Orchidaceae Consultado el 07/12/11

Saqueo de orquídeas: www.lapolitica.com.mx/?p=105476 Consultado el 11/12/11

Saqueo de orquídeas: www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv49art3.pdf Consultado el 11/12/11

David Moreno Martínez y Rebeca A. Menchaca García. 2007. Efecto de los compuestos orgánicos en la propagación in vitro de *Stanhopea tigrina Bateman* (ORCHIDACEAE)**.**Foresta Veracruzana 9(2): 27-32. *redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=49790204* Consultado el 11/12/11

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

EVALUACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVOS NATURALES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS EN YOGUR

Román Jiménez Vera§; Nicolás González Cortés; Arturo Magaña Contreras; Alejandro Lizcano Cruz

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tenosique, Tabasco, México. §Autor responsable: roman.jimenez@ujat.mx

RESUMEN

El contenido de bacterias vivas es uno de los parámetros de calidad importantes en el yogur como alimento funcional. Existen medios de cultivo comerciales orientados a la cuantificación de lactobacilos. Sin embargo, estos medios han resultado muy complejos en su composición y de difícil disponibilidad. En este trabajo se propuso el empleo de jugo de naranja, leche, pulpa de guayaba y pulpa de noni como ingredientes de medios de cultivo para la cuantificación de bacterias ácido lácticas en yogur. Los medios fueron preparados con peptona, extracto de levaduras, agar-agar y sustrato natural, se esterilizaron 15 min a 121ºC. Se utilizó agar MRS como referencia. Se cuantificó la concentración de *Lactobacillus casei* Shirota en una cepa pura, en un producto lácteo fermentado comercial y en yogur. Si bien no se encontraron diferencias en cuanto a la concentración de las colonias al emplear los medios de cultivos naturales y el comercial, se obtuvo una mejor visibilidad de las colonias en el medio de cultivo con la pulpa de noni y el jugo de naranja. La recuperación de los agares experimentales fue igual al medio de referencia, por lo que constituyen una opción para el control de calidad en productos lácteos fermentados y yogur.

Palabras clave: medio de cultivo, yogur, noni, jugo de naranja, guayaba.

INTRODUCCIÓN

El contenido de bacterias vivas es uno de los parámetros de calidad importantes en el yogur, ya que de su concentración depende el efecto funcional en la microflora intestinal. Existen medios de cultivo comerciales para la cuantificación de lactobacilos como MRS (Man *et al.*, 1990), Rogosa (Tamime *et al.*, 1995) y LAMVAB (Hartemink *et al.*, 1997). También se han propuesto otros medios de cultivo como los reportados por Tharmaraj y Shah (2003) para la diferenciación de grupos bacterianos probióticos; Muñoa y Pares (1988) para el crecimiento e identificación de bifidobacterias, sin embargo, al igual que los comerciales, han resultado muy complejos en su composición.

Hasta ahora, las fuentes naturales solo han sido aprovechadas en la formulación de medios para el aislamiento de hongos; Urcia y Guevara (2002) reportaron el uso de medios de cultivos naturales como plátano, avena, leche y jugo V8® para el crecimiento e identificación de hongos de interés médico y evaluaron el uso de diferentes variedades de papa en el cultivo de *Trichophyton rubrum*. Barrera *et al.,* (2002) emplearon tomate en la formulación del medio para el aislamiento de *Helminthosporiun solani*. Por otra parte, además del elevado costo de los medios comerciales, no existe disponibilidad inmediata en los distribuidores comerciales debido a que no son medios de uso común.

En este trabajo se evaluaron medios de cultivo adicionados con jugo de naranja, leche en polvo, pulpa de guayaba y pulpa de noni con el fin de obtener medios de cultivo con igual capacidad de recuperación de bacterias ácido lácticas que el agar MRS. El desarrollo de estos medios permitirá mejorar el control de calidad en productos lácteos fermentados, así como la implementación de métodos sencillos de cuantificación en laboratorios pequeños y a bajo costo. Los objetivos de este trabajo fueron comparar la eficacia de medios de cultivos con ingredientes naturales con el comercial MRS en la recuperación de bacterias ácido lácticas contenidas en yogur, productos lácteos fermentados y una cepa pura.

MATERIALES Y METODOS

Los medios fueron preparados con 5.0 g/L de peptona, 3.0 g/L de extracto de levaduras, 14.0 g/L de agar-agar y sustrato natural (5.0 mL/L de jugo de naranja, 1.0 g/L de leche en polvo, 5.0 g/L de pulpa de guayaba y 5.0 g/L de pulpa de noni) (Olivas y Alarcón, 2004; Urcia y Guevara, 2002). Se esterilizaron en autoclave durante 15 min a 121ºC, se vaciaron en cajas Petri y se incubaron a 37°C durante 24 h, para evaluar la esterilidad, posteriormente se almacenaron en refrigeración. Se utilizó agar MRS (Dibico®) como referencia. Se cuantificó la concentración de *Lactobacillus casei* Shirota en una cepa pura, en el producto comercial Yakult® y en el yogur Danone® natural. La concentración bacteriana se cuantificó por el método de la gota (Corona y Jiménez, 2004), en anaerobiosis (Rosenblatt y Stewart, 1975). Se comparó la concentración (UFC/mL) de bacterias ácido lácticas en los medios naturales y en el medio comercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra el crecimiento de la cepa bacteriana pura de *Lactobacillus casei* Shirota en los medios naturales. Se obtuvo mayor recuperación con el agar leche y el agar noni, mientras que con agar naranja y

agar guayaba, la concentración fue similar al agar MRS.

La recuperación en agar leche, puede relacionarse con la concentración de prebióticos presentes en la leche, como lactosa, galactooligosacáridos, y lactulosa. La lactosa es el principal carbohidrato de la leche (47%), es el principal sustrato lácteo utilizado por los microorganismos ácido lácticos como fuente de carbono (Bello *et al*., 2004). Varios derivados de la lactosa, como la lactulosa, lactitol y lactosucrosa, también funcionan como prebióticos (Gerdes, 2007).

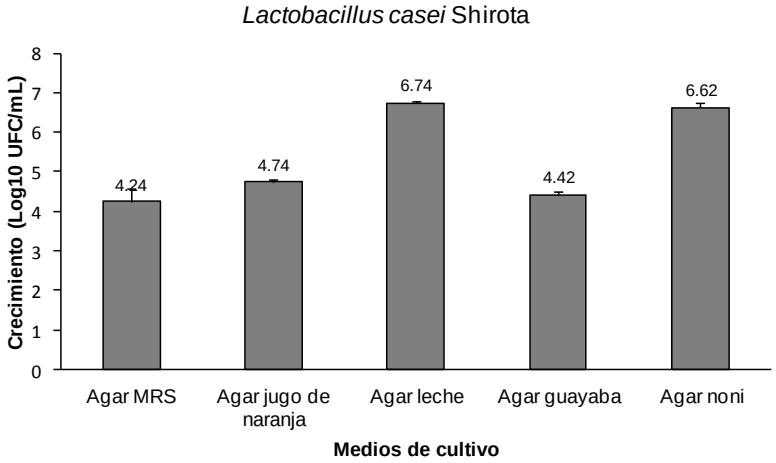


Figura 1. Crecimiento de *Lactobacillus casei* Shirota en agares naturales y MRS.

También se ha demostrado que los galactooligosacáridos, componentes de la leche, son carbohidratos con actividad prebiótica que permiten cambios específicos en la composición y actividad de la microflora intestinal responsable del bienestar y de la salud de su hospedador. Estos compuestos no son digeridos por el humano y por tanto llegan intactos hasta el colon donde sirven de alimento para aquellas bacterias que expresan enzimas como la β-fructofuranosidasa, la α- y β- galactosidasas, la xylanasa y otras carbohidrasas. Este efecto se conoce como bifidogénico específicamente para bifidobacterias (Gibson *et al*., 1995). Varios estudios demuestran que estos oligosacáridos pueden aliviar problemas de constipación, mejorar la absorción de minerales tales como calcio y magnesio y retardar el desarrollo de cáncer de colon en modelos probados de ratas. Estos pueden ser aislados también en forma natural del grano de soya (Meyer y Tungland, 2002).

Otra sustancia presente en la leche es la lactulosa, la cual es un derivado de la lactosa. Se forma en pequeñas cantidades cuando la leche es tratada con calor. Este compuesto fue el primer prebiótico

reconocido por sus efectos sobre la flora intestinal. Su efecto se puede dividir entre lo fisiológico y aquellos relacionados con la promoción selectiva de bacterias intestinales específicas (Ugarte *et al*., 2011).

También con el agar de pulpa de noni se obtuvo una alta recuperación bacteriana. En estudios cualitativos, se ha demostrado la presencia de azúcares, principalmente oligosacáridos, los cuales se ha demostrado poseen efecto prebiótico al estimular el crecimiento de lactobacilos y bifidobacterias (García *et al*., 2009). Otro componente del noni, al igual que la leche es la proteína, su contenido es de 11.3% de la materia seca del jugo y los principales aminoácidos son el ácido aspártico, el ácido glutámico y la isoleucina (Ulloa, 2012).

La Figura 2 muestra el crecimiento de lactobacilos en un producto lácteo fermentado. El mayor crecimiento se obtuvo con el agar naranja, seguido del agar guayaba. Aunque el agar con jugo de naranja y el agar noni presentaron los valores más elevados de recuperación, no se encontró diferencias entre los medios de cultivo. Este hecho puede explicarse por la presencia de leche fermentada en la muestra que contenía a la bacteria. Las leches fermentadas son fuente de vitamina B12, ácido fólico y potasio, mejoran la biodisponibilidad de nutrientes como el magnesio, el zinc, calcio y fósforo y la absorción de la lactosa hidrolizada, así como una excelente digestibilidad de proteínas (Rojas-Castro *et al*., 2007). Lo anterior hizo que en el medio de cultivo, incrementara la recuperación de bacterias ácido lácticas.

En cuanto al medio adicionado con jugo de naranja, se ha reportado el uso de este jugo en la elaboración de algunos medios de cultivo, como para la determinación de folatos. Este medio se obtuvo a partir de la modificación de un medio de cultivo comercial empleando jugo de naranja, llamado Citrufol-Hi®. Al igual que el agar evaluado en este trabajo, la producción de Citrufol-Hi puede realizarse fácilmente y en pequeñas cantidades de acuerdo con las necesidades, evitando las pérdidas por deterioro (Forelat *et al*., 2004).

En crecimiento de lactobacilos en el medio con jugo de naranja puede estar relacionado con la concentración y variedad de azúcares. Los microorganismos heterótrofos utilizan como fuente de carbono muchas moléculas orgánicas diferentes (Ingraham e Ingraham, 1998). Se ha reportado que el jugo de naranja fresco contiene sacarosa, glucosa y fructosa que en conjunto constituyen el 75% de los sólidos solubles totales; la concentración de fructosa en el jugo de naranja se encuentra entre el 40 y 45% de los

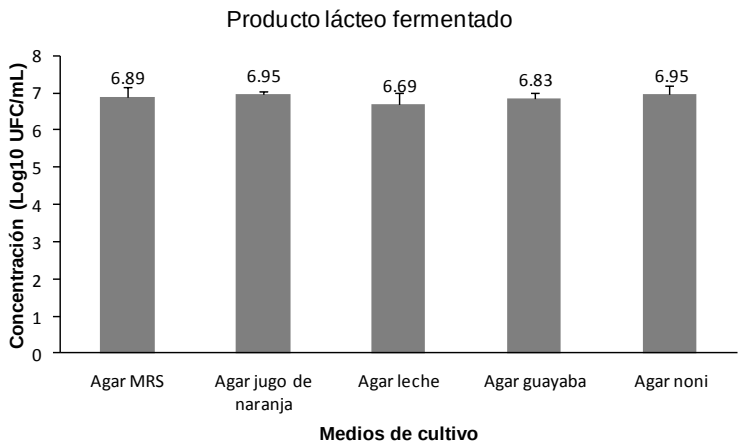


Figura 2. Crecimiento de *Lactobacillus johnsonii* contenido en un producto

sólidos (Esquivel-Solís y Gómez-Salas, 2007). En jugo de naranja se ha reportado una concentración de 8.46% de azúcares totales, correspondiendo a fructosa 1.93%, glucosa 1.98% y sacarosa 4.6% (Villamiel *et al*., 1998).

En la Figura 3 se muestra el crecimiento de bacterias ácido lácticas contenidas en una muestra de yogur natural. Al igual que en el producto lácteo fermentado, no se encontró diferencia significativa en la concentración de bacterias ácido lácticas recuperadas, por lo que se demuestra el efecto del yogur en el crecimiento bacteriano. El yogur contiene proteínas, grasas y carbohidratos que son propios de la leche, y debe contenerlos en las cantidades correspondientes al tipo de leche con que se elabora. Los azúcares son la base de los productos lácteos fermentados porque proporcionan energía a los microorganismos encargados de producir el sabor y el aroma de productos como el yogur (García *et al*., 2002).

La alta recuperación del agar de guayaba se relaciona con su capacidad de incrementar el crecimiento de bacterias ácido lácticas. En un estudio realizado por Guzmán y Toraya (2008) se encontró que el tratamiento con 10% de pulpa de guayaba incrementó la concentración de *Lactobacillus casei* Shirota, lo que confirma el buen crecimiento de las bacterias de yogur en este medio de cultivo. Lara (2008) mediante jugo de guayaba agria elaboró un medio de cultivo para el aislamiento y mantenimiento de microorganismos ruminales y del estiércol, y su relación nutricional.

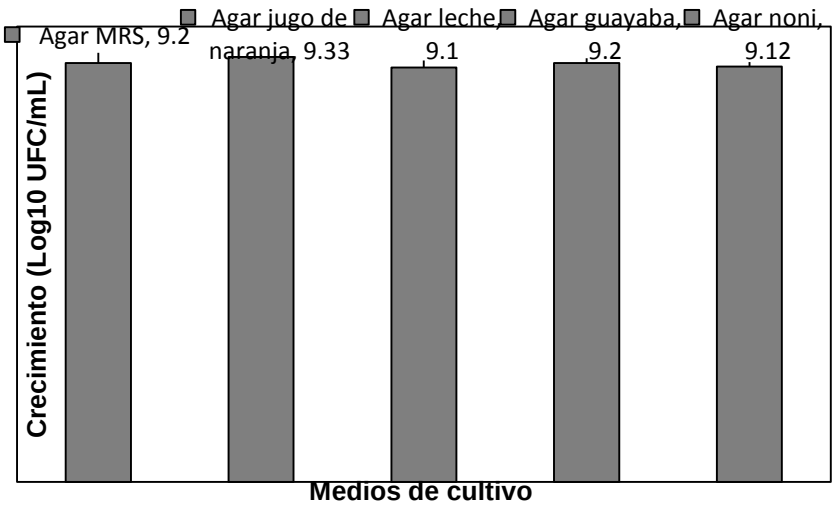


Figura 3. Crecimiento de bacterias ácido lácticas de yogur en medios naturales y MRS.

CONCLUSIONES

Los agares con constituyentes naturales como el jugo de naranja, leche en polvo, pulpa de guayaba y pulpa noni son iguales al agar comercial MRS en la recuperación de bacterias ácido lácticas, por lo que constituyen una opción para el control de calidad en la cuantificación de bacterias ácido lácticas de productos lácteos fermentados y yogur.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrera, S., Salas C. y Ciampi L. (2002). Aislamiento y esporulación de *Helminthosporiun solani* DUR & MONT. XII Congreso Nacional de Fitopatología. Puerto Varas X Región. Chile.

Bello, J., Lizeldi B., González E., Manzo A., Nochebuena X., Quiñones E. y Vázquez C. (2004). Productos lácteos: la ruta de la metamorfosis. *Revista Digital Universitaria*. 5(7):3-14.

Corona, A. y Jiménez R. (2004). Comparación de dos métodos de siembra para el recuento de microorganismos en muestras con alta concentración microbiana. *Revista de la Facultad de Ingeniería Química*. 40:3-7.

Esquivel-Solís, V. y Gómez-Salas G., (2007). Implicaciones metabólicas del consumo excesivo de fructosa. *Acta Médica Costarricense*. 49(4):198-202.

Forrellat, M., Fernández N., Gautier H., Benítez D. (2004). Modificación de un medio de cultivo para la determinación de folatos. *Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter*. 20(1).

García, C., Kim N., Bich N., Tillan J., Romero J., López O., Fuste V. (2009). Metabolitos secundarios en los extractos secos de *Passiflora incarnata* L., *Matricaria recutita* L. y *Morinda citrifolia* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 14(2):1-7.

García, M., Quintero R. y López-Munguía A. (2002). Biotecnología alimentaria. Editorial Limusa. México, D. F. pp 636.

Gerdes, S. (2007). Sinergia simbiótica de prebióticos y probióticos. *Mundo Lácteo y Cárnico*. Enero-Febrero 2007:6-10.

Gibson GR, Beatty ER, Wang X, Cummings JH (1995). Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterol* 108:975-982.

Guzmán, J. y Toraya E. 2008. Elaboración y evaluación fisicoquímica y microbiológica de una bebida láctea de suero fermentado con *Lactobacillus casei* Shirota y pulpa de guayaba (*Psidium guajaba*). Memorias del 3er. Congreso Estatal de Biotecnología Chiapas 2008. p 74-78

Hartemink, R., Domenech V. y Rombouts R. 1997. LAMVAB, a new selective medium for the isolation of lactobacilli from faeces. *J. Microbiol. Methods*. 29:77-84.

Ingraham, J. e Ingraham C., 1998. Introducción a la Microbiología. Volumen I. Editorial Reverté. Zaragoza, España. pp 751.

Lara, C. Composición química de un medio de cultivo a partir de guayaba agria (*Psidium araca*) y su relación con la nutrición de los microorganismos ruminales. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 10(2):44-49.

Man, J., Rogosa M. y Sharpe M. 1990. A medium for the cultivation of lactobacilli. *J. Appl. Bacteriol*. 32:130-135.

Meyer, P. y Tungland B. 2002. Fate of Fiber in the Gastrointestinal Tract and Consequences. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 3:78-92.

Muñoa, F. y Pares R. 1988. Selective medium for isolation and enumeration of *Bifidobacterium* spp. *Applied and Environmental Microbiology*. 54(7):1715-1718.

Olivas, E. y Alarcón L. 2004. Manual de prácticas de Microbiología básica y Microbiología de alimentos. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas. Academia de Microbiología y Parasitología. Editorial: Ciudad Juárez, Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. p 39.

Rojas-Castro, W., Chacón-Villalobos A. y Pineda-Castro M., 2007. Características del yogurt batido de fresa derivadas de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra. *Agronomía Mesoamericana*. 18(2):221-237.

Rosenblatt, J. y Stewart P. 1975. Anaerobig bag culture method. *Journal of Clinical Microbiology*. 1(6): 527-550.

Tamime, A., Marshall-Valerie M. y Robinson R. 1995. Microbiological and technological aspects of milks fermented by bifidobacteria. *J. Dairy Res.* 62**:**151-187.

Tharmaraj, N. y Shah N. P. 2003. Selective Enumeration of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus, Streptococcus thermophilus, Lactobacillus acidophilus*, Bifidobacteria, *Lactobacillus casei, Lactobacillus rhamnosus*, and Propionibacteria. *J. Dairy Sci*. 86:2288–2296.

Ugarte, M., Scollo D., Giraudo M., Menéndez J., Sánchez Tuero H. 2011. Disacáridos funcionales: lactulosa, lactitol y lactosa. *Actualización en Nutrición*. 12(3):216-223.

Ulloa, J., Rosas P., Ramírez J. y Ulloa B. 2012. El noni: propiedades, usos y aplicaciones potenciales. *Revista Fuente*. 4(10):44-49.

Urcia, F. y Guevara M. 2002. Eficacia de medios de cultivo con infusiones de variedades de papa en la identificación del *Trichophyton rubrum. Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 19 (4):206-208.

Villamiel, M., Martínez-Castro I., Olano A. y Corzo N., 1998. Quantitative determination of carbohydrates in orange juice by gas chromatography. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*. 206:48-51.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

ESTUDIO MICROBIOLOGICO DE MUESTRAS DE CARNE DE POLLO PARA HAMBURGUESA ADICIONANDO CON EXTRACTO DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) COMO AGENTES DE ANTIOXIDANTES

Jessica P. Nava Hernández§; Carlos H. Herrera; Alma D. Trujillo Santoyo; Maria C. Duran Arreola; Bernardo Vélez Moreno; Carlos F. Rico Martínez

Universidad de Guanajuato. Campus Celaya Salvatierra. Salvatierra, Guanajuato. § Autor responsable: pokemon4696@hotmail.com

RESUMEN

Esta investigación forma parte de un gran proyecto (título del trabajo); el objetivo de este estudio fue determinar los efectos de antioxidantes naturales provenientes de guayaba sobre características microbiológicas de la carne de pollo. Se midió la actividad microbiana en muestras tratadas bajo diferentes condiciones de trabajo utilizadas, estas condiciones (tratamientos) estuvieron en función de los antioxidantes extraídos (a varias concentraciones) de diferentes partes del fruto de guayaba; así como de antioxidantes sintéticos, y un control como testigo. Se pudo observar que los antioxidantes añadidos presentan actividad antimicrobiana. Los extractos de guayaba tienen la posibilidad de usarse como fuente de antioxidantes, disminuyendo el conteo de microorganismos, mejorando la calidad nutricional de productos elaborados a base de carne de pollo al incorporar ingredientes funcionales.

Palabras clave: Carne, Músculo, Antioxidantes, Calidad, Fruta.

INTRODUCCIÓN

La carne de pollo y sus productos tienen un potencial excelente en la aceptación global de alimentos en la categoría de precocidos-congelados. La carne de pollo tiene importantes características nutricionales como baja contenido de lipidito y alta concentración de ácidos grasos polinsaturados [1].

Asimismo, cuando el grado de instauración lipidica se incrementa, la susceptibilidad de la carne de pollo deterioro oxidativo durante el almacenamiento y cocimiento aumenta [2] y, como consecuencia, sabor, color, textura y valor nutricional se ven afectados. Una medida preventiva contra la oxidación lipidica en carne y productos carnicol es la adición de antioxidante. Varias plantas aromáticas ha sido estudiadas como fuentes de antioxidantes naturales como por ejemplo el orégano [3], romero [4] y pimienta negra [5].

Sin embargo, estos son caros y la eficacia es menor que los antioxidantes sintéticos, es por eso que se ha buscado fuentes de antioxidantes baratas y suficientes como en la sobreproducción de alimentos vegetales o en los residuos agroindustriales tales como piel de papa [6], semillas de uva [7] entre otras. Hay que mencionar que los antioxidantes derivados de fuetes naturales, los consumidores los perciben como mejores y más seguros que los antioxidantes sintéticos.

La guayaba (*Psidium guajava L.*) en México es una fruta que se ha cultivado por más de un siglo, y su producción ha caracterizado al sureste del estado de Guanajuato. Es una de las frutas con mayor contenido vitamínico (destaca su gran contenido de vitamina C) y propiedades digestivas (alto coeficiente de digestibilidad y elevado contenido de fibra). El consumo de frutas y verduras está asociado al bajo riesgo de incidencias y mortalidad de cáncer, y a menores índices de mortalidad por enfermedad coronaria porque son ricos en nutrientes y antioxidantes [8].

El procesamiento tecnológico de la guayaba ofrece opciones de conservación de la fruta fresca para extender su vida útil. Sin embargo, existe una sobreproducción de dicho fruto que muchas veces se desperdicia o subutilizada como por ejemplo alimentos para animales.

Este fruto contiene altos niveles de compuestos polifenolelicos y propiedades antioxidantes y como principal medida de prevención contra la oxidación lipidica en carne y productos carnicoles la adición de antioxidantes, los extractos de este fruto pueden ser una fuente viable para la solución de este problema utilizando un fruto en sobreproducción de la zona.

Los antioxidantes son unas sustancias que protegen frente a los radicales libres. Dentro los radicales libres se encuentran las especies reactivas de oxígeno que debido a su inestabilidad se comportan como agentes oxidantes. Los fenoles muestran una gran capacidad para captar radicales libres causantes del estrés oxidativo, atribuyéndoseles a su vez un efecto beneficioso en la prevención de enfermedades tales como: cardiovasculares, circulatorias, cancerígenas y neurológicas. Poseen actividades anti-inflamatoria, antialérgica, antitrombótica y antimicrobiana [9]. En los alimentos los antioxidantes desempeñan un papel fundamental garantizando que mantengan su sabor y su color, y puedan consumirse durante más tiempo. Su uso resulta especialmente útil para evitar la oxidación de las grasas y los productos que las contienen.

La carne es el tejido muscular animal que se consume como alimento y es el que mayor valoración y apreciación alcanza en los mercados [10]. Enfermedades transmitidas debido al consumo de carne han incrementado en los consumidores y productores la seguridad alimentaría en relación a este alimento [11]. El uso de antioxidantes naturales en la carne, y los cuales son beneficiosos para la salud, podría mejorar su calidad y darle un valor agregado, proporcionándole una mejor calidad nutricional [12]. El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de antioxidantes naturales provenientes de guayaba sobre características microbiológicas de la carne de pollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron análisis microbiológicos para establecer la calidad sanitaria de del producto de carne molida de pollo para hamburguesas.

Materia Prima: la guayaba fue obtenida del mercado local de Salvatierra, Guanajuato. Las guayabas se seleccionaron teniendo en cuenta que estuvieran libres de daños externos y presentaran madurez comercial. Se utilizaron 11 kg de carne de pollo (pierna y muslo) provenientes de un productor avícola de la zona.

Preparación de los extractos para los diferentes tratamientos: 20 g de material seco y pulverizado de cada parte de la fruta: pulpa y cáscara se sometieron a una extracción con etanol al 80%, se realizó una filtración del sobrenadante para después una concentración con un evaporador para después una dilución en agua para la obtención del extracto.

Tratamientos: Control (C): carne de pollo, 1.5% NaCl, sin antioxidantes; *Hidroxitolueno butilado (BHT):* carne de pollo, 1.5% NaCl, 0.01% BHT disuelto en 5 ml de aceite de soya; *Pulpa (P40):* carne de pollo, 1.5% NaCl, volumen de extracto de pulpa equivalente a 40 mg de fenoles totales por kg de carne; *Pulpa (P80):* carne de pollo, 1.5% NaCl, volumen de extracto de pulpa equivalente a 80 mg de fenoles totales por kg de carne; *Cáscara (C40):* carne de pollo, 1.5% NaCl, volumen de extracto de cáscara equivalente a 40 mg de fenoles totales por kg de carne; *Cáscara (C80):* carne de pollo, 1.5% NaCl, volumen de extracto de cáscara equivalente a 80 mg de fenoles totales por kg de carne; *Eritorbato de sodio, ácido cítrico y sacarosa (EAS):* carne de pollo, 1.5% NaCl, 0.37% de eritorbato de sodio, ácido cítrico y sacarosa.

Preparación de las muestras de carne de pollo: a cantidades iguales de carne molida se le agregaron los ingredientes correspondientes a cada tratamiento, se realizó una homogenización, se pesaron muestras de 25 g y se les dio la forma de hamburguesas, se realizó un cocimiento para cada muestra en una parrilla hasta que las muestras alcanzaron una temperatura interna de 72 °C, se dejaron a enfriar (20 °C) y cada muestra fue pesada y empacada a vacío en bolsa de polietileno utilizando el Sistema de Empaque a Vacío Oster (Food Saver), las muestras fueron congelados a -20 °C hasta su utilización.

Pruebas microbiológicas: se realizaron pruebas para cada relación tratamiento-tiempo (0, 7, 14 y 21 días) de coliformes totales y fecales así como de microorganismos aerobios mesófilos y Salmonella. Utilizando la Norma Oficial Mexicana [13].

Los medios de cultivo para cada microorganismo se prepararon según las indicaciones del proveedor. Posteriormente se esterilizaron los materiales a utilizar (121 °C durante 15 min). Se vertieron de 15 a 20 ml de cada medio de cultivo específico para cada microorganismo dejándose gelificar y posteriormente se etiquetaron y almacenaron hasta su utilización (Figura 1). Las muestras con los diferentes tratamientos se prepararon cada una de ellas tomando 5 g de carne molida los cuales fueron triturados para después añadirles 45 ml de agua destilada preparándose las diluciones correspondientes para después ser inoculadas en las cajas de petri previamente preparadas.



Figura 1. Preparación de material estéril para procesamiento de los diferentes microorganismos a estudiar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 indica el efecto de los diferentes tratamientos sobre el conteo de mesófilos, coliformes y salmonella en las muestras durante los tiempos de almacenamiento. La capacidad antimicrobiana *in situ* en cuanto a la inhibición del crecimiento de salmonella, coliformes totales y fecales así como de mesófilos en

las muestras de carne de pollo procesada con los diferentes tratamientos se indica en el Cuadro 1. La incorporación de los extractos de pulpa y cáscara de guayaba en los primeros 7 días de almacenamiento no presentan inhibición en el crecimiento pero a los 14 y 21 días se ve un retardo en el crecimiento, lo mismo sucede con las muestras tratadas con los antioxidantes sintéticos (BHT y EAS). Con respecto al tipo de extracto y la concentración, los tratamientos P80 y C80 presentaron una menor población de mesófilos al final del tiempo de almacenamiento. La mayor inhibición en el crecimiento fue utilizando pulpa donde a mayor concentración de antioxidantes mayor inhibición en el crecimiento de mesófilos.

Cuadro1. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el conteo de microorganismos de estudio en las muestras de carne de pollo durante el tiempo de almacenamiento.

	Tiempo almacenamiento (días)											
	0			7			14			21		
(UFC)	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M
Tratamiento												
C	0	0	45	0	0	58	0	0	55	0	0	57
BHT	0	0	58	0	0	62	0	0	26	0	0	16
EAS	0	0	40	0	0	46	0	0	31	0	0	18
P40	0	0	98	0	0	109	0	0	100	0	0	45
P80	0	0	102	0	0	110	0	0	49	0	0	23
C40	0	0	90	0	0	98	0	0	94	0	0	80
C80	0	0	97	0	0	103	0	0	101	0	0	57

S: Salmonella; C: Coliformes, M: Mesófilos.

Hay que hacer notar que las muestras presentaron ausencia total durante todos los tiempos de almacenamiento de salmonella y coliformes, esto indica una buena práctica de higiene y seguridad alimentaria. Asimismo se observa que P40 presenta mayor inhibición de mesófilos que el tratamiento C40. El tratamiento más eficaz con respecto a los antioxidantes naturales utilizados (extractos de guayaba) fue P80 y el menos eficaz fue C40. Se ha reportado que las bacterias Gram-positivas son más susceptibles a los componentes fenólicos no polares que los microorganismos Gram-negativos [7]. Esto puede indicar la efectividad en la inhibición del crecimiento microbiano.

CONCLUSIONES

El crecimiento microbiano en la carne puede producir diversas enfermedades en el consumidor por lo tanto en este trabajo se presenta una alternativa. El utilizar los extractos de la guayaba en la elaboración de

productos cárnicos a base de carne de pollo ayuda a prolongar la vida de anaquel así como proporcionarle una mejor calidad debido a que existe una inhibición en el crecimiento microbiano, asimismo se proporciona valor agregado al alimento por todos los beneficios que presentan los antioxidantes como ingredientes funcionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Eigene & pearson, (1979), Guava fruit *(Psidium guajava L.)* as a new source of antioxidant dietary.
[2] Engberg, R.M., Lauridsen, C., Jensen, S. K. & Jakobsen, K. (1996), Inclusion of broilers,poult. Sci,75, pp.1003-1011.
[3] Fasseas, M. K.,(2007), Antioxidant activity in meta treated with orégano and sage Essentials oils, pp 1188-1194.
[4] Sebranek, (2005), comparación of a natural rosemary extract and BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage., Meat science, pp 289-296.
[5] Martinez, L., (2007), influence of the addition of rosemary, ascorbic acid and black pepper, Meat science, pp 443-450.
[6] Singh, N., (2008), antioxidant-mediated protective effect of potato peel extract in erythrocytes anainst oxidative damage, Chemico-Biological Interactions, 173, pp 97-104.
[7] Brannan, R. G., (2009), efectof grape seed extract on descriptive sensory análisis of groun chiken during refrigerated storage., Meat science, pp 589-595.
[8 ojas, D. R., Narváez E. C., Restrepo, L. P., (2008), *Evaluación del contenido de vitamina C, Fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (Psidium guajava L.) de las variedades pera, regional roja y regional blanca*, Memorias*Red-Alfa Lagrotech*Comunidad Europea, S:49-60.
[9 uskoski, E., Asuro, A., Troncoso, A., Fett, R., & Mancini-Filho., (2005), *Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos,* 2005. <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27642.pdf> [Consulta: 17 julio 2012].
[10 orrest, J. C., (1979), *Fundamentos de Ciencia de la Carne*, Acribia, Zaragoza, España.
[11 Maca, J. V., Miller, R. K., & Acuff, G. R., (1997), *Microbiological, Sensory and Chemical Characteristics of Vacuum-Packaged Ground Beef Patties Treated with Salts of Organic Acids*, Journal of Food Science, 62:591-596.
[12 Fernández-Ginés, J. M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., & Pérez-Alvarez, J.A., (2005), *Meat Products as functional foods: a review*, Journal of Food Science, 70:R37-R43.
[13] Norma oficial mexicana Nom-194-ssa1-2004, Norma oficial mexicana Nom-i 22-ssai-1994, Norma oficial mexicana Nom-115-ssa1-1994, Norma oficial mexicana Nom-113-ssa1-1994.
[14] Arias, M. E., Gonzáles, J. D., Cudmani, N. M., Vattuone, M. A., Isla, M. I., (2003), *Antibacterial activity of ethanolic and aqueous extracts of Acacia aroma,* Gill ex Hook et. Life Sciences 75: 191-202.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

NIVELES DE PODA PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DEL LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka), EN JAREROS MPIO. ÚRSULO GALVÁN, VER.

Alfredo Díaz Criollo[§]; Ignacio Garay Peralta; Teodoro Montiel Olguin; Ramiro Sánchez Uranga; Daniel Utrera López; Juana F. Jiménez Callejas

[1]Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Veracruz, Ver. [§]alfredodiaz140@hotmail.com

RESUMEN

El limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) ha adquirido importancia económica durante los últimos 20 años en México. Con base en lo anterior se planteó el presente proyecto de investigación, a fin de evaluar la intensidad de poda más favorable en árboles jóvenes de limón Persa, bajo la hipótesis de que cuando menos uno de las podas presenta diferencias estadísticas en cuanto a producción de fruto con relación de los demás niveles evaluados. El trabajo de investigación se llevó a cabo en la huerta "LA LOMA" en Jareros Municipio de Úrsulo Galván, Ver. El diseño experimental es incluyó una distribución en bloques completos al azar, con cuatro tratamientos basados en niveles de podas haciendo un total de 28 unidades experimentales. Las variables de respuesta fueron: Intensidad de Floración, Desarrollo de Fruto y Rendimiento. Los resultados (F α 0.05) mostraron que existe una disminución notable del número de brotes vegetativos a medida que trascurren los tiempos de poda, siendo menor en el tratamiento 3 (despunte). La tendencia muestra una homogenización en la expresión de la variable a medida que se avanza en los periodos de medición (Tukey α 0.05). De la misma forma, en lo que respecta a los brotes florales, la poda al 20% mostró ser la mejor, seguida del despunte. La tendencia observada en esta variable nuevamente denota una disminución en el número promedio de brotes para todos los tratamientos en el último periodo de medición. En este mismo orden de ideas, el diámetro polar mostró un comportamiento más errático estadísticamente, destacándose el tratamiento 1 (20%), el cual mostró una clara tendencia creciente progresiva. Pese a ello, a pesar de que en el sexto periodo de medición se mostraron notables diferencias numéricas entre la poda al 20% con respecto a las demás, no se encontraron diferencias estadísticas.

Palabras clave: Productor, agroindustrial, árboles jóvenes, intensidad, diámetro.

INTRODUCCIÓN

El limón Persa (*Citrus latifolia tanaka*.) o limón sin semilla, conocido en otros países con los nombres de lima Persa o Tahití, ha adquirido una enorme importancia económica durante los últimos 20 años en México, siendo el principal país productor en el mundo. Actualmente cuenta con 32,089 ha plantadas con limón persa, de las cuales el 65 % se encuentran en producción, con un volumen de 244.5 mil toneladas de

fruta anualmente (SIAP, 2010). Antecedentes de limón persa, señalan que Veracruz es el principal exportador en México; hecho que sustenta con 18,000.00 ha plantadas con este cítrico y donde se producen más de 250,000 t de fruta, además de la disponibilidad de infraestructura agroindustrial representada por 69 empacadoras, mismas que exportan cerca de 200,000 ton a Estados Unidos, Francia, Holanda, Europa y Japón. Desde el punto de vista social, la actividad de limón persa genera cerca de 2.5 millones de jornales anuales durante los procesos de producción, cosecha, empaque y comercialización. De las especies cítricas, es el principal cultivo generador de divisas para el país; durante 1997 se destino más del 60 % de su producción al mercado internacional (Cerón *et al*., 1999).

Este cítrico es el tercer cultivo en importancia regional por la superficie ocupada y el quinto por el valor generado, entre los quince principales cultivos perennes de la entidad, va adquiriendo cada vez mayor importancia, por otro lado el rendimiento promedio nacional es de 11.86 ha^{-1} siendo estos muy bajos, comparados con los rendimientos de florida que son de 25 ha^{-1} (Gómez, *et al*.1994). Debido a la poca tecnificación y muchos factores limitantes de la producción como son: suelos delgados con poca retención de humedad, baja fertilidad, deficiente drenaje, plagas, enfermedades, distribución errática de la precipitación (Curtí, 2000). Un aspecto importante en la baja productividad de las huertas es la escasez de información tecnológica, es por ello que la tendencia actual de la citricultura está dirigida a utilizar un manejo intensivo en las plantaciones con el propósito de incrementar la productividad y calidad para obtener mayores beneficios en menor tiempo posible. La poda es una técnica de manejo integral que nos permite optimizar el tamaño de los árboles, facilitar su manejo, incrementar la producción, extender la vida productiva de las plantaciones, incidir en constantes cosechas, de gran volumen y calidad, mantener los árboles más sanos, disminuir problemas fitosanitarios de los árboles, etc. (Padrón-Chávez, 2007).

Por lo antes mencionado, la problemática de los bajos rendimiento, la falta de información, se realizó un trabajo de investigación considerando la evaluación de intensidad de poda para la calidad y producción en limón persa *(Citrus latifolia Tanaka)* con un manejo integrado, en la "Huerta LA LOMA" con domicilio conocido Jareros Municipio de Úrsulo Galván Veracruz. Con la finalidad de obtener mejores rendimientos y productos de calidad para generar más ingresos para los productores citrícolas de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la huerta "LA LOMA" en la congregación de Jareros Municipio de Úrsulo Galván, Ver. Ubicada en la carretera camino a La Gloria por la comunidad J. Guadalupe Rodríguez. El periodo de evaluación del proyecto fue de agosto 2010 a febrero 2011. El clima del lugar corresponde a AW_2 que se refiere a cálido subhúmedo con lluvias en verano, el más abundante en su grupo con una precipitación anual de 1350 mm y humedad deficiente en otoño. Predomina un suelo de textura migajón arcilloso con un pH ácido de 5.5 a 5.9. Cuenta con una plantación joven de limón Persa (*Citrus latifolia Tanaka*) de la edad de dos años; con el patrón tolerante al VTC limón Volkameriano. De acuerdo a las condiciones de la plantación se estableció un diseño experimental bloques al azar con cuatro tratamientos basados en niveles de podas haciendo un total de 28 unidades experimentales; dos árboles para cada unidad experimental, con la finalidad de reducir el coeficiente de variación, el cual puede aumentar cuando se emplea un solo árbol como unidad experimental, aunado al hecho de que generalmente existe una alta variabilidad intra e intersujetos (árboles). Cada tratamiento constó de 7 repeticiones: El tratamiento 1 Consistió en podar 20 % de la altura total de cada unidad experimental; En el tratamiento 2 se podó 40% de la altura total de cada unidad experimental; en el tratamiento 3 se despuntó cada unidad experimental y; tratamiento 4 o testigo, sin acción de poda o despunte.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variable: Brotes Vegetativos

En relación a la variable Brotes Vegetativos, los cuadros 1, 2 y 3 muestran que el tratamiento 2, concerniente a la poda en un 40%, fue mejor y estadísticamente superior, tanto para la primera, segunda y tercera medición, lo cual confirma las ventajas de realizar esta práctica a lo largo de los periodos de prueba. Los Coeficientes de Variación mostrados en cada etapa de la evaluación (28.24, 21.19 y 21.59 % respectivamente) confirman la consistencia de la evidencia encontrada. En este sentido se debe destacar los resultados encontrados en la última medición realizada (Cuadro 11), los cuales denotan un comportamiento similar para los tratamientos 1, 2 y 3, lo que permite inferir que al llegar a este periodo los árboles responde por igual a cualquier tipo de poda que se le realice (20%, 40% y Despunte). Esta condición pudo estar influida por el menor número de brotes observados para el tratamiento 2 ($\overline{X} = 35.00$), lo cual coincidió estadísticamente con los del tratamiento 1 ($\overline{X} = 31.75$) y 3 ($\overline{X} = 31.60$). En

los tres casos la tendencia indica una disminución notable del número de brotes al llegar a esta etapa, siendo menor esta en el tratamiento 3 (despunte).

Cuadro 1. Resultados promedio en brotes vegetativos obtenidos en limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (1ra. medición).

Tratamientos	$\overline{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
2	50.8750	a	
1	45.6250	ab	28.24
3	36.0000	b	
4	10.8750	c	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cuadro 2. Resultados promedio en brotes vegetativos obtenidos en limón Persa (*Citrus latifolia Tanaka*) en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (2da. medición).

Tratamientos	$\overline{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
2	53.6250	a	
1	44.4375	ab	21.19
3	42.2500	b	
4	8.7500	c	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cuadro 3. Resultados promedio en brotes vegetativos obtenidos en limón Persa *(Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (3ra. medición).

Tratamientos	$\overline{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
2	35.0000	a	
3	31.7500	a	21.59
1	31.6075	a	
4	7.2500	b	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Variable: Diámetro Ecuatorial

Con lo que respecta a esta variable, los resultados estadísticos mostraron una no significancia entre los tratamientos (Tukey α 0.05) (cuadros 4, 5, 6 y 7) hasta la cuarta medición, lo que deja entrever que la expresión de la misma está condicionada por factores de carácter genético y no tanto por medioambientales, como sería el caso de una inducción por efecto de podas o despuntes. Esto representa un importante hallazgo, en virtud de no verse comprometida la expresión de esta variable a pesar de que se pueda emplear indistintamente cualquiera de las estrategias. Dicho de otra manera, se puede seleccionar la mejor práctica de poda sin esperar que esto modifique el diámetro ecuatorial de los frutos.

Se destaca la mayor variabilidad encontrada en las dos primeras mediciones (40.65 y 35.20 %, respectivamente), mejorando a medida que se avanzó en las mismas.

Cuadro 4. Resultados promedio en diámetro ecuatorial (mm) obtenidos en limón Persa (*Citrus latifolia Tanaka*) en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (1ra. Medición).

Tratamientos	$\bar{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	12.012	a	
2	15.286	a	40.65
3	11.949	a	
4	11.297	a	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cuadro 5. Resultados promedio en diámetro ecuatorial (mm) obtenidos en limón Persa (*Citrus latifolia Tanaka*) en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (2da. Medición).

Tratamientos	$\bar{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	21.967	a	
2	18.269	a	35.20
3	21.021	a	
4	13.487	a	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cuadro 6. Resultados promedio en diámetro ecuatorial obtenidos en limón Persa *(Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (3ra. Medición).

Tratamientos	$\bar{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	33.680	a	
2	30.920	a	22.02
3	33.951	a	
4	29.117	a	

Diferente literal indica diferencia estadística.

En esta misma vertiente, el Cuadro 8 muestra una diferencia estadística (Tukey α 0.05) a favor del tratamiento 1 (20% con $\bar{X}$=37.375), seguido del 2 y 3 ($\bar{X}$=34.112 y 33.475), lo cual puede ser interpretado como un hecho atípico, ya que en la sexta medición el comportamiento de la variable volvió a ser estable estadísticamente (Cuadro 9).

Cuadro 7. Resultados promedio en diámetro ecuatorial obtenidos en limón Persa *(Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (4ta. Medición).

Tratamientos	$\bar{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	35.237	a	
2	37.481	a	24.58
3	35.029	a	
4	32.391	a	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cuadro 8. Resultados promedio en diámetro ecuatorial obtenidos en limón Persa *(Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (5ta. Medición).

Tratamientos	$\bar{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	37.375	a	
2	34.112	ab	25.60
3	33.475	ab	
4	23.606	b	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cuadro 9. Resultados promedio en diámetro ecuatorial obtenidos en limón Persa (*Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (6ta. Medición).

Tratamientos	$\bar{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	39.999	a	
2	30.750	a	24.99
3	36.143	a	
4	33.460	a	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Con todo ello, es posible afirmar que el diámetro ecuatorial de los frutos está muy por debajo de las normas Codex Stand (1999), quienes establecen calibres por encima de 4.2 cm, como mínimo. Esta condición puede ser atribuible a la edad y condición de la plantación evaluada en este estudio, así como a otros factores, entre ellos la fertilidad del suelo.

Variable: diámetro polar

A diferencia de lo observado en el diámetro ecuatorial, el diámetro polar mostró un comportamiento más errático estadísticamente (Tukey α 0.05), lo cual se hace evidente en la segundo y quinto periodo de

medición (Cuadros 10 y 14). A este respecto, el tratamiento 1 (20%) mostró una clara tendencia creciente progresiva ($\bar{X}$= 18.360, 28.196, 40.029, 41.662, 45.562 y 48.281 para cada medición respectivamente), no así para los demás tratamientos los cuales fluctuaron en sus expresiones numéricas. En todo caso, en el sexto periodo de medición (Cuadro 15), pese a las notables diferencias numéricas observadas entre el tratamiento 1 con respecto a los demás, no se encontraron diferencias estadísticas (Tukey α 0.05).

Cuadro 10. Resultados promedio en diámetro polar obtenidos en limón Persa *(Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (1ra. Medición).

Tratamientos	$\bar{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	18.360	a	
2	20.307	a	41.50
3	20.074	a	
4	13.715	a	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cuadro 11. Resultados promedio en diámetro polar obtenidos en limón Persa *(Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (2da. Medición).

Tratamientos	$\bar{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
3	28.196	a	
1	25.657	ab	33.89
2	23.297	ab	
4	15.787	b	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cuadro12. Resultados promedio en diámetro polar obtenidos en limón Persa (*Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. De Úrsulo Galván, Ver., México. (3ra. Medición).

Tratamientos	$\bar{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	40.029	a	
2	36.723	a	23.71
3	41.352	a	
4	32.981	a	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cabe destacar nuevamente un diámetro polar muy por debajo de los estándares requeridos comercialmente.

Cuadro 13. Resultados promedio en diámetro polar obtenidos en limón Persa *(Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. De Úrsulo Galván, Ver., México. (4ta. Medición).

Tratamientos	$\overline{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	41.662	a	
2	45.003	a	24.35
3	43.400	a	
4	36.721	a	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cuadro 14. Resultados promedio en diámetro polar obtenidos en limón Persa (*Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (5ta. Medición).

Tratamientos	$\overline{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	45.562	a	
2	41.618	ab	23.29
3	41.506	ab	
4	25.699	b	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Cuadro 15. Resultados promedio en diámetro polar obtenidos en limón Persa *(Citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (6ta. Medición).

Tratamientos	$\overline{X}$	Tukey α 0.05	Coeficiente de Variación (%)
1	48.281	a	
2	37.218	a	27.00
3	44.693	a	
4	35.969	a	

Diferente literal indica diferencia estadística.

Variable: Rendimiento

Considerando que las muestras manejadas para esta variable también mostraron coeficientes de variación muy altos, lo cual supone que dichas observaciones no cumplen con los supuestos de la varianza, se tomó la decisión de analizar los datos bajo una prueba no paramétrica, en este caso la prueba de Friedman. Siendo esta variable una de las más relevantes en términos económicos, las evidencias muestran una significancia estadística (Friedman α 0.05) que en un principio favoreció al tratamiento 3 ($\overline{X}$=2183.250) (Cuadro 16), para después decantarse a favor del tratamiento 1 ($\overline{X}$=1907.8125 y 648.437 para la segunda y tercera medición respectivamente) (cuadros 17 y 18), seguido del Despunte (tratamiento 3), con $\overline{X}$=1875.000 y 631.250. Es necesario hacer notar en el evidente decremento del rendimiento a medida que los cortes se van acumulando. Esto resulta obvio dado que por una parte la época o temporada, y por otra

la capacidad de recuperación del árbol, son factores que debieron están condicionando la expresión biológica de esta variable. Adicionalmente, se debe considerar que el crecimiento y la productividad del árbol estará determinado por el tipo de suelo donde se establezca la plantación y la fertilización; aunque también influye el nivel técnico de la plantación y las condiciones climáticas (Secretaría de Desarrollo Social, 2006).

Cuadro 16. Resultados promedio en rendimiento obtenidos en limón Persa *(citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (1ra. Medición).

Tratamiento	$\bar{X}$	Estadístico de Prueba	X^2 0.05	X^2 0.01
1 (20%)	1342.187	10.9500*	7.8147	11.3449
2 (40%)	1146.875			
3 (Despunte)	2183.250			
Testigo	1582.937			

*= Diferencia estadística Friedman α 0.05; Ha= las poblaciones tienen diferente distribución; <al menos dos tratamientos son diferentes>

Cuadro 17. Resultados promedio en rendimiento obtenidos en limón Persa *(citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (2da. Medición).

Tratamiento	$\bar{X}$	Estadístico de Prueba	X^2 0.05	X^2 0.01
1 (20%)	1907.812	13.2000*	7.8147	11.3449
2 (40%)	1362.500			
3 (Despunte)	1875.000			
Testigo	1001.937			

*= Diferencia estadística Friedman; α= 0.05, Ha= las poblaciones tienen diferente distribución; <al menos dos tratamientos son diferentes>

Cuadro 18. Resultados promedio en rendimiento obtenidos en limón Persa *(citrus latifolia Tanaka)* en una huerta localizada en la Comunidad de Jareros, Mpio. de Úrsulo Galván, Ver., México. (3ra. Medición).

Tratamiento	$\bar{X}$	Estadístico de Prueba	X^2 0.05	X^2 0.01
1 (20%)	648.437	10.6500*	7.8147	11.3449
2 (40%)	551.562			
3 (Despunte)	631.250			
Testigo	410.975			

*= Diferencia estadística Friedman α 0.05; Ha= las poblaciones tienen diferente distribución; <al menos dos tratamientos son diferentes>

CONCLUSIONES

Existe una disminución notable del número de brotes vegetativos a medida que trascurren los tiempos de poda, siendo menor en el tratamiento 3 (Despunte). La tendencia muestra una homogenización en la expresión de la variable a medida que se avanza en los periodos de medición. En lo que respecta a los brotes florales, la poda al 20% mostró ser la mejor, seguida del despunte. La tendencia observada para esta variable nuevamente denota una disminución en el número promedio de brotes para todos los tratamientos en el último periodo de medición. En general, las podas efectuadas no mostraron efectos en la variable diámetro ecuatorial. Con todo ello, dicho diámetro de los frutos está muy por debajo de las normas requeridas comercialmente. El diámetro polar mostró un comportamiento más errático estadísticamente, destacándose el tratamiento 1 (20%), el cual mostró una clara tendencia creciente progresiva. Pese a ello, a pesar de que en el sexto periodo de medición se mostraron notables diferencias numéricas observadas entre la poda al 20% con respecto a las demás, no se encontraron diferencias estadísticas. Nuevamente el diámetro polar estuvo muy por debajo de los estándares requeridos comercialmente. En general, la poda al 20% mostró los mejores rendimientos de fruto, seguido del despunte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cerón G.H; Gómez M.A.; C. Scchwentesius R. 1999, Situación Internacional y nacional del limón persa, CIESTAAM. Universidad de Chapingo. 43 pp.

Curtí-Díaz S.A., R.X. Loredo-Salazar, U.A. Díaz-Zorrilla, J.A. Sandoval-Rincón y J. Hernández H. 2000. Tecnología para producir limón Persa. Libro técnico N o. 8. División Agrícola, Campo Experimental Ixtacuaco, INIFAP, Veracruz, México. 145p.

Gómez C.M.; R.R. Schwentesius y G. A. Barrera. 1994. El limón Persa en México. Una opción para el trópico. SARH. CIESTAAM.UACH.202 p.

Padrón- Chávez, J.E. y M.A. Rocha-Peña 2007. La poda de los cítricos. INIFAP CIRNE. Campo experimental General Terán. General Terán, N.L., México. Folleto Técnico No. 7 46.p.

SAGARPA. 2007. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). [Disponible en] http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.html, Consultado el 15 Noviembre 2010.

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL.2006. Gobierno del Estado de Chiapas. Proyecto Desarrollo Social Integrado y Sostenible. [Disponible en] http://www.sedepas.chiapas.gob.mx/web/sedepas/docs/publicaciones_SEDEPAS/Produccion_sustentable/SISTEMA%20DE%20PRODUCCION%20ECOLOGICA%20DEL%20LIMON.pdf. Consultado: 6 de diciembre de 2011.

Statystical Analysis Sistem for Windows (SAS). 2002. Insitute Inc. Cary, NC, USA.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE PECTINA EN LIMÓN PERSA, NARANJA VALENCIA Y TORONJA VAR. DOBLE ROJA

Ramiro Rosas Hernández[1]; Gerardo Serrano Valencia[2]; Benito López Mendoza[1]; Juan Ignacio Barrera López[1]; Lázaro Gabriel Trujillo Juárez[1§]; José Luis Cordero Sánchez[2]

[1]Instituto Tecnológico Campus Tlapacoyan, Veracruz. [2]Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz.
[§]Autor responsable: ibqgabrieltrujillo@gmail.com

RESUMEN

En la actualidad, las pectinas, son ingredientes muy importantes en la industria de los alimentos, también se emplean en otras industrias: industria farmacéutica e industria de los plásticos, encontrándose de manera importante en los cítricos. Los cítricos presentan tres partes importantes, el albedo, es la parte blanca que se encuentra entre la cáscara y la pulpa, se considera desecho en su industrialización, por lo que es confinado a basureros al cielo abierto siendo un foco potencial de contaminación. El presente trabajo se centra en la extracción y comparación del contenido pectina en los tres principales cítricos de importancia agroindustrial, encontrándose que la naranja es el cítrico que mayor contenido de pectina presenta, mientras que el limón es el que menos rendimiento tiene, esto se debe principalmente a dos factores, el contenido de agua y la cantidad de albedo presente en los frutos.

Palabras clave: pectina, cítricos, albedo, humedad.

INTRODUCCIÓN

Los desechos producto de la industrialización de los cítricos (pulpa y cáscara) pueden emplearse como nutrientes en alimentación animal, comercializados en forma de pellets, pero sus precios no son lo suficientemente altos para proporcionar rentabilidad al proceso de aprovechamiento de manera que el desarrollo de productos alternativos de mayor valor agregado beneficiaría a los procesadores (Rojas, 2009). El albedo ó mesocarpio es la parte blanca que se encuentra entre el flavedo o cáscara y el endocarpio ó bagazo y es considerado un desecho agroindustrial en la industrialización de los cítricos, el cuál es confinado a basureros al cielo abierto ocasionando con ello la producción de licores con alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los cuales se vierten al sistema de drenaje sin ningún tratamiento (Dugo, 2002).

Las pectinas son heteropolisacáridos que se presentan en la naturaleza como elementos estructurales del sistema celular de las plantas. Su componente principal es el ácido poligalacturónico, que existe parcialmente esterificado con metanol. Se encuentran principalmente en las frutas y vegetales, para aprovechar su capacidad para balancear el equilibrio del agua dentro del sistema. Esta sustancia se asocia con la celulosa y le otorga a la pared celular la habilidad de absorber grandes cantidades de agua.

Las pectinas se obtienen de materiales vegetales que tienen un alto contenido de éstas, tales como manzanas, frutas cítricas, piña, guayaba, tomate, maracuyá y betabel. Estas pectinas son, en la actualidad, ingredientes muy importantes en la industria de los alimentos, paras hacer gelatinas, helados, salsas y queso. También se emplean en otras industrias, como la farmacéutica, que requieren modificar la viscosidad de sus productos, y en la industria de los plásticos así como en la fabricación de productos espumantes, como agente de clarificación y aglutinantes (Devia, 2002). Prácticamente toda la pectina que se consume en el país es de importación, debido a que dos grandes empresas tienen el monopolio y exportan casi toda la producción nacional: Hércules de México y Danisco, la primera es una empresa Norteamericana y la segunda Danesa (Merchand, 2003).

El presente trabajo de investigación versa en la determinación del contenido pectina utilizando las tres especies de cítricos con potencial agroindustrial: Limón persa, naranja valencia y toronja doble roja, tomando como referencia el contenido neto y el rendimiento de pectina, a nivel planta piloto, para posteriormente escalarlo a un nivel agroindustrial con fines de aprovechamiento integral. El objetivo general fue extraer y determinar el contenido pectina utilizando el albedo de las tres especies de cítricos con potencial agroindustrial a nivel planta piloto, como alternativa para su aprovechamiento integral, promoviendo la sustentabilidad de los procesos tradicionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron diferentes muestras de las tres las especies de cítricos provenientes de las huertas de la zona de Martínez de la Torre y Tlapacoyan, Veracruz, donde fueron recolectados de manera aleatoria. Los frutos se lavaron, se midieron axial y ecuatorialmente, así como el espesor del albedo. Cada fruto se rayó por separado para retirar el flavedo ó exocarpio. El albedo fue extraído mediante pelado y se redujo a un tamaño 1 cm de longitud aproximadamente y se pesó para saber la cantidad de albedo obtenido del total del peso de la fruta. Se llevó a cabo la inactivación de las enzimas pécticas con agua en ebullición a una

razón de 1 L de agua por cada 300 g de albedo obtenido por 30 min, filtrándose posteriormente. Se llevó a cabo una hidrólisis ácida con ácido clorhídrico (HCl) al 37% a una razón de 8 mL por cada litro de agua añadido, durante 30 min una vez que alcanza el punto de ebullición en agitación constante, a un pH de 3; este procedimiento se realizó dos veces para asegurar una hidrólisis eficiente y asegurar una mejor extracción de la pectina. Durante la primera filtración se obtuvo el líquido del filtrado resultante de dicha inactivación y se dejó enfriar a temperatura ambiente, se precipitó con etanol a una razón de 600 mL/L de líquido filtrado. Mientras que la torta se volvió a lavar en medio ácido para extraer el máximo contenido de pectina y el líquido se precipitó con la misma cantidad de etanol. El precipitado se deshidrató en un secador de túnel a una temperatura de 60 ºC durante 4 h. Se redujo el tamaño de partícula en un molino de bolas, y se tamizó para homogenizar el tamaño de partícula. La pectina en polvo resultante se pesó y se determinó el rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos a partir de los 300 g de flavedo se hicieron por triplicado para cada uno de los cítricos (limón persa, naranja valencia y toronja doble roja) sacando una media para obtener resultados y los rendimientos de pectina de cada cítrico por separado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparativo de las propiedades morfológicas y químicas de diferentes especies de cítricos (limón persa, naranja valencia y toronja doble roja).

Propiedad	Cítrico		
	Limón	Naranja	Toronja
Longitud axial (cm)	7.03	7.53	7.96
Longitud ecuatorial (cm)	5.7	7.42	8.8
Espesor del albedo (mm)	0.3	0.4	0.9
Peso de fruta fresca (g)	3004	3022.37	3097.40
Humedad relativa del albedo	70%	63.7%	75%
Albedo fresco (g)	558.67	462.6	696.91
Albedo deshidratado (g)	396.65	294.67	174.23
Pectina cítrica (g)	33.14	38.39	58.69
Rendimiento (%/g albedo fresco)	5.93 %	8.29 %	8.42%
Rendimiento (base seca) (%/g albedo seco)	8.35 %	13.02%	10.61 %

La naranja mostró un mayor rendimiento (13.02 %) esto se puede deber a que contiene una mayor humedad en el albedo con respecto a los otros dos cítricos, lo que confirma la relación de la pectina con el contenido de agua en el fruto. Mientras que la toronja fue la que mayor cantidad de pectina presentó (58.69

g), esto es debido a que este fruto presenta un mayor cantidad de albedo como se puede apreciar en el tamaño promedio (longitud axial, ecuatorial y espesor del albedo).

Se utilizó un diseño experimental al azar, ya que los cítricos analizados para determinar el contenido de pectina se escogieron al azar, sin ningún patrón establecido o una característica morfológica determinada que pudiera sesgar el experimento. Se aplicó un análisis estadístico de ANOVA, ó también llamado análisis de varianza para determinar la variación entre las muestras y corroborar que los resultados obtenidos en el laboratorio varíen mínimamente con respecto a los promedios obtenidos de cada una de las repeticiones, en este caso aceptando la hipótesis establecida al inicio del experimento, la cual relaciona directamente el contenido de agua y la cantidad de albedo con respecto al contenido de pectina en tres especies de cítricos.

A pesar de que el limón persa presenta una mayor humedad relativa del albedo que la naranja el contenido de pectina y el rendimiento, están por debajo de los otros cítricos debido al tamaño que presenta, lo cual hace que haya una menor cantidad de albedo, con lo cual se corrobora la relación cantidad de albedo-cantidad de pectina.

CONCLUSIONES

Dos variables a considerar en el contenido de pectina en cítricos son: La cantidad de agua y de albedo presentes en el fruto, las cuales influyen directamente en el rendimiento y contenido de pectina, respectivamente. Se puede concluir, que los tres cítricos son materias primas factibles técnica y económicamente para extraer pectina, el cual es un producto de alto valor comercial y que, actualmente no es aprovechado por la industria citrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Devia J. (2003). Proceso para Producir Pectinas Cítricas. *Rev Univ EAFIT* 129:21-29.

Dugo G., Di Giacomo A. (2002). “Citrus. The Genus Citrus” Taylor & Francis. Nueva York.

Merchand R.M.A. (2003). “Propuesta Teórica-Metodológica desde un enfoque Sistémico y Perspectiva Regional para el Estudio del Subsistema Agroindustrial del Limón en Colima” Ponencia Presentada en el XXII Seminario de Economía Agrícola organizado por el Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM. Octubre del 2003.

Rojas J. (2009). Obtención de Aceites Esenciales y Pectinas a Partir de Sub-productos de Jugos Cítricos. *VITAE* 6:110-115.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

CRECIMIENTO Y ACTIVIDAD PROBIÓTICA DE BACTERIAS LÁCTICAS CULTIVADAS EN JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR

Román Jiménez Vera§; Nicolás González Cortés; Arturo Magaña Contreras; Zabdy K. Zetina Moreno

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica Multidisciplinaria de los Ríos. Carretera Tenosique-Estapilla km 1, Colonia Solidaridad, Tenosique, Tabasco, México. §Autor responsable: roman.jimenez@ujat.mx

RESUMEN

En Latinoamérica, el mercado de los probióticos se ha desarrollado principalmente en productos lácteos. La búsqueda de medios de cultivo que permitan obtener altas densidades de microorganismos (>10^7 UFC/ml) ha sido la meta de muchas investigaciones interesadas en las bacterias ácido lácticas. Debido a la intolerancia a la lactosa de los productos lácteos, presencia de colesterol y grupos vegetarianos estrictos se han evaluado fuentes no lácteas como sustrato para la propagación de probióticos. Se ha encontrado que los jugos de frutas pueden servir como medio de cultivo para probióticos. En este trabajo se obtuvo un bioproceso para el crecimiento de *Lactobacillus casei* Shirota y *Lactobacillus johnsonii* en jugo de caña de azúcar. Se evaluó la actividad antagónica del sobrenadante y la biomasa sobre el crecimiento de *E. coli*, *S. aureus* y *Salmonella* spp, así como el efecto crioprotector del sustrato a la congelación. Se obtuvo una concentración de biomasa de 7.80 Log_{10} UFC/ml con *L. johnsonii* y de 6.50 Log_{10} UFC/ml con *L. casei* Shirota. Por otra parte, la biomasa y el caldo de cultivo presentaron actividad inhibitoria sobre el crecimiento de bacterias patógenas, sin presentar efecto crioprotector. La refrigeración permitió conservar durante 30 días *L. casei* Shirota y 45 días *L. johnsonii*. El jugo caña de azúcar es un sustrato que promueve el crecimiento de especies de *Lactobacillus* y, además, es posible obtener un sobrenadante libre de biomasa con efecto funcional.

Palabras clave: Probióticos, caña de azúcar, bacterias lácticas.

INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica, el mercado de los probióticos se ha desarrollado básicamente en los productos lácteos. La búsqueda de medios y condiciones de cultivo que permitan la obtención de altas densidades de microorganismos (>10^7 UFC/ml) ha sido la meta de muchas investigaciones interesadas en las bacterias ácido lácticas (Vargas *et al*., 2004). Debido a la intolerancia a la lactosa de los productos lácteos, presencia de colesterol y grupos vegetarianos estrictos se han evaluado fuentes no lácteas como sustrato para la

propagación de probióticos. Se ha encontrado que los jugos de frutas pueden servir como medio de cultivo para probióticos (Mattila-Sandholm *et al*., 2002). Las frutas y vegetales son alimentos saludables, porque son abundantes en antioxidantes, vitaminas, fibras dietéticas y minerales. Además, las frutas y vegetales no contienen ningún alérgeno lácteo que pudiera prevenir su uso por cierto segmento de la población (Luckow y Delahunty, 2004). Como sustrato para el crecimiento de bacterias lácticas se han empleado diversos medios naturales. Tradicionalmente se ha empleado el jugo de uva en la fermentación enólica (Pardo, 2003). También se ha reportado el uso de jugos como el de jitomate (Young *et al*., 2004), jugo de col (Young *et al*., 2006) y jugo de zábila (Contreras-Pinzón *et al*., 2009).

En las zonas tropicales existe una gran diversidad de vegetales disponibles localmente que son fáciles de ser aprovechados para la elaboración de alimentos (González *et al*., 2008). Tradicionalmente la caña de azúcar ha estado vinculada a la producción de sacarosa. El jugo de caña de azúcar contiene de 16 a 20% de materia seca y está constituido principalmente por sacarosa y azúcares reductores como la glucosa y fructuosa, siendo su contenido de proteínas despreciable (Sarria *et al*., 1990). Serna y Rodríguez (2004), evaluaron el jugo de caña de azúcar como sustrato para la producción de ácido láctico; las fermentaciones fueron realizadas con una cepa de *Lactococcus lactis* subs. lactis CC-8592 aislada de cultivos de caña. Se obtuvieron concentraciones de ácido láctico de hasta de 40.78 g/l en 48 horas de fermentación, 33% de conversión de sustrato. La cepa de aislada de las hojas de cultivos de caña variedad presentó muy buen potencial para la producción de ácido láctico. La producción de probióticos a partir de nuevos sustratos permitirá ampliar sus aplicaciones a otros alimentos, ya sea para consumo humano o animal, con la correspondiente reducción de costos para los consumidores (Vargas *et al*., 2004). El objetivo del trabajo fue obtener un bioproceso para la proliferación de cepas probióticas de *Lactobacillus casei* Shirota y *Lactobacillus johnsonii* utilizando jugo de caña de azúcar como sustrato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó jugo de caña de azúcar obtenido mediante molienda tradicional en trapiche, de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) proveniente de cultivos de la región del Trópico Húmedo con un índice de madurez de 0.90 ºBrix (Rincón, 2005). Se utilizaron cepas probióticas obtenidas de productos comerciales: *Lactobacillus casei* Shirota (Yakult®) y *Lactobacillus johnsonii* (Chamyto®). Las bacterias patógenas *Salmonella* spp. (MD04), *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* fueron obtenidas por donación del

cepario de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán. El cultivo se realizó a escala de laboratorio mediante fermentación por lote en frascos de fermentación con capacidad de 250 mL. Como caldo de cultivo se utilizó el jugo al 100%. Se esterilizó durante 15 min a 121ºC. El inóculo bacteriano (10%) se tomó directamente del producto comercial. Se incubó a 37ºC durante 24 h, sin agitación. La concentración de los probióticos fue cuantificada por el método de la gota (Corona y Jiménez, 2004) en agar MRS (agar de Man Rogosa y Sharpe, Dibico®) incubado en anaerobiosis durante 48 h (Rosenblatt y Stewart, 1975). Se evaluó el efecto crioprotector de los sustratos naturales en refrigeración (2 ºC ± 1.41) y congelación (-13ºC) durante 45 días. Se determinó la actividad antagónica del sobrenadante libre de células y la biomasa; la actividad bactericida se midió por el método de difusión en pozos (Estrada *et al*., 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En jugo de caña se obtuvo una concentración de biomasa de 7.80 Log_{10} UFC/mL con *L. johnsonii* a las seis horas de cultivo y con *L. casei* Shirota, 6.50 Log_{10} UFC/mL a las tres horas. Estos valores se deben probablemente a que en el jugo de caña el principal azúcar utilizado como fuente de carbono fue la sacarosa. La concentración de sacarosa en jugos de buena calidad se encuentra entre 12.5 y 15.0% y menos de 1.0% corresponde a azúcares reductores como glucosa y fructosa (Salgado *et al*., 2003).

En jugo de naranja, la concentración de ambos microorganismos fue mayor: 9.39 Log_{10} UFC/mL de *L. johnsonii* a las seis horas de cultivo, y 8.49 Log_{10} UFC/mL de *L. casei* Shirota a las 9 h (Datos no mostrados). La concentración de ambos probióticos se encontró por arriba de lo esperado en otras investigaciones (Vargas *et al*., 2004). El crecimiento en jugo de naranja se relaciona con la mayor concentración de azúcares (11.0°Brix) así como con la variedad. Se ha reportado que el jugo de naranja fresco contiene sacarosa, glucosa y fructosa que en conjunto constituyen el 75% de los sólidos solubles totales; la concentración de fructosa en el jugo de naranja se encuentra entre el 40 y 45% de los sólidos (Esquivel-Solís y Gómez-Salas, 2007).

Por otra parte, otro factor importante en el crecimiento microbiano es la presencia de proteínas. El contenido de proteínas en el jugo de caña de azúcar es muy bajo, se ha reportado una concentración de 0.05-0.19% (González y González, 2004), mientras que el jugo de naranja la concentración reportada es de

0.4% (Alonso *et al*., 2002). Estos resultados muestran la necesidad de adicionar proteínas al sustrato de cultivo para mejorar el crecimiento de probióticos en el jugo de caña de azúcar. En la Figura 1 se compara el crecimiento obtenido con jugo de caña de azúcar y otros sustratos naturales.

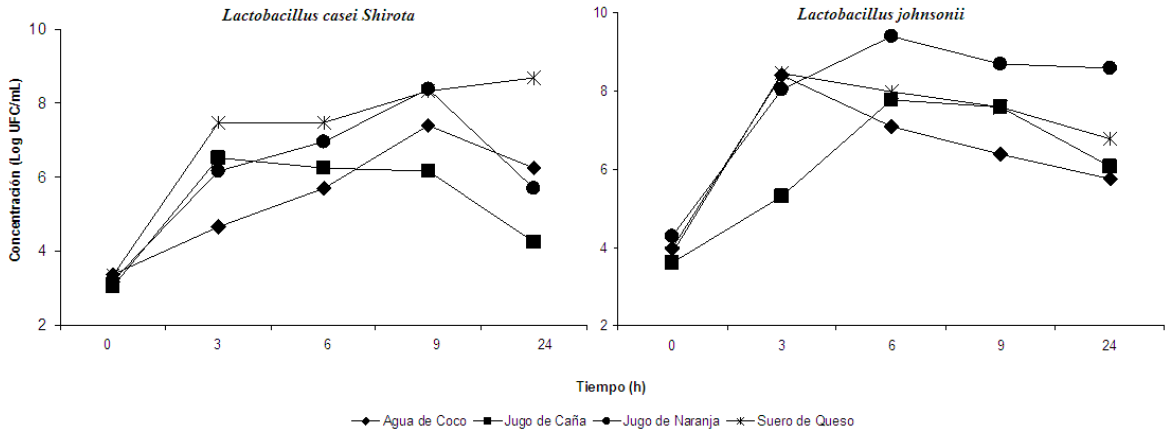


Figura 1. Crecimiento de *L. casei* Shirota y *L. johnsonii* en sustratos naturales.

En cuanto a inhibición del crecimiento de bacterias patógenas, se encontró que ambas cepas probióticas no solo mantuvieron su efecto ihnibitorio sobre el crecimiento de las cepas patógenas, sino que además, proporcionaron dicho efecto al sobrenadante libre de células. El sobrenadante y la biomasa de los dos probióticos en ambos jugos inhibió el crecimiento de *E. coli* y *S. aureus*. No se obtuvo inhibición en el crecimiento de *Salmonella* spp. con ninguno de los sustratos.

El efecto de inhibición contra patógenos de bacterias lácticas (Cuadro 1) se puede deber a la competencia por sustratos y producción de sustancias inhibidoras (Kailasapathy y Chin, 2000). Entre las principales sustancias inhibidoras se encuentran ácidos grasos de cadena corta, peróxido de hidrógeno y bacteriocinas (Dolz, 2008). Estas sustancias son producidas y secretadas al medio de cultivo, lo que explica el efecto de inhibición observado en los sobrenadantes de este estudio. En el caso de *Salmonella* sp. se ha reportado que es una bacteria capaz de adaptarse a condiciones ambientales muy variables, entre ellas, su capacidad de adaptarse a medios ácidos (OPS, 2006).

La composición del medio de cultivo es un factor importante en las propiedades de los microorganismos cultivados (Ukuku *et al*., 2005). Sin embargo, el microorganismo también puede influir en las propiedades

Cuadro 1. Inhibición de bacterias patógenas por cultivos de *L. casei* Shirota y *L. johnsonii*.

Microorganismos	Sustratos		*E. coli*	*Salmonella* spp.	*S. aureus*
Lactobacillus casei Shirota	Jugo de caña	Sobrenadante	Si	No	No
		Biomasa	Si	No	No
	Jugo de naranja	Sobrenadante	Si	No	Si
		Biomasa	Si	No	Si
Lactobacillus johnsonii	Jugo de caña	Sobrenadante	Si	No	No
		Biomasa	Si	No	No
	Jugo de naranja	Sobrenadante	Si	No	No
		Biomasa	Si	No	No

Si = Inhibición del crecimiento; No = Crecimiento del patógeno

del caldo de cultivo. En este estudio se observó que el sobrenadante libre de biomasa inhibió el crecimiento de bacterias como *E. coli* y *S. aureus*. Este efecto pudo deberse a la producción de metabolitos segregados al caldo de cultivo. Entre las sustancias producidas por probióticos y reportadas como inhibidoras del crecimiento de patógenos se encuentran el peróxido de hidrógeno (Ukuku *et al*., 2005; Avendaño-Herrera *et al*., 2006; Heng-Yi *et al*., 2008) y las bacteriocinas (González-Martínez *et al*., 2005). En un estudio realizado por Zalán *et al*. (2005) evaluaron el crecimiento de cinco bacterias lácticas (*Lactobacillus plantarum* 2142, *Lactobacillus curvatus* 2770, *Lactobacillus curvatus* 2775, *Lactobacillus casei* subsp. *pseudoplantarum* 2750 y *Lactobacillus casei* Shirota) en caldo MRS y caldo de jugo de tomate, evaluaron la producción de peróxido de hidrógeno y bacteriocinas; aunque la producción de los metabolitos fue menor en el caldo de jugo de tomate, se logró producir ambos metabolitos en un sustrato natural. Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que es posible mantener las propiedades probióticas de los microorganismos cultivados y, además, obtener un sobrenadante libre de biomasa, con efecto inhibitorio sobre algunas bacterias patógenas, que puede ser empleado como materia prima para la elaboración de alimentos funcionales.

En cuanto a la conservación, la refrigeración fue el mejor método de conservación ya que permitió mantener durante 30 días la cepa de *L. casei* Shirota y durante 45 días las cepas de *L. johnsonii* a una concentración mayor de Log_{10} 4.0 UFC/mL. En comparación con la refrigeración, la congelación resultó ser letal para la conservación de bacterias probióticas contenidas en sustratos naturales, siendo recomendable para tiempos menores a una semana.

CONCLUSIONES

El jugo de caña de azúcar es un sustrato que promueve el crecimiento de bacterias lácticas, sin embargo, es necesario evaluar fuentes de proteínas para incrementar el contenido de biomasa. Se obtuvo un sobrenadante libre de biomasa con efecto inhibitorio sobre bacterias patógenas que puede ser empleado como materia prima para la elaboración de alimentos funcionales. La refrigeración fue el mejor método de conservación ya que permitió mantener las cepas durante 30 días a una concentración mayor de 10^4 UFC/ml.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, A., Reyes, H., Guarga, R. y Nieto A. (2002). *Tabla de composición de alimentos de Uruguay*. Primera edición. pp 40. Editores: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Instituto Nacional de Alimentos, Facultad de Química. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

Avendaño-Herrera R., Magariñosa, B., Irganga, R. and Toranzo A. (2006). Use of hydrogen peroxide against the fish pathogen *Tenacibaculum maritimum* and its effect on infected turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture* 257:104-110.

Contreras-Pinzón, M., Domínguez-Espinoza, R. y González-Burgos, A. (2007). Proceso de biotransformación láctica del jugo de *Aloe vera*. *Ciencia Ed. (IMIQ)*. 22:35-42.

Corona, A. y Jiménez, R. (2004). Comparación de dos métodos de siembra para el recuento de microorganismos en muestras con alta concentración microbiana. *Revista de la Facultad de Ingeniería Química*. 40:3-7.

Dolz, M. (2008). Bacteriocinas de probióticos. Nuevos enfoques bioterapéuticos: PINHE. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 28:20-37.

Esquivel-Solís, V. y Gómez-Salas, G. (2007). Implicaciones metabólicas del consumo excesivo de fructosa. *Acta Médica Costarricense*. 49:198-202.

Estrada, A., Gutiérrez, L. y Montoya, O. (2005). Evaluación *in vitro* del efecto bactericida de cepas nativas de *Lactobacillus* sp. contra *Salmonella* sp. y *Escherichia coli*. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 58:2601-2609.

González, D. y González, C. (2004). Jugo de caña y follajes arbóreos en la alimentación no convencional del cerdo. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 11:25-38.

González-Martínez, B., Gómez-Treviño, M. y Jiménez-Salas, Z. (2005). Bacteriocinas de Probióticos: características, propiedades antibacterianas y modos de acción. *Mundo Alimentario*. Noviembre-Diciembre 2005.

González, A., Domínguez-Espinosa, R. y Alcocer, R. (2008). *Aloe vera* como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum* y *L. casei*. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 6:152-157.

Heng-Yi, X., Wan-Hong T., Cui-Xiang W., Li-Jun J., Lan-Yin W., Jing Y., Chun-Mei L., Ming Z. and Hua W. (2008). Antagonistic potential against pathogenic microorganisms and hydrogen peroxide production of indigenous lactobacilli isolated from vagina of chinese pregnant women. *Biomedical and Environmental Sciences*. 21:365-371.

Kailasapathy, K. and Chin J. (2000). Survival and therapeutic potential of probiotic organisms with reference *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. *Immunology and Cell Biology*. 78:80-88.

Luckow, T. and C. Delahunty. (2004). Which juice is healthier? A consumer study of probiotic non-dairy juice drinks. *Food Qual. Prefer*. 15:751-759.

Mattila-Sandholm, T., P. Myllärinen, R. Crittenden, G. Mogensen, R. Fondén, and M. Saarela. (2002). Technological challenges for future probiotic foods. *Int. Dairy J*. 12:173-182.

OPS, Organización Panamericana de la Salud. (2006). Informe sobre la resistencia de *Salmonella* spp. en las Américas. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 19:126-127.

Pardo, I. (2003). Metabolismo de sustratos del mosto y vino por bacterias lácticas y sus implicaciones en la calidad del vino. *ACE Revista de Enología*. 36.

Rincón, A. (2005). Evaluación agronómica y nutricional de variedades de caña de azúcar con potencial forrajero en el Piedemonte Llanero. *Revista Corpoica*. 62:60-67.

Rosenblatt, J., and Stewart P. (1975). Anaerobig bag culture method. *Journal of Clinical Microbiology*. 1:527-550.

Salgado, S., Núñez R., Peña J., Etchevers J., Palma D., y Marcos R. (2003). Manejo de la fertilización en el rendimiento, calidad del jugo y actividad de invertasas en caña de azúcar. *Interciencia*. 28:576-580.

Sarria, P., Solano A. y Preston T. (1990). Utilización de jugo de caña y cachaza panelera en la alimentación de cerdos. *Livestock Research for Rural Development*. 2.

Serna, L. y Rodríguez A. (2004). Jugo de caña verde como sustrato en la producción fermentativa por lotes de ácido láctico. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 6:37-42.

Ukuku, D., Bari M., Kawamoto S. and Isshiki K. (2005). Use of hydrogen peroxide in combination with nisin, sodium lactate and citric acid in reducing transfer of bacterial pathogens from whole melon surfaces to fresh-cut pieces. *International Journal of Food Microbiology*. 104:225-233.

Vargas, E., Gómez C., Parra M. y Romero M. (2004). Producción de microorganismos probióticos como aditivos para alimentos concentrados para ganado vacuno (Primera parte). *Revista de Ingeniería.* 19:166-176.

Young, K., Woodams E. and Hang Y. (2004). Probiotication of tomato juice by lactic acid bacteria. *The Journal of Microbiology*. 42:315-318.

Young, K., Woodams E. and Hang Y. (2006). Production of probiotic cabbage juice by lactic acid bacteria. *Bioresource Technology*. 97:1427-1430.

Zalán, Z., Németh E., Baráth A. and Halász A. (2005). Influence of growth medium on hydrogen peroxide and bacteriocin production of *Lactobacillus* strains. *Food Technol. Biotechnol*. 43:219-225

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

PARAMETROS FISICOQUIMICOS E INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA RIEGO RESIDUAL PROVENIENTE DEL GRAN CANAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Rodolfo A. Perea Cantero§; Mario H. Alva Reséndiz; Jesús M. Tarín Ramírez; José L. Sánchez Ríos, Ivonne Barrera Jiménez

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. §Autor responsable: pereacan@gmail.com

RESUMEN

La agricultura es la mayor demandante del recurso agua y compite actualmente con el consumo humano, el industrial y el energético, entre otros. Esta gran demanda es una limitante para el desarrollo de la sociedad. En México se han introducido el uso de aguas negras en 27 distritos de riego. En algunos lugares las aguas reciben tratamiento primario antes de usarse en el riego. Esta agua contiene cantidades excesivas de sales solubles. Este trabajo pretende evaluar la salinidad de estas aguas residuales considerando los siguientes aniones y cationes ($CO^{-}3$, $HCO^{-}3$.Cl^{-}, $SO^{-}4$ y Dureza). Se cuantifico coliformes fecales y enterococos. Se muestrearon trimestralmente 5 puntos representativos de los sitios de descargas de aguas residuales domesticas, descargas residuales con aguas de precipitación, así como en vertimiento de zonas de influencia agrícola, de febrero del 2009 a diciembre del 2010. Se determinó temperatura, transparencia, pH, Conductividad eléctrica y Oxigeno disuelto. Los datos se analizaron y con base a los resultados, se establece que esta agua de vertimiento presento comportamiento homogéneo especial en: temperatura, pH, conductividad, cloruros y sulfatos. En relación a la salinidad existe predominio de los carbonatos vs bicarbonatos. El agua de vertimientos mostró cantidades de coliformes fecales (media de 140.4UFC/100 ml), enterococos (media de 168.8 UFC/100 ml) cantidades de interés sanitario pero inferiores a lo esperado, lo que sugiere la remoción natural de estos agentes. Las muestras ambientales suelen ser muy complejas en su composición y muchos contaminantes se encuentran a nivel de trazas.

Palabras clave: agua de riego, microbiología, agricultura.

INTRODUCCIÓN

Es conocido que la calidad del agua cruda varía con la fuente y variará estacionalmente. Por ejemplo, la mayoría de los patógenos transportados en el agua se introducen a través de la contaminación fecal, siendo el *Escherichia coli* un organismo indicador en un medio acuático. Químicamente, la presencia de

cloruros puede sugerir un origen de agua contaminada por agua residual, altos valores de calcio y magnesio representan una medida de los potenciales efectos de beneficio ambiental y sanitarios [1]. En México se han introducido el uso de aguas negras en 27 distritos de riego en país. En algunos lugares las aguas reciben tratamiento primario antes de usarse en el riego, pero esta agua contiene en general cantidades excesivas de sales solubles, como es el caso de este vertimiento. A demás para la tercera parte de la población del Valle del Mezquital Del Oro en El Estado de Hidalgo México, el agua de consumo es suministrada por la planta de potabilización Del tercer distrito de riego, adscrita a Obras Sanitarias e Hidráulicas, como el ente responsable para tratar el agua cruda, proveniente de la toma en balsa superficial del río Tepeji, afluentes de esta cuenca y mediante sistema completo de tratamiento para tipo "C" [2] se busca su potabilidad. La calidad del agua potable no es buena; los resultados de un estudio realizado reportan alteraciones en las concentraciones (mg/l) de Calcio y Magnesio, de sólidos suspendidos y de niveles de pH ácidos para muestras de aguas en la red de distribución [3] [4].

.

En virtud de lo expuesto y dada la importancia de la calidad del agua en términos de salud para la población, la presente investigación tiene como objetivo determinar si fisicoquímica y bacteriológicamente el agua es utilizable y remediable en las etapas de tratamiento para agua cruda, sedimentada y filtrada Del tercer distrito de riego del estado de Hidalgo México, adscrita a Obras Sanitarias e Hidráulicas. La importancia de los componentes y de las propiedades del agua, los materiales y métodos utilizados, resultados, discusión de resultados, conclusiones y referencias son presentados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El marco metodológico del presente trabajo se realizó de acuerdo a los aspectos descritos [5]. El tipo de investigación realizada fue descriptiva y analítica. El estudio permitió conocer cuáles son los valores actuales de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en muestras de aguas (crudas, sedimentadas y filtradas), provenientes del tercer Distrito de Riego de la planta de tratamiento de la presa la Requena que forma parte del complejo hidráulico del Municipio Del Mezquital del Oro con una capacidad operativa del 20 %, bombeado mediante una red de distribución de agua. , en un periodo comprendido entre los meses de febrero del 2009 a diciembre del 2010. Además se determinaron la temperatura, transparencia, pH, Conductividad eléctrica y Oxigeno disuelto. Se considero la metodología establecida por American Public Health Association APHA-1996. El desarrollo del trabajo siguió las siguientes etapas: a)

Consulta bibliografía relacionada con el tema en diferentes revistas especializadas, información suministrada por American Public Health Association APHA-1996; b) Selección de puntos (sitios) para la captación de muestras de agua que se ubicaron entre la estación de bombeo de la Presa La Requena, balsa toma y mezcla rápida, correspondientes a la entrada de agua cruda a la planta de tratamiento y el punto salida de los filtros agua; c) El muestreo estuvo conformado por frascos de vidrio esterilizados, de 375 ml. de capacidad. Las muestras recogidas llenaron partes de su capacidad (375 ml). Los puntos de toma de muestras estuvieron conformados por tres puntos estratégicos (centro del vertedero lado izquierdo y lado derecho del mismo punto con repetición), en el lado norte de la Presa, centro y lado sur de la presa así como el desfogue central al sistema fueron muestreados con repetición en todos los casos los frascos que se sumergieron medio metro y se dejó fluir el agua 5 minutos para apreciación de su calidad con tendencia homogénea, para las muestras de estudio microbiológico se dejo una cámara de aire 5 centímetros cúbicos, par los estudios fisicoquímicos el llenado de la botella fue total; d) Toma y transporte de las muestras de aguas. Se tomaron un total de 54 muestras que fueron transportadas al laboratorio de Análisis Fisicoquímico de Suelos y Agua de la Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco, y para su estudio microbiológico al Cepario de esta universidad para su determinación fisicoquímica y bacteriológica. En el procedimiento analítico se consideró el tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y la entrega al laboratorio de estudio, pues se especifica un tiempo máximo de 6 horas para las aguas crudas o sin tratar y de 12 horas para las aguas tratadas. Las muestras de agua que sobrepasaron este límite de tiempo no fueron evaluadas; e) Determinación fisicoquímica y de parámetros biológicos de muestras de aguas realizados de acuerdo a Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [7] (Cuadro 1). f) Análisis de los resultados: Se presentan histogramas de frecuencias obtenidos de acuerdo al análisis de los resultados promedio de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua cruda y tratada, en las fases de Procedimiento de la Presa la Requena y sus vertederos. Se procedió a elaborar histogramas de frecuencia para aquellos parámetros físicos o químicos que no se encontraron en los límites máximos o mínimos permitidos por las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable. [8]. g) Resultados y discusión de la información. Esta etapa consistió en organizar los resultados con la finalidad de analizarlos e interpretarlos mediante tablas y su representación gráfica mediante histogramas de frecuencia, donde se indica marca de clase como el punto medio de intervalo de clase representativo de ella y la clase que corresponde a la agrupación y ordenamiento de los datos.

Cuadro 1. Métodos estándar de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos para muestras de aguas.

Parámetros	Métodos
Temperatura (Grados Celsius)	Termómetro (en sitio)
Sólidos disueltos totales (mg/l)	Gravímetro
pH (unidades)	Electrométrico
Dióxido de Carbono (mg/l)	Titulación
Alcalinidad (mg/l como $CaCO_3$)	Potenciómetro
Calcio (mg/l como $CaCO_3$)	EDTA
Magnesio (mg/l como $CaCO_3$)	Analítico complexometro
Cloruro (mg/l)	Nitrato Mercurio
Nitrato (mg/l)	Electrodo de Nitrato
Sulfato (mg/l)	Turbidimetro
Oxigeno Disuelto (mg/l)	Winkler (en sitio)
Numero de coniformes totales (NMP/ 100 ml)	Fermentación en tubos múltiples

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los resultados promedio obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos estudiados en 18 muestras de agua cruda provenientes de la Presa Requena, 18 muestras de agua sedimentada y 18 muestras de agua filtrada de la planta de tratamiento de dicha planta. Los valores promedio de temperatura para las muestras de aguas estudiadas se ubica alrededor de 26,83 °C. De igual manera, se presentan los resultados promedio 352,33 mg/l, 42,5 mg/l, y 19 mg/l de sólidos disueltos, para muestras de aguas en las tres condiciones referidas que se encuentran por debajo de 600 mg/l deseables aceptados por las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable [8], valores que posteriormente con el proceso de tratamiento se reducen hasta 19 mg/l de sólidos disueltos. Comparativamente, estos últimos son similares a los valores de sólidos disueltos reportados [3] [6].. El pH 6,78 del agua cruda se encuentra cercano al valor de pH 6,5 deseable para la calidad de agua, por el contrario los valores de pH 4,93 y 4,97 para aguas sedimentadas y filtradas, están fuera de lo establecido [8]. Norma: NMX-AA-072-SCFI-2001.

Los valores promedio (4; 13,33 y 12,33) mg/l para CO_2 en muestras de aguas crudas, sedimentadas y filtradas, mostrados en la Tabla II., posiblemente pueden relacionarse con la adición de cal durante el proceso de mezcla rápida (tratamiento primario) [9]. Cuando se presenta un desequilibrio en la relación de carbonato de calcio y CO_2 libre, hace que este último actúe.

Cuadro 2. Resultados promedio de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua cruda y tratada en las etapas de Procesamiento de la Presa La Requena y sus vertederos En Estado de Hidalgo México.

Parámetros fisicoquímicos y Bacteriológicos	Muestras		
	Cruda	Sedimentada	Tratada
1.Temperatura (ºC)	26.83	26.83	26.83
2. Sólidos disueltos (mg/l)	352.33	42.50	19.00
3. pH (unidades)	6.78	4.93	4.97
4. CO_2 (mg/l)	4	13.33	12.33
5. Alcalinidad (mg/l como $CaCO_3$)	8.00	4.66	4.33
6. Dureza (mg/l)	10.00	10.33	10.00
7. Calcio (mg/l como $CaCO_3$)	2.16	2.26	2.31
8. Magnesio (mg/l)	0.78	0.69	0.71
9. Cloruros (mg/l)	12.30	19.00	19.00
10. Sulfatos (mg/l)	55.16	36.16	19.83
11. Nitratos (mg/l)	0.24	0.03	0.00
12. Oxigeno Disuelto (mg/l)	4.78	5.47	5.07
13. Coniformes totales (NMP/100ml)	3.53	1.50	0.00

La alcalinidad juega un papel primordial en la práctica de la aeración para eliminar el dióxido de carbono en el tratamiento de agua riego y uso agrícola, y otros usos industriales también sirven en el control de crecimiento de algas. En la Tabla II., los resultados promedio (8; 4,66 y 4,33) mg/l como $CaCO_3$ de alcalinidad para muestras de aguas cruda, sedimentada y filtrada, están en concordancia con los resultados de alcalinidad [3] y se encuentran por debajo de los valores deseables (250 mg/l como $CaCO_3$) [8]. La dureza total 10 mg/l presente en agua cruda, sedimentada y filtrada, es similar al valor de 10 mg/l de dureza total [3], valores que están por debajo de 250 mg/l de dureza total de acuerdo a la Norma de Calidad de Agua Potable [8].

Calcio y Mg son los principales componentes de la dureza en el agua y generalmente se les encuentra en el rango de 5 – 500 mg/l, como $CaCO_3$, y 2 - 200mg/l como Ca. En la Tabla II, se reportan (2,16; 2,26 y 2,31) mg/l como $CaCO_3$ de calcio para las muestras de aguas analizadas cruda, sedimentada y filtrada respectivamente que son valores mayores al compararlos con (0,96; 0,76; 0,40; 0,08) mg/l como $CaCO_3$ [3]. Sin embargo, dichos valores están muy por debajo de 75 mg/l como $CaCO_3$ según la norma vigente establecida [8].

La dureza de magnesio de un agua es, por lo general, aproximadamente una tercera parte de la dureza total, siendo las dos terceras partes restantes dureza de calcio. El magnesio varía en forma típica entre (10 – 50) mg/l aproximadamente (40 – 200) mg/l como $CaCO_3$. En las muestras de agua cruda, sedimentada y filtrada estudiadas, se obtuvieron (0,78; 0,69; y 0,71) mg/l de Mg. Comparativamente son similares a los valores de Mg reportados [3], valores que son menores a 30 mg/l de Mg para la condición deseable, de acuerdo a las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable. Algo parecido a lo anterior se reporta en muestras de aguas sedimentadas y filtradas con 19 mg/l del ión cloruro (Cl-) y 12,30 mg/l del ión cloruro en agua cruda, valores que están por debajo de 250 mg/l de cloruro según las Normas de Calidad de Agua Potable [8].

Se practica el análisis del contenido de sulfato en el agua con el objeto de conocer su concentración debido a sus efectos fisiológicos catárticos en las personas y otros inconvenientes [9]. En la Tabla II se reportan (56,16; 36,16 y 19,83) mg/l de sulfato para muestras de agua cruda, sedimentada y filtrada. Significativamente estos valores encontrados están por debajo de 250 mg/l de sulfato de acuerdo a la Norma Vigente. De igual manera, se reportan valores promedio (0,24; 0,03; y 0,0) mg/l para el ión nitrato, en las muestras de aguas analizadas, que están por debajo del valor máximo de 45 mg/l de nitrato según NMX-AA-072-SCFI-2001 [8]. El Oxígeno disuelto (OD), puede deberse a aguas naturales que reciben desechos, filtros biológicos, sistemas de aireación con fines de purificación, laguna de oxidación e interviene en la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5,20) y como factor significante en los problemas de corrosión por aguas [10]. En el presente trabajo, se reportan los valores promedios (4,78; 5,47 y 5,07) mg/l para oxígeno disuelto en las muestras de agua cruda, sedimentada y filtrada que posiblemente pueda atribuirse a diversos factores como: ligeros diferenciales de incremento de temperatura, presión atmosférica, velocidad de oxidación biológica y baja solubilidad del oxígeno en las aguas [11].

Para el parámetro bacteriológico, se reportan (3, 53,1.50 y 0,00) de coliformes totales (NMP/100 ml), para la muestra de agua cruda proveniente de agua sedimentada de la Presa la Requena. En las muestras de aguas filtradas provenientes de la red de distribución no se detectó la presencia de coliformes totales (NMP/100 ml). Los valores de frecuencias de pH en muestras de agua cruda, sedimentada y filtrada de la Presa la Requena en Estado de Hidalgo México, respectivamente, permiten conocer las diferencias de pH entre los distintos sitios de muestreo para agua cruda, con un máximo de 6,78 unidades y una frecuencia

de 10. De tratamiento, el agua sedimentada presenta un contraste de pH 4,93 unidades, para la mayor frecuencia y para el curso filtración se rotula un pH 4,97 unidades con la mayor frecuencia de 15. Estas variaciones de pH señaladas desde el momento de entrada y salida del procesador son resultantes teóricamente a la baja alcalinidad < a 50 mg/l de HCO_3, responsable por tanto para que las aguas crudas alcancen un valor óptimo, además de la adición de cal requieren de un polielectrolito esencial [2], [11].

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos para: sólidos disueltos, CO_2, alcalinidad, dureza, calcio, magnesio, cloruro, sulfato, nitrato y oxígeno disuelto se encuentran en el rango de los valores permisibles de acuerdo a la Normas de Calidad de Agua Potable.

2. Las muestras de aguas sedimentadas y filtradas, presentan valores de pH con tendencia ácida y concentraciones mg/l Ca, CO_3,y NO_3 ligeramente incrementados por encima del valor de referencia a lo establecido en la Normas de Calidad de Agua Potable.

3. El descenso de carga bacteriana de coliformes fecales en muestras de aguas sedimentadas y la ausencia del índice coliforme en muestras de aguas filtradas establece que el sistema de tratamiento potabiliza el agua a escala aceptable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Craig, F. and P. Craig. Britain's Poisoned Water, Harmondsworth, Penguin Books, 1989, pp. 25 – 37.
2. Kiely, G. Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión, Madrid, Mc Graw Hill/Interamericana de España, 1999., pp. 593 – 666.
3. Mazor E. Appled Chemical And Isotopic Ground Hydrology. Estados Unidos de America. Halsted 1991
4. Herro, H. y Port, R. Guía Nalco para Análisis de Fallas en los Sistemas de Enfriamiento por Agua. Ciudad de México, Mc Graw Hill/Interamericana de México, 1995., pp. 159 – 183.
5. Brumblay R.V. Análisis Cuantitativo, México CECSA 1983.
6. Sawyer, C.; McCarty, P. 1996. Chemistry for Environmenntal Engineering. McGraww Hill New York
7. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19 th Edition, Washington, APHA, AWWA, WPCF, 1995, pp. 115 – 267.
8. Análisis De Agua – Determinación De Dureza Total En Aguas Naturales Residuales Y Residuales Tratadas _ Método De Prueba. NMX-AA-072-SCFI-2001
9. ASOCIACIÓN Nacional De Industriales. Manual de Caracterización de Aguas Residuales. ANDI, Medellin
10. Reynolds, T. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Boston, PWS - Kent Publishing, Company, 1982., pp. 42 – 81.
11. Kemmer, F. y McCallion, J. Manual de Agua Nalco, 1er Tomo, Ciudad de México, Mc Graw –Hill /Interamericana de México, 1998., pp. 6-13.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

REHABILTACIÓN DE UN SUELO SALINO SÓDICO EN EL EJIDO DE SANTIAGO TULYEHUALCO, DELEGACIÓN DE XOCHIMILCO, D. F.

Benjamín Miramontes-Flores; Jesús M. Tarín-Ramírez§; Rodolfo A. Perea-Cantero; Mario H. Alva-Reséndiz

Universidad Autónoma Metropolitana. Coyoacán, D.F. §Autor responsable: jesmantar1@yahoo.com.mx

RESUMEN

La salinidad ocupa una superficie alrededor de 1000 millones de hectáreas, localizadas principalmente en zonas áridas y semiáridas, los países más afectados son Australia, Argentina, Estados Unidos, China, Irán, India. La salinidad o la sodicidad representan quizá el problema más relevante de la degradación de los suelos agrícolas, al disminuir el número de cultivos por establecer y pérdidas porcentuales de rendimientos. En México, la SARH (1984 –1988) señala que la superficie afectada por salinidad supera los 7 millones de hectáreas, de ellas 520,000 ha son de riego. El objetivo de este trabajo fue encontrar el mejor tratamiento de lámina de lavado y ácido sulfúrico para, posteriormente, realizar un experimento en campo para la rehabilitación de un suelo salino sódico. Se tomaron muestras de agua y suelo en una parcela de pH 8.3, CEe=11.3 dS/m, PSI 28.8 y RAS 28.3. Este último valor se disminuyó a 14. Se probaron 5 niveles de acido sulfúrico (AS): 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 y 1.1 mL, aplicados con seis láminas de lavado: 25, 35, 45, 55, 65 y 75 cm de agua de tercera clase (0.940 dS/m). La CEe disminuyó con el incremento de láminas de lavado y aumentó con la aplicación del AS. El RAS disminuyó 66% respecto al valor inicial para la lámina de 25 cm y 0.3 mL de AS y 91.1% para la lámina de 75 cm y 0.9 mL de AS. El PSI disminuyó 96.4% para la lámina de 75 cm y 0.9 mL de AS.

Palabras clave: Rehabilitación de suelos, suelos salinos sódicos, ácido sulfúrico, lavado de sales.

INTRODUCCIÓN

La salinidad o la sodicidad representa en la actualidad uno de los grandes problemas de la degradación de los suelos agrícolas, recurso fundamental para la producción de alimentos. Esto se refleja en una reducción del número de cultivos por establecer y pérdidas porcentuales en el rendimiento, dependiendo del cultivo, tipo y concentración de sales (Bernstein, 1974; Mass-Hoffman, 1977; Pizarro, 1985; Mkenzie, 1993; Obregón *et-al* 1993-1996; Porta *et al*., 2003). Éste problema de los suelos, también conocido como ensalitramiento de tierras, se genera primordialmente por una condición de génesis del suelo. Sin embargo, en mucho ha contribuido para el incremento de esta problemática el factor antrópico. En México, el

inventario de las tierras agrícolas afectadas por salinidad, considera una superficie cercana a los siete millones de hectáreas, de las cuales más de medio millón corresponde a tierras agrícolas con riego (SARH, 1984-1988). La salinidad y el ensalitramiento de las tierras no es una condición exclusiva de México; a nivel mundial se reportan alrededor de 1000 millones de hectárea afectadas localizadas principalmente en zonas áridas y semiáridas: Entre los países más afectados sobresalen: Australia, Argentina, Estados Unidos, China, Irán, India (Ortiz 1997). Para revertir esta problemática, en los últimos 50 años, en México y en otras partes del orbe, se han desarrollado y propuesto diversas metodologías y formulas empíricas, sin que a la fecha se registren cifras significativas que indiquen la reversión del problema, mas aun se tienen evidencias de su incremento. En este contexto se inserta el presente trabajo realizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, utilizando suelo y agua de riego del ejido de Santiago Tulyehualco, Municipio de Xochilmilco, situado al sureste del D. F. Se propone generar información técnica que permita derive, en el establecimiento de un experimento bajo condiciones de campo en las tierras agrícolas del ejido referido.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la Unidad de Servicios de Análisis y de Diagnóstico (USAD) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, utilizando suelo agrícola del ejido de Santiago Tulyehualco y agua de riego del Canal de Cuemanco. La parcela punto de muestreo se localiza en Tulyehualco, Delegación Xochimilco, al Sureste del Distrito Federal, en las coordenadas geográficas 19°15'33" N y 99°02'15" O, a una altitud de 2200 m.

Los análisis físicos y químicos se realizaron por triplicado conforme lo dicta la Norma Oficial Mexicana NOM-21 (SEMARNAT, 2000). El análisis del agua se realizó al día siguiente del muestreo y se determinaron cationes (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}) y aniones (CO^{3-}, HCO^{-}, Cl^{-} SO^{4-}), pH, CEe y se estimaron las variables de Relación de Adsorción de Sodio (RAS) y Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI): Para el caso del suelo también se realizó Da y %Hsat.

Las láminas de lavado se estimaron con base a un ensayo preliminar, tomando como lámina de lavado base 41.3 cm, adicionándose sub-láminas de 4.8 cm en dos ocasiones, quedando: (M1=41.3 cm, M2=46.1 cm, M3=50.9 cm) con cuatro replicas cada una. Considerando que la lámina de lavado de 50.9 cm, fue la que mostró mayor eficiencia en la disminución media de sales (CEe=3.03 d/S/m), se tomó como referencia

probándose las siguientes 6 láminas de lavado: L1=25 cm, L2=35 cm, L3=45 cm, L4=55 cm, L5=65 cm, L6=75 cm.

La determinación de la cantidad teórica del mejorador químico ácido sulfúrico (H_2SO_4), se realizó con base al RAS inicial del suelo (28.41) y la demanda de Calcio más Magnesio para disminuirlo a un valor menor de 15. Así se calculó un requerimiento de 23.5 Cmol(+) kg^{-1} de Ca^{2+}+Mg^{2+} estequiometricamente neutralizados con 0.7 mL de H_2SO_4. Con base a este valor se probaron 5 niveles: M1=0.3 mL, M2=0.5 mL, M3=0.7 mL, M4=0.9 mL, M5=1.1 mL, de acido sulfúrico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos estudiados clasifican como salinos sódicos, al mostrar una CEe=11.3 (dS/m), PSI=28.8 y pH básico (8.3), lo que indica que en esas condiciones sólo pueden prosperar cultivos resistentes y muy resistentes (Cuadro 1). La calidad del agua es de C3S1 [CE=0.94 (dS/m) y RAS=7] pH=7.01 concentración efectiva de sales que la clasifica de mala calidad y condicionada por el contenido de cloruros (Cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis físico y químico del suelo de Tulyehualco, D.F.

Determinación	R1	R2	R3	Promedio
pH	8.7	8.1	8.1	8.3
CEe (dS/m)	12.0	12.0	10.0	11.3
Da (Mg m^3)	0.92	0.97	0.95	0.95
Na^+(Cmol (+)kg^{-1}	165.2	165.2	165.2	165.2
Ca^{+2+}(Cmol (+)kg^{-1}	24.96	27.04	24.96	25.65
Mg^{2+}(Cmol (+)kg^{-1}	43.68	39.52	43.68	41.96
K^+(Cmol (+)kg^{-1}	1.89	1.89	1.89	1.89
CO^{3-} (Cmol (+)kg^{-1}	2.2	2.0	2.0	2.1
HCO^- (Cmol (+)kg^{-1}	43.25	32.95	36.65	37.62
SO_4^{2-}(Cmol (+)kg^{-1}	15.79	15.12	15.12	15.34
RAS**	28.20	28.64	28.20	28.35
PSI***	28.74	29.07	28.74	28.85
%HSat.	115.1	117.2	104.1	112.42

*La elevada presencia de materia orgánica y la liberación de ácidos húmicos en el coloide de suelos propicia que la suma de cationes y aniones no coincidan; **RAS=$[Na/(Ca +Mg)/2]^{0.5}$; *** PSI= 100 (0.01475RAS – 0.0126)/1 + (0.012675RAS-0.0126)

Los resultados de los análisis de pH, CEe, RAS y PSI después de aplicar las láminas de lavado y los niveles de acido sulfúrico se señalan en el Cuadro 3. En éste cuadro se observa que el pH en general

mostró valores neutros (6.6-7.3), ligeramente superiores para la aplicación de 0.7, 0.9 y 1.1 mL., mientras que para los niveles

Cuadro 2. Análisis físico y químico del agua de riego del Canal de Cuemanco.

Determinación	R1	R2	R3	Promedio
pH	7.0	7.0	7.0	7.0
CEe (dS/m)	0.96	0.92	0.94	0.94
Na^{+}(Cmol (+)kg^{-1}	25.2	29.5	27.8	27.5
Ca^{+2+}(Cmol (+)kg^{-1}	14.56	12.48	13.52	13.52
Mg^{2+}(Cmol (+)kg^{-1}	10.40	24.96	17.68 17.68	
K^{+}(Cmol (+)kg^{-1}	0.41	0.36	0.41	0.39
CO^{3-} (Cmol (+)kg^{-1}	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO^{-} (Cmol (+)kg^{-1}	2.35	2.25	2.25	2.28
SO_4^{2-}(Cmol (+)kg^{-1}	13.78	13.78	13.44	13.66
Cl^{-} Cmol (+)kg^{-1}	1.97	1.48	1.97	1.81
RAS**	7.13	6.92	7.04	7.03
PSI***	8.48	8.09	8.36	8.30

** La elevada presencia de ácidos húmicos en esta agua propicia que la suma de cationes y aniones no coincidan; **RAS=$[Na/(Ca +Mg)/2]^{0.5;}$ *** PSI= 100 (0.01475RAS – 0.0126)/1 + (0.012675RAS-0.0126).

de 0.3 y 0.5 el pH fue menor de 7.0. La conductividad eléctrica disminuyó de manera directa con el incremento de la lámina de lavado, con valores alrededor de 4 y menores para las láminas de 65 y 75 cm, respectivamente. En todas las combinaciones de tratamientos, La RAS y el PSI disminuyeron considerablemente con relación a los valores iniciales (RAS=28.3 y PSI=28.8), siendo manifiesto a partir de la lámina de 45 cm y 0.7 mL de ácido sulfúrico.

CONCLUSIONES

1) Los tratamientos aplicados de láminas de lavado combinados con diferentes niveles de ácido sulfúrico disminuyó el pH de 8.3 a valores neutros (6.6 – 7.3); condición favorable para la mayoría de los cultivos establecidos en la zona: maíz, haba, amaranto, calabaza, brócoli, etc.

2) El contenido de sales solubles disminuyó con la aplicación de las láminas de lavado con valores cercanos a 4 dS/m y por debajo de este a la aplicación de las láminas 65 y 75 cm, respectivamente, con leves variaciones de acuerdo a los niveles de ácido sulfúrico. Comportamiento similar mostraron la RAS y el PSI los cuales, en términos generales, disminuyeron a valores que no significan un riesgo a los cultivos establecidos en la zona de estudio.

3) Con base a los resultados se encontró que, para el experimento en campo, conviene considerar la lámina de lavado de 65 cm y aplicaciones de ácido sulfúrico entre 0.5 y 0.7 mL.

Cuadro 3. Valores promedio de las determinaciones químicas del suelo de Tulyehualco, D.F., tratado con láminas de lavado (cm) y H_2SO_4.

Determinación/ Ácido sulfúrico (mL)	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1
		25 cm			
pH	7.18	7.10	6.70	6.74	6.77
CEe	8.00	9.33	10.40	11.00	9.60
RAS	9.58	10.34	8.98	9.58	10.12
PSI	11.40	12.27	10.71	11.08	12.09
		35 cm			
pH	7.03	7.29	6.83	6.67	6.91
CEe	7.44	7.50	6.86	7.06	6.63
RAS	7.61	9.60	7.62	8.13	5.68
PSI	9.06	11.42	9.07	9.69	6.64
		45 cm			
pH	7.16	7.18	6.78	6.58	6.89
CEe	5.10	6.26	5.53	5.60	5.43
RAS	6.06	7.98	4.66	4.68	3.96
PSI	7.13	9.51	5.32	5.34	4.39
		55 cm			
pH	7.15	7.24	6.80	6.67	6.91
CEe	4.76	5.94	4.50	5.03	4.10
RAS	5.81	6.64	3.55	3.31	2.99
PSI	6.81	7.86	3.82	3.49	3.05
		65 cm			
	7.15	7.25	6.82	6.72	6.96
pH	3.80	4.30	3.80	4.43	3.76
CEe	5.00	7.01	3.23	2.60	2.65
RAS	5.76	8.32	3.38	2.51	2.59
PSI	5.76	8.32	3.38	2.51	2.59
		75 cm			
pH	7.31	7.23	6.79	6.67	6.91
CEe	2.70	3.90	3.43	3.76	3.01
RAS	3.92	3.82	2.48	1.53	1.95
PSI	4.33	4.19	2.34	0.99	1.60

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernstein, L. 1974. Crop growth and salinity drainage for agriculture. Agronomy 17:39-54.

E. V. Maas and G. J. Hoffman, 1977. Crop salt tolerance. Journal of the Irrigation and Drainage103(112): 115-134.

Mckenzie D. C. *et-al*. 1993. The Nature, Distribution and Management of Sodic Soil in New South Wales. Australian Journal of Soil Research 31(6): 839-868.

Obregón, S. A. y Rosa A. G. 1996. Muestreo. En Salinidad: un nuevo concepto (5). Universidad de Colima. Colima, México. pp. 30-34

Obregón, S. A. y Rosa A. G. 1993. Salinidad: Conceptos. En Salinidad: un nuevo concepto (9). Universidad de Colima. Colima México. pp. 21-29

Ortiz M. 1997. Distribución y Extensión de los Suelos Afectados por Sales en México y el Mundo. Departamento

Porta, J., López- Acevedo R. M., Roquero de Laburu, C. 2003. Edafología Para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. pp. 254, 929-931.

Pizarro, F. 1985. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos. Ed. Agrícola Española, S. A. Madrid España.

Porta Jaime *et-al.,* 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España. 929 p.

Secretaría de Agricultura de Recursos Hidráulicos. 1984-1988. Jerarquización de los Principales Distritos de Riego, Afectados por Sales. México, D. F.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. 23 de Abril de 2003. México. 84 p.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

UTILIZACIÓN DE LEVADURAS COMO PROCEDIMIENTO DE BIOREMEDIACIÓN INICIAL DE AGUAS RESIDUALES DE PLANTA PROCESADORA AGROINDUSTRIAL

Rodolfo Alberto Perea Cantero; Mario Héctor Alva Reséndiz; §Jesús Manuel Tarín Ramírez; José Luis Sánchez Ríos; Ivonne Barrera Jiménez.

Universidad Autónoma Metropolitana.Unidad-Xochimilco. §Autor responsable: jemantar1@yahoo.com.mx

RESUMEN

Existen dos estrategias para ayudar a un ecosistema a remediarse: La primera es agregar nutrientes para estimular las poblaciones naturales y así aumentar su actividad y la segunda es introduciendo microorganismos exógenos dentro del ecosistema como forma de remediación. En este último caso se pueden emplear microorganismos genéticamente modificados haciéndolos más eficientes en la biorremediación. Seleccionamos la utilización de levaduras como procedimiento de biorremediación inicial. Se obtuvo una alícuota de 60 L de agua de una planta procesadora agroindustrial, sometida a una primera filtración, con la finalidad de reducir la carga orgánica al mínimo, se procedió a tomar el valor de DBO, DQO, COT y pH, para control del proceso. Se aclimató el inoculo conservándolo en harina de maíz humedecido con solución de melaza al 1% conteniendo las cepas de levadura *Torula, Rhodotorula, Monilia, Sacaromyces*. En estos ambientes se desarrollaron cepas formadoras de limo principalmente *Torula, Rhodotorula, Monilia, Sacaromyces* propuestas en este proceso y bacterias filamentosas. Para este tipo de aguas residuales es muy ventajoso y económico éste tipo de tratamiento (aeróbico fermentativo) a partir de levaduras ya que por su alto contenido en celulasas**,** amilasas, proteasas, etc., se logra abatir en un mínimo de tiempo el contenido de materia orgánica soluble y suspendida, abatiéndolas en forma rápida y apropiada, ya que los productos finales de éste procedimiento, son siempre alcoholes y ácidos orgánicos, CO_2 y agua sin producir los malos olores característicos de la fermentación anaeróbica.

Palabras clave: Bioremediación, levaduras, aguas residuales.

INTRODUCCIÓN

La biorremediación puede ser definida como el uso de organismos vivos, componentes celulares y enzimas libres, con el fin de realizar una transformación parcial, por medio de la humificación de los residuos o de agentes contaminantes[13,17] y una alteración del estado redox de sus metales. Históricamente, el compostaje fue una forma primitiva de biorremediación, en donde los residuos, por ej. derivados de la

recolección domiciliaria (restos orgánicos, inorgánicos, residuos industriales, etc.) son incluidos en contenedores permitiendo que puedan ser biodegradados por microorganismos[1]. Los factores que gobiernan la biorremediación son complejos y pueden variar enormemente dependiendo de la aplicación[1,3]. En muchos casos puede llegar a ser difícil distinguir entre los factores bióticos y abióticos que contribuyen con la biorremediación[9].

La biorremediación es un fenómeno común en la naturaleza cuando en un ambiente o ecosistema se produce una alteración del equilibrio, como un aumento considerable de materia orgánica en el agua[14]. En este caso, los factores físicos y bióticos tratan de reponer el daño y se produce entonces un aumento de organismos saprófitos, los cuales ocasionan una gran mineralización de la materia, favoreciendo además que el resto de esa materia pueda ser reciclada[6,11,2]

Cabe remarcar que cuanta más diversidad biológica exista en un ecosistema con mayor eficiencia podrá autodepurarse[15]. Las técnicas de biorremediación pueden ser clasificadas según el tratamiento y a la fase usada. Si el sitio permanece prácticamente inalterado durante el tratamiento y la biorremediación es *in situ.* En general existen dos estrategias para ayudar a un ecosistema a remediarse: La primera es agregar nutrientes de forma de estimular las poblaciones naturales y así aumentando su actividad y la segunda es introduciendo microorganismos exógenos dentro del ecosistema como forma de remediación[19,12]. En este último caso con las nuevas técnicas de la ingeniería genética se pueden emplear microorganismos genéticamente modificados haciéndolos más eficientes en la biorremediación[10, 5].

En los alrededores de la Ciudad de México se vierten aguas residuales a canales, que no cuentan con una barrera física para impedir la infiltración de contaminantes hacia el subsuelo. Debido a que los acuíferos regionales que abastecen de agua la zona se encuentran bajo de dichos canales, se realizó un estudio para proponer el tipo de biorremediadores biológicos para el tratamiento de las aguas residuales de las diversas agroindustrias, sobre todo las recicladoras de papel que, en mayor número, operan causando cambios en la calidad biológica del agua, el tratamiento del agua es actualmente una necesidad inaplazable en el Valle de México, dados los grandes volúmenes de agua que se manejan, así como el impacto ambiental que estas representan, por el alto grado de contaminación del agua, suelo y aire[7,4,8].

Desde el punto de vista técnico, no existe limitación alguna para tratar este tipo de aguas, y bastaría una planta de tratamiento sencilla para abatir el impacto ambiental de estas agroindustrias[8]. En nuestro, seleccionamos como modelo de la utilización de levaduras como procedimiento de bioremediación inicial

dada la pertinencia del problema de las aguas residuales, ya que puede ser un factor limitante del desarrollo social por su gran impacto medo ambiental. En dicho modelo esperábamos poder desarrollar un control efectivo de la emisión de malos olores, y reducir substancialmente el tiempo de retención, que son los problemas que enfrenten este tipo de sistema de descontaminación biológica.

El agua es líquido vital para el sustento y el desarrollo de la humanidad, presentando cada vez un mayor problema de obtención por su escasez en cantidad y en calidad, debido al uso indebido que se le ha dado tanto en consumo como en su contaminación. El agua se contamina en procesos de fabricación por el contacto con otras sustancias, en ocasiones siendo descargada en fuentes naturales como son lagos, ríos, arroyos, inclusive el suelo, afectando la calidad del agua en los mantos acuíferos, someros y profundos, fuentes principales de abasto de muchas poblaciones de nuestro país y de muchos otros.

En la actualidad, se ha empezado a desarrollar una cultura del cuidado del agua reduciendo su desmedido consumo al evitar contaminarla o bien al darle tratamiento darle a las aguas residuales para reciclarlas. Por esta razón, el Proyecto Cepario de ésta Universidad partícipe de la cultura medio ambientalista y en su colaboración en el manejo y conservación de cepas bacterianas, desarrolla una técnica microbiológica para el tratamiento de aguas residuales con alta carga orgánica. Y se ha precisado como objetivo particular, el tratar de buscar, desarrollar y proponer biotecnologías viables para el tratamiento de agua residual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las aguas residuales son materiales derivados de la actividad industrial, residuos domésticos y agropecuarios, los cuales por razones de salud pública no pueden ser vertidas a los cursos de aguas corrientes o lagos. A pesar de las recomendaciones y ordenanzas en los últimos años, los ambientes naturales han recibido un creciente aporte de efluentes industriales y domésticos, que han llevado al deterioro de muchos cursos de agua haciéndolos incompatibles con la vida. Aquellos materiales tóxicos o indeseables deben ser tratados para hacerlos inocuos, los materiales inorgánicos como sedimentos u otros residuos pueden ser tratados por procesos físico-químicos, pero los residuos con una carga orgánica importante deben sufrir un tratamiento microbiológico para su oxidación. El tratamiento de desechos generalmente involucra etapas múltiples de tratamiento físico y biológico[6,3].

Tratamiento primario. Consiste en separaciones físicas, en la que el agua se hace pasar por una serie de mayas para eliminar residuos mayores y luego el efluente se deja asentar para permitir que los sólidos suspendidos sedimenten. El Tratamiento secundario involucra procesos que reducen la demanda bioquímica de oxigeno (DBO) de los desechos originales, antes de verterlos a los cursos de aguas. Consta de los siguientes procesos: a) Anaeróbico, que comprende la digestión y fermentación, básicamente realizada por bacterias. El resultado final es la producción de CO_2 y CH_4, con lo que se logra una disminución del contenido de sustancia orgánica[2,2,17,18]. La descomposición anaeróbica se suele usar para el tratamiento de materiales con mucha sustancia orgánica insoluble como celulosa, fibra, etc.[2,16].

El proceso puede ser resumido de la siguiente forma:

1) Digestión inicial de las macromoléculas por proteasas, polisacaridasas y lipasas extracelulares hasta sustancias solubles.

2) Fermentación de los materiales solubles hasta ácidos grasos.

3) Fermentación de los mismos a acetato, CO_2 y H_2.

4) Formación de CH_4 a partir de H_2, CO_2 y acetato.

Por consecuencia se obtuvo una muestra de agua de una planta procesadora agroindustrial, alícuota de 60 L y se procedió a una primera filtración, a través de una malla metálica, para retirar los restos de material flotante y suspendido. Con la finalidad de reducir la carga orgánica al mínimo, se procedió a tomar el valor de DBO, DQO, COT y pH, para control del proceso.

Se montó un equipo para la aclimatación del inoculo (Figura 1). El inóculo se conservó en harina de maíz humedecido con solución de melaza al 1%, conteniendo las cepas de levadura *Torula, Rhodotorula, Monilia, Sacaromyces*.

Se aplica el inóculo al agua, en donde se controla la temperatura y se adiciona oxigeno con una bomba de aire. En la parte superior se coloca otro recipiente con una cantidad de agua de proceso que se va adicionando lentamente; después de 12 h de incubación, aparece lentamente un precipitado lodoso (Figura 2) y lentamente se aumenta la velocidad de alimentación y se disminuyen los tiempos de retención hasta obtener tiempos de 12 a 20 h, según la formación de sedimento en el tanque (biomasa).

Cuando se obtienen estos valores, consideramos que el inóculo se ha aclimatado a este tipo de agua en particular y se procede a inocular el reactor con 40 L de agua y 200 mL (Figura 2). Enseguida se inyectar

aire y se controla la temperatura a 25 °C y se ajusta el pH de 7.4 a 7.6 con polvo de $CaCo_3$. El proceso se mantiene por 24 a 48 h y se toman alícuotas para controlar las variables DBO, DQO, COT y pH (Figura 3).



Figura 1. Tratamiento biológico de lodos activados.

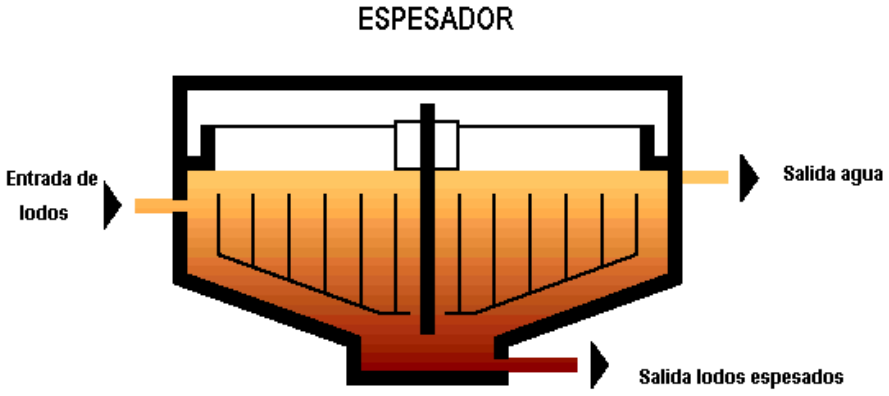


Figura 2. Sistema de descontaminación biológica de aguas residuales.

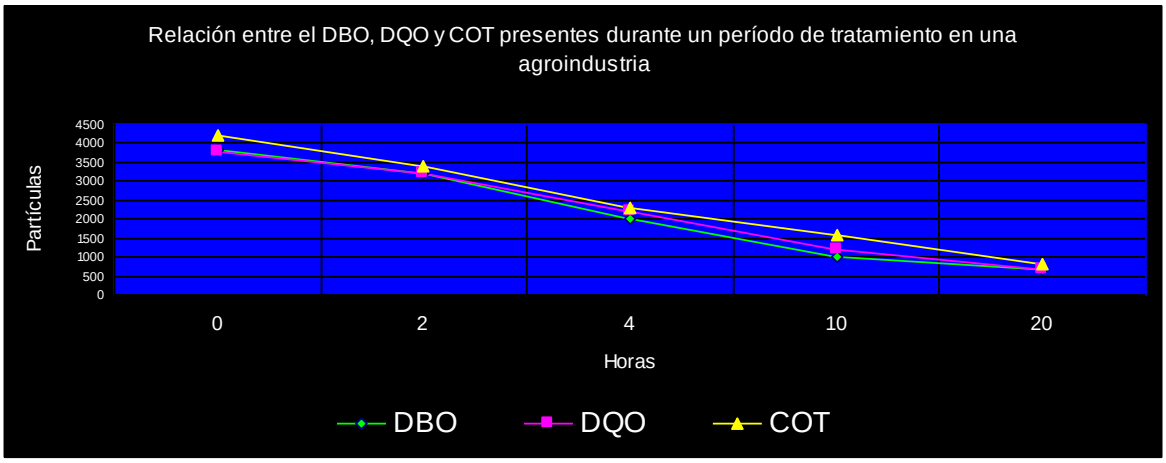


Figura 3. Relación entre el DBO, DQO y COT, presentes durante un período de tratamiento en una agroindustria

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra, tal como fue colectada en el cárcamo de la empresa, contenía gran cantidad de restos orgánicos en suspensión, los que fueron retirados por sedimentación. La filtración nos proporciona una muestra homogénea, turbia, con olor *sui generis*. Se determinaron sus variables iniciales, el control de la temperatura de reacción es muy importante. Se inyectó aire mediante dos bombas de aireación durante todo el proceso, tomando alícuotas y control de pH cada 12 h durante 48 h, al cabo del cual se suspendió la inyección de aire y se realizó una inspección organoléptica para apreciar la presencia de malos olores, observando que no se presentan, solo un ligero olor alcohólico agradable. Después se procedió a filtrar la muestra con un filtro de arena fina, para apreciar la turbidez o la presencia de materia orgánica en suspensión, notándose una disminución de hasta un 98% en la turbidez y presencia de materia orgánica, lo que se presenta en forma de sedimentos que se separan durante la filtración. En cuanto a la materia orgánica soluble, ésta se presenta disminuida hasta en un 99%; la presencia de ácidos orgánicos en proporción de un 0.002%, que no afecta el pH final. Con los resultados obtenidos, se construyó el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valor en tiempo de los coeficientes fisicoquímicos de oxígeno (CFO).

CFO/Tiempo (h)	Inicial	12	24	36	48
DBO (mg/L)	3800	3000	1600	520	350
DQO (mg/L)	1400	1200	800	600	120
COT (mg/L)	4200	3400	1300	570	120
pH	8.2	7.4	6.8	7.1	7.1

La formación de metano es llevada a cabo por un grupo de microorganismos anaeróbicos obligados muy especializados, las cepas metanogénicas, Los procesos de descomposición operan en forma semicontinua en los recipientes cerrados (digestores) , dentro de los cuales se introduce el material no tratado y del cual se retira el material ya tratado a intervalos. El tiempo de retención en el digestor fue de 2 semanas. Posteriormente el residuo sólido el cual está formado por material indigerible y masa bacteriana, que se elimino.

Proceso aeróbico: En el sistema aeróbico de tratamiento del material activado. Las aguas de desecho se mezclaron y airearon en un tanque con el fin de acelerar el proceso de degradación [17]. En estos ambientes se desarrollaron cepas formadoras de limo principalmente las cepas de levadura *Torula, Rhodotorula, Monilia, Sacaromyces* propuestas en este proceso y bacterias filamentosas.

El tiempo de permanencia del residuo en los recipientes de material activado es de 5 a 10 horas el cual fue demasiado corto para la oxidación total del mismo. El proceso principal es la adsorción de los materiales solubles al material celular microbiano. Esto permite una reducción de la DBO del líquido (de 75 a 90%), pero la DBO general (líquido + sólido) se reduce muy poco. La gran reducción de la DBO se produce en el digestor anaeróbico, al cual se transfiere el agregado. La calidad final de las aguas residuales es tal que no llega a sostener un desarrollo microbiano extensivo.

CONCLUSIONES

Para este tipo de aguas residuales es muy ventajoso y económico el tratamiento aeróbico-fermentativo a partir de levaduras, ya que por su alto contenido en celulasas, amilasas, proteasas, etc., se logra abatir en un tiempo mínimo el contenido de materia orgánica soluble y suspendida, abatiéndolas en forma rápida y apropiada, ya que los productos finales de éste procedimiento son alcoholes, ácidos orgánicos, CO_2 y agua sin producir los malos olores característicos de la fermentación anaeróbica, si a esto agregamos un tiempo de retención menor, que significa instalaciones de menor tamaño más compactas y de menor costo, por lo que no existe razón para no darlo a esta aguas y evitar así la contaminación de ríos y causes.

Se sugiere este tratamiento primario aeróbico para eliminar de manera rápida los azúcares y carbohidratos solubles, o en suspensión, con lo que se obvia la fermentación libre, que produce malos olores

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Senior, E. and Balba, M. T. M. 1990. Refuse decomposition. *In*: Senior, E. (ed.) Microbiology of Landfill Sities. CRC Press, Boca Raton, FL, 18-57.
2. Franck N. Kenner. 1989. Tomo II. Capítulo 23 – 7, 28 – 10, Edit. Mc Graw-Hill. New York.
3. Armenante Piero M. 1997. Biotratamiento de residuos tóxicos y peligrosos.. Ed. Mc Graw – Hill. España. pp. 67
4. Moletta, René. 1993. La Digestion Anaérobie du Plus Petit au Plus Grand. Biofutur – Janvier
5. Metcalf and Eddy inc. 1991. Water engineering: treatment, dispossal and reusse, 3th Edition by G. T. Chobonoglous and F.I. Burton. Mc Graw – Hill. New York.
6. Okon, Y. and Hadar, Y. 1987. Microbial Inoculants as Crop-Yield Enhancers. CRC Crit. Rev. Biotechnol. 6:61-85.
7. Echenfelder, W.W. Jr. 1989. Industrial Water Polution Control. Mc Graw-Hill. New York.
7. Echenfelder, W.W. Jr. 1989. Process, Selection Criteria for biological treatment of industrial wasted water. Environ Progress 8 (1): 40-45.
8. Gradey, C.P.L. Jr, and H.C. Lynn. 1980. Biological wasted water treatment. Marcel Dekker. New York.
9. Prokov, A.P. Junik, M. et al. 1983. Hidrodinamics, mass transfer and yeast culture berformance of a column bioreactor with ejector biotechnology. Bioengineering 25: 1147-1160.
10. Morris Levin, Michael A. Gealt. 1997. Biotratamiento de Residuos Tóxicos y Peligrosos. Mc Graw – Hill. New York. pp. 87 – 99.
11. Volk CJ, LeChevallier MW. 1999. Impacts of the reduction of nutrient levels on bacterial water quality in distribution systems Appl Environ Microbiol. 65(11): 4957-4966
12. Lamed R., Setter E, Bayer, E.A. 1983. Characterization of a cellulose-binding cellulase conteining complex in *Clostridium thermocellum* J. Bateriol. 156: 828-836
13. Klein, T., M. Alexander M. 1986. Bacterial inhibitor in lake water. Appl. Environ Microbiol. 52: 114-118
14. Pettigrew, C.A., Breen A., Corcoran C., Saylor, G.S. 1990. Cholrinated biphenyl mineralization by individual populations and consortia of freshwater bacteria. Appl. Environ Microbiol. 56: 2036-2045.
15. Rhee, G.Y., Bush, B., Brown, M.P., Kane, M., Shane, L. 1989. Anaerobic biodregadation of polychlorinated biphenyls in Hudson River sediments and dredged sediments in clay encapsulation. Wat. Res. 23: 957-964.
16. Silvestre, M. 1980. Isolation method for bacterial isolates capable of growth on *p*- chlorobiphenyl. Appl. Environ Microbiol. 39: 1223-1224.
17. Van Dort, H.M., Bedard, D.L. 1991. Reductive *ortho* and *meta* dechlorination of a polychlorinated biphenyl congener by anaerobic microrganisms. Appl. Environ Microbiol. 57: 1576-1578.
18. Yagi O., Sudo R. 1980. Degradation of polychlorinated biphenyls bymicrorganisms. Water. Polln. Control Fed. J. 52: 1035-1043.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS POR EROSIÓN HÍDRICA EN LA REGIÓN DE PARRES, TLALPAN, D.F.

Jesús M. Tarín Ramírez§; Matilde Borroto P.; Gilberto V. Correa; Reyna R. Cristian; Rodolfo A. Perea Cantero

Universidad Autónoma Metrepolitana-Xochimilco. México, D.F. §jesmantar1@yahoo.com.mx

RESUMEN

La erosión es uno de los problemas ambientales que más debiera preocupar a científicos, gobernantes y ciudadanos, y es prácticamente irreversible a escala humana. Conseguir que un desierto vuelva a ser fértil, es una tarea de siglos o milenios. La erosión adelgaza el horizonte superficial del suelo y arrastra los sedimentos a las partes más bajas, lo que provoca pérdidas en el contenido de materia orgánica, nutrimentos, deterioro de las propiedades físicas y disminución de la capacidad productiva del suelo. Sus causas son uso y manejo inapropiado de los agroecosistemas, explotación destructiva de bosques, sobrepastoreo y labranza. En México 88.12 millones de hectáreas (45% de la superficie nacional) acusa problemas de degradación, causada por la intervención del hombre; de ésta, 26 % ocurre por erosión hídrica. El objetivo del trabajo fue evaluar en forma directa la erosión hídrica en dos parcelas (1.5 y 2.5 ha). El trabajo se realizó en tierras ejidales de Topilejo Parres, Delegación Tlalpan, D.F. Se colocaron 32 clavos de 25 cm de longitud (17 para la parcela 1 y 15 en la parcela 2) y se tomaron en zig-zag nueve muestras de suelos de 0 a 30 cm. Se determinó el porcentaje y la dirección de la pendiente. La erosión hídrica observada durante cinco semanas (17 de junio al 15 de julio) fue de 15.7 t/ha en la Parcela 1 y 250.2 t/ha, clasificada como de erosión moderada y muy fuerte, respectivamente.

Palabras clave: Degradación, desertificación, estimación directa de la erosión hídrica.

INTRODUCCIÓN

México ha enfrentado en los últimos 50 años un acelerado proceso de desertificación o degradación de sus recursos y es sin duda esta, quizá la manifestación más directa de la pérdida de la sustentabilidad. La degradación es un proceso que afecta la capacidad actual y potencial del suelo para producir (cuantitativa y cualitativamente) bienes o servicios y reconoce como procesos: La erosión, la salinidad, la degradación química física y biológica, (FAO 1980, Mabbut 1984). La erosión es uno de los problemas ambientales que

más debiera preocupar a los científicos, gobernantes y ciudadanos del mundo en general y México en particular. Sus consecuencias son catastróficas y buena prueba de ello es el crecimiento de los desiertos. La erosión una vez que alcanzado el punto culminante de su evolución es prácticamente irreversible a escala humana. Conseguir que un desierto vuelva a ser suelo fértil, es una tarea de siglos o milenios. La erosión adelgaza el horizonte superficial del suelo y arrastra los sedimentos a las partes más bajas, provocando pérdidas en el contenido de materia orgánica, nutrimentos, deterioro de las propiedades físicas y disminución de la capacidad productiva del suelo. Las causas de la erosión del suelo es el uso y manejo inapropiado de los agroecosistemas que en términos generales, comprenden la explotación destructiva de los bosques, el sobrepastoreo y la labranza el uso agrícola en el sentido de la pendiente, Hudson (1983). Para evaluar la pérdida del suelo se han desarrollado diversas metodologías: 1) Métodos directos: Cuantificación por salpicadura, establecimiento de cadenas representativas entre dos puntos, colocación de estacas en secciones transversales en cárcavas, colocación de lotes de escurrimiento, observación y medición de la perdida de los horizontes y colocación de clavos con rondanas, Anaya et al (1988); Porta et al (2003) y 2) Métodos indirectos predictivo: Ecuación universal de las perdidas del suelo: EUPS-Wischmeir y Smith, (1965). En este trabajo se evalúo únicamente la pérdida de suelo en forma directa mediante el método de clavos con rondanas y los contenidos de materia orgánica nitrógeno, fósforo y potasio. Se colocaron 32 clavos de 25 cm., de longitud distribuidos en dos parcelas: (parcela 1 sup. 1.5 ha., 17 clavos y parcela 2 sup. 2.5 ha., con 15 clavos), se tomaron en zig-zag 9 muestras de suelos de 0 a 30 cm. En general los suelos son ácidos, de texturas arena fina, densidad aparente menor a uno, bajos en materia orgánica, potasio y fósforo disponible y medio en N-NO3. para los cultivos establecidos en la zona: maíz, alfalfa y avena (SEMARNAT 2002). La erosión hídrica observada para un periodo de 5 semanas (17 de junio al 15 de julio), fue de 15.7 ton/ha., en la parcela 1 y de 250.2 ton/ha., clasificada como moderada y muy fuerte respectivamente, (Wischmeir & Smith 1969). Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar en forma directa la erosión hídrica en dos parcelas (1.5 ha y 2.5 ha).

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio, se localiza en el Ejido de Topilejo, comunidad de Parres, Delegación Tlalpan D.F., entre las coordenadas 19º 3.6’ 32.25’’ Lat. N y 99º 6’ 8.20’’ Long. W a una altitud de 3142 msnm (Figura 1). Las parcelas colindan al Norte con el volcán Oyameyo, al Sur con el volcán Cuespalapa, al Oeste con el volcán Pelón y al Este con el volcán Ocopiaxco INEGI (1997). La vegetación natural son especies de pino,

encinos y abetos, son suelos con una estructura de débil consistencia, suelta y sujetos a fácil respuesta a los procesos de erosión. Presenta un clima sub-húmedo, semifrío, temperatura media anual entre 5º y 12 ºC. La precipitación media anual es de1164.2 mm, el 76% de ella se manifiesta de junio a septiembre (Figuras 1 y 2).



Figura 1. Vocación natural de la zona (Vegetación pino-encino).



Figura 2. Localización de la zona de estudio.

Se delimitó una superficie de 4 ha y se dividió en dos sub-parcelas: Parcela 1 (1.5 ha, y 4% de pendiente media) y parcela 2 (2.5 ha, y 8.5 % de pendiente media). Se tomaron al azar nueve muestras georefenciadas de suelos a 30 cm, de profundidad (cinco muestras de la parcela 1 y 4 de la parcela 2) y se determinó: Da, Textura, MO, K, $N\text{-}NO_3$ y fósforo disponible. La erosión se evalúo con el método directo de clavos con rondanas. Se colocaron 32 clavos georreferenciadamente de 25 cm de longitud (17 para la parcela 1 y 15 para la parcela 2), con dobleces de 5 cm, en ángulo de 90º en uno de sus extremos, colocándoles una marca que sirviera de referencia para evaluar el espesor del suelo perdido. Las mediciones se realizaron durante cinco fines de semana: del 17 de junio al 15 de julio del 2011 (Figuras 3 y 4).

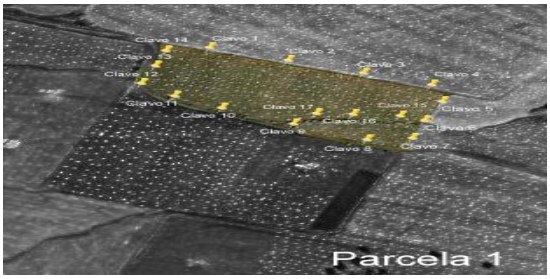


Figura 3. Distribución de clavos en Parcela 1.

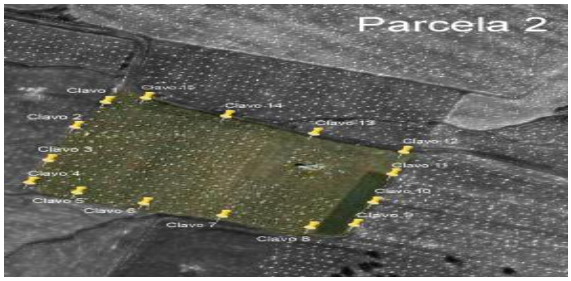


Figura 4. Distribución de clavos Parcela 2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos del área de estudio en promedio son de baja densidad, ácidos a fuertemente ácidos, alto contenido de materia orgánica, bajos en fósforo disponible, altos en potasio y de moderado a altos contenidos de nitrógeno. Predominó la textura arena migajonosa en la parcela 1 y migajón arenosa en la parcela 2 (Cuadro 1).

La erosión calculada a través del método directo fue de 15.7 t/ha y de 250.2 t/ha para las parcelas 1 y 2, respectivamente. Mientras que la erosión potencial, estimada por el método de Wischmeier adaptado por Martínez Menez fue de 19.19 t/ha/año y 234.1 t/ha/año, que la clasifica como erosión moderada para la parcela 1 y muy fuerte para la parcela 2, en ambos métodos (Cuadro 2).

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de los suelos de Parrés, Tlalpan, D.F.

N° de Parcela	Muestras	Textura	D.a. (g/cm^3)	pH	MO%	K (ppm)	N-NO3 (ppm)	P (ppm)
P1	1	Ac	0.99	5.40	5.54	1.02	14.69	1.38
	2	Ca	0.95	4.94	5.06	0.87	27.53	1.22
	3	Ac	1.00	5.23	5.05	1.02	46.51	2.03
	4	Ca	1.00	4.76	5.05	0.61	62.12	2.52
	5	Ac	1.00	4.80	5.05	1.17	24.24	0.81
Promedio P1			0.96	5.03	5.15	0.94	35.02	1.59
P2	6	Ca	0.98	5.13	4.06	0.87	42.16	0.40
	7	Ac	0.95	5.33	4.04	0.76	3.82	1.13
	8	Ca	1.00	5.20	4.04	0.82	103.30	1.38
	9	Ca	1.00	5.21	5.60	0.76	121.42	1.05
Promedio P2			0.98	5.22	4.44	0.80	64.50	0.99
Promedio general			0.98	5.13	4.79	0.87	49.76	1.29

CONCLUSIONES

En la presente investigación se evalúo la degradación de las tierras del ejido de Topilejo en Parrés, Tlalpan, al sur del D.F, por efecto de la erosión hídrica. Los resultados indicaron que para superficies pequeñas localizadas, el método de Wischmeier adaptado para México, con relación al método de campo, subestimó el proceso de la erosión hídrica de ésta zona.

Cuadro 2. Espesor del suelo perdido (cm) en las parcelas 1 (P1) y 2 (P2). Parrés, Tlalpan, D.F.

N° de Clavo	Pérdida de suelo (P1)						Pérdida de suelo (P2)					
	1	2	3	4	5	Total	1	2	3	4	5	Total
	17-Jun	24-Jun	01-Jul	08-Jul	15-Jul		17-Jun	24-Jun	01-Jul	08-Jul	15-Jul	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.20	0.30	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.30
2	0.00	0.00	0.20	0.10	0.40	0.70	0.00	0.00	0.10	0.00	0.16	0.26
3	0.00	0.00	0.00	0.10	10.00	0.20	0.00	0.10	0.15	0.00	0.00	0.30
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	5.00	2.00	10.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	4.00	3.00	3.00	12.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	4.00	1.00	3.00	10.00
8	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	1.00	1.00	0.50	2.50
9	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.15	0.00	0.20	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.08	0.00	0.20	0.10
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.40	0.30	1.00
14	0.00	0.00	0.20	0.00	0.60	0.80	0.00	0.50	1.50	2.00	3.00	3.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.40	1.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16						
Prom. (cm)	0.00	0.00	0.04	0.03	0.09	0.16	0.00	0.50	0.75	0.74	0.70	2.69

Si se considera la implementación de un programa de rotación de cultivos: Avena o Rye Grass, maíz, chícharo, y si se incorpora al menos 1/3 de rastrojos de avena, pasto o maíz (Factor C, ponderado de 0.053) y si se establece un sistema de labranza de curvas a nivel (bordos protegidos), con surcos en contorno para cultivos en hileras, (Factor P = 0.83), la erosión actual por efecto de la lluvia sería menor a 1 t/ha/año para la parcela 1 y de 10.3 t/ha/año para la parcela 2, éste último valor muy cercano a la tasa mínima erosiva de 10 t/ha/año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anaya, M.; M. Martínez; Alejandro T; y B. Figueroa. (1988). Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Colegio de Posgraduados. UACH. Chapingo, México. 600 pág.

Hudson, N. M. (1971). Soil Conservation. Cornell University Press, Ithaca, New York. 720 pág.

INEGI (1997). Cuadernos Estadísticos. Delegación Tlalpan D. F. México. 166 pág.

Martínez Menez, M. (2005). Estimación de la Erosión del Suelo. SAGARPA-INCA Rural- CP. México. 27 pág.

Programa de Superación Académica (Inédito 2005). Evaluación del Impacto de la Desertificación (Erosión Eólica e Hídrica) en la Producción Agrícola de la Avena en las Laderas del Volcán Ocopiaxco, Ejido de Topilejo. UAM-X. México D. F. 90 pág.

Porta J.; M. López; C. Roquero. (2003). Edafología Para la Agricultura y El Medio Ambiente. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España. 929 pág.

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Soil loss estimation as a too in soil and water management planning. Int. Assoc. Hydrol Phl. 59: 148-159.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

CAMBIO DE USO DE SUELO Y CUANTIFICACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN *Quercus* spp. EN UNA MICROCUENCA DEL ESTADO DE GUANAJUATO

María de Lourdes Suaste Franco[1§]; Miguel Á. Hernández Martínez[2]; Nabor Durán Hernández[1]; Rubén Paredes Uribe[1]; [3]Carlos Ortega Rodríguez

[1]Instituto Tecnológico de Roque. Celaya, Gto. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CEBAJ, Celaya, Gto. [3]ITESI. San Felipe, Gto. [§]lourdesuaste@hotmal.com

RESUMEN

Una de las principales causas del cambio de uso de suelo es la creciente demanda de alimentos por el aumento de la población. Alimentos que desafortunadamente no cumplen con una producción sustentable, tanto en el campo como en la industria. Esto tiene como consecuencia el cambio climático, debido a la gran cantidad de carbono que se libera a la atmosfera en combinación con oxígeno y crea el dióxido de carbono y el efecto invernadero, anteriormente secuestrado por la vegetación y el suelo. Por esta razón, es necesario desarrollar un estudio acerca de la tendencia de cambio de uso del suelo y cantidad carbono almacenado en una microcuenca del estado de Guanajuato. Para ello se hicieron transectos para identificar los tipos de vegetación y determinar parcelas a muestrear y se delimitaron los sitios de muestreo para el registro de especies vegetales. El género más abundante en la microcuenca es *Quercus* spp., de donde se partió con la ecuación alométrica $B=0.103*DN^{2.389}$ y $R^2=0.987$, para determinar la cantidad de carbono secuestrado por la vegetación. Enseguida se estimó la cantidad de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del cambio de uso del suelo con respecto al tiempo. Con ésta información y el empleo de sistemas de información geográfica, se generaron los con el programa Arc view® versión 3.3. En el mapa de la microcuenca se aprecia un crecimiento ampliacional del área de bosque y matorral, mientras existe una reducción del espacio ocupado por especies cultivadas, debido al actual decreto en el que se considera a ésta zona un área natural protegida. El estudio demuestra la existencia de formas de producción sustentables que permiten continuar con las prácticas agrícolas para la producción de alimentos.

Palabras clave: *Quercus* spp., transectos, CO_2, cambio de uso de suelo, agroforestal.

INTRODUCCIÓN

El uso del suelo resulta de las actividades productivas y de asentamientos humanos que se desarrollan sobre la cobertura del suelo, para satisfacer las necesidades materiales o espirituales. Las características de uso del suelo, resultan de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o

humanos (Bocco *et al*., 2001). Entre tales actividades, la agricultura y la ganadería son la causa principal del cambio de uso del suelo, aunque la agricultura tiene la mayor responsablilidad (SEMARNAT, 2006). En el sector ganadero, el pastoreo es una actividad común entre las comunidades poblacionales de la microcuenca y reduce la cantidad de carbono almacenado en los pastizales nativos (FAO, 2002).

La pérdida de la calidad de la cubierta vegetal puede tener efectos negativos en los servicios ambientales y en el aprovechamiento sostenible (SEMARNAT, 2006). La agricultura tradicional provoca pérdidas de materia orgánica y, por lo tanto, disminuye la calidad del suelo. Los nuevos usos que se le dan al suelo muchas veces no son los adecuados, por no ser superficies aptas para la agricultura o por ser áreas abandonadas, debido a la emigración de sus pobladores hacia otros centros poblacionales; en la mayoría de las ocasiones esto conduce a la desertificación.

La evaluación de los efectos del cambio del uso del suelo, depende del conocimiento de las prácticas pasadas y la proyección de escenarios futuros (NRC, 2001; citado por Guayo *et a*l., 2009), con lo que se comprende la configuración actual del paisaje y evaluación del impacto. En México grandes extensiones de laderas cultivadas sobrepasan el 50% de la pendiente, no aptos para la agricultura pero que deberían de ser áreas potenciales de captura de arbono (Etchevers *et al*., 2001). El cambio de uso de suelo es uno de los principales problemas que contribuyen al cambio climático, debido a la cantidad importante de carbono que se libera a la atmosfera y que mezclado con el oxígeno se crea el gas de efecto invernadero, el dióxido de carbono (CO_2), que anteriormente estaba almacenado en vegetación nativa y suelo. El CO_2 es uno de los principales gases de efecto invernadero y el principal factor del sobrecalentamiento global. La mayor parte de los procesos productivos y domésticos utilizan la energía derivada de los combustibles fósiles y por su combustión se emite el CO_2, uno de los gases que deriva en el efecto invernadero (Torres y Guevara, 2002).

Por el contrario, existen sistemas agroforestales y agrosilvícolas que pueden ser una alternativa de manejo para mitigar las emisiones de carbono a la atmosfera y aprovechar los recursos de una manera sostenible. La selva baja caducifolia, junto con otras aéreas naturales como los bosques, son una importante fuente de ingresos para las comunidades rurales de México, un potencial que ha sido aprovechado por pequeñas empresas mediante un manejo sustentable. Además, Masera *et al*. (1995), citado por Torres y Guevara (2002), señala que los sistemas agroforestales son los más prometedores para proyectos de captura de carbono, ya que es una alternativa de producción combinada con un servicio ambiental.

Con base a lo anterior, el estudio se planteó como objetivo diagnosticar, por medio de análisis retrospectivos, el cambio de uso de suelo y cuantificar el carbono liberado a la atmósfera por el género *Quercus* spp. y por el cambio de uso del suelo en la microcuenca La Laborcita, Sierra de Lobos, en León, Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la microcuenca "La Laborcita", sierra de lobos, ubicada al noreste del municipio de León Guanajuato. Cuenta con una extensión de ca. 2,129 ha, destinadas al uso agrícola, ganadero y forestal (Figura 1).

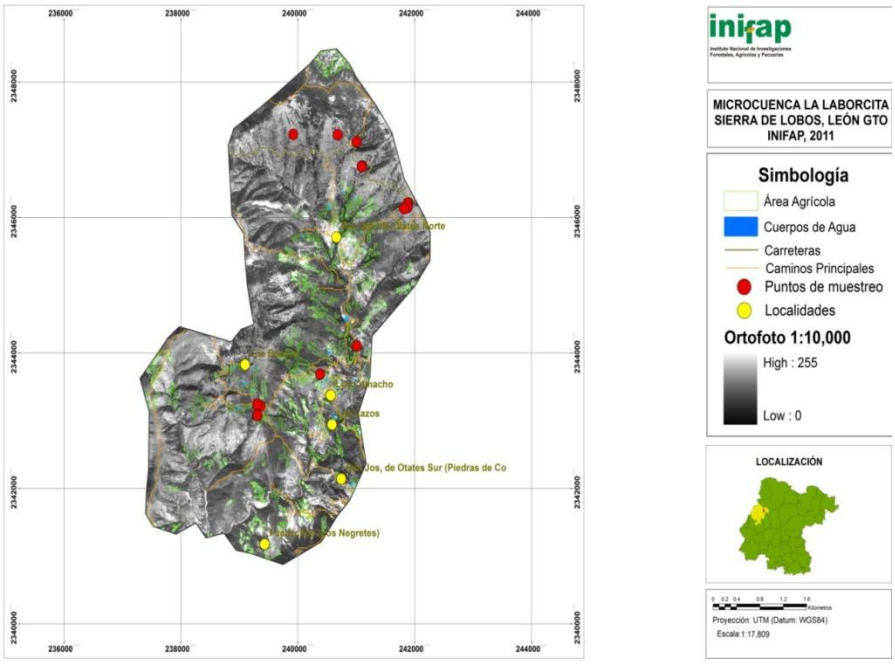


Figura 1. Microcuenca La Laborcita y puntos de muestreo determinados acorde al mapa de vegetación. León, Guanajuato. Fuente: INEGI (2010).

La microcuenca se encuentra en una zona de alta marginalidad, en donde existen grandes extensiones erosionadas y deforestadas, y se han observado cambios y deterioros que llevan a cambios en la composición de la vegetación, regímenes de agua alterados, erosión, cambios en el microclima y disminución de la productividad agropecuaria (Rivera *et al*., 2008).

Se realizaron transectos lineales con la finalidad de observar los estratos y tipos de vegetación existentes en la microcuenca La Laborcita, esto con la finalidad de definir el espacio para realizar un muestreo con el cable compensado.

Los recorridos se realizaron de acuerdo a la red de caminos existente, ya que por las condiciones topográficas fue difícil realizarlas por división de cuadrantes. En cada uno de los recorridos se identificaron visualmente los sitios con vegetación de diferente tipo y como los distintos estratos.

Se utilizó el método de intersección lineal. En este método se contabilizó la vegetación de estrato pequeño y sotobosque existente en un segmento de 30 cm al lado en segmentos de 50 cm de largo en una cuerda de 50 m longitud. Se utilizó este transecto por la gran heterogeneidad del sitio (Figura 2).

En base a los recorridos los transectos lineales y considerando el mapa de vegetación editado por el INEGI (2004) se determino que los individuos más abundante es la del género *Quercus* spp., la especie *Q. Rugosa*, seguido *Q. laurina* y *Q. greggi*. después se delimitaron 12 sitios de muestreo, de los cuales 5 se muestrearon tomando en cuenta la vegetación no perturbada o escasamente perturbada y el resto solamente se realizó muestreo de suelo para poder cuantificar la cantidad de carbono almacenado en un ecosistema representativo de la microcuenca y posteriormente comparar los resultados con las áreas y superficies sin vegetación.

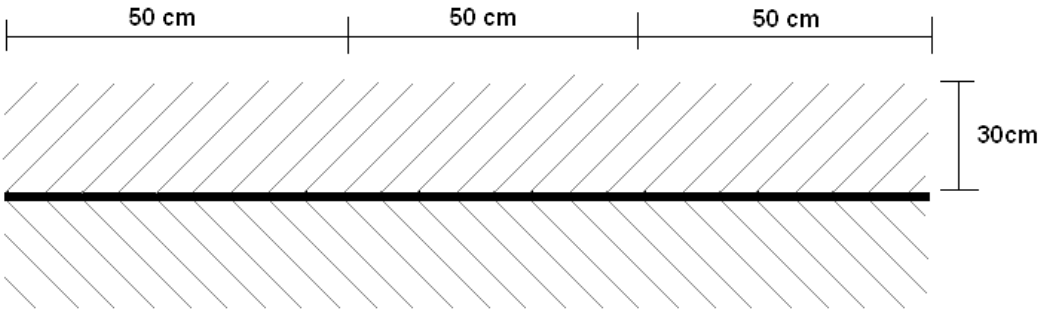


Figura 2. Método de intersección lineal.

Cada sitio seleccionado se delimitó en parcelas de 1000 m^2, para lo cual se utilizó el método del cable compensado tomando en cuenta la pendiente del terreno, de la cual se calculó el logaritmo del ángulo para determinar el radio de la parcela a muestrear (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores determinados a cuerda compensada, en función de la pendiente.

Pend (%)	ángulo	cos(ángulo)	Comp
10	5.710593137	0.995	17.92964824
20	11.30993247	0.9806	18.1929431
30	16.69924423	0.9578	18.62601796
40	21.80140949	0.9285	19.21378568
50	26.56505118	0.8944	19.94633274
60	30.96375653	0.8575	20.80466472
70	34.9920202	0.8192	21.77734375
80	38.65980825	0.7809	22.84543475
90	41.9872125	0.7433	24.00107628
100	45	0.7071	25.22981191

Con los datos del Cuadro 1 se delimitaron las parcelas de muestreo por el método del cable compensado, con el fin de obtener el área del terreno con mayor precisión (Figura 3).

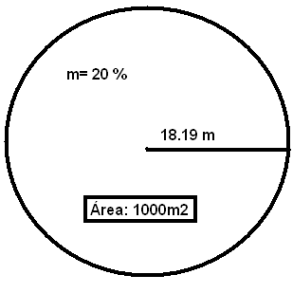


Figura 3. Círculos del cuadro compensado con la longitud de radio calculado para delimitar parcelas o sitios de 1000 m^2, en función de la pendiente (m) del terreno.

El recuento de árboles del género *Quercus* spp. se efectuó en cada uno de los sitios de muestreo, con la finalidad de conocer su distribución en 1000 m_2 y, posteriormente, realizar el cálculo su población por hectárea: Mas tarde se midió el diámetro normal (DN) con ayuda de una forcípula. Es importante mencionar que existen árboles que bifurcaban en la base del tallo, por lo que se tomó en cuenta el método sugerido por Acosta (2002), que sugiere considerarlos como árboles diferentes. Enseguida se procedió a clasificarlos por su diámetro.

Sólo se eligieron plantas con diámetros mayores a 7.5 cm, ya que si no se cumple ésta regla sería tomado como rama y no como tronco. Esta clasificación consiste en capturar la información de DN en una hoja de

Excel, posteriormente se observa el rango de menor a mayor valor y de acuerdo a ello se clasifican con un rango de ±2, ±4. Para ello se toma en cuenta el criterio del investigador en la clasificación diamétrica.

La biomasa contenida en arboles de *Quercus* spp., fue calculada con los datos obtenidos de diámetro normal (DN) en cada sitio de muestreo, para esto se utilizó la ecuación alométrica generada por Acosta (2002):

$$B= 0.103*DN^{2.389} \text{ con } R^2=0.987$$

Los resultados de esta ecuación se multiplican por el factor 0.5 (IPCC, 1995) para calcular la cantidad de carbono (C) existente en los sitios de muestreo, y de esta forma por traspolación poder determinar el C por hectárea.

Con la información calculada de la biomasa por sitio de muestreo de la microcuenca, se determinó la cantidad de carbono almacenado, así mismo con los mapas de vegetación de retrospección y actuales, se determino la cantidad de carbono emitido a la atmosfera como consecuencia del cambio de uso del suelo a través del tiempo. Con esta información se generaron mapas utilizando sistemas de información geográfica (SIG) a través del programa Arc view® versión 3.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la delimitación que se hizo en los mapas elaborados por el INEGI 1993 y 2008, se observan que las áreas boscosas compuestas por vegetación del genero *Quercus* spp., y las áreas compuestas por matorrales han aumentado. La superficie ocupada por *Quercus* spp. en 2008 era superior a 233 ha, mientras que en 1993 la superficie ocupada disminuyó a ca. 224 ha. En cuanto a matorral, la superficie cubierta en 2008 fue ligeramente mayor a 252 ha y en 1993 ocupaba 145 ha, conformada principalmente especies de *Acacia* spp.

En cuanto a uso de suelo, en la microcuenca se desarrolla la agricultura como actividad principal, aunque se aprecia una disminución de áreas de cultivo. De los cinco sitios muestreados con vegetación no perturbada, o poco perturbada, se contabilizan de nueva a 90 por cada 1000 m^2. Una vez determinadas las clases diamétricas se obtuvo la cantidad de carbono almacenada en la vegetación de *Quercus* spp., por sitio de muestreo (Cuadro 1). Una vez obtenida la cantidad de carbono almacenada en los cinco sitios se estimó que, en promedio, la microcuenca almacena 1.832 t de C/ha, la cual descansa en el bosque de vegetación a base de *Quercus* spp., se estimó la cantidad de carbono almacenado por área delimitada en

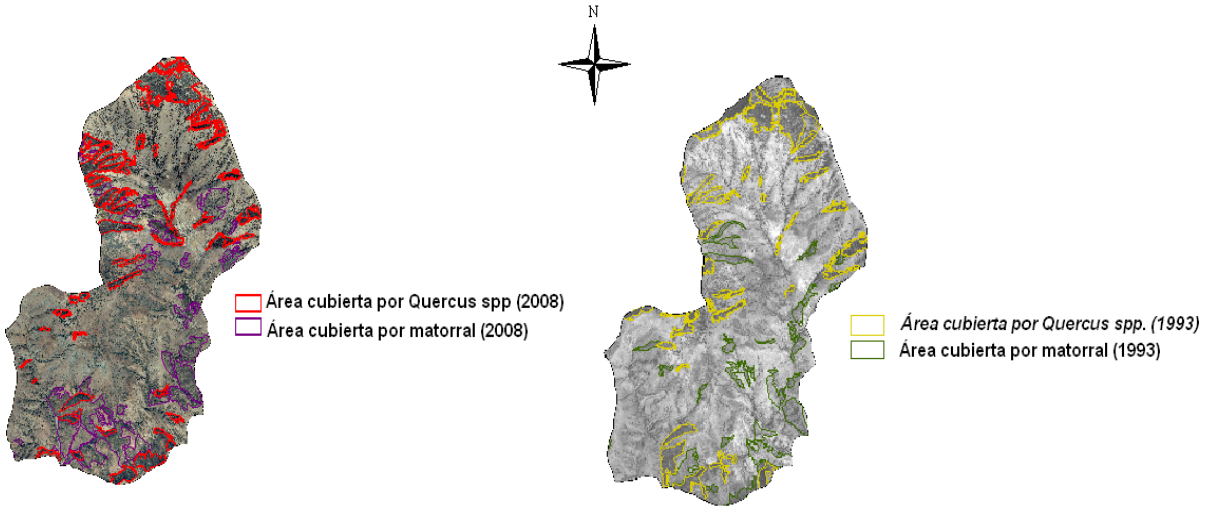


Figura 4. Área ocupada por *Quercus* spp. y matorral en la microcuenca La Laborcita. León, Gto.

el mapa y la traspolación, de acuerdo al área ocupada por bosque de encino en cada año estudiado: en 2008, el área ocupada era de 233.748 ha y la cantidad total de carbono almacenado en género *Quercus* spp. fue de 428.121 t de C, mientras que en 1997 el área era de 224.215 ha y poseía 410.659 t de C.

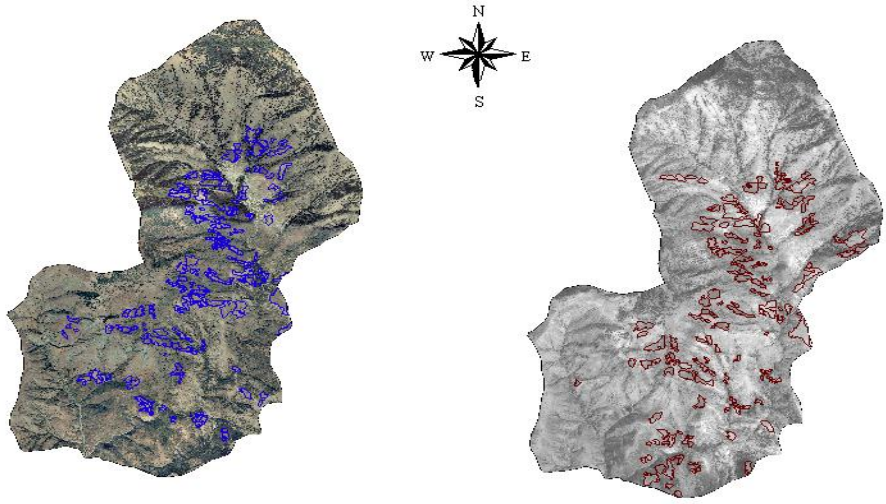


Fig. 5 Terrenos agrícolas definidos en la microcuenca La Laborcita. León, Gto.

CONCLUSIONES

Una de las causas de la reducción de áreas de cultivo se debe a que gran parte de la población, principalmente masculina, emigra a Estados Unidos y abandona las labores del campo (Rivera *et al*., 2005). Otra de las causas es que muchas de las parcelas agrícolas se encuentran ubicadas en terrenos donde la pendiente es severa, donde se dificultan las actividades concernientes, los rendimientos tienden a

Cuadro 2. Determinación de carbono almacenado en el sitio 1. Microcuenca La Laborcita. León, Gto.

Clase Diamétrica	Carbono total (ton)	promedio	Max	Min
1	0.005878900	0.0057551	0.006685634	0.005136334
2	0.021471135	0.0107356	0.011258639	0.010212496
3	0.016490706	0.0082454	0.010735568	0.005755139
4	0.024736059	0.0082454	0.010735568	0.005755139
5	0.027226274	0.0090754	0.010735568	0.008245353
Carbono en 1000 m^2	0.095803074			
Carbono en 1 ha	0.958030739			

disminuir y se abandona la parcela. Esto lleva al terreno a formar parte de áreas degradadas debido a la erosión por falta de vegetación.

El aumento de la cubierta vegetal en la microcuenca se debe a que en 1997, la Sierra de Lobos, que comprende parte de los municipios de León, San Felipe y Ocampo, fue declarada área natural protegida en la categoría de área de uso sustentable, según decreto gubernamental No. 77 del Instituto de Ecología del estado de Guanajuato.

La vegetación es un sumidero importante de carbono en un ecosistema, el cual si es perturbado puede causar grandes siniestros en el futuro que, en la actualidad, se presenta. También, es evidente que la eliminación de actividades como la agricultura y ganadería, no es la solución a los problemas de cambio de uso de suelo y contaminación, sino que se deben tomar en cuenta otros sistemas de producción tales como la agroforestería, silvicultura y silvopastoriles, y la gestión de servicios ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta M.M. Vargas H.J. Velazques M.A. Etchevers B.J. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca México. Agrociencia 36. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Valle de México. 725-736 pp.

Bocco G. Mendoza M. Masera O.R. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. 2001. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Boletín núm. 44. Instituto de geografía UNAM campus Morelia. Morelia Michoacán. 18-38 Pp.

Etchevers J. Acosta M. Monreal C. Quednow K. Jiménez L. 2001.Los Stocks de carbono en diferentes compartimientos de la parte aérea y subterránea en sistemas forestales y agrícolas de ladera en México. Memoria simposio internacional de medición y monitoreo de captura de la captura de carbono en ecosistemas forestales. INIFAP y Colegio de posgraduados Campus Montecillo. Montecillo, México.

FAO http://www.fao.org/docrep/005/y2779s/y2779s00.htm#Contents consultada el día 27 de Abril del 2012.

Guayo M. Pauchard A. Azócar G. Parra O. 2009. Cambio del uso de suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. Revista chilena de historial natural. Concepción, Chila. N° 82: 361-374pp.

Instituto de ecología de estado de Guanajuato. Áreas naturales protegidas. disponible en: http://ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/anp?areas-naturales-protegidas/areas-naturales-protegidas-anps/Sierra+de+Lobos/27
consultado el día: 3 de julio del 2012.

Instituto Nacional de Ecología. 2007. Emisiones y captura de carbono en México. Coyoacán México D.F. Disponible en: http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/296/cap3.html
Consultado el día 13 de marzo del 2012.

Rivera T., M.A., R. Terrones, R. Rincón, J.J. Esparza, C. González, H.R. Pacheco y J. de J. García. 2005 Regeneración de suelos erosionados con arbustivas nativas en el municipio de León, Guanajuato. CIATEC A.C. León, Guanajuato. 51 pp.

SEMARNAT. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/02_vegetacion/cap2.html consultado el día 6-Junio- 2012 a las 12:36 hrs.

Torres R.J.M. Guevara S.A. 2002. El potencial de México para servicios ambientales: Captura de carbono y desempeño hidráulico. Instituto nacional de ecología. Gaceta Ecológica. 21pp.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

EL EFECTO CLIMÁTICO EN EL PROCESO DE SALINIZACIÓN: ESTUDIO DE CASO EJIDO SAN JOSÉ DEL CARMEN, SALVATIERRA, GUANAJUATO, MÉXICO

Jesús M. Tarín-Ramírez[1§]; Matilde Borroto Pérez[2]; Rodolfo A. P. Cantero[1]; Gilberto Vela; Correa[3]; Eduardo C. Tornel[1]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México, D.F. [2]Instituto de Suelos. Ciudad Habana, Cuba.
[§]Autor responsable: jesmantar1@yahoo.com.mx

RESUMEN

La desertificación es un proceso que se define como la degradación de las tierras en condiciones de clima árido, semiárido y sub húmedo seco, cuyas causas puede ser de origen natural o antrópicas negativas, (CNULD, 1994). Borroto y Hernández (2004), exponen que cuando la desertificación se muestra como un proceso de salinización y/o sodificación, ocurre en condiciones climáticas en donde regionalmente la relación P/ETP oscila entre 0.05 y 0.65. Cuando la desertificación es de carácter natural ocurre a muy largo plazo, se manifiesta cuando se presentan cambios climáticos o sucesos geológicos que transforman el entorno, así mismo cuando las causales son antrópicas, el proceso ocurre en tiempos relativamente cortos. En este trabajo se presta especial interés a la investigación sobre los cambios climáticos que están ocurriendo en gran parte del mundo y en especial en México en donde se realizó una investigación en una superficie de dos hectáreas localizadas en el Ejido de San José del Carmen al norte del Municipio de Salvatierra Guanajuato. Los análisis del clima de tres estaciones climáticas cercanas al área reportaron índices que precondicionan los procesos de desertificación por salinidad y/o sodicidad, (C=0.41), desertificación física, biológica y química moderada (R=117.33), severa (3.03) y ligera (119.03) respectivamente. Los suelos se clasificaron sódicos no salinos (PSI=22.28 y CEe=2.0 d/S m^{-1}), pH alcalinos y bajo en contenido de materia orgánica en los primeros 30 cm.

Palabras clave: cambio climático, desertificación, salinidad y/o modicidad.

INTRODUCCIÓN

La desertificación es un proceso que se define, como la degradación de las tierras en condiciones de clima árido, semiárido y sub húmedo seco cuyas causas puede ser de origen natural o antropogénicas negativas, (CNULD, 1994). Borroto y Hernández, (2004) exponen que cuando la desertificación se muestra como un proceso de salinización y/o sodificación, ocurre en condiciones climáticas en donde regionalmente la

relación P/ETP oscila entre 0.05 y 0.65. Cuando la desertificación es de carácter natural ocurre a largo plazo, se manifiesta cuando se presentan cambios climáticos o sucesos geológicos que transforman el entorno regional o continental. Así mismo cuando las causales son antrópicas (el hombre a través de las relaciones sociales de producción maneja en forma incorrecta los agroecosistemas) a acorto tiempo puede desencadenarse la degradación o desertificación de las tierras con grandes consecuencias para el desarrollo y la sustentabilidad de la vida.

En este contexto se presta especial interés, sobre los cambios climáticos que están ocurriendo en una región al sur del Bajío Mexicano, que oscila entre las cotas 1750 y 1700 msnm., tomando como estudio de caso dos hectáreas representadas por un perfil agrológico en las tierras ejidales de San José del Carmen localizado al norte del Municipio de Salvatierra Guanajuato, México. A fin de determinar la influencia de las condiciones climáticas que se presentan en los suelos salinos sódicos del Bajío Mexicano, sobre la información de los diferentes procesos de desertificación para proponer un estudio que permita desarrollar medidas para la mitigación de los cambios climáticos en este agroecosistema.

MATERIALES Y METODOS

El área en estudio se encuentra entre los paralelos 20° 15´ 55.6" y 20° 16´ 04" N y los meridianos 100° 52´ 54.4" y 100° 53´ 0.2 O. Se localiza al norte del Estado de Guanajuato dentro de la región sur del Bajío Mexicano (Figura1).

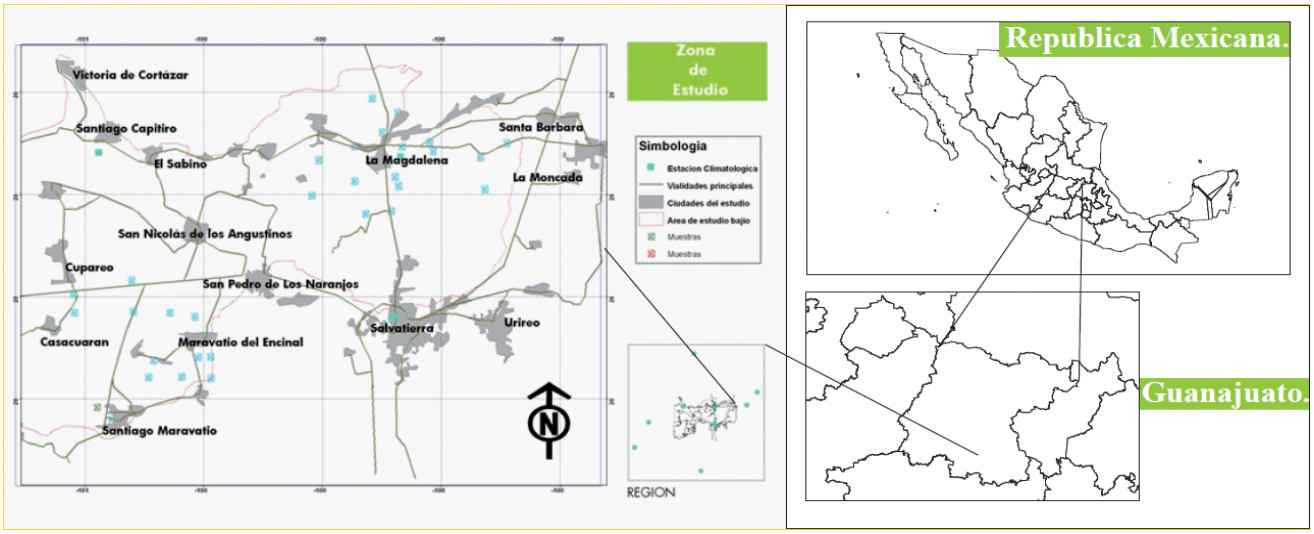


Figura1. Ubicación Geográfica

Condiciones climáticas

El análisis del clima tiene como base la información de tres estaciones climatológicas cercanas al área de estudio, con un periodo 29 años: Cortazar y Salvatierra (1961–1990) y Tarimoro (1971-1996).

Se analizaron las variables de temperatura media, mínima y máxima mensual, precipitación y evaporación media mensual y anual. La evapotranspiración potencial, se estimó con la expresión ETP=(Ev) (0.8). (Romo *et-al*, 1985).

El efecto climático en el proceso de degradación (salinización y/o sodificación), se evalúo de acuerdo con la metodología propuesta por la FAO (1980 y 1984).

Estimación de los Indicadores Climáticos

Índice de salinidad y/o sodicidad (IC)

$$IC = \sum_{1}^{12} [(ETP)/(P * 10)]$$

Dónde: IC= Índice climático de salinización
ETP=Evapotranspiración potencial media anual (mm)
P= Precipitación media anual (mm)

Los valores obtenidos se clasificaron: Ligera (<0.15); moderada (0.15–0.20); severa (0.20–0.50) y muy severa (>0.50–3.3).

Erosión y degradación física

Factor R (erosividad de la lluvia), se aplica fundamentalmente para estimar el efecto erosivo de la lluvia. Para su cálculo se requiere información de tiempo, duración y energía cinética de la precipitación. (Withmeyer, 1972).

En este trabajo se utilizó el índice climático de Fournier (1960), propuesto por la FAO, (1980) y modificado por Arnold (1977), este índice se consideró igual al índice para la degradación física dado que el apelmazamiento y encostramiento del suelo son función de la intensidad y energía de la lluvia y se expresa como sigue:

$$R = \frac{\sum_{1}^{12} P^2}{p}$$

Donde: R= Erosividad de la lluvia
P= Precipitación media mensual (mm)
p= Precipitación media anual (mm)

Los valores R se clasificaron de la siguiente manera: Ligera (<50); moderada (50 – 500); severa (500 – 1000) y muy severa (>1000)

Degradación biológica

La degradación biológica se evalúa a través de la velocidad de la mineralización del humus o de la materia orgánica. Koepf (1953) estableció el índice climático para evaluar la degradación biológica, considerando una tasa de velocidad de descomposición de 2.9 para una temperatura entre 10º C y 20 ^{0} C. y propone la siguiente expresión:

$$K_2=1/12\ (\sum_1^{12} e^{0.1065\,t})\ (P/ETP)$$

Donde: K_2 =Índice climático de degradación biológica
t= Temperatura media mensual del aire (^{0}C)
P= Precipitación media mensual (mm)
ETP= Evapotranspiración potencial media mensual (mm)

Cuando P>ETP la P/ETP =1 cuando la t<0 entonces la t=0

La clasificación de (K_2) se establece con base a cuatro niveles: Ligera (0-1); moderada (1–3); severa (3–10) y muy severa (>10)

Degradación química

La degradación química ocurre cuando las aguas arrastran los nutrientes y los deja fuera del alcance del sistema radicular de las plantas, derivando en la pérdida de la fertilidad del suelo e incremento de la acidez. En condiciones extremas se presentan efectos tóxicos dado el desequilibrio de los componentes químicos del suelo. (FAO 1980 y 1984).

En este trabajo la degradación química se estima a través de la pérdida de nutrientes por exceso o demasía de agua (DA), generada cuando la precipitación (P) supera a la demanda de agua (ETP) más la capacidad máxima del suelo para retener humedad (MH). Esta última está en función del tipo de suelos, sin embargo se tomó el valor máximo de 10 cm., propuesto por Thornhwaite para un suelo de textura franca. Manual de Calculo del Clima. Segundo Sistema de Thornthwaite. (CNA. 1990).

El índice climático para la degradación química es la siguiente: Ligera (0–100); moderada (100–500); severa (500–1000) y muy severa (>1000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general el clima de la zona de estudio es semi seco cálido, de moderada a pequeña demasía de agua, presenta un régimen cálido con baja concentración térmica en verano y moderada deficiencia de agua estival. (CNA, 1990). La temperatura promedio es de 19.0 °C la precipitación promedio anual es de 689.70 mm., que se distribuye del norte al centro-sur del área. Presenta una evapotranspiración potencial media anual de 1793.50 mm.

El índice de degradación física promedio (R=117), le consigna a estos suelos un efecto climático moderado de deterioro por apelmazamiento y encostramiento, lo que se correlaciona con el índice climático de degradación de salinidad severa (IC= 0.26) y una severa mineralización de la materia orgánica (K_2=3.39) y ligera influencia sobre la degradación química (Íq=98.1) (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Temperatura, precipitación, evapotranspiración e indicadores climáticos en la zona de estudio

Estación	Condición del clima			Indicadores Climáticos‡			
	T	P	ETP=(EV) (0.8)	IC	R	K_2	Iq
	(°C)	(mm)	(mm)				
Cortázar	19.10	611.30	1881.12	0.31	105.00	1.99	132.50
Tarimoro	19.25	722.40	1729.00	0.24	125.00	3.57	100.00
Salvatierra	18.09	716.20	1354.48	0.19	122.00	3.52	124.60
Promedio	18.81	683.30	1654.87	0.27	117.33	3.03	119.03

T= Temperatura, P= Precipitación, ETP= Evapotranspiración, EV= Evaporación, ‡C= Índice de degradación por Salinidad y/ o Sodicidad, R= Índice de degradación Física, K_2= Índice de degradación Biológica y Iq= Índice de degradación Química.

Cuadro 2. Valores de indicadores de la influencia climática sobre la degradación en la zona de estudio

Índice de degradación	Grado de afectación
Índice de degradación de salinidad	Severo
Índice de degradación física	Moderado
Índice de degradación biológica	Severo
Índice de degradación química	Ligero

Si consideramos que los suelos salinos y/o sódicos, se hallan en zonas cuya relación entre las Precipitaciones y Evapotranspiración (P/ETP) es de 0.05 – 0.65, tenemos que la zona de estudio, muestra

un índice promedio de 0.41 que la sitúa como una área fuertemente influenciada para detonar procesos de degradación por salinidad y/o sodicidad. Así tenemos que en las zonas más secas, la degradación física y química resultan ser ligeras a moderadas, causadas por la poca influencia del régimen de precipitación sobre la evapotranspiración, disminuyendo la degradación química por lavado y el efecto negativo del golpe de las gotas de la lluvia sobre la estructura del suelo, sin embargo su influencia sobre la degradación por la salinización y sodicidad de las tierras y la biológica muestran severos a muy severos efectos lo que queda demostrado por el índice P/ETP ya referido. Con respecto a los análisis químicos los suelos son sódicos con un porcentaje de sodio intercambiable de 22.28 y una conductividad eléctrica de 2 dS/m^{-1}, pH muy alcalino y bajo contenido de materia orgánica en los primeros 30 cm (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis fisicoquímicos (cationes intercambiables) del perfil agrológico representativo del suelo del sitio de trabajo. Localizado a los 101°01´06.5´´

	Horizontes del suelo					
	Ap	B1	C1	C1-1	C1-2	C2
Espesor (cm)	0-30	30-50	50-70	70-90	90-107	>107
MO (%)	1.30	0.95	0.85	0.65	0.35	0.35
pH (1:2.5)	9.04	10.38	10.52	10.55	10.43	9.94
Da ($Mg\ m^{-3}$)	1.30	1.30	1.40	1.40	1.60	1.60
CE ($dS\ m^{-1}$)	2.00	3.80	1.50	2.90	3.10	5.10
Na^{+} ($Cmol\ kg^{-1}$)	13.75	43.75	41.41	39.06	37.50	35.94
$C\ a^{+2}$ ($Cmol\ kg^{-1}$)	0.40	0.30	0.41	0.08	0.21	0.43
Mg^{+2} ($Cmol\ kg^{-1}$)	28.67	21.68	30.08	5.59	15.38	31.47
K^{+} ($Cmol\ kg^{-1}$)	9.87	12.18	11.22	10.38	10.00	9.55
CIC ($Cmol\ kg^{-1}$)	61.70	80.85	73.76	68.09	65.96	56.85
PSI	22.28	54.11	56.14	57.36	56.85	61.05

CONCLUSIONES

1. Climáticamente la zona se ubica como sub húmedo seco cálido, con gran influencia para el pre-condicionamiento de procesos de degradación por salinidad y/o sodicidad.

2. Por tratarse de áreas secas con severos procesos de salinización y/o sodificación y severa desertificación biológica, su explotación agrícola requerirá de aplicaciones de mejoradores químicos combinados con abono orgánico y riegos con aguas de buena calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borroto M. F. Ortíz (2006). Conocimiento y Conjunto de Medidas de Rehabilitación en Tierras Desertificadas en la Región de Mixquic, Deleg. de Tlahuac.UAM-X. Pags. 135. México, D. F.

CNA, (1990). Manual de Cálculo de Clima. Segundo Sistema de Thornthwaite. Sudirección General de Infraestructura Hidroagrícola. Gerencia de Estudios. Pags. 13. México, D. F.

CNLCD (1987). Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación, en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en Particular en África. Pags. 45. Italia, Roma.

FAO (1980). Metodología Provisional para la Degradación de los Suelos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Pags. 85. Italia Roma.

FAO (1984). Directrices para el control de la degradación de los suelos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Pags. 90. Italia Roma.

Ortiz Solorio M.; M. A. Garduño y J. W. Berg Woolf (1994). Evaluación Cartográfica y Políticas Preventivas de la Degradación de la Tierra. CP-CHAPINGO-CONAZA. Pags. 161. México.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

ESTABLECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE REMOLACHA AZUCARERA (*Beta vulgaris* L.) VARIEDAD BOLA ROJA EN SUELOS SALINOS DEL CBTa No. 105

J. Encarnación García Portuguez§

C.B.T.a. No. 105. La Estrella, Penjamo. Gto. Méx. CP. 36933. §Autor responsable: carneshon@hotmail.com.

RESUMEN

La escasez de forraje para la alimentación animal regional y la presencia de suelos salinos improductivos, ha provocado la inquietud de buscar alternativas tecnológicas y científicas para producir forrajes y a la vez mejorar biológicamente a los suelos e incorporarlos a la agricultura y ganadería. El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto del método de siembra sobre el establecimiento y producción de forraje verde y materia seca de follaje y raíz/ha, tamaño de la raíz y número de plantas establecidas de remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.) Variedad Bola Roja en suelos salinos del CBTa. No. 105. Se utilizo un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos se caracterizaron como: T-0: Testigo. Siembra directa en surco y a chorrillo; T-1: Siembra en almacigo y trasplante a 10 cm entre plántulas; T-2: Siembra en almacigo y trasplante a 20 cm y T-3: Siembra en almacigo y trasplante a 30 cm. Los resultados demostraron que el T-0, tuvo el mejor establecimiento de plántulas(78.13%)($P<0.05$), comparado con T-1, T-2 y T-3(24.83, 56.50 y 62.42%, respectivamente). No se encontró diferencia entre tratamientos($P>0.05$) para los contenidos de humedad, materia seca y proteína cruda del follaje y raíz, ni en el largo y diámetro de raíz. La producción de forraje verde y de materia seca fue mayor para T-0(43.64 y 6.03 Ton/ha)($P<0.05$), comparado con T-1(12.29 y 1.69), T-2(17.60 y 2.43) y T-3(17.91 y 2.48), respectivamente. Se concluye que el método de siembra tradicional en surco y a chorrillo tuvo el mejor establecimiento y producción de follaje y raíz.

Palabras clave: Remolacha-suelos-salinos.

INTRODUCCIÓN

La escasez de forraje para la alimentación animal regional y la falta de áreas agrícolas con suelos fértiles para su producción, ha provocado la inquietud de buscar alternativas tecnológicas y científicas en el área de la producción de forraje para incrementar dicha producción y a la vez mejorar los suelos improductivos y reincorporarlos a las actividades productivas. La remolacha forrajera es un cultivo importante para suelos

salinos en los cuales no prosperan otros cultivos, pues además de obtener buenas producciones en esos suelos, extrae una cantidad considerable de sus sales y es por lo tanto una alternativa potencial para mejorarlos biológicamente contribuyendo a la utilización eficiente y sustentable de los recursos naturales regionales. El establecimiento y producción del cultivo de remolacha forrajera ha sido motivo de diferentes investigaciones científicas (INTERNET, 2009) y Robles (2006)), debido precisamente a sus características agronómicas de amplia adaptabilidad a suelos salinos, alta producción de forraje y sobre todo que es una planta muy rustica, resistente a bajas temperaturas y con pocas labores culturales que la hacen muy rentable y con altas posibilidades de ser introducida extensivamente en la región del área de influencia institucional. La remolacha forrajera se cultiva y utiliza como un suplemento alimenticio para el ganado lechero estabulado en la cuenca lechera de Texcoco, Estado de México, pues dicho cultivo se siembra extensivamente en época de invierno en los terrenos salitrosos aledaños al Lago de Texcoco(García, 1980) con el fin de producir forraje, pues la producción de alfalfa disminuye considerablemente y también para mejorar biológicamente a los suelos, por lo que es posible suponer que considerando los suelos salinos que existen en nuestra institución educativa y en el área de influencia y la escasez de forraje para el ganado regional, la introducción del cultivo de remolacha forrajera var. Bola Roja, utilizando el método tradicional de siembra directa en surco y a chorrillo, mejora el porcentaje de plantas establecidas e incrementa la producción de forraje y raíz. El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto del método de siembra sobre el establecimiento y producción de forraje verde y materia seca de follaje y raíz/ha y tamaño de raíz del cultivo de remolacha forrajera var. Bola Roja en suelos salinos. Por estas razones, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto del método de siembra sobre el establecimiento y producción de forraje verde y materia seca de follaje y raíz/ha y tamaño de raíz del cultivo de remolacha forrajera var. Bola Roja en suelos salinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación científica se realizó en suelos salinos del CBTa. No. 105, La Estrella, Penjamo. Gto. y en un clima templado el mas cálido de los templados (García, 1981), utilizando un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Los tratamientos experimentales se caracterizan como: T-0: Testigo. Siembra directa en surco y a chorrillo; T-1: Siembra en almacigo y trasplante a 10 cm entre plántulas; T-2: Siembra en almacigo y trasplante a 20 cm entre plántulas y T-3: Siembra en almacigo y trasplante a 30 cm entre plántulas. Cada una de las doce parcelas

experimentales represento una unidad experimental con una superficie de 32 m^2 (8 m x 4 m). Se utilizo una densidad de siembra de 10 kg/ha. y las variables de respuesta evaluadas fueron el número de plántulas establecidas, la producción de forraje verde, raíz/ha y tamaño de dicha raíz. La producción de plántulas se realizo en cajas de germinación con turba en un invernadero escolar y se trasplantaron cuando tenían 45 días y una altura de 15 cm con la presencia de tres hojas cotiledonareas. La cosecha se realizó a los 150 días cuando las hojas de la remolacha tenían un color rojizo, contando, pesando y midiendo las plantas de cada parcela experimental. Los datos recolectados acerca de las variables de respuesta se sometieron a un análisis de varianza (SAS, 2000) y la diferencia de medias a la Prueba de Scheffe (Cochran y Cox, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método de siembra tradicional a chorrillo tuvo el mejor establecimiento de plántulas (78.13%), comparado con T1, T2 y T3 (24.83, 56.50 y 62.42%, respectivamente) ($P<0.05$). No se encontró diferencia entre tratamientos ($P>0.05$) en cuanto a los contenido de humedad (H), materia seca(MS) y proteína cruda(PC) de la raíz y follaje de la remolacha forrajera para T0, T1, T2 y T3. El largo y diámetro de la raíz, no fue diferente entre tratamientos ($P>0.05$). El Cuadro 1 indica que la producción de forraje verde y de materia seca de follaje y raíz, fue diferente entre tratamientos ($P<0.05$), siendo mayor para T0 (43.64 Ton/ha y 6.03 Ton/ha), comparado con T1(12.29 y 1.69), T2(17.60 y 2.43) y T3(17.91 y 2.48), respectivamente. Los resultados de producción de forraje verde/ha obtenidos en el T-0, coinciden con los reportados por Robles(2006) e INTERNET(2011), indicando de manera muy particular que al utilizar menor cantidad de plántulas en el trasplante, también se disminuye la producción de raíz y follaje del cultivo de remolacha forrajera, lo cual permite afirmar categóricamente que el proceso de dicho trasplante se debe realizar con estricto disciplina técnica para tener un mayor porcentaje de plantas establecidas. En este sentido y en el referido Cuadro 1, se observa que la mejor densidad de siembra fue de 12.1 Kg/ha utilizando el método tradicional de siembra por surco, pues en los tratamientos T1, T2 y T3 las plántulas se trasplantaron a distancia de 10, 20 y 30 cm. entre ellas y se obtuvo reducido porcentaje de plantas establecidas. Es muy probable que la edad y altura de las plántulas que fueron trasplantadas, no sea la más adecuada, pues dichas plántulas mostraron un crecimiento vegetativo muy acelerado y sus tallos fueron muy alagados y vulnerables al acame, lo cual no se observo en las plántulas que se cultivaron directamente en el campo de cultivo.

Cuadro. 1. Variables de respuesta y densidad de siembra del cultivo de remolacha forrajera (*Beta vulgaris*, L.) Variedad Bola Roja en suelos salinos. La Estrella, Penjamo. Gto. México.

Tratamiento.	Variables de respuesta.			
	Follaje y raíz (Verde). (Ton/ha).	Follaje y raíz (Materia seca) (Ton/ha).	Plantas. (No./ha).	Densidad de siembra (Kg/ha).
T0	43.64a	6.03a	293,333a	12.1
T1	12.29b	1.69b	62,083b	8.12
T2	17.60c	2.43c	70,625b	5.31
T3	17.91c	2.48c	52,083c	4.68
CV	36.16	36.15	37.27	

[a] Medias con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes(P>0.05).

CONCLUSIONES

1. El método de siembra tradicional en surcos y a chorrillo tuvo el mejor establecimiento y producción de follaje y raíz del cultivo de remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.) Variedad Bola Roja.

2. Es posible afirmar, que la producción de plántulas de remolacha forrajera en condiciones de invernadero, las cuales serán trasplantadas con el propósito de incrementar la superficie por planta, se debe realizar con estricto apego a las características técnicas y científicas muy especiales que requiere el cultivo o de lo contrario se tendrán muy pocas plántulas establecidas y reducidas posibilidades de incrementar la producción intensiva de este forraje bajo condiciones de invernadero y por lo tanto de difundir exitosamente el establecimiento regional del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COCHRAN, W. G. y COX, G. M. 2000. Diseños experimentales. Editorial Trillas. México.

GARCIA, P. J. E. 1980. Utilización de remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.) como suplemento en la alimentación de vacas lecheras en confinamiento. Tesis profesional. Ingeniero agrónomo zootecnista. U. A. Ch. Chapingo, Edo. de México. México.

GARCIA, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Coopen. Instituto de Geografía. UNAM. México.

INTERNET. http://www.engormix.com/remolacha_forrajera_forumsview4055.htm.2009. Consultado: 20 Octubre de 2011.

INTERNET.htpp://financiaerarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/MonografiaRemola-.2011. Consultado: 20 Octubre 2011.

ROBLES, S. R. 2006. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. México.

SAS. 2002. Statistical Analysis System. Version 9.0 for Windows. Institute Inc. N. C. USA.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

TEMÁTICA FORESTAL

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

GERMINACIÓN Y LONGEVIDAD DE *Echinocactus grusonni* Y *Astrophytum Myriostygma*

Estefana Alvarado Bárcenas§; Francisco Chablé Moreno

Instituto Tecnológico de Roque. Roque, Celaya, Gto. §Autor responsable: estefana3@hotmail.com

RESUMEN

La germinación de semillas de *Echinocactus grusonii* y Astropytum *miriostygma* fue evaluada en diferentes ciclos de floración bajo dos condiciones de germinación la primera en condiciones tradicionales y una segunda en estableciendo tres periodos de tiempo de almacenamiento a 40ºC. Las semillas *Echinocactus grusonii* en ambas evaluaciones mostraron un elevado porcentaje de germinación en los años 2004 y 2005 y semillas de Astropytum *miriostygma* en el primer experimento los mejores valores de germinación fueron similares en todos los ciclos, mientras que para la evaluación en los tres periodos de almacenamiento los valores fueron similares en los años 2006 y 2007 para 24 y 72 h, no así para 100 horas de almacenamiento donde el año 2006 mostró el más bajo porcentaje de germinación.

Palabras clave: Longevidad, *Echinocactus grusonii* y *Astropytum miriostygma*

INTRODUCCIÓN

La germinación se considera como la emergencia de la radícula, a través de la testa de la semilla, con capacidad de producir una plántula normal, es un proceso de cambio que involucra varias fases: a) Imbibición, b) Iniciación de la actividad celular; c) Digestión enzimática de los complejos; d) Asimilación de sustancias (Moreno, 1992; Hartmann y Kester, 1988). La longevidad es el tiempo en las semillas permanecen viables, que en su mayoría se han estudiado en semillas ortodoxas en cultivos básicos, en semillas de cactáceas el estudio a sido muy poca guardadas bajo condiciones de cuarto (Kigel y Galili, 1995).

Astropytum miriostygma y *Echinocactus grusonii* son dos especies de la familia de las cactáceas, poseen una gran importancia dentro de la flora endémica de nuestro país; son apreciadas por las formas de sus tallos y colorido de sus flores (Bravo, 1978). Una problemática en el mundo de las cactáceas es su situación que remarca la Norma Oficial Mexicana Ecol-059-2000 donde menciona dos grandes categorías como amenazadas o en peligro de extinción.

A. myriostygma es una cactácea mexicana considerada como amenazada en los sitios en que crece silvestre. Se distribuye principalmente en la región Centro-Norte del país en los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango (municipio de Lerdo), Hidalgo, san Luís Potosí y Tamaulipas. Recibe diversos nombres como "peyote cimarrón", "mitra" y "bonete o birrete de obispo" (Sánchez *et al*., 2006) Los individuos de *A.* están siendo extraídos para su uso como plantas de ornato, llevando a la disminución de las poblaciones e incluso a la desaparición de una población entera en la que su hábitat desapareció, además de la colecta indiscriminada, a actividades mineras. En el 2001, tal población constaba de alrededor de 100 individuos y el porcentaje de germinación de sus semillas (Santos *et al*., 2001).

Echinocactus grusonii es una planta que se encuentra clasificada como una planta en peligro de extinción reportado en la Norma Ecológica. Se encuentra en los estados de San Luís Potosí hasta hidalgo son regiones donde se pueden encontrar plantas de, actualmente se le pueden localizar en la presa de Zimapán en el Estado de Hidalgo, siendo esta una región endémica donde se encontraban miles de ejemplares, el establecimiento de empresas provocó su eliminación siendo estos trasladados a países extranjeros (Mireles, 2006) . Una planta puede desarrollarse apropiadamente, es decir germinar, crecer y reproducirse que constituye el ciclo de las plantas, una de las etapas más vulnerables son la germinación, el establecimiento y la dispersión (Moreno, 1992). El objetivo del presente trabajo consistió, en determinar la germinación y longevidad de *E. grusonni y A. myriostygma* en diferentes ciclos de floración.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de Bioquímica de Semillas de la Coordinación de Estudios de Posgrado e Investigación (CEPI) del Instituto Tecnológico de Roque (ITR), el cual se ubica en el Km 8 Carr. Celaya- J. Rosas. Se colectaron frutos de diferentes individuos de *Astrophytum Myriostygma* previamente identificados cultivados ex situ. Los frutos de *Echinocactus grusonni* fueron colectados de una sola planta que se encuentra en las instalaciones del instituto. Los frutos de ambas fueron secados a temperatura ambiente y posteriormente sus semillas fueron extraídas y almacenadas en sobres de papel a temperatura ambiente.

Para ambas especies se establecieron dos experimentos: a) Prueba de germinación estándar (Moreno, 1996) b) Prueba de envejecimiento acelerado (ISTA, 1985), consistieron en 6 tratamientos para *Echinocactus grusonni* y 5 tratamientos para *Astrophytum myriostygma,* cada tratamiento con cuatro

repeticiones, cada una de ellas contenía 100 semillas dando un total de 400 unidades experimentales. Para envejecimiento acelerado se colocaron por 24, 72 y 100 horas de almacenamiento a 40º C en recipientes®. Las semillas ambas pruebas fueron colocadas en papel germinador humedecido con Metacaptan® 1 mgL^{-1} y colocadas dentro de una estufa de baja temperatura Felisa® a 22º C. Se realizó el conteo cada 2 días y se determinó el porcentaje de semillas germinadas y sin germinar.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la germinación y envejecimiento acelerado de *Echinocactus grusonni* y *Astrophytum myriostygma* en ciclos de cosecha.

Echinocactus grusonii			*Astrophytum myriostygma*		
tratamiento	año	ciclo	tratamiento	año	ciclo
1	2003	noviembre	1	2006	junio
2	2004	noviembre	2	2006	julio
3	2005	noviembre	3	2007	mayo
4	2006	noviembre	4	2007	julio
5	2007	noviembre	5	2008	junio
6	2008	febrero			

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La germinación de *Astrophytum myriostygma* y *Echinocactus grusonni* (Figura 1A y Figura 2A1) mostraron los eventos de típicos de las semillas ortodoxas, las cuales se caracterizan porque después de completar su maduración sufren un proceso de deshidratación, lo que las lleva comúnmente a entrar en dormancia. Los eventos morfológicos iníciales del proceso de germinación comenzaron con la imbibición de agua por la semilla (fase I de la germinación), lo cual seguramente resultó en un incremento dramático en el peso fresco de la semilla promovido por la absorción de humedad, como se ha observado en la mayoría de las semillas en germinación (Hartmann *et al*., 1997; Salisbury y Ross, 1991). Como consecuencia de lo anterior, las células del embrión se alargaron e incrementaron el tamaño del embrión, lo cual suscitó una fractura de la testa ubicada específicamente alrededor de la región micropilar de la semilla que fue observada después de 2 días para *A. myriostygma* y cuatro días para *Echinocactus grusonni* (Figura 1. B, C y Figura 2. B1 y C1). Este evento ocurrió en todas las semillas, incluyendo las que finalmente alcanzaron a germinar y que no germinaron. Este fenómeno se presenta en todas las semillas deshidratadas sometidas a germinación, ya que la imbibición es un proceso físico relacionado con fuerzas matrices y ocurre en semillas vivas o muertas, dormantes o no dormantes (Hartmann *et al*., 1997). Al finalizar este evento, las células de las semillas viables que se habían alargado, iniciaron la fase II de la

germinación con el proceso de división a partir de la síntesis enzimática y el desdoblamiento de las sustancias de reserva, lo cual dio inicio al crecimiento del embrión, mismo que promovió el desprendimiento de una porción de la testa (Figura 1 C y Figura 2. C1) que permitió la emergencia de la radícula (fase III de la germinación) (Figura 1. D, E y Figura 2. D1), la cual se registró en un periodo promedio de tiempo de 20 a 50 días después de la germinación.

La emergencia de la plántula (Figura 1 E y Figura 2. D), que es el evento final del proceso, es el resultado de la acelerada división en el meristemo del brote y radicular del embrión. Los cotiledones son reducidos a pequeñas proyecciones de forma triangular característicos en la mayoría de las cactáceas, como es el caso de *Echinomastus mariposensis* Hester (Moreno *et al*., 1992). El hipocótilo (tanto en el embrión como en la plántula) es la estructura mas prominente donde se almacenan las reservas nutritivas necesarias para la germinación La radícula es pivotante y pequeña Este desarrollo difiere del observado por *Ferocacthus acanthodes* y otras especies de cactáceas las cuales producen raíces generalmente alargadas y de mayor tamaño (Mauseth, 1988). Las semillas de *L. diffusa* exhiben germinación de tipo epígeo, en la que los cotiledones son empujados y expuestos por encima de la superficie del sustrato por el hipocótilo en desarrollo (Salisbury y Ross, 1991; Landis *et al*., 1998).

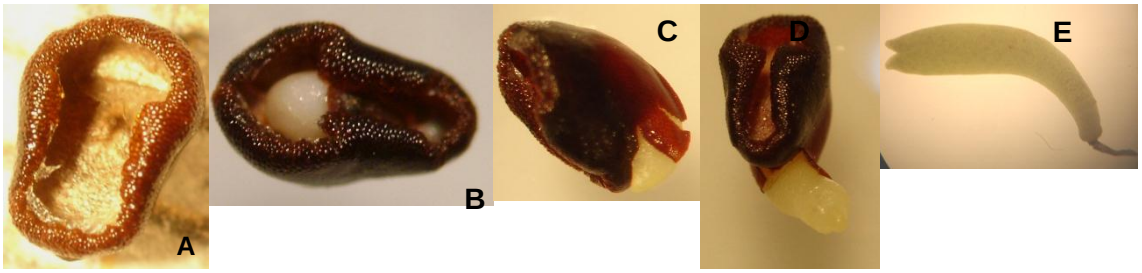


Figura 1. Eventos que caracterizan el proceso de germinación de semillas de *A. myriostygma* mostrando A. semilla. B y C inicio de la germinación y desprendimiento de la cubierta de la semilla. D, aparición de la radícula. E, cotiledones de la plántula.

La germinación de *E. grusonni* se observo que las semillas cosechadas en el año 2003 su viabilidad tiende ha disminuir después de haber sido almacenada por 4.5 años, para el ciclo 2004 y 2005 tiende a aumentar su porcentaje de germinación en un 70% a valores mayores del 90%, esto indica que las semillas de esta especie tiende a completar la maduración del embrión durante una etapa prolongada de de almacenamiento bajo condición ambiental natural (Cuadro 2).

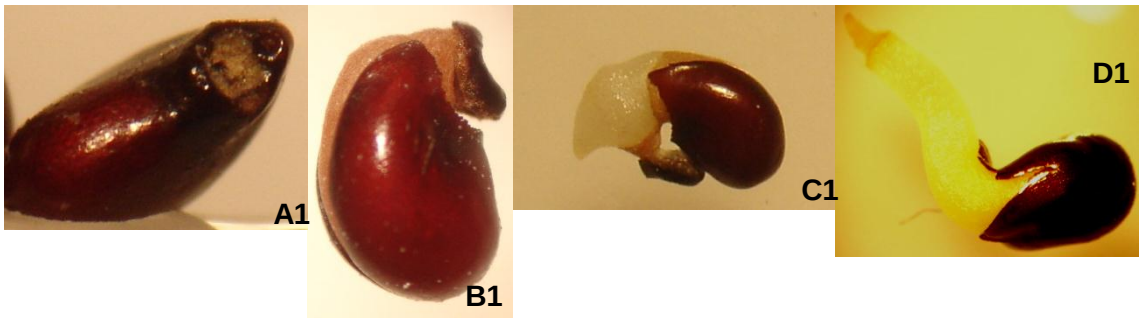


Figura 2. Eventos que caracterizan el proceso de germinación de semillas de *Echinocactus grusonni* mostrando: A1, semilla. B1 y C1 inicio de la germinación desprendimiento de la cubierta de la semilla. D1, aparición de la radícula.

Los resultados de la germinación de *A. myriostygma* se observaron que las semillas cosechadas en el año 2006 tiende a disminuir la viabilidad, que un periodo de de cuatro meses de almacenamiento se pierde 20% de germinación. Esta especie requiere de aproximadamente 6 meses de almacenamiento para lograr el 100% de su germinación almacenada en condiciones ambientales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Germinación de *Echinocactus grusonni* y *Astrophytum myriostygma* en diferentes ciclos de floración.

Echinocactus grusonii		*Astrophytum myriostygma*	
	Germinación días (%)		Germinación días (%)
	16		8
Tratamiento		Tratamiento	
1	56	1	70
2	96	2	90
3	96	3	100
4	58	4	100
5	40	5	90
6	20		

Durante la prueba de envejecimiento acelerado se obtuvieron los siguientes resultados en *E. grusonii* se observo que a 24 h se incrementa su porcentaje de germinación, a 72 h la germinaron es afectada notablemente, es importante recalcar que a 100 h la condición es desfavorable ya que pierde su viabilidad (Cuadro 3)

Para *A. myriostygma* los más altos valores fueron a 24 h en los tratamientos 1 y 4, a 72 h se presento el mayor porcentaje de germinación en el tratamiento 5 y para las 100 h en los tratamientos 4 y 5 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Germinación de *E. grusonni* y *A. myriostygma* empleando la técnica de envejecimiento acelerado en tres periodos de almacenamiento 24, 72 y 100 horas en tres ciclos de floración.

Echinocactus grusonii				*Astrophytum myriostygma*			
Horas de almacenamiento	24	72	100	24	72	100	
	Germinación (%)			Germinación (%)			
Tratamiento				Tratamiento			
1	50	40	50	1	87	52	25
2	90	50	50	2	52	50	52
3	90	90	40	3	75	50	50
4	40	20	0	4	87	52	100
5	40	30	0	5	75	75	75
6	20	10	0				

CONCLUSIONES

Míreles 2006, para la especie de *E. grusonii* en los años 2003 2004 y 2005 obtuvo 63, 84.6 y 86.6 % de germinación respectivamente y en este trabajo en los años 2004 y 2005 también mostraron elevados porcentajes de germinación mientras que para los años 2006, 2007 y 2008 se obtuvieron muy bajo porcentaje de germinación, en el segundo experimento los valores de germinación se presentaron en forma semejante a los del primer experimento establecido. En lo que respecta a *A. myriostigma* el porcentaje de germinación es similar en los ciclos establecidos, como lo reporta Sánchez *et al*., 2006 aunque el realizó la separación por tamaño de la semilla en el cual obtuvo un 76.6% para semillas grandes, el valor obtenido en ese experimento fue del 90% en semillas frescas en los años 2008 y de un 100% en semillas cosechadas el año 2007, mientras que para la evaluación en los tres periodos de almacenamiento los valores fueron similares en los años 2006 y 2007 para 24 y 72 h, no así para 100 horas de almacenamiento donde el año 2006 mostró el más bajo porcentaje de germinación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bravo H., H. 1978. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. I. México, D.F. pp. 256-263.

Hartmann, T. H. y Kester E. D. 1988. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Edit. C.E.C.S.A. México. D.F. pp.141-142.

Hartmann, T. H. y Kester E. D. 1988. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Edit. C.E.C.S.A. México. D.F. pp.141-142.

ISTA. 1985. Internacional Seed Testing Association. Intrnational rules for seed testing Seed Sci. And Technol. (13) 2: 322. Holanda.

Kigel, J. and Galili, J. 1995. Seed development and germination. Edit. Marcel Dekker Inc. New York. pp. 333-350, 767-387.

Mireles, S.I.E.2006. Multiplicación *in vitro* y pruebas d germinaron y evaluación de sustratos en el crecimiento de *Echinocactus grusonii.* Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Roque, Guanajuato. 73 p.

Mauseth, J.D. 1988. Plant anatomy. Benjamin Cummnings Pub. Co., Inc. Menlo Park, Ca. 1-560. Moreno, P. N.; López, G. J.J. y Arce G. L. 1992. Aspectos sobre la semilla y su germinación de *Echimastus mariposensis* Hester. Cact. Suc. Mex. 38: 21-27.

Moreno M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Programa universitario de alimentos 3ª. Ed. UNAM. México. pp 9.

Norma Oficial Mexicana (NOM-Ecol-059-2001). Diario Oficial de la Federación. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, México, D. F. 6 de Mayo de 2001.

Sánchez S. J.; Flores J.; Martínez G. E. 2006. Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* lemaire. (Cactaceae), especie amenazada de extinción. Asociación interciencia. 31:005. Caracas, Venezuela. pp. 371-375.

Santos D. M. S.; Martín C.M.J.M.; Arredondo G. A y Santos D. M. A. 2001. Efecto del medio de cultivo, cinética y agentes osmóticos sobre la respuesta morfogenética de *Astrophytum myriostima* (cacatacea) in vitro. Rev. Fitotecnica. México. Vo. 24 (2):133-138.

Salisbury, F.B. Ross, C.W. 1991. Plant Physiology. 4th Edition. Wadsworth, Inc. Belmont, California.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

REPRODUCCIÓN ASEXUAL DE *Echinocereus pentalophus* (DC) LEM. CON EL EMPLEO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO, CACTÁCEA ENDÉMICA DE MÉXICO

Francisco Chablé Moreno§; Estéfana Alvarado Bárcenas; Juan C. Raya Pérez; J. Guadalupe García Rodríguez; Blanca C. López Ramírez; Juan G. Ramírez Pimentel; Cesar L. Aguirre Mancilla

Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato. §Autor responsable: fchable4oct@hotmail.com

RESUMEN

La reproducción asexual ha sido mecanismo importante en la reproducción de algunas especies de plantas. *Echinocereus pentalophus* es una cactácea endémica de México, se distribuye en forma amplia; sin embargo, a pesar de su variabilidad existe poca información de su sistema reproductivo. Es una especie que puede propagarse tanto en forma sexual como asexual. El objetivo de este trabajo fue evaluar el empleo de fitoreguladores tanto comerciales como ingrediente activo grado reactivo. El experimento se desarrolló en el invernadero de cactáceas del DEPI-ITR, Celaya, Guanajuato. El material biológico empleado fueron fragmentos de tallo maduro de 9 cm de longitud. Los tratamientos utilizados fueron: 1) AIA (2 mg L^{-1}), 2) Raizone plus; 3) Raizone 10,000, 4) Raizone 1500, 5) 2,4-diclofenoxiacñetico (2,4-D 2,4D 2 mg L^{-1}), 6) Testigo. El diseño experimental fue completamente al azar, con 6 tratamientos y 9 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Callos (%), número y longitud de raíces, número y longitud de brotes evaluadas por 5 meses de establecido el experimento. El Análisis de varianza se realizó con el programa SAS ver 9.0. Los resultados obtenidos en la formación de callos a los 75 días, los esquejes de los tratamientos 4 y 2 se obtuvieron 75 y 85% de formación de callos. En el número de raíces el tratamiento 4 y 2 se logró 48 y 51 raíces en promedio. En la longitud de raíces se logró en el tratamiento 2 y 4 en promedio 12.4 y 13.6 cm. En número de brotes los mismos tratamientos se obtuvieron 10.2 y 13.6 brotes en promedio por esqueje establecido. En la longitud de brotes se lograron los mejores resultados en el tratamiento 1 y 4 con 2.44 y 2.26 cm en promedio. La mejor respuesta de *E. pentalophus* fue con el empleo del Ácido indolacético.

Palabras Clave: Asexual, *Echinocereus pentalophus*, Reguladores de crecimiento, Cactácea endémica

INTRODUCCIÓN

Algunas plantas angiospermas, han desarrollado mecanismos de reproducción asexual exitosos, producen individuos idénticos al progenitor, esto sucede, cuando secciones de un tallo son capaces de enraizar y formar otro organismo independiente. Los individuos generados son genéticamente idénticos a sus progenitores y de esta manera se forman clones o conglomerados de individuos genéticamente iguales. Este mecanismo de propagación ha evolucionado gracias al arreglo modular de los vegetales. Cada módulo o metámera está constituida por un entrenudo y un nudo del tallo con una yema axilar, la cual contiene células meristemáticas indiferenciadas, capaces de producir nuevas estructuras como raíces, tallos u hojas. La propagación asexual ha sido de especial importancia en vegetales que viven en ambientes extremos y donde se presentan limitaciones ambientales para que la reproducción sexual sea exitosa (climas extremosos) (Jiménez y Sierra, 2010).

En el caso de *E pentalophus*, conocida como biznaga amacollada, tiene la capacidad de producirse en forma sexual y asexual. Al hacerlo en forma sexual mediante la unión de gametos se recombinan para originar un individuo genéticamente recombinado por ambos progenitores que incrementa la variabilidad poblacional (Maynard-Smith, 1978.), en el caso de *E. pentalophus* sus plantas tiene un lento crecimiento y muchos problemas de sobrevivencia. El sistema asexual, puede presentar un costo a nivel poblacional, ya que lleva a una reducción de la variabilidad genética y limita las posibilidades de transformaciones en las poblaciones en proceso de seguimiento de los cambios constantes del ambiente (Eguiarte *et al*., 1999).

Para la reproducción de plantas se pueden emplear reguladores de crecimiento, que son sustancia químicas que en pequeñas cantidades pueden provocar modificaciones en las expresiones fisiológicas en las plantas en general se pueden clasificar en auxinas, citocininas, ácido giberélico, etileno y ácido absícico ((Hurtado y Merino, 1991). Las auxinas más comúnmente usadas son el ácido indol-acético (AIA) como auxina natural en concentración 0.01- 10 mg L^{-1}; sin embargo, existen otras auxinas sintéticas más activas como Acido indolbutírico (AIB), Acido Naftalen-acético (ANA) y Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2-4-D) en un rango de 0.001-10 mg L^{-1} adecuadas de la especie en estudio (Bhojwani y Razdan, 1983; Hurtado y Merino, 1991). En la mayoría de las plantas es posible realizar la separación individual de los brotes y proceder a su enraizamiento en condiciones *in vitro* o *ex vitro* (Bhojwani y Razdan, 1983) aunque actualmente se ha dado preferencia a la rizogénesis *ex vitro,* ya que resulta más económico (Debergh y Maene, 1981). Los reguladores de crecimiento, comercialmente los más utilizados las auxinas como

potenciadores del enraizamiento de las plantas que se propagan en forma asexual, se pueden encontrar en el mercado como productos con nombre de Raizone®-Plus y Radix®10000, Radix®3000 y Radix®1500 (Flores, 2006). En el caso del enraizamiento de brotes que provienen de la brotación directa de yemas axilares cultivadas en presencia de citocininas, los cuales carecen de raíces, la finalidad de esta etapa es inducir la formación de éstas mediante el fenómeno de desarrollo de raíces adventicias, o bien a través de la diferenciación de yemas axilares en órganos (raíces).

México es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, entre 10 y 12% de especies del planeta. Una familia importante en México son las cactáceas, plantas nativas del continente americano y del cual se han realizado escasos estudios. Nuestro país, es el más importante centro de concentración de especies a nivel mundial (Hernández y Godinez 1994), ya que el 68% de las cactáceas descritas hasta la fecha se distribuyen en nuestro país (Arias, 1993, Casas, 2005), dentro ellas cuales se describen 1500 especies, en 100 géneros y tres subfamilias (Hershkovitz y Zimmer, 1977). La mayoría de las cactáceas presentes en México, presentan rangos geográficos restringidos, lo que las convierte endémicas de nuestro país, pero a su vez susceptibles a verse amenazadas debido a la constante presión que se ejerce sobre ellas. El *Echinocereus pentalophus* se distribuye ampliamente en Coahuila, Guanajuato, Querétaro, San Luís Potosí, Hidalgo y Nuevo León y México (Áviles, 2005). Planta con muchas divisiones o brazos, reunidas en grupos de bastantes individuos. Tallos cilindricos, alargados, erectos o postrados (procumbens), con 3-8 costillas agudas, y algo tuberculadas. Poseen de 3 a 8 espinas radiales, rectas, amarillas o blanquecinas, siendo la superior más pequeña y sin espina central o una, erecta también y amarilla o marrón. Existen ssp *pentalophus*, con 3-5 costillas y 3-7 espinas y la ssp leonensis con 6-8 costillas y 9 espinas y por último la ssp. *procumbens* con 4-5 costillas y 5-7 espinas. (Avilés, 2005). El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar los efectos de los reguladores de crecimiento en diferentes concentraciones en la reproducción asexual de *Echinocerues pentalophus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Invernadero de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Roque. El material biológico fueron fragmentos de tallo de *Echinocereus pentalophus* de 8 a 9 cm de longitud considerando esquejes maduros. Para medir el efecto del enraizamiento se consideró el efecto del regulador de crecimiento tanto comerciales como ingredientes activos grado químico: Los

tratamientos fueron: 1) Ácido indolacético 2 mg L^{-1} (AIA); 2) Raizone plus® se aplicó en la base cubriendo totalmente la superficie de corte (AIB 600 ppm, 1200 ppm de ANA; Clorhidrato de tiamina 1800 ppm); 3) Raizone 10,000® (AIB 10, 000 ppm, 300 ppm de ANA) 4) Radix 1500® (AIB 1500 ppm, 200 ppm de ANA; Clorhidrato de tiamina 1700 ppm); 5) Ácido Diclorofenoxiacético 2 mg L^{-1} (2,4-D); 6) Testigo (sin la aplicación de ningún regulador de crecimiento.

El sustrato empleado fue a base de materia orgánica (cachaza) y se mezcló con tierra agrícola (60:40%); los riegos se realizó en forma continua a medida que se requirió durante el experimento. El establecimiento del experimento se realizó totalmente en campo abierto. El diseño fue completamente al azar, los tratamientos fueron 6, con 9 repeticiones dando un total de 54 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: Callo (%), Número de raíces (NB); Longitud de raíces (LR); Número de brotes (NB); Longitud de brotes (LB). El Análisis de varianza se realizó mediante el programa estadístico (SAS, versión 9.0) y la prueba de comparación empleada fue la Diferencia mínima significativa (LSD, $\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANAVA para la variable formación de callo en la metámera se obtuvo diferencia estadística altamente significativa y con un coeficiente de variación de 1.02%, que resulta ser bajo y adecuado para el experimento. Para la variable número de raíces 100 y 150 días (NR 100, NR 150) se obtuvieron diferencias altamente significativas con coeficiente de variación de 15.2 y 10.7% respectivamente. Para la variable longitud de raíces a 100 y 150 días (LR 100 y LR 150) se obtuvieron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos y con coeficientes de variación de 39.7 y 17.3, aunque el primer CV es alto, probablemente debido a que esta especie no presenta raíces principales, sino una amplia cantidad de raíces secundarias y terciarias lo que provoca alta variabilidad en los datos muestreados.

Cuadro 1. ANAVA de la formación de callos y raíces en reproducción asexual de *Echinocereus pentalophus*.

Fuente	gl	Callo 60	NR 100	NR 150	LR 100	LR150
Tratamiento	5	1610.4**	1417.1**	1886.4**	49.6**	100.4**
Error	40	0.44	12.70	11.8	2.57	2.7
Total	53	8074.5	7723.2	10090.7	399.9	651.0
CV		1.02	15.2	10.7	39.7	17.3

En la misma consideración al realizar el ANAVA en la reproducción asexual de *Echinocereus pentalophus* en la variable número de brote 100 y 150 días, se obtuvieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con coeficientes de variación 34.9 y 26.2, en el primer caso parece alto debido principalmente a que el número de brotes presenta mucha variación entre los tallos y sobre ellos la formación de brotes es variable, por ello existe mucha variabilidad en este variable evaluada, para el segundo valor presenta características similares a la variable anterior. Para la variable Longitud de brote a 100 y 150 días (LB 100 y 150) se logró diferencias altamente significativas entre tratamientos, con coeficiente de variación 34.6 y 27.0%, lo cuales son a que el número de brotes presenta mucha variación ya puede existir brotes grandes los que brotaron inicialmente y brotes recién emergidos, por ello existe mucha variabilidad en este variable evaluada.

Cuadro 2. ANAVA de la reproducción asexual de *Echinocereus pentalophus*.

Fuente	Gl	NB 100	NB 150	LB 100	LB 150
Tratamiento	5	11.0**	125.9**	1.61**	1.25**
Error	40	0.76	4.34	0.07	0.28
Total	53	95.4	874.8	11.5	19.7
CV		34.9	26.2	34.6	27.0

La prueba de comparación de medias separó los tratamientos y de acuerdo con las variables evaluadas se obtuvieron los siguientes resultados, para la variable presencia de callos, fue donde la mayor presencia de callos en las metámeras fue el tratamiento 4 (AIB 1500 ppm, 200 ppm de ANA; Clorhidrato de tiamina 1700 ppm), y el tratamiento 1 fue el que presentó la menor presencia de callo en el fragmento de tallo el cual contenía (AIA 2 mg L^{-1}).

Para la variable número de raíces el mejor tratamiento fue el 4 y 2 (2,4-D 2 mg L^{-1}), estadísticamente superiores, tanto para los 100 y 150 días, con valor promedio de raíces de 39.6 y 51.0; mientras que el tratamiento 6 el cual correspondió al testigo fue el que presentó el valor promedio más bajo de número de raíces con 10.3 y 18.3, estas últimas menos vigorosas y delgadas. La prueba de comparación de medias en la variable longitud de raíces a 100 y 150 días se ha presentado a los 100 días el mejor tratamiento fue el 2, mientras que a los 150 días el mejor tratamiento fue el 4.

Cuadro 3. Comparación de medias en el número y longitud de raíces durante la reproducción asexual de *E. pentalophus*.

Callo 60		NR 100		NR 150		LR 100		LR 150	
Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media
4	80 a	4	39.6 a	4	51.0 a	2	7.6 a	4	51.0 a
2	75 b	2	37.6 a	2	48.1 a	4	5.8 b	2	48.1 a
6	75 b	1	22.3 b	1	31.7 b	1	3.4 c	1	31.7 b
5	60 c	3	16.0 c	3	23.8 c	6	3.3 c	3	23.8 c
3	50 d	5	13.7 c	5	18.7 d	3	2.7 c	5	18.7 d
1	50 d	6	10.3 d	6	18.3 d	5	1.1 d	6	18.3 d

La prueba de comparación de medias para la variable número de brotes a los 100 y 150 días el mejor tratamiento fue el 4, con valor promedio de número de brotes 4.22 y 13.33; estadísticamente superior. Para la longitud de brotes a los 100 días el mejor tratamiento fue el 4; mientras la misma variable a los 150 días los tratamientos 4, 1 y 3, estadísticamente superiores e iguales entre ellos.

Cuadro 4. Comparación de medias en el número y longitud de brotes la reproducción asexual de *E. pentalophus*.

NB 100		NB 150		LB 100		LB 150	
Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media
4	4.22 a	4	13.33 a	4	1.28 a	1	2.4 a
3	2.88 b	2	10.55 b	3	0.68 b	4	2.26 ab
1	2.77 b	3	8.44 c	6	0.37 c	3	2.01 ab
2	2.55 b	1	7.66 c	2	0.33 cd	5	1.90 b
6	1.66 c	5	3.88 d	1	0.28 cd	2	1.85 bc
5	1.00 c	6	3.77 d	5	0.11 d	6	1.36 c

En la Figura 1 se puede observar el efecto de los reguladores de crecimiento, en el proceso de formación de raíces en los fragmentos de tallo de *E. pentalophus*, se puede mencionar que la posición de siembra si es totalmente vertical, las raíces se desarrollan en menor número, en cambio el fragmento de tallo se deposita en forma semihorizontal, aumenta la formación de raíces y se observan de mayor longitud. En la figura c y d se puede observar el efecto del Ácido indolacético en concentración de 2 mg L^{-1}, mientras que en la figura a son repeticiones del tratamiento 6, que corresponde al testigo, donde el número de raíces es de menor cantidad.



Figura 1. Presencia de raíces por efecto del uso de reguladores de crecimiento en el enraizamiento de *Echinocereus pentalophus*.

En la Figura 2 se pueden observar el número y longitud de brotes, por efecto del uso de reguladores de crecimiento, de acuerdo con las observaciones se puede señalar que a medida que el fragmento de tallo se tiende en forma horizontal en relación al suelo, tiende a aumentar el número de brotes. En la figura a, los brotes de generan cerca de la base; mientras que la figura b y c la mayoría de los brotes se observan a los largo de la metámera. Estos resultados se pueden obtener entre los 8 a 12 meses del establecimiento inicial del fragmento de tallo.



Figura 2. Presencia de brotes por efecto del uso de reguladores de crecimiento en el enrizamiento de *Echinocereus pentalophus.*

En cactáceas existen especies que presentan serios problemas de reproducción, ya en forma sexual y asexual. En cuanto a la inducción a rizogénesis en *Astrophytum ornathum* al multiplicarse *in vitro*, no presenta problemas en la emisión de raíces, ya que solamente al subcultivarse en el medio de cultivo al 50% de su concentración original, el total de los brotes establecidos formaron raíces, de brotes que provenían con regeneración *in vitro* de AIA 1.0 mg L^{-1}, los que posteriormente se aclimataron a suelo, sin problemas de crecimiento y desarrollo (Chablé *et al*., 2009), los resultados del presente trabajo no coinciden debido a que los reguladores de crecimiento empleados son diferentes, sobre todo cuando se multiplica *in vitro* ya se condiciona el proceso de regeneración y rizogénesis.

En trabajos realizado por Rosales (1995) al enraizar esquejes de maracuya, encontró que sus mejores respuestas en la reproducción sexual fue cuando empleó Raizone plus®, mientras que al enraizar *Echinocereus pentalophus* los mejores resultados fue el empleo de AIB y ANA, en los producto Raizone plus y Radix 1500.

CONCLUSIONES

En *Echinocereus pentalophus* se obtuvo el mayor porcentaje de formación de callos se logró con Radix 1500®; lo mismo que para el número y longitud de raíces se logró con el mismo enraizador. Para estas mismas variables el testigo y el de 2,4-D fue donde se obtuvieron los resultados más bajos. Tanto para número de brotes y longitud de brotes se obtuvo los mejores resultados con Radix 1500®, solamente en longitud de brotes a los 150 días los mejores respuestas se logró con el uso de AIA, Radix 1500® y Radix 10,000®. Generalmente los resultados más bajos se obtuvieron en el testigo y con el empleo de 2,4-D. Se obtuvo la multiplicación de *Echinocereus pentalophus*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avilés S. E. 2005. Guía de cactáceas del Estado de Coahuila. Instituto Coahuilense de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 197 p.

Bhojwani, S. S. and M.K. Razdan. 1983. Plant tissue culture: Developments in crop science, Vol. 5. E lsevier Science Publisher, Amsterdam, The Netherlands. pp 313-337.

Casas, G. 2005. Biodiversidad. Ciencia Ergo Sum. Universidad Autónoma del Estado de Toluca. www.redalyc-org/consultado el 19 de septiembre, 2012.

Chablé-Moreno,F. Rivera, L. I. Alvarado-Barcenas, E., Juarez, G.M. 2009. Organogénesis y rizogénesis de *Astrophytum ornathum* (DC.) Web. ex Britt. y Rose. XIV congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, DGETA.

Debergh, P. C, and L. Maene. 1981. A scheme for commercial propagation of ornamental plant by tissue culture. Sci. Hort. 14:335-345.

Eguiarte L. E., J. Nuñez-Farfán, C. Domínguez y C. Cordero. 1999. Biología evolutiva de la Reproducción de las plantas. En Núñez-Farfán, J. y L. E. Eguiarte (Comp): La Evolución Biológica. *Ciencias revista de difusión de la Facultad de Ciencias*, Instituto de Ecología, UNAM y CONABIO. México, D.F.

Flores R., A. F. 2006. Propagación por acodo aéreo de *magnolia grandiflora* l. Tesis de Licenciatura en Restauración forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. Edo. De México. 59 p.

Hershkovitz, M.; and Zimmer. E. 1977. On the evolutionary origin of the cacti. Taxon 46: 117-232.

Hurtado, M. D.,y Merino, M. M. E.1991. Cultivo de tejidos vegetales. 2ª edit. Trillas. México. pp. 48-49.

Jiménez S., C. L.; Matías P., L. 2010. La sexualidad de las plantas. Revista digital universitaria. (11): 8, 1-11.

Maynard-Smith. J. 1978. *The Evolution of Sex*. Cambridge University Press, Cambridge.

Rosales V., J.M. 1995. Enraizamiento de estacas de maracuya (*Passiflora edulis* cv *flavicarpa degener* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Xalisco, Nayarit, 66 p.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE CERTIFICACIÓN ECOTURÍSTICA EN COMUNIDADES DE LA SIERRA JUÁREZ DE OAXACA

Abril G. Castellanos Salinas§; Ernesto Castañeda Hidalgo; Salvador Lozano Trejo; Judith Ruiz Luna

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca. §Autor responsable: mochelita@hotmail.com

RESUMEN

La presente investigación consistió en la sistematización del proceso de certificación ecoturística en cinco comunidades de la Sierra Juárez de Oaxaca, bajo los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana 133 de la SEMARNAT; en base a la necesidad de mejorar los procesos administrativos. Para tal efecto se realizó un diagnóstico participativo con el método del Sondeo Rural Participativo (SRP) para detectar la problemática que enfrentan, se realizaron aspectos especiales de la norma como son los residuos sólidos, el recurso agua, la educación ambiental, el estudio florístico y faunístico. La problemática encontrada se centra en la capacitación a los prestadores de los servicios ecoturísticos, lo que hizo necesario diseñar un plan de capacitación. Así mismo, se encontraron fallos en la norma de certificación y discrepancias entre las instituciones rectoras del ecoturismo comunitario. Los resultados obtenidos de las capacitaciones se evaluaron tomando como base tres atributos según el MESMIS. Se detectó que existe una falta de rotación de senderos y que se realiza muy poco la separación de la basura desde los domicilios. Respecto a los estudios del agua, indican que este recurso satisface los límites permisibles en la NOM-127-SSA1-1994. Los talleres participativos propiciaron un cambio en la actitud de los coordinadores. Se detectó que el principal problema es la interpretación que se le da a la norma. Se espera que la presente propuesta sea útil en el proceso de gestión que vienen realizando las comunidades ecoturísticas de la Sierra Juárez para continuar las siguientes etapas del proceso de certificación ecoturística.

Palabras clave: Certificación, ecoturismo, sistematización, capacitación.

INTRODUCCIÓN

Recientemente, la certificación ecoturística ha surgido como una herramienta para garantizar una mejor gestión del desarrollo turístico, que a su vez coadyuva a que las empresas y proveedores de servicios respondan a los intereses y deseos de sus consumidores. Con un enfoque de ganar-ganar-ganar (para el ambiente, para la economía y para las comunidades locales), esta herramienta puede facilitar y fortalecer

el desarrollo sostenible, siempre y cuando sea bien aplicada, ya que el objetivo de un sistema de certificación es incentivar a una empresa a cumplir con ciertas normas (de calidad, seguridad, de respeto al ambiente u otros) (Bien, 2000 y Del Valle, 2002).

La presente investigación consistió en una sistematización del proceso de certificación ecoturística en cinco comunidades de la Sierra Juárez, Benito Juárez, La Nevería, Llano Grande, Latuvi y Cuajimoloyas; comunidades que integran la Operadora Ecoturística Expediciones Sierra Norte. La presente sistematización se realiza siguiendo los lineamiento de la Norma Oficial Mexicana 133, la cual es voluntaria e implica los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de los recursos naturales y el trabajo con los visitantes, mediante un proceso de capacitación en cultura ambiental con el fin de mejorar el manejo de los recursos naturales y generando habilidades y capacidades en la comunidad para ofrecer los servicios ecoturísticos con calidad.

Lo esencial del presente trabajo es la atención de las acciones que aun no cumplían lo establecido en la norma y prestar la atención a las acciones específicas en las cuales las comunidades requieren del apoyo externo, como son la elaboración del diagnóstico comunitarios y de los centros ecoturísticos, estudios de los recursos naturales existentes, manejo de los residuos sólidos, la capacitación para la educación ambiental, la construcción de la carpeta de evidencias, etc.

MATERIALES Y MÉTODOS

La sistematización del trabajo se realizó en cuatro fases, de acuerdo con la norma oficial 133 de certificación ecoturística NMX-AA-133-SCFI-2006:

1. El diagnóstico comunitario, realizado con base a la metodología de Sondeo Rural Participativo (SRP) propuesta por Selener *et al*. (1999), a partir de los lineamientos requeridos por la norma ya mencionada. El SRP permite identificar los problemas de la comunidad y planificar actividades para su solución con la participación activa de la gente, así mismo, permite de forma rápida y sistemática la descripción y análisis de la comunidad y su contexto; la identificación de problemas y potenciales soluciones y la programación de actividades para la ejecución de los proyectos.
2. La capacitación, para lo cual fue necesario estructurar un plan de capacitación para cumplir con los lineamientos y para que los prestadores de los servicios ecoturísticos generaran un mayor conocimiento de

la norma. La didáctica que se utilizó durante los talleres fue mediante la dialógica, basada en la adquisición de conocimientos mediante el mecanismo de aprender-haciendo, reconociendo lo complicado de las situaciones sociales en la práctica y que nunca se puede anticipa todo lo que se necesita trabajar (García, 2005).

3. La sistematización del proceso de certificación la cual se fue dando en todas las etapas de la realización de la investigación y que permitió el ordenamiento de los procesos y el ordenamiento de la información.

4. Análisis e interpretación de resultados, esto se realizó conforme los datos importantes obtenidos en el diagnóstico con base en los requerimiento de la norma 133 de la SEMARNAT. En ésta etapa se analizaron los resultados obtenidos en todo el proceso de certificación ecoturística con base en los atributos e indicadores de la metodología del MESMIS propuesta por Masera *et al*. (2000). Posteriormente se realizaron diagramas tipo AMIBA para la presentación de resultados. Los atributos estratégicos que se seleccionaron para la evaluación fueron los siguientes:

Equidad: factor crítico de la sustentabilidad de los sistemas de manejo y especialmente de los que involucran a un gran número de personas que reciben beneficios y que ejercen presión sobre el mismo recurso (Castillo *et al*., 2000). Algunos de los criterios de diagnóstico utilizados para evaluar este atributo son la equidad económica, la no económica, beneficios que reciben las familias, adoptabilidad de tecnologías, generación de empleo, etc.

Adaptabilidad: se refiere a la flexibilidad del sistema para encontrar nuevos niveles de equilibrio ante cambios importantes en el entorno económico o en las condiciones ambientales.

Auto-dependencia: es la capacidad de un sistema de controlar sus interacciones con el exterior, o sea, su grado de dependencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sondeo rural participativo conforme a la NMX-AA-133-SCFI-2006

Organización social de la comunidad

Se manifiesta en el poder comunal para el desempeño de los cargos comunales por tiempos establecidos de tres años. Una de las características notables del poder comunal es su capacidad para evitar la centralización del poder, y procurar la toma de decisiones de forma colectiva; de ésta manera, la asamblea determina las decisiones y su ejecución es realizada por una serie de órganos preestablecidos. La incorporación de los ciudadanos a la asamblea comunitaria para cumplir con las obligaciones se refleja en

la decisión de la asamblea, el cargo que se otorga exige la demostración de convencimiento de los individuos sobre la comunidad y el *tequio* (servicio comunitario gratuito y obligatorio) es un ejemplo de las decisiones que se toman dentro de ésta. Lo anterior garantiza que las decisiones tomadas se cumplan bajo el respaldo comunitario, lo que garantiza en el presente caso, la operación de los procesos ecoturísticos.

Datos de espacio

Cada comunidad realizó un croquis de ubicación de la infraestructura ecoturistica existente conforme a la norma, lo que permitió conocer los lugares en donde se realiza las actividades de los servicios que ofrecen. Cada coordinador estructuró su mapa con los contenidos básicos, los cuales fueron editados posteriormente para colocarlos como fuentes de información ecoturística. Los mapas contienen la ubicación de la zona de cabañas, el modulo de información, estacionamiento, comedores, centro de salud y los senderos que recorren los lugares de importancia para los turistas; así mismo, en algunos casos se ubicaron los lugares donde se encuentran las bodegas y los sitios histórico-culturales relevantes para la comunidad.

Datos de tiempo: historia de la comunidad

Cada comunidad plasmó el relató histórico que los caracteriza, como es que fue fundada y el significado que llevan por nombre, el significado de los nombres de los senderos, seguido de los acontecimientos más importantes ocurridos hasta la fecha. Dentro de los acontecimientos más importantes en las comunidades fueron la construcción de caminos que conectan con sus comunidades, así como el suministro de agua y la construcción de la infraestructura para los servicios ecoturísticos.

Datos técnicos y productivos

Para este ejercicio, cada coordinador realizó un mapa de su comunidad, el cual fue obtenido vía satélite, ya que para poder cumplir con la norma fue necesario visualizar el territorio donde hacen dicha actividad y se complementó con información generada de manera directa con los productores locales. En cada mapa se ubicaron los lugares en donde se realiza las actividades agrícolas, ganaderas, huertos familiares, zonas de recolección, etc., haciéndose la caracterización de cada sistema de manejo.

La capacitación

Se realizó con base a los requerimientos de la norma, la cual solicita se conforme una carpeta de evidencias con la documentación estructurada. Según García (2005) este proceso finaliza con la generación de un compromiso de trabajo de todos los involucrados, hasta un nivel de enriquecimiento personal y profesional, el cual Csikszentmilhalyi define como *flow* (flujo), mismo que se traduce como un crecimiento psicológico experimentado como corriente enriquecedora y fluida de experiencias óptimas.

La dialógica tuvo una aportación importante dentro de la investigación ya que los asistentes, en especial los coordinadores fueron los generadores de las propias evidencias y de interpretación de las normas de manera individual y conjunta, lo que se traduce como la generación de conocimientos mediante un intercambio de ideas y saberes.

En la estructura del plan de capacitación se detectaron y analizaron los principales problemas existentes que de acuerdo a la norma eran importantes detectar, para que con base a ello definir el plan de capacitación, mismo que fue orientado especialmente hacia el manejo de los recursos naturales y que permitió al final proponer alternativas de solución acordes a la norma (Cuadro 1).

Sistematización del proceso de certificación

El proceso de la investigación fue incierto en su inicio debido a las discreopancias en la interpretación de la Norma Oficial Mexicana 133 de la SEMARNAT, ya que cada uno de los asistentes y en especial de los coordinadores tenía una idea diferente con respecto a ésta, pero mejoró conforme se dieron las discusiones, el intercambio de ideas, y se adentró en el análisis de los lineamientos; aunque surgieron dudas sobre la forma de presentación de las evidencias, el significado de ciertos factores, etc., sin embargo, fue posible identificar los puntos críticos, ya que durante el proceso fue posible observar las deficiencias en las acciones, la interpretación y la aclaración de las dudas.

Las instituciones gubernamentales participantes en el proceso de certificación ecoturística son la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaria de Turismo (SECTUR) y la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI); cada una con sus propias normas; lo evidenció contradicciones y descoordinación entre las instituciones. Lo anterior conlleva a que es necesario un documento mejor planeado y entendible tanto para las comunidades, como para los asesores, con el fin de cumplir al máximo con los reglamentos, sin poner en duda si lo que se realiza está bien o mal, dado que al tratar de dar cumplimiento, tanto las comunidades como los asesores, interpretan la norma de diferente manera y el evaluador institucional de otra, lo que dificulta el proceso o hecha abajo todo el esfuerzo realizado.

Respecto a lo que procede, los prestadores de los servicios ecoturísticos mencionan que es indispensable hacer gestión ante instituciones de investigación y que los resultados sean reconocidos por las instituciones gubernamentales, ya que se presentaron casos de estudios que fueron realizados bajo una

Cuadro 1. Plan de capacitación en las comunidades pertenecientes a Ecoturismo Expediciones Sierra Norte.

Problema	Factores asociados al problema	Estrategia	Alternativas de solución	Proyecto especifico
No se ha realizado estudio completo de flora y fauna	El estudio que se realizó es muy superficial. Se necesita realizar un estudio que contemple flora y fauna durante todo una año.	Se realizaran recorridos de campo, para identificar las especies de flora y fauna e igualmente colectas de las especies no conocidas.	Gestionar proyectos ante instituciones gubernamentales o que las instituciones educativas realicen los estudios.	Estudio de flora y fauna
Se rebasa la capacidad de carga de los turistas en los senderos	No se había concientizado acerca del daño que puede ocasionar al ambiente. Cuando es temporada alta los grupos rebasan esta capacidad, si no puede que los turistas no quieran regresar.	Talleres participativos	Gestionar talleres de capacitación y asesorías para concientizar a los coordinadores, así como a los turistas	Taller sobre concientización del medio ambiente y el daño causado por turistas
No hay una rotación de senderos lo que provoca que no haya una recuperación de senderos	Debido a que el ecoturismo en las comunidades es una fuente de ingresos alta, no se dan cuenta de lo que puede causar al ambiente tanto impacto antropogénico	Talleres participativos	Poner en marcha la rotación de senderos para evitar erosión	Taller de rotación de senderos

metodología bien fundamentada, para los evaluadores no son validas debido a que no fueron realizados por las instituciones que representan.

Análisis e interpretación de resultados

El análisis de la información se realiza a partir de la consideración de los atributos de equidad, adaptabilidad y autodependencia propuestos por el MESMIS Para la equidad se encontró que la principal debilidad es la equidad de género y la principal fortaleza es la generación de empleos, demanda de trabajo y el cuidado del medio ambiente. Respecto a la adaptabilidad la principal debilidad en el cuidado del medio ambiente y la principal fortaleza en la generación de empleos y la demanda de trabajo.

Autodependencia o autogestión. Se muestra su principal debilidad en el género.

CONCLUSIONES

Para generar la información se realizó un diagnóstico, centrado en la información ecoturística de las comunidades relacionada con la organización local, los recursos y su uso. La sistematización del proceso de certificación se hizo en cinco comunidades de la Sierra Juárez de Oaxaca, bajo la norma institucional de sustentabilidad del ecoturismo la NMX-AA-133-SCFI-2006, donde se encontró que se tienen puntos de discrepancia, por lo que se requiere mejorar para cumplir con dichos requisitos y especificaciones. Como parte de ello se diseñaron planes de capacitación necesarios para ofrecer los servicios turísticos y se detectó que los estudios de flora y fauna no se han realizado por completo y que existe una falta de rotación de senderos ecoturísticos.

Para ello es necesario que se trabaje con las personas de todas las edades, priorizando con la población infantil, ya que a temprana edad es cuando los conocimientos que se adquieren pueden desarrollarse y ser utilizados en el futuro. Así, los talleres participativos propiciaron un cambio en la actitud de los coordinadores, la participación conforme al paso del tiempo fue mayor y despertó un mejor interés respecto a la certificación.

Se detectaron muchas discrepancias dentro de la norma y de las instituciones regidoras en las comunidades, donde se identificó que uno de los grandes problemas con la norma es la interpretación que se le da, es por eso que es necesario realizar mejoras a la norma vigente, en donde intervengan equipos multidisciplinarios y que ésta sea acorde a cada lugar ecoturístico.

Las comunidades tienen debilidades respecto a la equidad de género, otra debilidad que se muestra es resultado de la alta afluencia de turismo a las comunidades lo que provoca que haya menos cuidado del medio ambiente tomando mayor importancia al primero, la fortaleza de las comunidades es el control respecto a sus recursos y se muestra en un mejor nivel de autodependencia en la toma de decisiones respecto a sujetos externos, otra es la generación y la demanda de empleos que está logrando una disminución en la migración.

Como resultado final de los talleres participativos se obtuvo la carpeta de evidencias que servirá para mostrar a los evaluadores de la certificación y cumplir con el segundo nivel ésta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bien, A. (2000). *Estrategia de certificaciones turísticas en Centroamérica.* Informe final. Fomento al Desarrollo Sustentable Mediante Turismo en Centroamérica (FODESTUR) y Sistema de la Integración Centroaméricana (SICA). 41.

Castillo, P.N.; J. C. González; L. P. Merino. (2000*). Evaluación de la sustentabilidad del sistema de manejo forestal de la organización de ejidos productores forestales de la zona Maya de Quintana Roo.* En: Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural. Editorial Mundi-Prensa. Programa Universitario de Medio Ambiente. Instituto de Ecología. pp. 83-131.

Chapela, M. F. (2006). *Planeación comunitaria del territorio en la Unión Zapoteca-Chinanteca. Estudio de caso para el proyecto: Fortalecimiento del marco social y de políticas públicas en apoyo a los esfuerzos privados para la conservación de la biodiversidad.* United States Agency for Internacional Development (USAID). Conservación Internacional, World Wildlife Fund (WWF). The Nature Conservancy. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y PRONATURA. Pp. 42.

Chicharro, O. M. (2002) *El punto de vista de las redes de desarrollo rural. Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural*. Secretaria General de la Unión de Centros de Animación Rural Representante de Red Castellano Manchega de Desarrollo Rural (RECAMDER). Pp. 7.

Del Valle, D. (2002). Certificaciones turísticas en Centroamérica. Actualización de estudios. Rainforest Alliance, alianza para el bosque, Programa Ambiental Regional para Centroamérica (PROARCA), United States Agency for Internacional Development (USAID). World Wildlife Fund (WWF). Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) y The Nature Concervancy (TNC). pp. 50. Guatemala.

García, S. (2005). *Educación ecológica: reflexión y praxis en torno a la sequía en Chihuahua*. Instituto de ecología, A. C. pp. 188. Xalapa, Veracruz.

Guala, C. C. y E. P. Szmulewicz. (2007*).* Evaluación de buenas prácticas en servicios de ecoturismo comunitario en la ecorregión Valdiviene, Chile*. Redalyc. Sistema de Información Científica. Gestión Turística. Universidad Austral de Chile*. Chile, 8:9-23. Chile.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2005). *Anuario estadístico de Oaxaca*. Tomo 1. pp. 22-29.

Masera, O.; M. Astier y S. López. (2000). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. Grupo interdisciplinario de tecnología rural apropiada (GIRA)*. Editorial Mundi-Prensa. pp. 9-14. México.

Nicklin, C. y M. Saravia. (2006). *Estudio de factibilidad sobre el potencial de ecoturismo para mejora los medios de vida de las comunidades do los Andes en 4 países*. Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador: Marco conceptual y metodológico. pp. 8.

Santoyo, H.; P. Ramírez y M. Suvedi. (2002). *Manual para la evaluación de programas de desarrollo rural.* Segunda Edición. Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades en el Sector Rural (INCA Rural), Michigan State University Anrecs Center for Evaluate Studies. Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). pp. 158.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2010). *Plan municipal de desarrollo, Santa Catarina Lachatao, Ixtlan, Oaxaca.* Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable. pp. 135. Oaxaca, México.

Selener, D.; N. Endara y J. Carvajal. (1999). *Guía práctica sondeo rural participativo.* Segunda Edición. Instituto Internacional de Reconstrucción Rural. pp. 131. Ecuador.

http: // www.conabio.gob.mx / conocimiento / regionalizacion/doctos/rtp_130.pdf. Consultado por internet el 20 de diciembre de 2010.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

TEMÁTICA PECUARIA

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN IDEAL DE POLLINAZA FERMENTADA EN OVINOS

Ignacio Mejía Haro[1]; Gustavo Tirado Estrada[1]; Ana Julia Azuara Hernández[1]; José Mejia Haro[2]; Raúl Rodríguez M.[1]; Rubén Larios Gonzalez[3] ; Mauro E. Mora de Alba[1]

[1]Instituto Tecnológico el Llano Aguascalientes, Ags. [2]Universidad de Guanajuato, Gto. [3]CBETa 61 de Calvillo, Ags. Autor responsable: ignaciomh@hotmail.com

RESUMEN

La investigación se realizó en el Instituto Tecnológico el Llano, Aguascalientes, con el objetivo de determinar la concentración ideal de excretas fermentadas de pollo de engorda que pueden ser utilizadas en la alimentación de ovinos en engorda explotados intensivamente sin afectar los parámetros productivos y la coloración de la carne y a su vez que permitiera generar mayores ganancias económicas mediante la reducción de costos de alimentación y por esta razón se optó por utilizar esta excreta. Para lo anterior se utilizaron 21 borregos machos de la raza Katahdin sin castrar con un peso inicial de 35 kg, los cuales fueron distribuidos en un diseño complemente al azar en tres tratamientos y siete repeticiones por tratamiento. Los tratamientos consistieron en la inclusión de 10, 15 y 20% de pollinaza en una dieta integral para ovinos para la etapa de finalización; las variables evaluadas fueron: ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), rendimiento en canal (RC). Los datos fueron procesados mediante el SAS. Se obtuvo diferencia significativa ($P<0.05$) en GDP, el T1 fue ligeramente superior a T2 y T3, estos últimos no mostraron diferencias. En conversión alimenticia y RC no hubo diferencias significativas. La utilización de la pollinaza en una inclusión menor o igual al 20 % en la dieta de ovinos en engorda no afecta negativamente ni en forma substancial los parámetros productivos ni cambia la coloración de la carne de los animales y se reducen los costos de alimentación.

Palabras clave: Rumiantes, pollinaza, alimentación

INTRODUCCIÓN

Las excretas de los pollos de engorda (pollinaza) siempre se presentan mezcladas con el material que se utiliza como cama para los pollos (cascarilla de arroz o de soya, olote de maíz molido, aserrín, viruta, paja picada, periódico, etcétera) y con el alimento que los mismos pollos tiran al piso. Este subproducto es un recurso alimenticio para rumiantes utilizado ampliamente en México y Latinoamérica; su empleo está basado en su valor proteico, aunque también aporta una cantidad aceptable de energía, y es alta en minerales, no obstante, pocos esfuerzos han sido conducidos para puntualizar la calidad y cantidad de

ellas y recomendar su empleo en la dieta de los rumiantes, incluyendo los ovinos, sin que se produzcan efectos negativos (Cantón *et al*., 1994).

Son muchos los reportes informales existentes en medios electrónicos (Pollinaza en ovinos -Producción Agropecuaria– Foros, www.engormix.com) en donde se comenta de los buenos resultados del uso de pollinaza en novillos y en ovinos que ayudan a reducir los costos de producción, ya que el kilogramo de un alimento proteico utilizado supera los cinco o seis pesos, comparado con un peso que cuesta un kilogramo de pollinaza. Es importante realizar experimentos en donde se prueben diferentes porcentajes de inclusión en la dieta y el tiempo apropiado para retirarla antes del sacrificio de los animales, así como la utilización de fuentes de energía de carbohidratos fácilmente fermentables con el fin de producir una sincronía en la disponibilidad de sustrato para la flora microbiana del rumen.

Para poder recomendar una concentración segura, se deben probar diferentes concentraciones de pollinaza y evaluar la ganancia de peso, conversión alimenticia, color de la carne, y rendimiento de la canal. Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar la concentración ideal de pollinaza fermentada factible de ser utilizada en las dietas de ovinos sin producir efectos indeseables en parámetros productivos y en la canal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento con 21 borregos machos sin castrar de la raza Katahdin de un peso promedio inicial de 35 kg (etapa finalización) y fueron alojados en corraletas individuales con bebedero y comedero, distribuidos aleatoriamente utilizando un diseño completamente al azar con tres tratamientos y siete repeticiones por tratamiento. El tratamiento 1 consistió en una dieta típica para ovinos en corral en donde se incluyó el 10% de excretas fermentadas de pollo de engorda; el tratamiento 2, la misma dieta pero utilizando el 15% de excretas fermentadas; y el tratamiento 3 con el 20% de las excretas, sustituyendo parcialmente la pollinaza a la harina de soya, harinolina y maíz.

El experimento tuvo una duración 97 días y fue dividido en cuatro etapas: adaptación, medición de parámetros productivos, la etapa de exclusión del consumo de excretas, y finalmente el sacrificio, las cuales tuvieron una duración de 15, 42, 25 y 2 días respectivamente.

Después del periodo de adaptación se continuó con la etapa experimental que consistió en obtener los parámetros productivos: consumo de alimento, conversión alimenticia, ganancia diaria de peso y rendimiento de la canal. Esta etapa tuvo una duración de 42 días, al inicio se registró el peso inicial de los animales los cuales se pesaron 3 días seguidos con 12 horas de ayuno y al finalizar la etapa se hizo la misma actividad para obtener el peso final. El alimento se le ofreció a los animales dos veces al día, a las 8:00 y a las 15:00 hrs; al registrar el peso final de los ovinos, estos fueron privados del consumo de pollinaza por 25 días, en algunos estudios se menciona que los animales que no son privados de este subproducto proporcionan canales con características indeseables, principalmente dando un color obscuro de la carne. Posteriormente los ovinos fueron sacrificados en el rastro municipal de San Francisco de los Romos, Aguascalientes y se registró el peso de la canal caliente para para obtener el rendimiento en canal; también se tomaron muestras de hígado para la determinación de cobre y se observaron algunas características de la canal como son: coloración de la carne y presencia o no de absesos en las viseras. Los datos fueron analizados estadísticamente con el paquete de computo SAS mediante análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de tukey.

En el laboratorio se realizaron las determinaciones de materia seca, materia orgánica, nitrógeno y proteína cruda, fibras detergente neutro y ácido en las dietas evaluadas (Cuadro 1). Los componentes del análisis proximal se determinaron según las técnicas de la AOAC (1990), la fibra detergente neutro y la fibra detergente ácido por la técnica de Van Soest *et al*. (1991).

Cuadro 1. Composición nutricional de las dietas experimentales.

Composición	T1	T2	T3
Materia seca	80.9	78.8	81.5
Proteína cruda*	17.2	17.3	17.6
FDA	19	22	23
FDN	26	30	30
EM, Mcal/Kg	2.7	2.7	2.6
Ca	0.67	0.83	0.97
P	0.46	0.54	0.62

*% PC=%N x 6.25

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos por tratamiento y por variable se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resumen de las variables evaluadas en parámetros productivos.

T	GDP, g	CoA (g/kg $PV^{.75}$)	CA	RC (%)
1	309 a	134	7.5 b	54 a
2	287 a	141	7.6 ab	54 a
3	287 a	143	7.3 a	56 b
CV (%)	8.8	-	10.4	4.7

Tratamientos con letras diferentes por variable difieren estadísticamente (P=0.05)

Ganancia de peso. Los ovinos del tratamiento 1 (dieta con 10% de pollinaza) obtuvieron una mayor ganancia diaria de peso P<0.05) que los de los tratamientos 2 y 3 (dieta con 15 y 20% de pollinaza), respectivamente; mientras que entre el T2 y T3 no se encontró diferencia significativa en esta variable (Cuadro 2); la mayor GDP en el T1 se puede deber a que contenía una menor cantidad de pollinaza y se incrementó la cantidad de alimentos proteicos y energéticos de mejor calidad, ya que estos se digieren a una mayor velocidad y son más aprovechables por los animales.

Álvarez *et al.* (2003) reportaron ganancias diarias de peso en corderas pelibuey de 86, 74 y 111g utilizando tres dietas diferentes: la primera contenía 30% de pollinaza, la segunda 30% de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y una tercera dieta fue una combinación de los dos ingredientes anteriores, 15% de pollinaza más 15% de parota. Además todas la dietas contenían el 70% de maíz molido y una premezcla mineral, la ganancia de peso tan baja pudo deberse a que las dietas solo contenían un 11% de proteína y a la raza de las corderas. En otro estudio realizado por Calderón y Elías (2006) donde utilizaron como suplemento en borregos 0, 3 ,6 y 9 g de melaza por kilogramo de peso vivo y 20 g de pollinaza por kilogramo de peso vivo, se obtuvieron ganancias diarias de peso en ovinos machos de 61, 103, 113 y 97 g, se observó que la mayor ganacia de peso se obtuvo en el tratamiento 3 utilizando 6 g de melaza/kg de peso vivo; y en el tratamiento 4, en el cual se utilizaron 9 g de melaza se obtuvo una menor ganancia de peso, lo que indica que a mayor cantidad de melaza baja la GDP debido a que también se reduce el consumo del suplemento por la mayor cantidad de melaza. Por otra parte Mendoza *et al.* (2007) evaluaron cuatro alimentos integrales comerciales sin pollinaza para ovinos de engorda y obtuvieron ganancias diarias de peso de 260, 216, 285 y 202 g, las cuales son inferiores a las encontradas en el presente estudio, donde se utilizaron

inclusiones de pollinaza del 10, 15, 20%, lo cual muestra que la utilización racional de esta excreta no afecta negativamente la ganacia de peso en los ovinos y puede sustituir a otros ingredientes de mayor costo de la dieta.

Consumo de alimento y conversión alimenticia. El consumo por dia de los animales disminuyó a manera que la pollinaza fue aumentando en la dieta, pero es importante mencionar que los ovinos de T1 tenian un peso mayor siguiendole el T2 y por ultimo el T3; calculando el consumo de alimento en g/kg$PV^{0.75}$ se obtuvó un mayor consumo por el T3 (143) seguido del T2 (141) y finalmente el T1 (134) lo cual indica que a menor PV los animales consumen una cantidad mayor de alimento por kgPV, el consumo que se tuvo se encuentra por arriba del valor de 80.5 g/kg$PV^{0.75}$ indicado por Ojeda y Mares (1998) como máximo.

La conversión alimenticia fue similar entre tratamientos (P>0.05), los valores obtenidos (Cuadro 2) son mayores a la conversión promedio en ovinos, pero es importante mencionar que los animales en etapa de finalización tienen un valor mayor de conversión alimenticia debido a que la eficiencia en el aprovechamiento de la energía es menor (Partida y Martínez, 1992). Los resultados obtenidos en esta investigación (7.5, 7.6, y 7.2 kg de alimento/kg de ganancia de peso para T1, T2, y T3, respectivamente) coinciden con los obtenidos por Cortez *et al.* (2007) quienes trabajaron con ovinos en etapa de finalización, los cuales fueron alimentados con una dieta integral y otros con forraje y concentrado pero por separado en donde se reportaron conversiones alimenticias de 7.2 y 7.3 kg en los ovinos alimentados con forraje y concentrado, mientras que los que fueron alimentados con la dieta integral tuvieron una conversión alimencia de 6 kg.

Los datos obtenidos en el experimento son similares a los reportados por Álvarez *et al.* (2003) en donde evaluaron tambíen la inclusión de un 15% de pollinaza en la dieta y encontraron una conversión alimenticia de 7.9 kg para obtener un kilogramo de peso del animal, sin embargo, cuando utilizaron una concentación del 30 % de la excreta obtuvieron una conversión de 10.3 kg, la cual es superior a la obtenida en el tratamiento del 15% pollinaza y también a los obtenidos en el presente experimento; se reporta que animales con un peso alto requieren más alimento por kg de ganancia de peso (Cortez *et al.*, 2007).

Rendimiento y coloración de la canal. Los valores de rendimiento de la canal (Cuadro 2) no muestran diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05). Estos valores (54, 54 y 56%) son superiores a los resultados obtenidos por Calderón y Elías (2006) quienes reportaron rendimientos promedio del 43% cuando utilizaron pollinaza y melaza como suplemento y el resto de la alimentación a base de pasto (*Bothriochloa pentosa*) probablemente, el bajo rendimiento que obtuvieron estos investigadores se debe en parte a la raza utilizada (Pelibuey) y a las dietas.

Respecto a la coloración de la carne, no se encontró ningún cambio ni diferencias entre las canales de los tratamientos evaluados, se obtuvieron canales de color rojo claro que es una coloración normal en esta especie, de igual forma tampoco se encontraron alteraciones patológicas en hígado y riñon en ninguno de los tratamientos, hasta el momento no hay ningún reporte científico que indique cambio sobre la coloración de la canal por la utilización de pollinaza en la alimentación de ovinos.

CONCLUSIONES

La utilización de la pollinaza en una inclusión hasta del 20% en la dieta de ovinos en engorda no afecta negativamente ni en forma substancial los parámetros productivos ni cambia la coloración de la carne de los animales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez M.G.; Melgarejo V.L.; Castañeda N.Y. 2003. Ganancia de peso, conversión alimenticia en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum)* y pollinaza. *Veterinaria Mexico*, 34: 39-46..

AOAC. 1990. Association of analytical Chemists. Official methods of analysis. 15 th. Ed. Arlington, Virginia, 1298 p.

Calderón, A.J.O.; Elías A.I.. 2006. Contribución a la suplementación ovina con pollinaza fermentada (Vitafert) y cuatro niveles de melaza. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET.* http://www.veterinaria.org/revistas/redvet Vol. VII, No. 10,1- 7.

Cantón, C.J., Moguel, Y.B. Rojas O., Miranda E. Sauri, J. Castellanos A.R. 1994. Estimación del daño inducido por el cobre de la pollinaza empleada para la alimentación de ovinos. *Téc. Pec. Méx.* 32:82-89.

Cortez, D.E., Martínez P.A., Sánchez, C., y R.S. Lazo. 2007. Finalización de corderos con diferentes estrategias de ofrecimiento de una misma dieta. V Congreso de especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mendoza, Argentina.In: www.produccion-animal.com.ar 1-4

Mendoza, M.G.D., P.F.X. Plata, M.M. Ramírez, D.M.A. Mejía, R.H. Lee y Barcena, G.R. 2007. Evaluación de alimentos integrales para el engorde intensivo de ovinos. *Revista Científica,* XVII:72-82.

Ojeda, R.A. and M.A. Mares. 1998. Habitat use by small rumiants in the arid. Andean foothills of Mendoza, Argentina, *Jour Arid environments* 38:349-357

Partida de la, P.J.A.; y R.L. Martínez. 1992. Comportamiento de borregos Pelibuey alimentados con dos niveles de energía en cuatro períodos de crecimiento. *Técnica Pecuaria en México* 30(1):1-11

Van Soest, P.J., Robertson J.B. and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sc*i. 74:3583-3592.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

PRODUCTIVIDAD FORRAJERA DE GENOTIPOS DE CUATRO CEREALES DE GRANO PEQUEÑO EN ZONAS SEMIÁRIDAS

Marco A. Rivas Jacobo§, Tania S. Alatriste Jiménez, José Marín Sánchez, Camelia A. Herrera Corredor.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí. §Autor responsable: marco.rivas@uaslp.mx.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el rendimiento de materia seca y sus componentes morfológicos de cuatro cereales de grano pequeño para generar alternativas de alimentación para las épocas críticas de las zonas semiáridas. La investigación se realizó en Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., ubicado a 22° 13' 39.8" LN y 100° 50' 58" LO, a 1,835 m.s.n.m. con clima semi-seco templado y temperatura media anual es de 17.1 °C, con 362 mm de precipitación. Se evaluaron 16 genotipos de cereales de grano pequeño: siete avenas (Karma, Obsidiana, Agata, Cevamex, Turquesa, Avemex y Chihuahua), siete triticales (Triticale comercial, CIIT-SLP-E1, CIIT-SLP-E2, CIIT-SLP-E3, CIIT-SLP-E4, CIIT-SLP-E5, CIIT-SLP-E6), Trigo comercial y Cebada Cantabra. La siembra se realizó el 2 de diciembre de 2011 bajo riego a una densidad de 100 kg de semilla ha^{-1}, fertilizando 100-46-00 (N-P-K). El diseño fue un bloque al azar con seis repeticiones, donde la parcela experimental fue de 3 x 3 m. Las variables medidas fueron; altura, rendimiento de materia verde (RMV), seca (RMS), de hoja (RMSH), tallo (RMST), material muerto (RMSMM) y espigas (RMSES), así como la relación hoja:planta (RHP) y tallo:planta (RTP). El muestreo se realizó en el centro de la parcela con un cuadrante de 0.5x0.5 m en dos etapas del cultivo (45 y 120 días después de la siembra, DDS). A los 45 DDS los triticales fueron los de mayor rendimiento, y a los 120 DDS las avenas mostraron los mayores RMS, RMSH, RMST y RMSES. La RHP y RTP fue similar para todos los cultivos y etapas. Algunos genotipos de avena como Cevamex y Chihuahua y de triticale como CIIT-SLP-E2 y CIIT-SLP-E1 son aptos para producirse en zonas semiáridas en la época invernal sin ningún problema.

Palabras clave: Cereales, rendimiento, materia seca, hojas, tallos, espiga.

INTRODUCCIÓN

En la región norte del país se práctica principalmente el sistema de producción de becerros al destete, con una cosecha anual del 40 al 55%, de los cuales casi la totalidad son vendidos a los engordadores del país o exportadores. La baja productividad se debe en parte a la sobreutilización de los pastizales, la cual trae

consigo subalimentación animal, que se agrava en el otoño-invierno por las bajas temperaturas. Se requiere así nuevas alternativas de especies forrajeras para producción invernal, así como al conocimiento de sus tecnologías de producción que lleven a una mayor disponibilidad de forraje de alta calidad (Ye *et al*., 2001).

Aunque en San Luis Potosí se tiene conocimiento que se siembran algunas especies forrajeras como avena (18, 959 ha) y sorgo forrajero (438 ha) a parte de la alfalfa con 13,799 ha, solo la avena es un cultivo de invierno que presenta un rendimiento de 9.39 a 15.1 t de materia verde (SIAP, 2012), y no se tienen datos de otros cereales de grano pequeño como fuentes de forraje que permitan a los productores tener alternativas para producir forraje para las épocas críticas, de ahí la importancia de estudiar otras especies e incluso variedades de la avena.

Unas de los cereales de grano pequeño que pueden ser alternativas son triticale, trigo, cebada e incluso otras variedades de avena diferentes a la Chihuahua que es la que más se siembra, pero es necesario estudiarlas para conocer su comportamiento productivo por interacción de varios factores como los estudiuados por Quiroz *et al*. (2010), quienes evaluaron la respuesta al déficit hídrico moderado durante el llenado de los granos en cultivos de trigo (cv. Pandora), cebada (cv. Acuario), y triticale (cv. Aguacero), en las condiciones agroclimáticas del sur de Chile, quienes observaron que los rendimientos promedios de trigo, cebada y triticale fueron de 10.8, 10.9 y 12.8 Mg ha^{-1}, respectivamente; en este trabajo se llegó a la conclución que el déficit hídrico moderado de régimen de agua no modificó los componentes principales del rendimiento (peso de grano, número de granos, producción de biomasa), ni los determinantes fisiológicos de la producción de biomasa, además, la alta producción de biomasa fue asociada con alto rendimiento en triticale en comparación a trigo y cebada.

En lo que respecta a evaluación de cereales para forraje, Murillo *et al*. (2001) estudiaron líneas de triticales de primavera, triticales de invierno, triticales facultativos y centenos, quienes observaron que del grupo de triticale de primavera se seleccionaron 22 líneas para forraje y 53 líneas para grano, con rendimientos superiores a 31 y 4.0 t ha^{-1} de forraje y grano, respectivamente. De los triticales de invierno se seleccionaron 34 líneas para forraje y 4 líneas para grano con rendimientos superiores a 31 y 3.0 t ha^{-1} de forraje y grano. De los triticales facultativos se seleccionaron 83 líneas para forraje y 18 líneas para grano

con rendimientos superiores a 31 y 4.0 t ha^{-1} de forraje y grano. De los centenos se seleccionaron 13 líneas para forraje y 3 líneas para grano con rendimientos superiores a 31 y 1.5 t ha^{-1} de forraje y grano.

Ye *et al*. (2001), al estudiar diversos materiales de tritricale en Galeana, Nuevo León, observó que los diferentes hábitos de crecimiento de los triticales ofrecen diversas opciones de utilización, que pueden adaptarse a los tipos de explotación y manejo encontrados en los ranchos ganaderos del norte de México, sobresaliendo los primaverales, que representan una buena alternativa para disponer de forraje durante la época crítica invernal, ya que los materiales más rendidores registraron una producción de materia seca total significativamente superior a los tradicionales, además observaron que entre los materiales estudiados se puede hacer una caracterización y agrupamiento de genotipos e identificar las relaciones entre las variables de respuesta como ahijamiento y rebrote, ahijamiento y tasa de crecimiento al primer corte y ahijamiento y gustocidad. El grupo invernal observó el mayor rendimiento de materia seca total con 12.77 t., alto ahijamiento medio y alta capacidad de rebrote (0.85), pero baja gustocidad (1.90) en la primera evaluación. Los rendimientos fueron para primer corte 5.05, 7.29, 6.75, 6.31 ton ha, para el segundo corte 3.96, 1.67, 1.99, 2.63, y tercer corte 3.76, 1.26, 1.65 y 2.19. Acumuladas fueron; 12.77, 10.22, 10.39 y 11.13, para hábito invernal, hábito primaveral, avena-ballicos, y hábito intermedio-invernal, respectivamente. Se usó 120 kg de semilla y 40 kg de N en el primer y segundo corte (80 kg).

Zamora *et al*., (2002), en Zaragoza y Matamoros, Coahuila, observó que los rendimientos de triticales fueron de 4.83, 4.20 y 6.37 t ha^{-1} para los cortes primero, segundo y tercero, respectivamente, mientras que las avenas mostraron 5.38, 3.53 y 5.58 t ha^{-1}, para los cortes primero, segundo y tercero, respectivamente.

Lozano (2004) estudió el comportamiento productivo de tres variedades de triticale forrajero en el ciclo de otoño-invierno, en Saltillo, Coahuila, donde observó que en promedio los días a las etapas fenológicas fueron, para encañe 75 días después de la siembra (DDS), para embuche 94 DDS, espigamiento 108 DDS, floración 127 DDS, llenado de grano 144 DDS y grano lechoso masoso 159 DDS. El promedio de rendimiento de forraje verde (RFV) fue de 29.2, 42.1, 46.9, 67.3, 63.2 y 68.9 t ha^{-1}. Para cada una de las etapas, respectivamente; el promedio de forraje seco fue de 5.6, 7.6, 10.9, 17.3, 18.5 y 20.6 t ha-1, para cada una de las etapas fenológicas, respectivamente; y para la relación hoja:tallo fue de 1.6, 0.9, 0.7, 0.5, 0.4 y 0.3 para cada una de las etapas fenológicas, respectivamente. Con base a lo anterior, el objetivo del

estudio fue evaluar el rendimiento de materia seca y sus componentes morfológicos de cuatro cereales de grano pequeño para generar alternativas de alimentación para las épocas críticas de las zonas semiáridas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el campo experimental y unidad de producción de bovinos de carne de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ubicada en el Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., en el Km. 14.5 No. 57 de la Carretera San Luis Potosí-Matehuala, que se ubica a 22° 13´ 39.8" de Latitud Norte y a 100° 50´ 58.3" de Longitud Oeste y a 1,835 m.s.n.m. El clima que predomina en el Municipio es el seco templado, con una franja al suroeste de clima semi-seco templado. La temperatura media anual es de 17.1 °C, la temperatura cálida comprende los meses de marzo a octubre y el periodo frío es de noviembre a febrero. Su precipitación pluvial es de 362 mm.

Material genético

- Variedades en estudio no comerciales de triticale proporcionadas por el Programa de Mejoramiento Genético de Triticale y Trigo Blanco del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- Variedades comerciales de avena proporcionadas por la Red de Cereales Pequeños del INIFAP.
- Variedades comerciales de trigo y cebada adquiridas en las casas expendedoras de semilla de la región.

Tratamientos

Se utilizaron 16 genotipos de cereales de grano pequeño: siete avenas (Karma, Obsidiana, Agata, Cevamex, Turquesa, Avemex y Chihuahua), siete triticales (Triticale comercial, CIIT-SLP-E1, CIIT-SLP-E2, CIIT-SLP-E3, CIIT-SLP-E4, CIIT-SLP-E5, CIIT-SLP-E6), Trigo comercial y Cebada Cantabra.

Trabajo de campo

La siembra se realizó el 2 de diciembre de 2011 bajo riego, los cuales se dieron en promedio cada 20 días. La densidad de siembra fue de 100 kg de semilla por hectárea. La fertilización fue de 100-46-00, aplicándose 18 kg de nitrógeno (N) y todo el fósforo (P) a la siembra, el resto del N se aplicó en dos partes

una cada mes después de la siembra. Los cortes se realizaron a los 45 (crecimiento) y 120 (grano en inicio de madurez fisiológica) días después de la siembra.

El diseño experimental fue bloques al azar con seis repeticiones, donde la parcela experimental fue de 3 m de largo y 3 m de ancho. El muestreo fue dirigido usando un cuadrante de 0.5 x 0.5 m el cual se colocó en la parte central de la parcela en forma escalonada para poder realizar cinco mediciones durante el ciclo de crecimiento del cultivo.

Las variables evaluadas fueron; altura, que se midió con una cinta métrica desde el ras del suelo hasta la punta de la última hoja y de la espiga cuando la hubo en el estrato medio; rendimiento de materia verde (RMV); rendimiento de materia seca acumulada (RMSAC), rendimiento de materia seca de hoja (RMSH), de tallo (RMST), de material muerto (RMSMM) y de espiga (RMSES), las cuales se midieron cosechando las plantas a 5 cm de altura del ras del suelo dentro de un cuadrante de 0.5 x 0.5 m que se colocó en la parte media de la parcela en forma escalonada durante el crecimiento del cultivo hasta que el grano estuviera en estado lechoso-masoso. La muestra en verde sin malezas se peso en una báscula Marca Torrey Modelo EQ5. Para el segundo corte se tomó una submuestra de 50 g del forraje obtenido del cuadrante y de 100 g para los cortes tres, cuatro y cinco, las cuales se separaron en hojas, tallos, material muerto y espiga, que se colocaron en bolsas de papel estraza en forma separada y se secaron en una estufa de aire forzado a 55º C durante 72 h; una vez secas se pesaron y se determinó el porcentaje de materia seca y el porcentaje de cada componente de la submuestra para después aplicarla a la materia verde obtenida por hectárea y calcular por conversión el rendimiento de materia seca total y de cada componente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el primer muestreo a los 45 días después de la siembra.

La variable altura mostró diferencias significativas (Cuadro 1), donde los genotipos CIIT-SLP-E1, CIIT-SLP-E4, CIIT-SLP-E2 y CIIT-SLP-E3, mostraron los mayores valores con 31.2, 30.3, 28.8 y 27.7 cm, los cuales corresponden a la especie del triticale, en cambio los genotipos Avemex, Agata, Obsidiana y Turquesa presentaron valores bajos de 18.5, 18.8, 19.0 y 19.3 cm, y que corresponden a la especie de avena. En esta fase de crecimiento de los cereales de grano pequeño es evidente que los triticales mostraron mayor

altura por su capacidad de crecimiento en invierno, época en quen fueron evaluados, ya que esta respuesta se debe a su habito de crecimiento invernal (Lozano, 2004).

El RMV mostró diferencias entre genotipos (Cuadro 1), siendo CIIT-SLP-E2, CIIT-SLP-E1, CIIT-SLP-E4, Triticale com, CIIT-SLP-E3, CIIT-SLP-E5, 2,380, 1,993, 1,850, 1,660, 1,380 y 1,327 kg de MV ha^{-1}, respectivamente, que corresponden a Triticale; en cambio Karma, Turquesa y Chihuahua mostraron los valores más bajos con 112, 647 y 700 kg de MV ha^{-1}, respectivamente, que corresponden a genotipos de avena.

Los resultados muestran que los triticales fueron los más rendidores, y sus valores fueron mucho menores a los reportados por Lozano (2004) quien cosechó a mayor número de días después de la siembra (75), ya que en esta investigación fue a los 45 días.

El RMS total presentó diferencias (Cuadro 1), CIIT-SLP-E2, CIIT-SLP-E1, CIIT-SLP-E4, Triticale com y CIIT-SLP-E3 mostraron los mayores valores con 481, 403, 374, 355 y 312 kg de MS ha^{-1}, respectivamente, en cambio Tur quesa, Avemex, Agata, Cantabra, Obsidiana y Chihuahua mostraron los menores valores con 145, 177, 179, 179, 186 y 197 kg de MS ha^{-1}, respectivamente. Relacionado a la cantidad de FV esta variable fue mayor para los triticales, pero los datos obtenidos fueron menores a los observados por Lozano (2004), ya que en esta investigación se cosechó 30 días antes (45 días después de la siembra).

Para RMSH los datos mostraron diferencias significativas (Cuadro 1), los genotipos mas rendidores fueron CIIT-SLP-E2, CIIT-SLP-E1, CIIT-SLP-E4, Triticale com y CIIT-SLP-E3 con 369, 299, 277, 247 y 211 kg de MSH ha^{-1}, respectivamente; en cambio Turquesa, Avemex, Agata y Obsidiana mostraron los valores más bajos con 87, 105, 115 y 115 t MSH ha^{-1}, respectivamente. Es evidente que en esta fase de crecimiento los genotipos de triticales muestran mayor cantidad de hoja, lo cual es debido a su mayor crecimiento y por lo tanto a una mayor aparición de hojas.

La variable RMST no mostro diferencias significativas (Cuadro 1), existiendo una tendencia a que CIIT-SLP-E2, Triticale com, CIIT-SLP-E1 y CIIT-SLP-E3 los de mayor RMS al ser muy superiores a la media de 82 kg ha^{-1}. En congruencia a la variable de RMSH en esta etapa de crecimiento los triticales mostraron

mayor rapidez de crecimiento y por lo tanto mayor elongación de tallo, es por ello e indudablemente que hayan presentado mayor cantidad de tallo.

La RHP y RTP no mostraron diferencias significativas (Cuadro 1), pero la tendencia fue a que Cantabra, CIIT-SLP-E1, CIIT-SLP-E2, Trigo com, Cebamex y CIIT-SLP-E4 mostraron la mayor cantidad de hoja en un rango de 70 a 73% mayor al promedio de 67%, y la menor cantidad de tallo en un rango de 30 a 27%. Es evidente que en esta etapa temprana de crecimiento los genotipos mostraran una mayor cantidad o proporción de hoja que de tallo, ya que se encuentran en crecimiento vegetativo y el tallo no ha elongado en toda su plenitud. La mayor cantidad de hoja en esta etapa también fue observada por Lozano (2004), pero en esta más avanzada de crecimiento.

Cuadro 1. Comparación de medias de altura, rendimiento de materia verde, seca, de hojas y tallos; y relaciones hoja:planta y tallo:planta de doce genotipos de cereales de grano pequeño cosechados a los 45 días después de la siembra.

Genotipos	Altura (cm)	RMV (kg ha^{-1})	RMS (kg ha^{-1})	RMSH (kg ha^{-1})	RMST (kg ha^{-1})	RHP	RTP
Karma	20.8 defg	112 bc	237 abc	153 bc	83 a	0.65 a	0.34 a
Obsidiana	19.0 efg	867 bc	186 bc	115 bc	71 a	0.61 a	0.39 a
Agata	18.8 fg	813 bc	179 bc	115 bc	63 a	0.62 a	0.38 a
Cevamex	20.2 defg	1160 abc	239 abc	174 abc	65 a	0.71 a	0.29 a
Turquesa	19.0 efg	647 c	145 c	87 c	57 a	0.59 a	0.41 a
Avemex	18.5 g	873 bc	177 bc	105 bc	72 a	0.58 a	0.42 a
Chihuahua	24.3 bcdef	700 c	197 bc	131 bc	66 a	0.66 a	0.34 a
Triticale com	25.3 abcde	1660 abc	355 abc	247 abc	108 a	0.69 a	0.31 a
CIIT-SLP-E1	31.2 a	1993 ab	403 ab	299 ab	105 a	0.73 a	0.27 a
CIIT-SLP-E2	28.8 abc	2380 a	481 a	369 a	113 a	0.73 a	0.26 a
CIIT-SLP-E3	27.7 abc	1380 abc	312 abc	211 abc	101 a	0.66 a	0.34 a
CIIT-SLP-E4	30.3 ab	1850 abc	374 abc	277 abc	97 a	0.70 a	0.30 a
CIIT-SLP-E5	24.0 bcdef	1327 abc	283 abc	188 abc	95 a	0.64 a	0.36 a
CIIT-SLP-E6	23.3 cdefg	1200 abc	257 abc	161 bc	97 a	0.63 a	0.37 a
Trigo com	25.0 abcdef	960 bc	268 abc	192 abc	76 a	0.72 a	0.28 a
Cantabra	26.0 abcd	844 bc	179 bc	136 bc	47 a	0.75 a	0.28 a
Promedio	23.9	1236	267	185	82	0.67	0.33
D M S	6.4	1233	245	198	68	0.17	0.17

a,b,c,… letras diferentes por columna son estadísticamente diferentes. DMS=Diferencia mínima significativa, RMV=Rendimiento de materia verde, RMS=Rendimiento de materia seca, RMSH=Rendimiento de materia seca de hoja, RMST=Rendimiento de materia seca de tallo, RMSMM=Rendimiento de materia seca de material muerto, RHP=Relación hoja:planta, RTP=Relación tallo:planta.

Para el muestreo a los 120 días después de la siembra.

La variable altura mostró diferencias significativas (Cuadro 2), donde todos los genotipos mostraron buenas alturas en un rango de 105.8 a 88.8 cm, excepto Karma, Chihuahua y Trigo com, y éste último fue el más bajo con 53.3 cm. En esta etapa final de desarrollo de los genotipos de cereales de grano pequeño las plantas ya llegaron a su mayor elongación de tallo y espiga, donde fue factible observar que el resultado fue diferente a la etapa de 45 días después de la siembra, donde los triticales fueron alcanzado en altura por las avenas y la cebada.

Para RMV los datos del Cuadro 2 muestran diferencias significativas, siendo que Cevamex mostró el mayor valor con 41,953 kg de MV ha^{-1}, seguida de Avemex, Chihuahua, CIIT-SLP-E1 y CIIT-SLP-E2 en un rango de 27,523 a 27,027 kg de MV ha^{-1}, en cambio Trigo com, Karma, Cantabra y CIIT-SLP-E5 rindieron menos en un rango de 12,140 a 16,560 kg de MV ha^{-1}. Los resultados obtendidos en esta etapa cambiaron la tendencia que había en la etapa de 45 días después de la siembra, destacando algunos genotipos de la avena como más rendidoras, datos que son menores a los observados por (Lozano, 2004) en etapa semejante a la coscehada en esta investigación. En cambio Murillo *et al*. (2001) obtuvo rendimientos de forraje de 31 t ha^{-1}, mucho mayores a los observados en esta investigación.

El RMS mostró diferencias significativas (Cuadro 2), Cevamex mostró el mayor valor con 16,819 kg MS ha^{-1}, a la que le siguieron Chihuahua, CIIT-SLP-E2 y CIIT-SLP-E1 con 11,095, 10,956 y 10,794 kg de MS ha^{-1}, respectivamente; en cambio Trigo com, Karma, CIIT-SLP-E5 y Cantabra mostraron los menores valores con 4,439, 6,093, 6,202 y 6,508 kg de MS ha^{-1}, respectivamente. Los datos obtenidos en esta etapa fueron mucho menores a los observados por Lozano (2004) y cabe mencionar que la avena Chihuahua por su adaptación a climas frios logro sobresalir en rendimiento al final del ciclo.

La variable RMSH mostró diferencias significativas entre genotipos (Cuadro 2), siendo Cevamex la que mostró el mayor valor con 4,089 kg MSH ha^{-1}, en orden numérico le siguieron Chihuahua, CIIT-SLP-E2 y CIIT-SLP-E1 con 3,527, 3,088 y 3,065 kg MSH ha^{-1}, respectivamente, en cambio Trigo com, Karma y CIIT-SLP-E5 mostraron los valores más bajos con 1,297, 1,713 y 1,767 kg MSH ha^{-1}, respectivamente. Observando los datos de RMST es factible deducir que la cantidad de hoja en esta etapa disminuyó en relación a la cantidad de tallo y que fue inversa a lo sucedido en la etapa de 45 días después de la

siembra, ya que al final del ciclo fenológico se puede observar la elongación completa del tallo, además de las pérdidas de hoja por material muerto como se observa en esta variable más adelante.

El RMST también mostró diferencias significativas (Cuadro 2), Cevamex mostró el valor más alto con 7,178 kg ha^{-1}, seguida de CIIT-SLP-E2 y CIIT-SLP-E1, Avemex y Chihuahua con 4,777, 4,770, 4,683 y 4,665 kg ha^{-1}, respectivamente; pero Trigo com, Karma, CIIT-SLP-E5 y Cantabra con 1,988, 2,640, 2,781 y 2,845 kg de MST ha^{-1}, respectivamente. Como se mencionó en el párrafo anterior la cantidad de tallo fue mayor en esta etapa por la mayor elongación de los tallos y por pérdidas de hojas como material muerto y por la presencia de espigas y granos que ocupan un componente más al fnal del ciclo fenológicom de los cereales de grano pequeño.

Para RMSMM los datos del Cuadro 2 mostraron diferencias significativas, donde Cevamex mostró el mayor valor con 1,718 kg ha^{-1}, y el menor fue el Trigo com con 462 kg ha^{-1}. Los datos muestran que algunos genotipos mostraron mayor RMSMM, lo cual puede deberse a la duración del ciclo fenológico, ya que las plantas secan más pronto y se acumula mayor material muerto en algunos genotipos.

RMSES mostró difrencias significativa (Cuadro 2), donde Cebamex mostro el mayor valor con 2,934 t ha^{-1}, y en cambio el Trigo com mostró el menor valor con 692 t ha^{-1}. La mayor cantidad de espiga obsrevada en algunos genotipos puede deberse a una mayor tenmprana aparición de esta por finalización del ciclo fenológico más tenmprano o a menor número días, destcando así las avenas por su ciclo más corto y por su tamaño de panoja.

Las variables RHP y RTP no mostraron valores significativos entre genotipos (Cuadro 2), pero fue evidente que númericamente CIIT-SLP-E4, Chihuahua y Turquesa mostraron un mayor cantidad de hoja con 0.31, 0.31 y 0.30. Estos datos son evidentes y de esperarse, ya que las plantas al llegar a su estado fenológico de madurez presentan mayor cantidad de hojas muertas y presencia de espigas, de tal forma que las hojas se ven disminuidas y el tallo se incrementa como lo reflejan los resultados en las distintas variables medidas. La menor cantidad de hoja en esta etapa también fue observada por Lozano (2004).

Cuadro 2. Comparación de medias de altura, rendimiento de materia verde, seca, de hojas y tallos; y relaciones hoja:planta y tallo:planta de doce genotipos de cereales de grano pequeño cosechados en estado de inicio de madurez fisiológica.

Genotipo	Altura	RMV (kg ha^{-1})	RMS (kg ha^{-1})	RMSH (kg ha^{-1})	RMST (kg ha^{-1})	RMSMM (kg ha^{-1})	RMSES (kg ha^{-1})	RHP	RTP
Karma	84.5 ba	15660 b	6093 b	1713 ba	2640 b	667 b	1072 b	0.27 a	0.44 a
Obsidiana	92.5 a	24433 ba	9281 ba	2572 ba	4188 ba	871 b	1651 ba	0.27 a	0.46 a
Agata	90.7 a	23613 ba	8905 b	2327 ba	4074 ba	830 b	1673 ba	0.26 a	0.46 a
Cevamex	89.2 a	41953 a	16,819 a	4089 a	7178 a	1718 a	2934 a	0.26 a	0.43 a
Turquesa	92.2 a	24100 ba	9538 ba	2889 ba	4152 ba	894 b	1602 ba	0.30 a	0.44 a
Avemex	88.8 a	27533 ba	9964 ba	2602 ba	4683 ba	985 ba	1695 ba	0.26 a	0.47 a
Chihuahua	79.8 ba	27473 ba	11095 ba	3527 ba	4665 ba	1186 ba	1717 ba	0.31 a	0.42 a
Triticale com	105.8 a	24060 ba	9539 ba	2835 ba	4079 ba	938 ba	1687 ba	0.27 a	0.43 a
CIIT-SLP-E1	94.8 a	27647 ba	10794 ba	3065 ba	4770 ba	1150 ba	1808 ba	0.28 a	0.44 a
CIIT-SLP-E2	94.8 a	27027 ba	10956 ba	3088 ba	4777 ba	1187 ba	1905 ba	0.27 a	0.44 a
CIIT-SLP-E3	97.5 a	24987 ba	9776 ba	2904 ba	4162 ba	1015 ba	1694 ba	0.29 a	0.42 a
CIIT-SLP-E4	90.3 a	17823 b	7233 b	2324 ba	3031 b	725 b	1153 b	0.31 a	0.43 a
CIIT-SLP-E5	92.8 a	16560 b	6202 b	1767 ba	2781 b	637 b	1029 b	0.28 a	0.46 a
CIIT-SLP-E6	93.8 a	20353 b	7879 b	2213 ba	3569 b	782 b	1314 b	0.28 a	0.45 a
Trigo com	53.3 b	12140 b	4439 b	1297 ba	1988 b	462 b	692 b	0.28 a	0.45 a
Cantabra	92.5 a	16400 b	6508 b	1972 b	2845 b	623 b	1068 b	0.29 a	0.44 a
Promedio	89.6	23235.2	9064	2574	3974	917	1543	0.28	0.44
D M S	33.4	19041	7794	2624	3313	813	1415	0.14	0.09

a,b,c,… letras diferentes por columna son estadísticamente diferentes, DMS=Diferencia mínima significativa, RMV=Rendimiento de materia verde, RMS=Rendimiento de materia seca, RMSH=Rendimiento de materia seca de hoja, RMST=Rendimiento de materia seca de tallo, RMSMM=Rendimiento de materia seca de material muerto, RMSES=Rendimiento de materia seca de espigas, RHP=Relación hoja:planta, RTP=Relación tallo:planta.

Para la variable altura por cultivo se observaron diferencias significativas (Cuadro 3), donde el triticale mostró el mayor valor con 95.7 cm, seguida de cebada y avena con 92.5 y 88.2 cm, respectivamente, aspecto importante para relacionar el crecimiento con el renimiento, el cual no fue congruente en este trabajo, ya que el cultivo con mayor altura no fue el de mayor rendimiento.

El RMV por cultivo mostró diferencias significativas (Cuadro 3), avena mostró el mayor valor con 26,395 t ha^{-1}, seguida por triticale con 22,637 t ha^{-1}., en cambio el trigo mostró un valor más bajo con 12,140 t ha^{-1}. A pesar de que el triticale obtuvo la mayor altura no mostro el mayor rendimiento en verde, lo cual puede deberse al arqueotipo de la planta. En cambio Murillo *et al*. (2001) obtuvo rendimientos de forraje de 31 t ha^{-1}, mucho mayores a los observados en esta investigación.

Para RMS los datos entre cultivos observaron diferencias significativas (Cuadro 3), siendo la avena la más rendidora con 10,242 t ha^{-1}, seguida por triticale con 8,911 t ha^{-1}, y el trigo con el menor rendimiento con 4,439 t ha^{-1}. A pesar de que el triticale obtuvo la mayor altura no mostro el mayor RMS, caso contrario a lo que observó Ye *et al*. (2001), pero con rendimientos ligeramente mayores a los de ésta investigación de 12.77 t ha^{-1}, para triticales y 10.39 t ha^{-1}, para avenas y ballicos. En cambio Zamora *et al*., (2002), en Zaragoza y Matamoros, Coahuila, observó rendimientos de triticales de 4.83, 4.20 y 6.37 t ha^{-1} para los cortes primero, segundo y tercero, respectivamente, mientras que las avenas mostraron 5.38, 3.53 y 5.58 t ha^{-1}, para los cortes primero, segundo y tercero, respectivamente, siendo mucho menores a los de este trabajo.

Los datos de RMSH entre cultivos mostraron diferencias significativas (Cuadro 3), donde la avena mostró el mayor valor con 2,817 t ha^{-1}, seguida por triticale con 2,599 t ha^{-1}, y trigo el menor valor con 1,297 t ha^{-1}. Esta variable es importante tanto para el rendimiento como para la calidad nutritiva de la materia seca, lo cual puede estar muy relacionada a los altos rendimientos de la avena.

La variable RMST entre cultivos mostro diferencias (Cuadro 3), avena mostró el mayor valor con 4,511 t ha^{-1}, seguida por triticale con 3,881 t ha^{-1}, y trigo el menor rendimiento con 1,988 t ha^{-1}. Al igual que el RMSH puede estar muy relacionada a los altos rendimientos de la avena, al aportar mayor volumen como componente morfológico de las plantas.

Cuadro 3. Comparación de medias de altura, rendimiento de materia verde, seca, de hojas y tallos; y relaciones hoja:planta y tallo:planta de tres cultivos de cereales de grano pequeño cosechados en estado de inicio de madurez fisiológica.

Cultivo	Altura	RMV (kg ha^{-1})	RMS (kg ha^{-1})	RMSH (kg ha^{-1})	RMST (kg ha^{-1})	RMSMM (kg ha^{-1})	RMSES (kg ha^{-1})	RHP	RTP
Triticale	95.7 a	22637 ba	8911 a	2599 a	3881 ba	919 a	1513 a	0.28 a	0.44 a
Avena	88.2 a	26395 a	10242 a	2817 a	4511 a	1021 a	1764 a	0.28 a	0.44 a
Trigo	53.3 b	12140 c	4439 b	1297 b	1988 c	462 b	692 b	0.28 a	0.45 a
Cebada	92.5 a	16400 bc	6508 ba	1972 ba	2845 bc	623 ba	1068 ba	0.29 a	0.44 a
Promedio	89.6	23235	9064	2574	3974	917	1543	0.28	0.44

a,b,c,… letras diferentes por columna son estadísticamente diferentes, RMV=Rendimiento de materia verde, RMS=Rendimiento de materia seca, RMSH=Rendimiento de materia seca de hoja, RMST=Rendimiento de materia seca de tallo, RMSMM=Rendimiento de materia seca de material muerto, RMSES=Rendimiento de materia seca de espigas, RHP=Relación hoja:planta, RTP=Relación tallo:planta.

Para RMSMM entre cultivos los datos del Cuadro 3 mostraron diferencias, donde avena mostró el mayor valor con 1,021 t ha^{-1}, seguida de triticale con 919 t ha^{-1}, y el menor valor fue para trigo con 462 t ha^{-1}. Esta variable puede estar muy ralacionada con la madurez fisiológica de la planta, de tal forma que al llegar mas pronto a su madurez las avenas presenten myor cantidad de hojas muertas o senescentes aportándole mayor valor al RMSMM.

RMSES mostró diferencias significativa entre cultivos (Cuadro 3), siendo avena y triticale los más rendidores con 1,764 y 1,513 t ha^{-1}, respectivamente, en cambio el trigo mostró el valor más bajo con 692 t ha^{-1}. La morfología de la espiga, en este caso la panicula de la avena es mas extendida y de mayor volumen, lo que posiblemente le aporte mayor materia seca a la espiga.

CONCLUSIONES

En etapas inciales de crecimiento los genotipos de triticale fueron los de mayor rendimiento de materia seca, que bien pueden aprovecharse para pastoreo o corte y tener una mayor eficiencia de uso del forraje en caso que éstos muestren rebrote.

En etapas finales de desarrollo o madurez fisiológica de las plantas las avenas mostraron los mayores rendimientos de materia seca total como de hoja, tallos y espigas.

La relación hoja planta y tallo planta fue similar para todas los cultivos en la etapa inicial de crecimiento como en la final.

Algunos genotipos de avena como Cevamex y Chihuahua y de triticale como CIIT-SLP-E2 y CIIT-SLP-E1 son aptos para producirse en zonas semiáridas en la época invernal sin ningún problema.

Agradecimientos
Al programa PROMEP-SEP por el financiamiento del proyecto clave PROMEP/103.5/11/6650, del cual se derivó esta investigación.

Al Dr. Karim Ammar, Investigador del CIMMYT y al Dr. Héctor Eduardo Villaseñor Mir, Investigador del INIFAP, por facilitar el aporte de semilla de sus respectivos programas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lozano del R. A. J. 2004. Fotoguía de etapas fenológicas de las variedades de triticale forrajero AN-125®, AN-105® y AN-31®. Proyecto de Triticale entre la UAAAN y Agribiotech México. http://www.agribiotech.com.mx/articulostecnicos/Triticale%20Etapas%20Fenologicas%20AN%2031%20y%20105.pdf. Consulta el 28 de septiembre de 2012.

Murillo A. B; Escobar H. A; Fraga M. H.; Pargas L. R. 2001. Rendimiento de grano y forraje de líneas de triticale y centeno en baja california sur, México. Rev. Fitotec. Mex. 24:145-153.

Quiroz J.; Sandaña P; Calderini D.F. 2010. Rendimiento y producción de biomasa de trigo, cebada y triticale bajo riego y secano durante el llenado de grano en condiciones. Escuela de Graduados, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Ye C. W. E.; Días S. H; Lozano R. A. J.; Zamora V. V. M.; Ayala O. M. J. 2001. Agrupamiento de germoplasma de triticale forrajero por rendimiento, ahijamiento y gustocidad. Tec Pecu Méx. 39:15-29.

Zamora V. V. M.; Lozano del R. A. J.; López B. A.; Reyes V. M. H.; Díaz S. H.; Martínez R. J. M.; Fuentes R. J. M. 2002. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. TecPecuMéx. 40:229-242.

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto Tecnológico de Roque.
Formato digital. ISBN 978-607-96093-1-3

Esta obra se terminó de grabar e imprimir el 16 de Septiembre de 2013,
por la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C.

Andador Vehicular de San Jorge 134. Fraccionamiento Rinconada San Jorge
Celaya, Guanajuato, México. C.P. 38080

Tiraje: 500 ejemplares