

Ciencias Agropecuarias

Handbook T-I

Espinoza Zamora-Jesús
López Ramírez-María Elena

Directores

Ciencias Agropecuarias

Volumen I

Para futuros volúmenes:
<http://www.ecorfan.org/handbooks/>

ECORFAN Ciencias Agropecuarias

El Handbook ofrecerá los volúmenes de contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato en su área de investigación en Ciencias Agropecuarias. Además de tener una evaluación total, en las manos de los directores de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato se colabora con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (LATINDEX-DIALNET-ResearchGate-DULCINEA-CLASE-HISPANA-Sudoc- SHERPA-UNIVERSIA), el Handbook propone así a la comunidad académica , los informes recientes sobre los nuevos progresos en las áreas más interesantes y prometedoras de investigación en Ciencias Agropecuarias.

María Ramos · Virginia Aguilera

Editoras

Ciencias Agropecuarias *Handbook*

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. Agosto 15-16, 2013.

ECORFAN®

Editoras

María Ramos
ramos@ecorfan.org

Directora General ECORFAN

Virginia Aguilera
vaguilera@utsoe.edu.mx

Rectora de la UTSOE
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

ISBN-978-607-8324-00-2

ISSN 2007-1582

e-ISSN 2007-3682

Sello Editorial ECORFAN: 607-8324

Número de Control HCA: 2013-01

Clasificación HCA (2013): 090813-0101

©ECORFAN-México.

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley Federal de Derechos de Autor ,podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos ,de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Para los efectos de los artículos 13, 162,163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169,209 fracción III y demás relativos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Violaciones: Ser obligado al procesamiento bajo ley de copyright mexicana. El uso de nombres descriptivos generales, de nombres registrados, de marcas registradas, en esta publicación no implican, uniformemente en ausencia de una declaración específica, que tales nombres son exentos del protector relevante en leyes y regulaciones de México y por lo tanto libre para el uso general de la comunidad científica internacional. HCA es parte de los medios de ECORFAN (www.ecorfan.org)

Prefacio

Una de las líneas estratégicas de la política pública ha sido la de impulsar una política de ciencia, tecnología e innovación que contribuya al crecimiento económico, a la competitividad, al desarrollo sustentable y al bienestar de la población, así como impulsar una mayor divulgación científica y tecnológica, a través de distintos medios y espacios, así como la consolidación de redes de innovación tecnológica. En este contexto, las Instituciones de Educación Superior logran constituirse como un elemento articulador de la investigación, ciencia y tecnología.

El Subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas, a través de diferentes Universidades que lo conforman, de manera permanente y decidida vienen propiciando el surgimiento y desarrollo de grupos de investigación (Cuerpos Académicos), gestionando los apoyos necesarios para que los mismos puedan incursionar de manera adecuada en el campo de la investigación aplicada, la vinculación con pertinencia con los sectores productivos y promoviendo la participación activa de la razón de ser de nuestras instituciones, los estudiantes, así como impulsar el desarrollo tecnológico regional.

La Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato visualiza la necesidad de promover el proceso de integración entre los Cuerpos Académicos de las instituciones de Educación Superior y de Nivel Medio Superior, proporcionando un espacio de discusión y análisis de los trabajos realizados por dichos cuerpos y fomentando el conocimiento entre ellos y la formación y consolidación de redes que permitan una labor investigativa más eficaz y un incremento sustancial en la difusión de los nuevos conocimientos. Este volumen I contiene 14 capítulos arbitrados que se ocupan de estos asuntos en Ciencias Agropecuarias, elegidos de entre las contribuciones, reunimos algunos investigadores y estudiantes de posgrado, a partir de 10 estados de México.

Vázquez & Ruiz analizan los lodos provenientes de un tratamiento biológico que pueden ser adicionados al suelo para aumentar la productividad en las prácticas agrícolas y el efecto del biosólido sobre las características de suelo y el crecimiento de las plantas de frijol contra tratamientos donde se adiciona fertilizante inorgánico y suelo sin una fuente de N (Nitrógeno); *Cortes, Díaz, Cabal & Del Ángel* realizan un análisis socioeconómico actualizado del sector agroindustrial piloncillero con la intención de establecer una tipología de los trapiches ubicados en la región Huatusco-Fortín, Veracruz, evaluando diferentes aspectos en relación a su producción; *Vaquero* presenta información estadística oficial de los principales productos agrícolas de la región V Estado de México y se identifican los retos y las oportunidades del sector, los principales productos agrícolas de la región para conocer su potencial exportador, e identificar los productos de la región con presencia en el mercado externo; *Uribe, Jesús & Uribe* elaboran y evalúan lixiviados generados a partir del compost y vermicompost de residuos de plantas como mecanismo de fertilización del suelo y control de enfermedades de algunos cultivos agrícolas del estado de Tabasco; *Espinosa & Ortiz* identifican y cuantifican azúcares simples tales como glucosa y fructosa por cromatografía de intercambio aniónico, además de evaluar la estabilidad al tratamiento térmico del GP de fructanos de Agave tequilana Weber obtenidos por ultrafiltración; *Cortés, Díaz, Cabal & Jiménez* realizan un análisis socioeconómico actualizado del sector agroindustrial piloncillero con la intención de determinar los principales factores que entorpecen el desarrollo tecnológico y económico de los trapiches ubicados en la región Huatusco-Fortín, Veracruz; *Silvestre, Piña, Castro, Leana & Romero* aportan estrategias y soluciones para agricultores dedicados a la producción de maíz, a su vez mediante el uso de transferencia tecnológica puedan ser adoptadas y contrarrestar problemas de bajos rendimientos, contribuir a la productividad rentabilidad del producto, la sustentabilidad del entorno, mejorar la dieta alimenticia y sufragar necesidades nutricionales requeridas en el organismo humano, así como el ingreso de familias con mayor rezago económico, social y de salud ubicadas en la región de Izúcar de Matamoros; *Gutiérrez, Aguirre, Ramírez & Raya* seleccionan una colección de marcadores moleculares tipo SSR relacionados con características deseables de líneas endogámicas de maíz generadas a partir de una colección inicial de maíces criollos, y analizar por medio de estos marcadores la diversidad genética de la población original y de las líneas endogámicas; *Acosta, Padilla, Botello, Quintanilla, Barrón, Espinoza & Montes* presentan dos técnicas de segmentación de imagen con el objetivo de caracterizar la morfología de 6 variedades de semillas de higuera. Una de las técnicas presentadas está basada en un modelo propio y la otra mediante un algoritmo de agrupamiento conocido como k-means; *Rodríguez, Osuna, Romo & Amezcua* determinaron las condiciones óptimas del proceso de extracción de fructanos a partir de *E. crassipes*, la cual fue previamente utilizada en fitoremediación de efluentes provenientes de granjas acuícolas; *López, Sánchez, Cid, Herrera, Benítez Tzoni, Monterrosas, Muñoz & Peral* mejoran la presentación del jugo, proporcionar mayor estabilidad, caracterizar los componentes de interés funcional así como, la realización de un análisis preliminar financiero sobre su viabilidad económica; *Alatraste, Cuervo, Flores & Martínez* presentan la optimización del proceso de extracción de pectina de lima persa (*Citrus Latifolia* Tanaka) utilizando un método de hidrólisis ácida en el municipio de Cuitláhuac, Veracruz; *Santiago, Horita, Muñoz & Tello* presenta información estadística oficial de los principales productos agrícolas de la región V Estado de México y se identifican los retos y las oportunidades del sector, los principales productos agrícolas de la región para conocer su potencial exportador, e identificar los productos de la región con presencia en el mercado externo; *Honorio, Cámara, López & Pino* generan una propuesta del turismo rural, el agroturismo y las rutas alimentarias, y sobre cómo esos conceptos pueden aplicarse a nivel de un territorio específico, para potenciar procesos y productos con identidad, como es el caso del queso de poro en Balcan Tabasco.

Quisiéramos agradecer a los revisores anónimos por sus informes y muchos otros que contribuyeron enormemente para la publicación en éstos procedimientos repasando los manuscritos que fueron sometidos. Finalmente, deseamos expresar nuestra gratitud a la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato en el proceso de preparar esta edición del volumen.

Valle de Santiago, Guanajuato.
Agosto 15-16, 2013

María Ramos
Virginia Aguilera

| Contenido | Pag |
|---|------------|
| 1 Análisis de la interacción suelo-planta-microorganismo en un suelo agrícola del Valle del Mézquital, Hidalgo adicionado con biosólido <i>E. Vázquez & J. Ruiz</i> | 1-12 |
| 2 Análisis del sector agroindustrial piloncillero en la Región Huatusco – Fortín, Veracruz <i>Daniela Cortés, Salvador Díaz, Adan Cabal y Oscar Del Ángel</i> | 13-20 |
| 3 El sector agrícola en la región V del Estado de México: Retos y oportunidades <i>Alejandro Vaquero</i> | 21-35 |
| 4 Elaboración y aplicación de lixiviados para la fertilidad de suelos y control biológico en cultivos tropicales <i>Sheila Uribe, Kristal Jesús y Melina Uribe</i> | 36-41 |
| 5 Estabilidad térmica del grado de polimerización y cuantificación parcial de azúcares en fructanos de Agave tequilana, obtenidos por ultrafiltración <i>Rafael Espinosa & Rosa Ortiz</i> | 42-50 |
| 6 Evaluación y propuesta de innovación del proceso de elaboración de piloncillo en la región Huatusco-Fortín, Veracruz <i>D. Cortés, S. Díaz, A. Cabal y M. Jiménez</i> | 51-56 |
| 7 Evaluación de tres variedades de maíz (QPM, costeño mejorado y criollo) mediante sistema de riego rodado en la universidad tecnológica de Izúcar de Matamoros. <i>Antolín Martiñón, Jesús Piña, Conrado Castro, José Leana y Mario Romero</i> | 57-67 |
| 8 Identificación y seguimiento de la variabilidad genética en líneas endogámicas de maíz con progenitores criollos mediante marcadores moleculares <i>Alberto Gutiérrez, César Aguirre, Juan Ramírez y Juan Raya</i> | 68-77 |
| 9 Morfometría en diferentes variedades de semillas de higuera mediante procesamiento de imágenes <i>María Acosta, José Padilla, José Botello, Joel Quintanilla, José Barrón, Jesús Espinoza y Salvador Montes</i> | 78-87 |
| 10 Obtención de fructanos a partir de fuentes vegetales No convencionales <i>Víctor Rodríguez, Idalia Osuna, Enrique Romo y Claudia Amezcua</i> | 88-97 |

| | |
|--|---------|
| 11 Obtención y caracterización del jugo de caña de azúcar y su viabilidad económica | 98-109 |
| <i>Erick López, Mayra Sánchez, Sandro Cid, Jorge Herrera, Miguel Benítez, María Tzoni, Alfonso Monterrosas, Hilario Muñoz y Nardo Peral</i> | |
| 12 Optimización del proceso de extracción de pectina de lima persa (<i>citrus latifolia tanaka</i>) de la zona de Cuitláhuac, Veracruz | 110-115 |
| <i>Ismael Alatríste, Mary Cuervo, Félix Flores y Darney Martínez</i> | |
| 13 Procesos comunitarios para el fortalecimiento de la soberanía alimentaria y el manejo de los bienes comunes. Experiencias en cuencas prioritarias de Chiapas | 116-124 |
| <i>José Santiago, Luz Horita, Susana Padilla y Arturo Tello</i> | |
| 14 Ruta del queso de poro | 125-131 |
| <i>Guadalupe Honorio, Yuridia Cámara, Victoria López y Tomás Pino</i> | |
| Apéndice A . Consejo Editor Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato | 132 |
| Apéndice B . Consejo Editor ECORFAN | 133-134 |
| Apéndice C . Comité Arbitral Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato | 135-139 |

Análisis de la interacción suelo-planta-microorganismo en un suelo agrícola del Valle del Mézquital, Hidalgo adicionado con biosólido

E. Vázquez & J. Ruiz

E. Vázquez & J. Ruiz
Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji, Cuerpo Académico de Ingeniería y Sistemas Ambientales, Av. Universidad Tecnológica No. 1000, C.P. 42830, El Carmen, Tula de Allende, Hidalgo, México.
evazquez@uttt.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

Wastewater sludge can be added to the soil for increase the productivity of agricultural soil. The effect of the biosolid on soil characteristics and growth of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) was compared whit that of inorganic fertilizer and a soil without an extra N source. Plants cultivated in a soil amended with biosolid (30% w/w) developed best while those amended with inorganic fertilizer. Bean plants grown in the soil with biosolid had the highest length of tail, number of nodules and seeds per plant, that the electrolytic conductivity (EC) and pH was not different between the treatments and that the amount of N did not inhibited the develop of the bean plant. It was found that biosolid stimulated development and productivity of bean plants to a larger extent than those cultivated in inorganic fertilized soil or unamended soil in the greenhouse.

1 Introducción

Los continuos y generalizados incrementos de la producción agrícola que tuvieron lugar durante las décadas 60 y 70 gracias a la introducción de nuevas variedades y nuevas técnicas productivas, no han llegado a equilibrar la incesante demanda de alimentos a nivel mundial. Además, a pesar de los esfuerzos técnicos, durante los años 80 se observó una disminución en el rendimiento de las cosechas tanto en campos agrícolas como en parcelas de experimentación, sin estar aún las causas claras. Por otra parte, la presión sobre los sistemas agrícolas y forestales ha generado graves problemas de contaminación debido al empleo de fertilizantes y pesticidas.

Las tendencias actuales de la investigación en este campo se integran en los siguientes aspectos fundamentales:

- Mejora de la producción haciendo uso de la biotecnología agrícola.
- Estudio de la dinámica de ciclos biogeoquímicos y sus implicaciones en la nutrición vegetal.
- Estudio de la fisiología de las plantas para su aplicación en la mejora de la producción.
- Impacto ambiental de los cultivos agrícolas en el entorno, incluyendo el cambio de uso de suelo y la modificación de los ecosistemas.

Los enfoques anteriores se encuentran íntimamente relacionadas entre sí, interaccionando de forma que el estudio de cualquiera de ellas obliga a considerar las restantes.

En el presente proyecto se abordarán aspectos fundamentales que inciden en la productividad de una especie, *Phaseolus vulgaris* L., con un considerable impacto económico en la agricultura de nuestro estado y país, incluyendo el uso de los biosólidos como mejoradores de suelo y aportadores de C y N, los cuales son generados durante el tratamiento de aguas residuales.

El estudio se realizará, considerando la interacción de la planta-sistema edáfico, y sistema edáfico-biosólido, separándonos de los sistemas de producción clásicos en los que el factor de la productividad anulaba otras consideraciones vitales, como el mejor aprovechamiento de los recursos edáficos con la mínima presión externa.

1.1 Objetivos

General

Determinar las interacciones físicas, químicas y biológicas en el sistema suelo-planta-microorganismo utilizando el cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. Adicionado con biosólidos y bajo condiciones controladas de invernadero.

Específicos

1. Describir el efecto de la adición de biosólidos al suelo y el cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. sobre las características físicas y químicas del suelo.
2. Determinar la productividad del cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. cultivado en un suelo adicionado con biosólidos.
3. Relacionar los parámetros biométricos de la planta con la adición de biosólidos al suelo.

1.2 Materiales y Métodos

Sitio de muestreo y características del suelo. El sitio de muestreo está localizado en Acoculco, Edo. de Hidalgo, México (N.L. 19°58', W.L. 99°18'). La altura promedio es de 2020 msnm y se caracteriza por tener una temperatura elevada con poca humedad, la temperatura promedio anual es de 17.6 °C y un valor promedio de precipitación pluvial de 560 mm entre los meses de Junio y Agosto (<http://www.inegi.gob.mx>). El suelo es franco arenoso, tiene una conductividad electrolítica (CE) de 1.2 dS m⁻¹ y un contenido de carbono orgánico (C) de 0.4 g kg⁻¹ of soil. El área ha sido cultivada con maíz por más de 20 años, recibiendo cantidades mínimas de fertilizante inorgánico. El suelo fue muestreado aleatoriamente tomando los primeros 15 cm del suelo en un área de 0.5 ha. El suelo utilizado en cada tratamiento fue tamizado y almacenado hasta el establecimiento experimental.

Biosólido. El biosólido fue obtenido de el Fideicomiso de Infraestructura Ambiental de los Valles de Hidalgo (FIAVHI). El agua residual proviene mayoritariamente de descargas domesticas. El agua residual recolectada es digerida anaeróbicamente en un reactor; el lodo final fue secado al sol hasta obtener un contenido promedio de humedad de 30%. La concentración de los metales pesados en el biosólido fue baja, clasificándose como de excelente calidad (USEPA, 1994). El biosólido puede ser clasificado como tipo "C" considerando su contenido de patógenos (USEPA, 1994).

Cultivo de plantas de frijol en el invernadero. Seis submuestras de 7 kg de suelo sin tratar de cada sitio muestreado fueron colocadas en tubos de cloruro de polivinilo (PVC) (50 cm de longitud y 17 cm de diámetro). Tres tratamientos, considerados como CONTROL, BIOSOLIDO Y FERTILIZANTE, fueron aplicados a dieciocho submuestras de 10 kg de suelo, el experimento fue ejecutado por triplicado, obteniendo 270 unidades experimentales. Detalles de los diferentes tratamientos pueden encontrarse en el Cuadro 1.

Las semillas de frijol fueron colocadas en algodón húmedo durante 15 días y un retoño fue sembrado en cada columna del tratamiento correspondiente. Los tubos de PVC se colocaron en el invernadero durante 120 días.

El primer experimento inició el 22 de Febrero de 2012 y terminó el 20 de Junio. Se agregaron 500 mL de agua a cada columna cada dos días. El segundo experimento inició el 24 de Febrero y concluyó el 22 de Junio, el tercero inició el 26 de Febrero terminando el 24 de Junio.

Los muestreos se realizaron los días catorce, veintiocho, setenta y 120 días después de sembrado el retoño, seleccionando tres tubos de PVC de manera aleatoria. La columna de suelo fue removida de los tubos. Las raíces fueron separadas de los nódulos, la cantidad de los nódulos activos fueron determinados y la longitud de las raíces fueron medidas.

Análisis químicos y microbiológicos. El lodo de agua residual fue analizado para determinar coliformes fecales y huevos de helmintos (USEPA, Appendix F, I, 1999). El método de la USEPA (USEPA, Appendix I, 1999) fue usado para concentrar, detectar y enumerar huevo de *Ascaris* y determinar su viabilidad. Las muestras fueron mezcladas con una solución buffer (Buffer de fosfatos 0.1 M pH 7.2) conteniendo surfactante (Tween 80, 0.1%), las partículas grandes fueron removidas en un segundo análisis. Los sólidos fueron precipitados y el sobrenadante retirado. El sedimento obtenido se sometió a una centrifugación diferencial con sulfato de magnesio (gravedad específica de 1.2) a 2000 rpm por 5 min. Las partículas pequeñas fueron removidas en un segundo *screening* sometiendo a una extracción alcohólica (alcohol/éter etílico). El concentrado fue incubado a 26 °C por diez días y examinado microscópicamente para huevos de *Ascaris* en una cámara de conteo (Hausser Scientific, 935 Horsham Rd., Unit C Horsham Pa, 19044 USA).

Cuantificación de cepas de la orden Rhizobial. Fueron tomados veinte gramos de suelo provenientes de los días de muestreo establecidos i.e., 0, 14, 28, 70 y 120 días. El suelo fue disuelto en 18 mL de agua destilada y 1 mL de la solución fue sembrada a diferentes diluciones, las colonias fueron contadas por la técnica del número más probable (NMP).

Muestreo de nódulo. El procedimiento para el muestreo de los nódulos fue el mismo para los tratamientos establecidos. A la semana diez y catorce, fueron seleccionadas tres plantas por tratamiento y la medición de la actividad reductora de acetileno (ARA) de los nódulos fue hecha.

Número y peso de los nódulos. La cantidad y el peso fresco de los nódulos fueron determinados, el peso de la raíz y el tallo después de ser sometidas a secado en horno a 70 °C durante 12 horas.

El tiempo de floración y madurado de semillas fue registrado para cada tratamiento.

Actividad Reductora de Acetileno (ARA). La ARA fue usada como medida indirecta de la fijación biológica de nitrógeno (BNF). La metodología de Roger (1982) fue empleada para esta determinación. Cada día de muestreo, la raíz de las muestras fue lavada con agua destilada y colocada dentro de un recipiente de vidrio de 1.1 dm³. Inmediatamente, 10% del espacio gaseoso del recipiente fue remplazado por acetileno puro (C₂H₂) exponiendo la raíz a éste a temperatura ambiente por 2 horas. Después de la incubación, 9 cm³ de gas de cada muestra fue transferida a un tubo de tipo vacutainer (BD Vacutainer Cat. 366347). La cantidad de etileno fue determinado con un cromatógrafo de gases Varian Star 3400 CX (CA, USA) equipado con un detector de ionización tipo paraplots Chrompack®. Para cada análisis, se inyectó una alícuota de 0.5 mm³ utilizando una jeringa de vidrio con sello de teflón (Hamilton®, USA).

Análisis estadístico. Se determinaron las diferencias significativas entre las variables determinadas del suelo y la planta utilizando un análisis de varianza (ANOVA) y el procedimiento general de modelo lineal (PROC GLM, SAS Institute, 1989).

Todos los datos que se presentan fueron son el promedio de tres plantas cultivadas en suelo o muestras tomadas del directamente del suelo, de tres diferentes sitios y de tres experimentos establecidos en invernadero, i.e. $n = 18$.

Tabla 1 Tratamiento aplicados a suelo de Aocolco cultivado con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

| Tratamiento | Adicionantes | A 7 kg de suelo (kg) | A 1 ha (kg) |
|--------------|---|----------------------|-----------------------|
| BIOSOLIDO | Biosólido fresco | 3 | 188 x 10 ³ |
| FERTILIZANTE | Fertilizante 17%N, 17% P ₂ O ₅ , 17% K ₂ O | 1.6 | 470 |

1.3 Resultados

Características del biosólido. El pH inicial del biosólido fue 12, después de mezclarse con suelo fue de 7.6, la capacidad de retención de agua (CRA) fue 760 g kg⁻¹ y se observó la reducción hasta 450g kg⁻¹ (día 120), la conductividad electrolíticase redujo de 6 dS m⁻¹ (biosolido) a 2.7 dS m⁻¹ mezclado con el suelo (día 0) (Cuadro 2) y 1 dS m⁻¹ al final del experimento (día 120).

Tabla 1.1 Características físicas y químicas del suelo de Aocolco, Hidalgo, Mexico y del biosólido

| | pH | CRA ^a (g kg ⁻¹ s) | Carbono (g kg ⁻¹ s) | | Nitrogeno Total (g kg ⁻¹ s) | CE ^b dS m ⁻¹ | Distribución de Partícula (g kg ⁻¹) | | | Clasificación textural USDA |
|----|----|--|--------------------------------|----------|---|---------------------------------------|--|-------|------|--------------------------------|
| | | | Inorgánico | Orgánico | | | Arcilla | Arena | Limo | |
| co | 7 | 400 | 0.4 | 12 | 0.9 | 1.2 | 320 | 120 | 560 | Franco Arenoso |
| do | 12 | 760 | 2.6 | 326 | 22 | 6 | NA | NA | NA | NA |

^aCRA: Capacidad de retención de agua

^bCE: Conductividad electrolítica

NA: No Aplicable

Características del suelo. El valor del pH fue prácticamente el mismo durante el tiempo de experimentación para los tratamientos establecidos (7.0 – 8.0). La CE se redujo para los tres tratamientos, al inicio del experimento, el tratamiento BIOSOLIDO tuvo el valor más grande de CE (2.7 dS/m) comparado con los tratamientos FERTILIZANTE y CONTROL, pero a lo largo del tiempo experimental los valores se redujeron significativamente, al final del experimento la CE del tratamiento BIOSOLIDO fue el mayor.

Ensayo de actividad reductora de acetileno y rendimiento de cultivos. Se encontró que los nódulos analizados del tratamiento BIOSOLIDO tuvieron una mayor fijación biológica de nitrógeno en los días 70 y 120 comparados con los tratamientos FERTILIZANTE y CONTROL. La mayor FBN fue alcanzada por el tratamiento BIOSOLIDO a las 20 semanas (2430 nmoles/g de nódulo fresco (gnpf/h)).

El rendimiento de los cultivos, en términos de número de semilla por planta no fue significativamente diferente entre los tratamientos CONTROL y FERTILIZANTE ($P < 0.05$). El número de nódulos totales y activos en el tratamiento biosólido fue el mayor. La adición de biosólido al suelo mejoro todas las características de las plantas comparadas con las de los otros tratamientos (Tabla 1.2).

Tabla 1.2 Fijación biológica de nitrógeno de nódulos y rendimiento de las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los tratamientos BIOSOLIDO, FERTILIZANTE y CONTROL

| Tratamiento | Fijación biológica de Nitrógeno (ARA) ^a nmol/g de nódulo fresco | | Rendimiento por planta (g) ^b |
|--------------|---|-----------------|--|
| | Diez semanas | Catorce semanas | |
| CONTROL | 540 (23) | 520 (54) | 3.8 A ^c |
| FERTILIZANTE | 1974 (45) | 1256 (67) | 4.3 A |
| BIOSOLIDO | 2430 (89) | 1320 (110) | 10.4 B |

^a El valor entre parenthesis corresponde a la desviación estándar, n = 18

^b Valores promediados despues de 120 días, n = 18

^c Valores de las columnas con la misma letra no son significativamente diferentes (Tuckey, $\alpha = 0.05$)

Cuantificación de Rhizobia. Se encontraron diferencias entre el número de colonias encontradas por tratamiento establecido durante los días de cultivo (Tabla 1.3). No es posible explicar el efecto del tratamiento sobre la población de *Rhizobium*, sin embargo es claro observar el número elevado de estas bacterias en las muestras analizadas.

Tabla 1.3 Unidades formadoras de colonias de *Rhizobia* encontradas en un gramo de suelo muestreado a diferentes días de cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo diferentes tratamientos

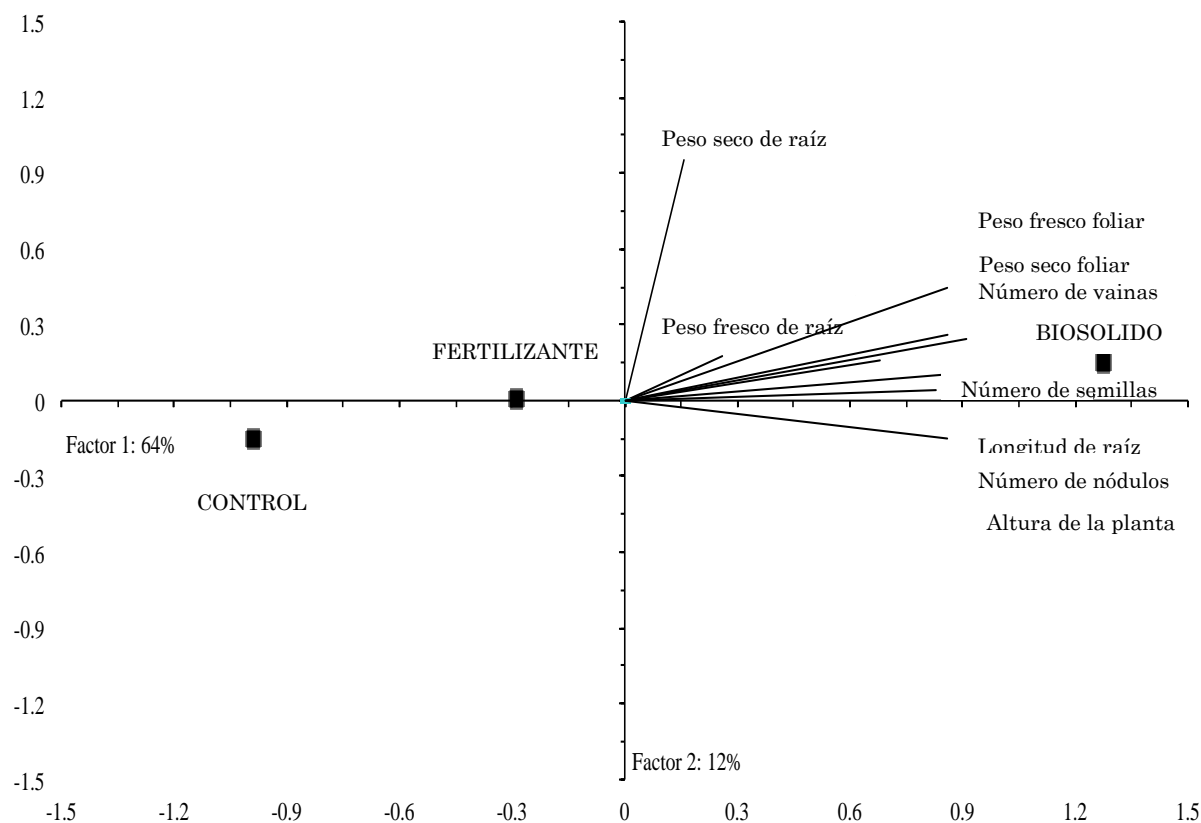
| Tratamiento | CFU g-1 de suelo de <i>Rhizobium</i> sp. | | | | |
|--------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| | 0 | 14 | 28 | 70 | 120 |
| CONTROL | ND | 1.56 x 10 ⁶ | 7.23 x 10 ⁶ | 2.92 x 10 ⁶ | 1.52x10 ⁷ |
| FERTILIZANTE | ND | 2.04 x 10 ⁶ | 8.76 x 10 ⁶ | 6.80x10 ⁶ | 5.81x10 ⁶ |
| BIOSOLIDO | ND | 2.73 x 10 ⁶ | 1.52 x 10 ⁷ | 5.40x10 ⁶ | 1.01x10 ⁷ |

ND No detectado

Desarrollo de la planta. El peso seco de las plantas de frijol fue significativamente mayor en el tratamiento BIOSOLIDO comparado con los tratamientos FERTILIZANTE y CONTROL. El peso seco de las raíces fue significativamente mayor en el tratamiento BIOSOLIDO. La longitud de las raíces fue similar para los tres tratamientos, pero las plantas fueron más grandes cuando se cultivaron en suelo adicionado con biosólido. El número total de nódulos fue significativamente mayor en el tratamiento BIOSOLIDO comparado con los otros tratamientos.

Se realizó un análisis de componentes múltiples (PCA) usando las características de la planta que fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Figura 1. Análisis de componentes múltiples hecho con las características de las plantas de frijol analizadas



1.4 Discusión

Características del suelo. El pH del suelo fue similar en cada uno de los tratamientos. Bauhus y Meiwes (1994) encontraron que la adición de lodo digerido anaerobicamente no tuvo efecto sobre el pH del suelo, sin embargo Simonete et al. (2003) encontró que el pH aumentaba. La adición del biosólido con pH 12 incremento el pH del suelo a 8.0. El pH del suelo al final de experimento fue de 7.7. Franco-Hernández et al. (2003) encontró que la adición del biosólido proveniente de una compañía farmacéutica con pH de 12 aplicado en una proporción de 24 d de biosólido por kg de suelo y 32 g de biosólido por kg de suelo incrementó inicialmente el pH, pero el efecto desapareció a los 7 días.

El biosólido contiene grandes cantidades de material orgánico fácilmente asimilable que fue mineralizado incrementando el contenido de NO_2^- y NO_3^- en el suelo. (Figuras 2, 3 y 4) Hernández et al. (2000) reportó que entre el 30% y 41% del N orgánico adicionado como biosólido fue mineralizado a los 20 semanas de aplicación. Agehara y Warnke (2005) reportaron que entre el 37% y 45% del estiércol de gallina se mineralizó después de 12 semanas. La cantidad de N liberado proveniente de Fuentes orgánicas depende de su composición y de las características del suelo donde es adicionado.

Es importante recordar, sin embargo, que las tasas de mineralización de N mencionadas anteriormente fueron estimadas bajo condiciones de invernadero y que ésta depende de las condiciones de humedad y temperatura (Binder et al., 2002).

Figura 1.1 Concentración de NH_4^+ (mg N/kg suelo seco) de (\diamond) Suelo fertilizado, (\triangle) Suelo adicionado con biosólido y (\square) soil sin fuente externa de N. Las barras corresponden al error estándar de los estimados ($p < 0.05$) y cada punto en la gráfica es el valor promedio de $n = 18$

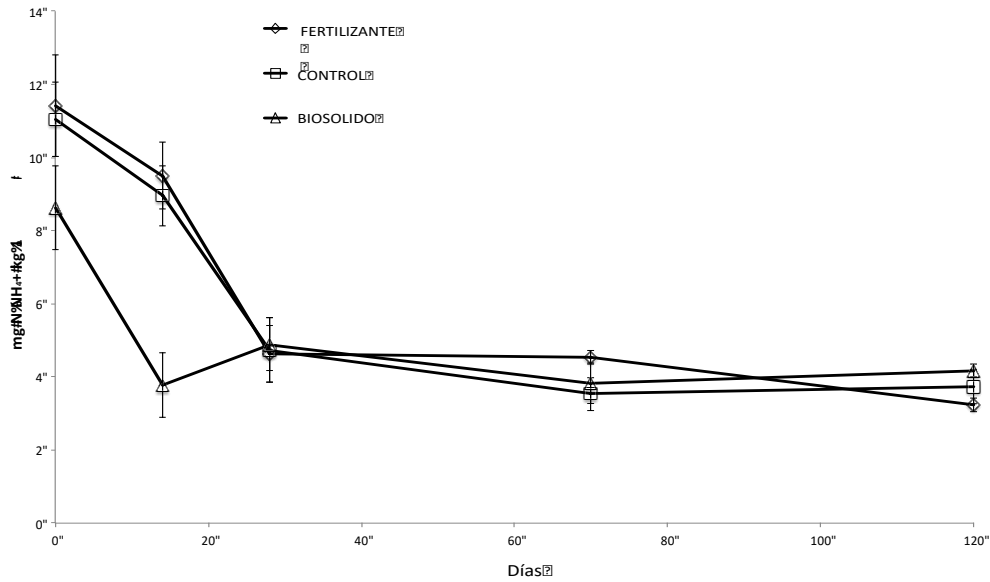


Figura 1.2 Concentración de NO_3^- (mg N/kg suelo seco) de (\diamond) Suelo fertilizado, (\triangle) Suelo adicionado con biosólido y (\square) soil sin fuente externa de N. Las barras corresponden al error estándar de los estimados ($p < 0.05$) y cada punto en la gráfica es el valor promedio de $n = 18$

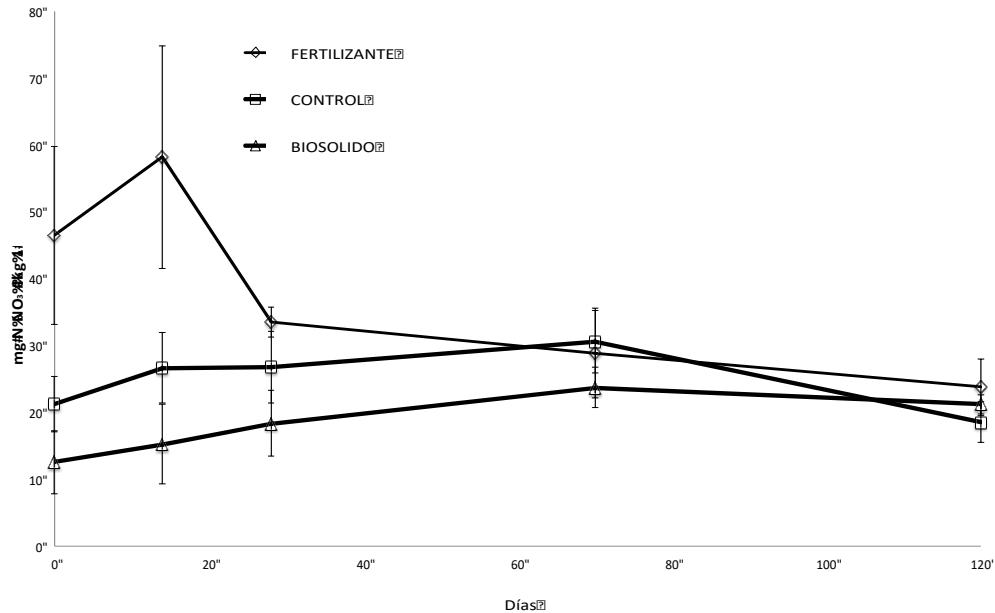
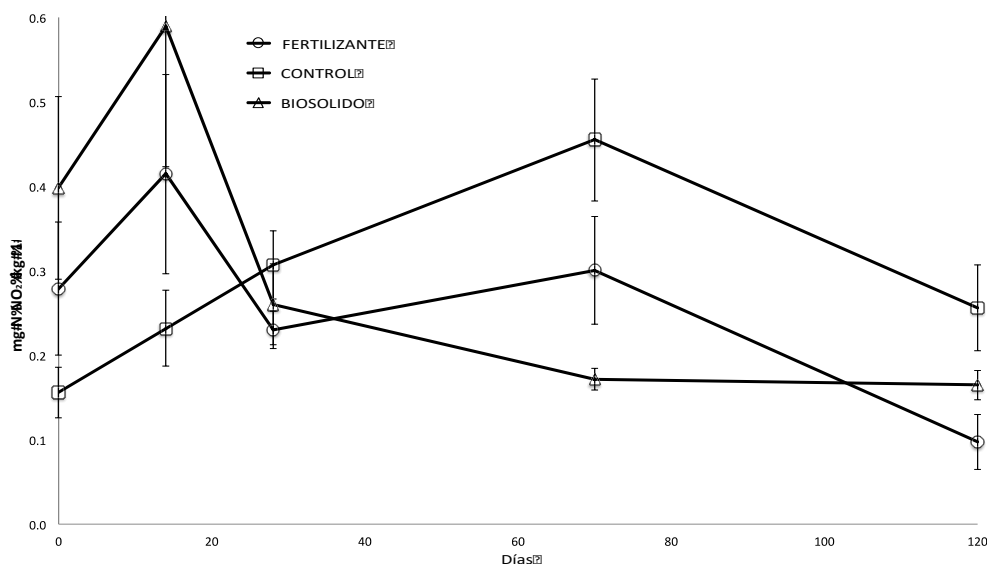


Figura 1.3 Concentración de NO_2^- (mg N/kg suelo seco) de (\diamond) Suelo fertilizado, (\triangle) Suelo adicionado con biosólido y (\square) soil sin fuente externa de N. Las barras corresponden al error estándar de los estimados ($p < 0.05$) y cada punto en la gráfica es el valor promedio de $n = 18$



Características de la planta. Agregar biosólido incrementó el crecimiento de la planta comparado con las plantas cultivadas en suelo fertilizado. El biosólido contiene grandes cantidades de material orgánico fácilmente asimilable que favorece la liberación de N que permanece disponible para el desarrollo de la planta (Akdeniz et al., 2006). Además, el biosólido contiene otros nutrientes, como el P y el K y compuestos traza, que estimulan el crecimiento de la planta (Pote et al., 2003). La cantidad de biosólido agregado fue la necesaria para el crecimiento de la planta, sin embargo Abd-Alla et al. (1999) encontró que el lodo aplicado a bajas proporciones (20% y 30% (w/w)) mejoró significativamente el crecimiento de frijol fava (*Vicia faba* L.), soya (*Glycine max* L.) y lupino blanco (*Lupinus albus* L.) sembrados en suelo desértico, sin embargo la tasa de crecimiento se redujo cuando se agregó biosólido en proporciones altas (40% y 50%).

Es conocido que el contenido de N en el biosólido reduce la fijación biológica de N_2 (Currie et al., 2003) y el número de nódulos en las plantas (Faria-Viera et al., 2005), por lo que la cantidad aplicada es importante para evitar que dicha inhibición ocurra (Abd-Alla et al., 1999; Currie et al., 2003). La cantidad de biosólido utilizada en este experimento incrementó significativamente la cantidad de nódulos comparada con los tratamientos FERTILIZANTE y CONTROL. Se sabe que el incremento de la salinidad en suelo reduce la productividad de los cultivos (e.g., Nelson y Ham, 2000) y afecta la fisiología de las plantas, tal como contenido de agua en la planta, funcionamiento de los nódulos y distribución de iones (Nandwal et al., 2000).

Actividad reductora de acetileno. El número total de nódulos encontrado en las raíces de las plantas fue altamente variable. Fernández-Luqueño et al. (2008) reportó más de 300 nódulos por planta de frijol, Montes-Molina et al. (2008) observó solo 38 nódulos por planta de frijol común.

El número de nódulos por planta depende de las características del suelo, compatibilidad y eficiencia entre *Rhizobium* y la planta de frijol (Amarger, 2001).

Las plantas en el tratamiento CONTROL tuvieron el valor más alto para el número total de nódulos activos, 117 y 84 respectivamente, solo 77 y 52 fueron encontrados en el suelo fertilizado y 72 y 46 se encontraron en suelo adicionado con BIOSOLIDO.

De acuerdo con nuestros resultados de rendimiento por planta, el número de nódulos, ARA y peso fresco/seco de los nódulos y planta, pueden ser usados como un buen indicador de rendimiento en estadios tempranos del cultivo de frijol, esto implica que estos parámetros son confiables para este experimento.

El Tabla 1.3 muestra el efecto de la fuente de N sobre los valores de ARA, las diferencias entre los tratamientos fueron significativas. El tratamiento BIOSOLIDO tuvo el valor más alto de ARA a la semana diez y catorce.

Características de rendimiento por planta. La adición de fertilizante orgánico o inorgánico mejora el crecimiento de la planta e incrementa el rendimiento productivo comparado con un suelo no fertilizado. Se ha reportado que bajos niveles de adición de N con urea (50 kg urea ha⁻¹) incrementa el rendimiento comparado con cultivos de frijol sin fertilizante (Daba y Haile, 2000). La adición de lodo de agua residual incrementa el rendimiento y el número de vainas. Yuruk y Bozkurt (2006) reportaron que el lodo proveniente del tratamiento de agua residual incrementa la biomasa de la planta y el número de semillas de chícharo (*Cicer arietinum* L.), y no causa un desbalanceo en la nutrición de la planta.

El biosólido aumenta los nutrientes del suelo, así como las características físicas y químicas, sin embargo el impacto sobre las características de la planta no son siempre las mismas. En este experimento se observó que la longitud de la raíz y el peso seco de la misma no fueron significativamente diferente para los tratamientos establecidos. Vega et al. (2005), sin embargo, reportó que el lodo incrementó la densidad de la raíz de *Bactris gasipaes* Kunth y el incremento de la biomasa de raíz fue proporcional a la cantidad de lodo aplicado.

Las plantas de frijol cultivadas en suelo adicionado con biosólido fueron más pesadas con un mayor número de flores, dando más vainas y semillas, comparadas con aquellas que fueron cultivadas con suelo fertilizado y en suelo con fuente externa de N.

1.5 Conclusiones

Se encontró que el biosólido obtenido de una planta de tratamiento anaerobio es un producto rico en nutrientes, bajo en contenido de patógenos. El biosólido utilizado en este estudio estimuló el desarrollo de las plantas de frijol. El fertilizante estimuló el crecimiento de la planta pero fue menor que el observado con la adición del biosólido. El rendimiento de las plantas de frijol cultivadas en suelo sin adición de N fue menor que el obtenido con los tratamientos BIOSOLIDO y FERTILIZANTE. Es importante decir, sin embargo que los experimentos fueron hechos bajo condiciones de invernadero y que es necesario confirmar los resultados en campo. Se recomienda analizar el uso de biosólido en otros cultivos.

1.6 Agradecimientos

Agradecemos la participación de M.C Barrios-Valencia, A.L Meza-Lovera, M.C Carrasco-M, L.I Porras-Gómez, E Nicolás-Peña, Y.M.D Jiménez-Vilchis y D Jiménez-Alvarado por la asistencia técnica. El trabajo fue financiado por PROMEP-SEP, Fortalecimiento de Cuerpo Académico, IDCA 7117, UTTT-CA-3.

1.7 Referencias

- Abd-Alla, M.H., Yan, F., Schubert, S. (1999) Effects of sewage sludge application on nodulation, nitrogen fixation, and plant growth of faba bean, soybean, and lupin. *J. Appl. Bot.* 73, 69–75.
- Agehara, S., Warncke, D.D. (2005) Soil moisture and temperature effects on nitrogen release from organic nitrogen sources. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69, 1844–1855.
- Akdeniz, H., Yilmaz, I., Bozkurt, M.A., Keskin, B. (2006) The effects of sewage sludge and nitrogen applications on grain sorghum grown (*Sorghum vulgare* L.) in Van- Turkey. *Pol. J. Environ. Stud.* 15, 19–26.
- Amarger, N. (2001) Rhizobia in the field. *Adv. Agron.* 73, 109–168.
- Bauhus, J., Meiwes, K.J. (1994) Potential use of plant residue wastes in forests of northwestern Germany. *Forest Ecol. Manag.* 66, 87–106.
- Binder, D.L., Dobermann, A., Sander, D.H., Cassman, K.G. (2002) Biosolids as nitrogen source for irrigated maize and rainfed sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 531–543.
- Currie, V.C., Angle, J.S., Hill, R.L. (2003) Biosolids application to soybeans and effects on input and output of nitrogen. *Agric. Ecosyst. Environ.* 97, 345–351.
- Daba, S., Haile, M. (2000) Effects of rhizobial inoculant and nitrogen fertilizer on yield and nodulation of common bean. *J. Plant Nutr.* 23, 581–591.
- Faria-Vieira, R., Mui-Tsai, S., Araújo-Teixeira, M. (2005) Nodulation and symbiotic nitrogen fixation in bean with *Rhizobium* native strains, in soil amended with sewage sludge. *Pesqui Agropecu. Bras.* 40, 1047–1500.
- Fernandez-Luqueno F, Dendooven L, Munive A, Corlay-Chee L, Serrano-Covarrubias LM, Espinosa-Victoria D. (2008) Micro- morphology of common vean (*Phaseolus vulgaris* L.) nodules undergoing senescence. *Acta Physiol. Plant.* 30, 545-552.
- Franco-Hernández, O., Mckelligan-González, A.N., Lopez-Olguin, A.M., Espinosa-Ceron, F., Escamilla-Silvia, E., Dendooven, L. (2003) Dynamics of carbon, nitrogen and phosphorus in soil amended with irradiated, pasteurized and limed biosolids. *Bioresour. Technol.* 87, 93–102.
- Hernández, T., Moral, R., Perez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Perez-Murcia, M.D., Gracia, C. (2002) Nitrogen mineralisation potential in calcareous soils amended with sewage sludge. *Bioresour. Technol.* 83, 213–219.
- Krogmann, U., Boyles, L.S., Martel, C.J., McComas, K.A. (1997) Biosolids and sludge management. *Water Environ. Res.* 69, 534–549.
- Montes-Molina, J.A., Luna-Guido, M., Ceballos-Ramírez, J.M., Fernández-Luqueño, F., Espinoza-Paz, N., Rincón-Rosales, R., Dendooven, L., Gutierrez-Miveli, F.A. (2008) Effect of pest-controlling neem and mata-raton on bean growth, soil N and soil CO₂ emissions. *Agron. Sustain. Dev.* 28, 187–194.

- Nadal-Moyano, S., Moreno-Yagüela, M.T., Cubero-Salmeron, J.L. (2004) Las leguminosas grano en la agricultura moderna. Mundi-Presna Libros, S.A, p. 318.
- Nandwal, A.S., Godara, M., Sheokand, S., Kamboj, D.V., Kundu, B.S., Kuhad, M.S., Kumar, B., Sharma, S.K. (2000) Salinity induced changes in plant water status, nodule functioning and ionic distribution in phenotypically differing genotypes of *Vigna radiata* L. *J. Plant Phys.* 156, 350–359.
- Nelson, P.N., Ham, G.J. (2000) Exploring the response of sugar cane to sodic and saline conditions through natural variation in the field. *Field Crop Res.* 66, 245–255.
- Pote, D.H., Kingery, W.L., Aiken, G.E., Han, F.X., Moore, P.A., Buddington, K. (2003) Water-quality effects of incorporating poultry litter into perennial grassland soils. *J. Environ. Qual.* 32, 2392–2398.
- SAS Institute (1989) *Statistic Guide for Personal Computers*. Version 6.04, Edn. SAS Institute, Cary.
- Simonete, M.A., Kiehl, J.D., Andrade, C.A., Teixeira, C.F.A. (2003) Effect of sewage sludge in a Ultisol and on growth and nutrition of maize. *Pesqui Agropecu. Bras.* 38, 1187–1195.
- USEPA (1999) *Environmental Regulations and Technology. Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge. (Including Domestic Septage)*. Under 40 CFR Part 503. Appendix F, G, and I. U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH 45268 (EPA/625/R-92-013).
- Vega, F.V.A., Bovi, M.L.A., Junior, G.G., Berton, R.S. (2005) Sewage sludge doses and the root system of peach palm. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 29, 259–268.

Análisis del sector agroindustrial piloncillero en la Región Huatusco – Fortin, Veracruz

Daniela Cortés, Salvador Díaz, Adan Cabal y Oscar Del Ángel

D. Cortés, S. Díaz, A. Cabal y O.A. Del Ángel
Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Avenida 25 Poniente No. 100, entre calles 22 y 32 sur, Col. Reserva Territorial, Huatusco, Ver. C.P. 94100
Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Huatusco-Totutla Km. 6, Huatusco, Ver. C.P. 94100.
oscardelangel.coronel@hotmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

The aim of this work was to develop a typology of the sugar cane agroindustry, particularly those namely “trapiches” which are involve in the production of “panela or piloncillo” within Huatusco-Fortin area, into Veracruz state, evaluating different aspects of their production. For this purpose we applied a census into all piloncillo industries registered within the study area. The results were systematizing and analyzing to obtain a typology of trapiches which were clustered in four groups namely as: a) cluster I “small”; b) cluster II “medium”; c) cluster III “large”; and d) cluster IV “very large”. All of these clusters are constituted by many piloncillo producers and everyone with different capacities, productive potential and socioeconomic level.

2 Introducción

La producción de piloncillo es un proceso agroindustrial y fuente de ingreso importante en la región Huatusco-Fortín, Veracruz. En efecto, estas pequeñas industrias piloncilleras, con antecedentes desde la época colonial, son relevantes por el número de establecimientos, la superficie cultivada con caña de azúcar que se utiliza como materia prima y el valor de las ventas de piloncillo, complementa la economía regional, junto con el café, la ganadería y otras actividades productivas.

La elaboración del piloncillo se lleva a cabo en pequeñas instalaciones llamadas trapiches, estos conforman una de las primeras agroindustrias instaladas desde la época colonial (Restrepo, 2007). En sus inicios, la organización económica de los trapiches se basaba en una empresa agraria de tipo esclavista, con objetivos mercantiles; se inicia con pequeñas instalaciones, las cuales fueron aumentando de tamaño a partir de que se amplía el cultivo de la caña de azúcar. Con el paso del tiempo algunos trapiches fueron incorporando las tecnologías conforme aparecían en el siglo XIX y ampliaron sus volúmenes de producción convirtiéndose en los ingenios azucareros actuales. Sin embargo, la mayoría de estas pequeñas industrias, conservaron sus métodos tradicionales de producción, hasta fechas recientes (Baca *et al.*, 2003; Motta, 2003; Solís *et al.*, 2006), lo que hace que la producción de piloncillo en México no sea tan significativa como la de otros países, ya que mientras nuestro país participa con 2.3%, Colombia lo hace con el 55% de la producción de piloncillo a nivel mundial (COVECA, 2013). Aunado a lo anterior, la Comisión Veracruzana para la Producción Agropecuaria reporta que para el estado de Veracruz se utiliza una fuerte inversión de mano de obra con experiencia calificada para producir una tonelada de piloncillo, así mismo, dentro del estado se reportan diferentes regiones productoras las cuales varían en cuanto a calidad del producto, siendo las regiones de Huatusco y Cuitlahuac las que producen el piloncillo de mejor calidad y esto se le atribuye a que dichas zonas de producción tienen mejores suelos, horas luz en el ciclo, un verano más largo, una variedad con alto contenido de azúcares y que no produce muchas raíces (COVECA, 2013). No obstante, en este tipo de estudios no se define si el grado de tecnificación de los trapiches pudiera ser un factor determinante en la producción de piloncillo de calidad. Para lograr este propósito, es necesario que exista información actualizada respecto a las condiciones en las que operan los trapiches hoy en día y que permite establecer una tipología en base a la magnitud y capacidad de producción de éstos.

Esto último constituye el objetivo fundamental del presente trabajo, el cual fue realizado en la región Fortín-Huatusco reconocida como una de las principales regiones productoras de piloncillo en el Estado de Veracruz.

Materiales y métodos. Para la obtención de la información de cada trapiche se diseñó una encuesta elaborada de manera interinstitucional con la participación del CRUO-UACH (Centro Regional Universitario Oriente/Universidad Autónoma Chapingo), el ITSH (Instituto Tecnológico Superior de Huatusco). Una vez definidos los criterios de la encuesta, se aplicaron las entrevistas a productores de piloncillo de la región Huatusco-Fortín, Veracruz, con la finalidad de obtener datos generales sobre esta agroindustria. La encuesta constó de los siguientes apartados:

- a. Aspectos generales (ubicación del trapiche, edad del dueño, grado de escolaridad).
- b. Antecedentes de la empresa (años de operación del trapiche desde su instalación, años de experiencia del responsable o dueño del trapiche, remodelaciones importantes en el trapiche).
- c. Personas que trabajan en el trapiche (forma de pago, problemas en la mano de obra).
- d. Proceso de operación (periodo de zafra, abasto de materia prima anual, proceso agroindustrial, características de las instalaciones, fuente de energía de maquinaria, fuente de energía para cocción).
- e. Comercialización (forma de comercializar el piloncillo, costos de producción, precio de venta, modo de empaquetado para su comercialización).

f.

Las encuestas se realizaron en el periodo Noviembre 2009 - Agosto 2011, llevándose a cabo en los municipios de Chocaman, Camarón de Tejeda, Comapa, Fortín de las Flores, Huatusco, Paso del Macho, Sochiapa, Tlacotepec de Mejía, Tlaltetela, Tomatlán, Totutla, Zentla, todos ellos pertenecientes al estado de Veracruz y de los cuales se obtuvo la información general sobre la producción de piloncillo.

Para obtener la tipología de trapiches fue necesario extraer de los datos obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a los productores las variables: a) el número de empleados por trapiche (variable X); b) el tamaño de la maza del molino (variable Y); y c) el volumen promedio de producción anual (variable Z). Con estas variables se tomó como indicador de tipo de trapiche la relación:

[Número de empleados por trapiche (X) + Tamaño de maza del molino (Y) + Volumen de producción anual (Z)].

Posteriormente a cada variable se le asignó un porcentaje de importancia donde:

- Número de empleados por trapiche = 30 %
- Tamaño de maza del molino = 30%
- Volumen de producción anual = 40 %

Finalmente, los valores obtenidos así como el porcentaje de importancia se sustituyeron en la siguiente ecuación:

$$(X * 30) + (Y * 30) + (Z * 40) = \frac{\sum \text{Puntos}}{100} \quad (2)$$

Resultados y discusión. La producción de piloncillo en la región Huatusco-Fortín, Veracruz, representa la segunda actividad económica y de generación de empleos, siendo solo superada por la cadena productiva del café.

De acuerdo a las encuestas realizadas se observó que en dicha región, el proceso de elaboración de piloncillo se lleva a cabo en instalaciones que abarcan superficies que oscilan desde 1 tarea (625 m²) hasta 1 hectárea (16 tareas).

Con respecto al número de trabajadores promedio por trapiche, éste fue de 12 empleados para un total regional de 2,556 empleos generados y considerando un promedio de cuatro integrantes por familia, más las 213 familias de los propietarios; se obtiene que 11,076 habitantes de la región dependen económicamente de la producción de piloncillo.

Los municipios de Zentla, Huatusco, Comapa y Totutla concentran el 83.6% del total de trapiches encuestados, al mismo tiempo que representan el 78% de los empleos generados. El promedio de operación por trapiche es de 5.9 meses anualmente y la mayoría opera de Enero a Junio, salvo algunos casos que trabajan durante todo el año.

En Tabla 2 se observa que el grupo II (mediano o regular) es el que aglomera al mayor número de trapiches, mientras que el grupo IV (muy grande o muy alta) es el que contiene la menor cantidad. Los grupos I y III mantienen una diferencia no tan significativa.

Tabla 2 Grupos formados de trapiches definidos en la tipología

| GRUPO | NÚMERO DE TRAPICHES |
|--------------------------------|---------------------|
| Grupo I Pequeño | 58 |
| Grupo II Mediano o Regular | 97 |
| Grupo III Grande o Alta | 45 |
| Grupo IV Muy Grande o Muy Alta | 13 |

El grupo I (Pequeño): representa el 27.23% del total de trapiches encuestados, a su vez que los municipios que más cantidad de trapiches tienen en este grupo son Huatusco y Zentla (Tabla 2) representando el 72.41% del total de trapiches que forman este grupo, el número de empleados por trapiche va desde 1 hasta los 35.

Los principales tamaños de maza de molino utilizados son de 14, 12 y 20 pulgadas, teniendo estos una antigüedad de 20 a 30 años. El promedio de producción es de 1 hasta 30 toneladas por año y la mayoría de trapiches laboran solo 3 meses al año.

Tabla 2.1 Promedio de producción anual de piloncillo por municipio en la región Huatusco-Fortín, Veracruz

| Municipio | Promedio de producción anual de piloncillo (Toneladas) |
|----------------------|--|
| Tomatlan | 113.33 |
| Camaron de tejeda | 150.00 |
| Chocaman | 151.33 |
| Fortín de las flores | 185.00 |
| Paso del macho | 446.66 |
| Sochiapa | 920.31 |
| Tlaltetela | 1,106.65 |
| Tlacotepec de mejía | 1,834.98 |
| Totutla | 3,003.95 |
| Huatusco | 3,296.61 |
| Comapa | 6,055.88 |
| Zentla | 6,777.61 |

El grupo II (Mediano o Regular): está integrado por el 45.54% del total de trapiches encuestados, a su vez que los municipios que más cantidad de trapiches tienen en este grupo son Comapa y Zentla (Tabla 2) representando el 51.55% del total de trapiches que forman este grupo, el número de empleados por trapiche va desde 5 hasta 55 trabajadores, los principales tamaños de maza de molino utilizados son de 15, 20 y 14 pulgadas, teniendo estos una antigüedad de 20 a 30 años. El promedio de producción es de 30 hasta 153.33 toneladas por año y la mayoría de trapiches laboran solo 5 meses al año.

El grupo III (Grande o Alta): ocupa el 21.13% del total de trapiches encuestados, a su vez que los municipios que más cantidad de trapiches tienen en este grupo son Zentla y Comapa (Tabla 2) representando el 66.67% del total de trapiches que forman este grupo, el número de empleados por trapiche va desde 6 hasta los 40, los principales tamaños de maza de molino utilizados son de 20, 24 y 15 pulgadas, teniendo estos una antigüedad de 15 a 30 años.

El promedio de producción por año es de 150 hasta 300 toneladas y la mayoría de trapiches laboran hasta 6 meses al año.

El grupo IV (Muy Grande o Muy Alto): es solo el 6.10% del total de trapiches encuestados, a su vez que los municipios que más cantidad de trapiches tienen en este grupo son Zentla y Huatusco (Tabla 2) representando el 53.84% del total de trapiches que forman este grupo, el número de empleados por trapiche va desde 8 hasta los 26, los principales tamaños de maza de molino utilizados son de 20 y 24 pulgadas, teniendo estos una antigüedad de 10 a 20 años.

El promedio de producción por año es de 300 hasta 800 toneladas y la mayoría de trapiches labora solo 6 meses al año.

Por otra parte, en la Figura 1 se presenta el número de instalaciones que fueron encuestadas en cada uno de los municipios de la región, siendo Zentla el que tiene el mayor número. Mientras que en la Figura 2 se muestra el número de empleados promedio de trabajadores, por municipio, siendo el municipio de Paso del Macho con mayor número de empleados promedio.

Figura 2 Número de trapiches encuestados por municipio.**Figura 2.1** Número promedio de empleados por trapiche en cada municipio.

2.1 Discusión

En México durante los ochentas, se diferenciaban tres niveles tecnológicos en los trapiches.

1. Un nivel tecnológico alto donde se posee un tándem de dos molinos en serie, para una mejor extracción del jugo. Produciendo más de 10 toneladas de piloncillo por día.
2. El nivel tecnológico intermedio donde se tiene un solo molino de tres mazas movido por motor eléctrico o de combustión interna, utilizando como combustible gasolina, diesel o petróleo. Teniendo una capacidad de producción de una a 5 toneladas de panela al día.
3. Un nivel tecnológico bajo tipo artesanal donde se utiliza un molino con tracción animal y sólo un recipiente o batería de evaporación-concentración (no se tiene batería de evaporación por separado) y produce de 10 a 150 Kg de piloncillo por día. (CRUO-UACH *et al.*, 2010)

2.2 Conclusiones

La producción de piloncillo en la región Huatusco-Fortín, Ver. Representa la segunda actividad económica y de generación de empleos, siendo solo superada por la cadena productiva del café. La problemática principal en la producción de piloncillo, es el precio del producto y sus fluctuaciones durante la zafra o cosecha, seguido del impacto ambiental que ocasiona el cultivo de la caña de azúcar y las condiciones de vida de los trabajadores.

El grupo con mayor número de instalaciones es el II, donde los trapiches mantienen una producción mediana o regular, mientras que los pertenecientes al grupo IV aunque son minoría, tienen la mayor producción.

En el volumen anual de producción de piloncillo, aumenta de manera proporcional al tamaño, desde el grupo I de 16 toneladas hasta 800 toneladas en el grupo IV de mayor tamaño.

2.3 Agradecimientos

Los autores desean agradecer ampliamente al Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por el financiamiento brindado al cuerpo académico “Desarrollo de productos agroalimentarios” del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco para la realización de éste trabajo. Así mismo se agradece particularmente a los profesores Magdalena Jiménez Hernández, Salvador Partida Sedas, Víctor Hugo Montane Jiménez, Dalila Reyes Sampieri, Leticia Rendón Sandoval, Esteban Gutiérrez Peña, Moisés Molina García, Cirila de los Ángeles Sedas Fernández, Irma Vallejo Sartorius y Lucía Sánchez Arellano por la cooperación, participación y las observaciones realizadas al trabajo de tesis de licenciatura producto de ésta investigación.

2.4 Referencias

Baca del Moral, J; Pacheco Aparicio, A; Quintero Peralta, M-A; Piza Pano, J-L; Fabien, C. (2003). El sistema agroindustrial localizado de piloncillo en la huasteca potosina. *Revista Análisis del Medio Rural Latinoamericano* 41:137-156.

Chen, C-P. (2000). Manual del azúcar de caña. Primera reimpresión. Ed. Limusa S.A. de C.V. México, D.F. p-p 32-190.

CRUO-UACH; ITSH; UPH. 2010. Proyecto Integral de Inversión en Piloncillo en la Región de Huatusco - Fortín, Veracruz. Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Universidad Politécnica de Huatusco. Huatusco, Veracruz, México.

Motta Sánchez, J-A. (2003). Administradores *versus* esclavos en el trapiche de San Nicolas Ayotla, Oaxaca hacia el último tercio del siglo XVIII. *Revista Ulúa* 1:13-53.

Restrepo M, C. (2007). Historia de la panela colombiana, su elaboración y sus propiedades. Organización no gubernamental Grupo Gastronautas. Disponible en: <http://www.historiacocina.com/paises/articulos/colombia/panela.htm>

Solís Pacheco, J-R; Pérez Martínez, F; Orozco Ávila, I; Flores Montaña, J-L; Ramírez Romo, E; Hernández Rosales, A; Aguilar Uscanga, B. (2006). Descripción de un proceso tecnificado para la elaboración de piloncillo a partir de caña de azúcar. *e-Gnosis* 4(1):1-8.

El sector agrícola en la región V del Estado de México: Retos y oportunidades

Alejandro Vaquero

A. Vaquero
Universidad Politécnica de Tecámac, Calle Prolongación 5 de Mayo No. 10, Col. Centro, Tecámac de Felipe
Villanueva, Estado de México
dr.vaquero.upt@gmail.com

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

Official statistical information is presented from the main agricultural products of the region V State of Mexico and to identify the challenges and opportunities of this sector, main agricultural products of the region to know its export potential, and identify products with presence in foreign markets. Cactus and cactus pear were identified by their economic and productive importance to enter into foreign markets. Also sees an opportunity in vegetables such as carrots, lettuce, and broccoli, due to higher income levels but with poor presence in the region, possibly due to increased investment in infrastructure, working capital and water availability. The main challenges are: organization, access to credit, and the fact that two of three producers have just elementary school level. Products exported identified were fresh and dehydrated cactus, cactus into brine and cactus pear. The most important exports were in value and quantity cactus in brine with an increase from \$ 28,007,554.00 USD in 2005 to \$ 99,778,096.00 USD in 2011.

3 Introducción

La Región V del Estado de México se localiza al noreste del Distrito Federal (DF) y está conformada por nueve municipios: Acolman, Axapusco, Ecatepec de Morelos, Nopaltepec, Otumba, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Temascalapa y Teotihuacán, de acuerdo al Gobierno del Estado de México (2013). La vocación que presentan algunos de estos municipios es principalmente agrícola (a excepción de Ecatepec, Tecámac y Acolman). Esto resalta la importancia de esta actividad en la región de estudio, en cuanto al número de productores y derrama económica que representa para los diferentes actores que intervienen en estos sistemas de producción.

Sin embargo, la mayoría de sus productores se caracterizan por tener unidades de producción pequeñas, poco tecnificadas, desorganización de los productores para la comercialización, (necesaria para poder abastecer volúmenes de producto que el mercado internacional demanda), desconocimiento de la logística de exportación y la inobservancia de estándares de calidad global, que limita su comercialización al mercado local. Por otro lado, algunos productores que han mostrado el interés de exportar algunos de sus productos buscando mejores precios, que el mercado internacional puede ofrecer, han dejado de lado los requerimientos para la comercialización de sus productos en el mercado internacional como la calidad, aspectos fitosanitarios, de inocuidad, organizativos, y de logística de transporte, envase y embalaje.

Para conocer la factibilidad de exportación de productos agrícolas de la región, es necesario generar la información necesaria que considere las necesidades y actividades que propicien la diversificación de mercados, el incremento de ingresos y de la calidad de vida de los productores agrícolas de la región. De esta manera, el análisis de este sector podrá mostrar el potencial que tienen estos productores, pero también las limitantes que enfrentan.

Es por esto que el objetivo general de esta investigación fue generar información de los principales productos agrícolas de la región V Estado de México para identificar los retos y las oportunidades que el sector tiene. Como objetivos específicos se propuso identificar los principales productos agrícola sde esta región para conocer su potencial exportador y de esta manera promover la diversificación de mercados y el incremento de ingresos de los productores agropecuarios de la región; e identificar cuáles son los productos de la región que están presentes en el mercado externo.

3.1 Método

Para alcanzar los objetivos de la investigación, se identificaron los principales productos agrícolas de la región utilizando para ello estadística oficial de la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP); y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) mediante el Censo Agrícola Ganadero y Forestal 2007 y de los anuarios estadísticos de comercio exterior de 2005 a 2011.

El análisis cuantitativo de la información se llevó a cabo mediante el programa Excel® y se analizaron las siguientes variables:

a) Características de las unidades de producción.

- Cultivos: Superficie sembrada, producción y valor de la producción.
- Tamaño.
- Invernaderos.
- Comercialización.

b) Características de los productores.

- Escolaridad.
- Organización.
- Uso de crédito.
- Seguro y rédito agropecuario.

c) Productos de exportación:

- Cantidad exportada.
- Valor de exportación.

Esto permitió conocer de manera general la situación del sector agrícola de la región y a la vez generar nuevos temas de investigación con el fin de identificar el potencial exportador.

3.2 Resultados

a) Características de las unidades de producción.

- Cultivos: Superficie sembrada, producción y valor de la producción

Los cultivos reportados por el SIAP para la región de estudio se presentan en el cuadro 1 donde se aprecian los cultivos de mayor importancia en la región, tanto desde el punto de vista económico por su valor de la producción, como por la superficie que está destinada para estos productos, siendo los más importantes: tuna, cebada grano y maíz grano, que ocupan el 86.75% de la superficie agrícola de la región V.

En contraste, los cultivos con mayor valor (hortalizas) son en orden de importancia: zanahoria, nopalitos, brócoli, lechuga y calabacita los cuales (a excepción de los nopalitos) no tienen una importancia significativa en cuanto a la superficie dedicada a estos (59 ha).

Es importante señalar que los cultivos básicos como los granos (maíz y cebada), no tienen la productividad necesaria para competir en los mercados internacionales, lo que ubica a la tuna como producto exportable, tanto por el valor que representa en la región, como por la superficie dedicada a este cultivo.

Esta información coincide con la presentada por PROMÉXICO (2011), dependencia de la Secretaría de Economía que tiene encomendado promover el intercambio comercial de México con el mundo y que identifica a la tuna como un producto con oportunidad de posicionarse en el mercado internacional.

Tabla 3 Cultivos con presencia en la región V Estado de México

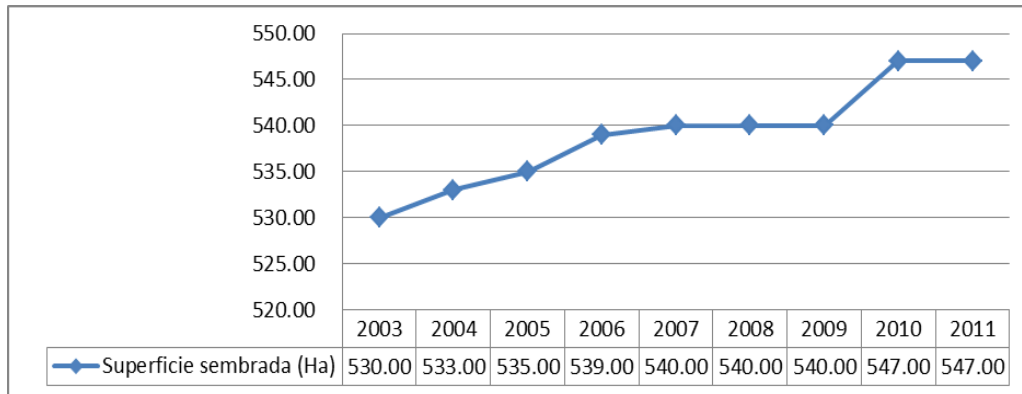
| Cíclicos-Perennes ¹ | Valor Producción (Miles de Pesos) | Superficie Cosechada (Ha) | Valor producción (Miles de pesos/Ha) |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---|
| Tuna | 428,635.39 | 16,596.00 | 25.83 |
| Cebada grano | 169,332.81 | 29,370.00 | 5.77 |
| Maíz grano | 104,935.16 | 14,207.75 | 7.39 |
| Frijol | 30,532.02 | 2,449.00 | 12.47 |
| Avena forrajera | 5,645.72 | 1,906.50 | 2.96 |
| Avena grano | 5,402.25 | 1,750.00 | 3.09 |
| Maíz forrajero | 24,157.30 | 1,443.00 | 16.74 |
| Alfalfa verde | 14,928.81 | 907.00 | 16.46 |
| Nopalitos | 62,413.13 | 558.00 | 111.85 |
| Magüey pulquero (miles de lts.) | 3,611.57 | 96.71 | 37.34 |
| Calabacita | 1,919.85 | 26.50 | 72.45 |
| Lechuga | 1,332.00 | 16.00 | 83.25 |
| Zanahoria | 1,860.00 | 15.00 | 124.00 |
| Durazno | 434.00 | 11.00 | 39.45 |
| Tomate verde | 315.00 | 5.00 | 63.00 |
| Brócoli | 172.80 | 2.00 | 86.40 |
| Canola | 11.20 | 2.00 | 5.60 |

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2012)

¹ Cíclicos incluye: Primavera – verano y otoño – invierno.

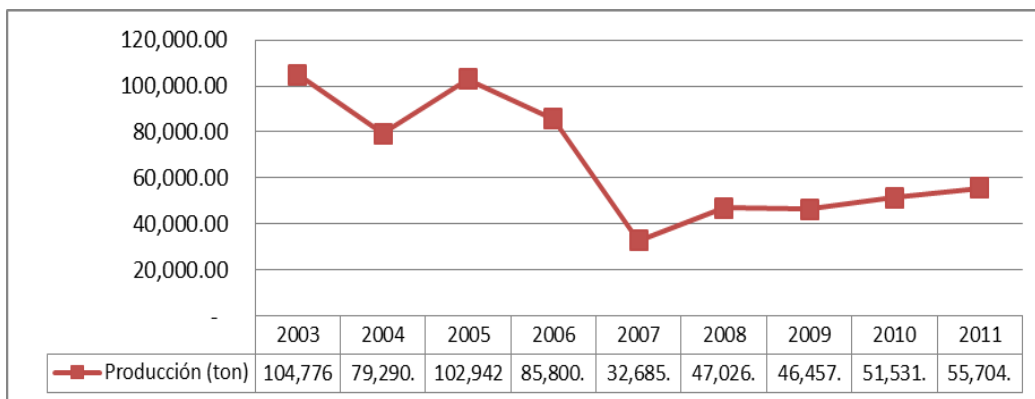
Con esta información el análisis se centró en dos productos principales: Nopalitos y Tuna; los cuales han tenido incrementos constantes en la superficie sembrada durante el periodo analizado (2003-2011), y que se representan en las gráficas 1 y 4, respectivamente.

Gráfica 3 Región V: Evolución de la superficie sembrada de nopalitos (2003-2011)



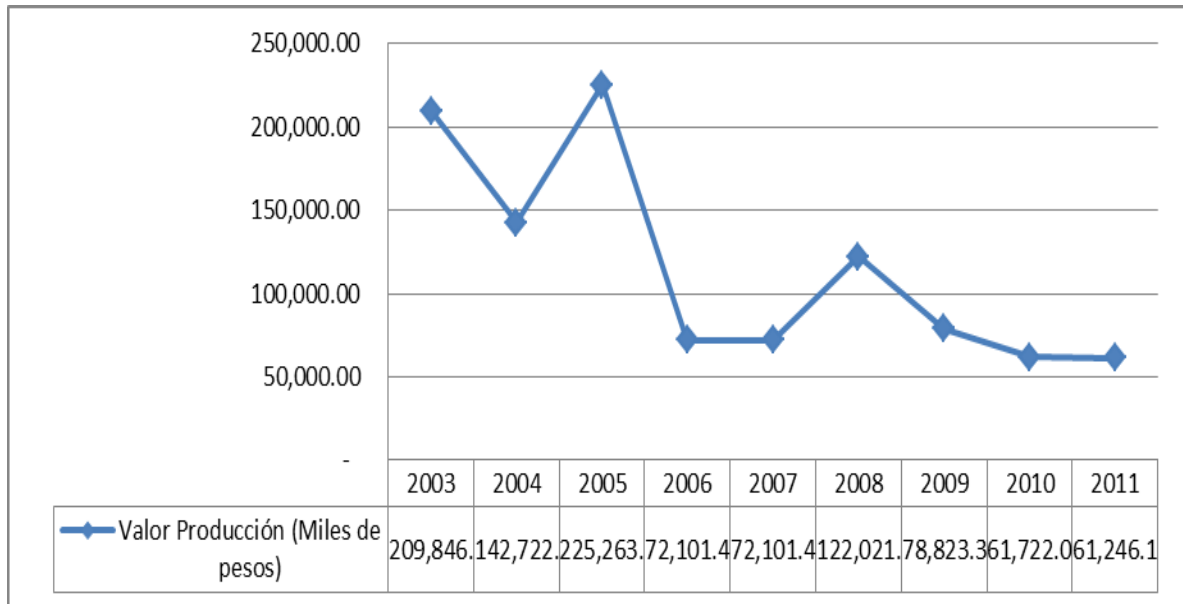
Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (2013)

Gráfica 3.1 Región V: Evolución de la producción de nopalitos (2003-2011)



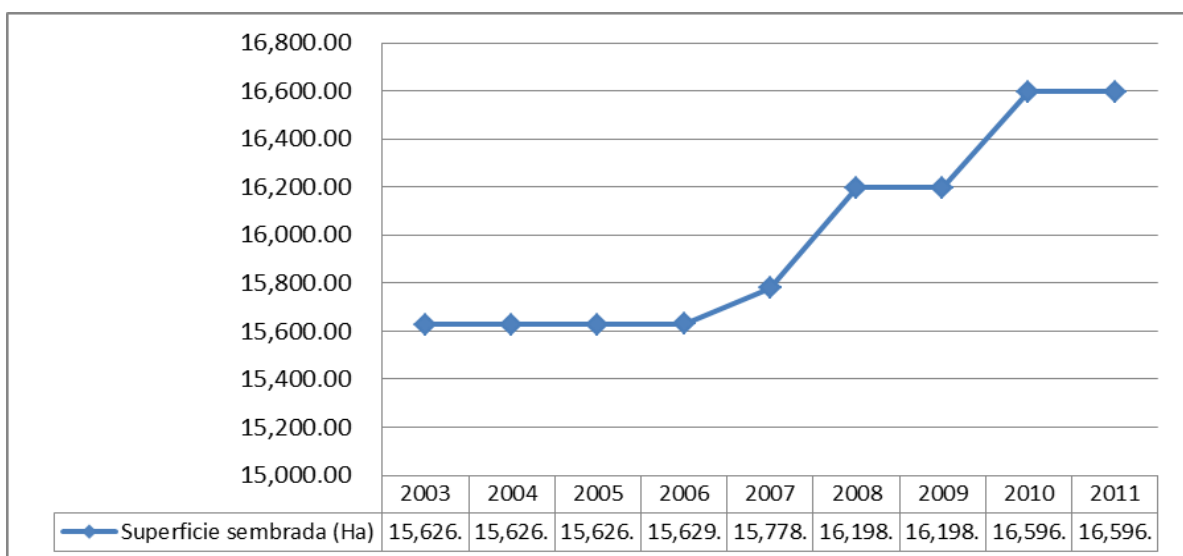
Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (2013)

Respecto al valor de la producción de nopalitos en la región, este ha disminuido, como consecuencia de dos efectos: la disminución de los rendimientos, que disminuyeron de 199.33 mil toneladas anuales en 2003 a 94.87 mil toneladas en 2011. La gráfica 3 muestra el comportamiento del valor de la producción para este cultivo.

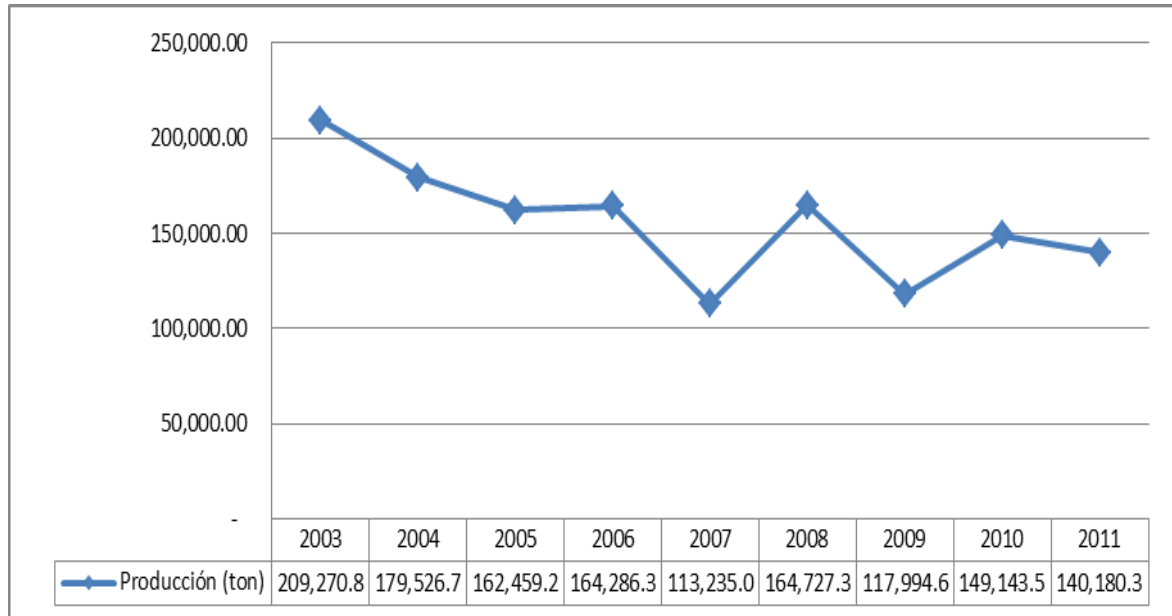
Gráfica 3.2 Región V: Valor de la producción de nopalitos (2003-2011)

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (2013)

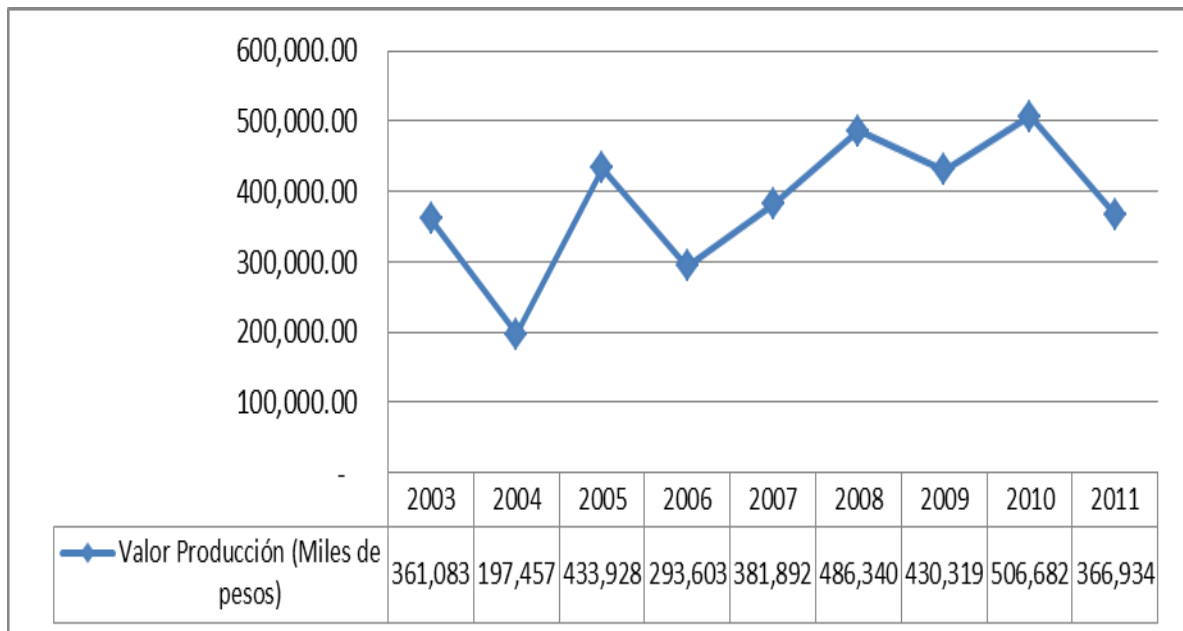
En el caso de la producción de tuna en la Región V, se observa una tendencia negativa, que se asocia con una disminución de la producción (figura 5), ocasionada a su vez por la disminución del rendimiento que pasó de 12.68 ton/ha en 2003 a 8.19 ton/ha en 2011.

Gráfica 3.3 Región V: Evolución de la superficie sembrada de tuna (2003-2011)

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (2013)

Gráfica 3.4 Región V: Evolución de la producción de tuna (2003-2011)

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (2013)

Gráfica 3.5 Región V: Valor de la producción de tuna

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (2013)

- **Tamaño.** El promedio de la superficie por unidad de producción en la Región V, es de 1.93 hectáreas (INEGI, 2007).

- **Invernaderos.** Sólo se reportan para la Región V 87 invernaderos (de 5,034 reportados en el Estado de México) en el Censo Agrícola Ganadero y Forestal 2007, que representa solo el 1.7% del total estatal. La superficie que ocupan es de 16.42 hectáreas, lo que implica que en promedio, cada invernadero tiene una superficie de 1887 m² sin embargo, solo 44 invernaderos, es decir el 50.5% reporta ventas (INEGI, 2007).

- **Comercialización.** Del total de unidades de producción, el 98.4% que pertenecen a la Región V, no transforma su producción.

b) Características de los productores.

- **Escolaridad.** En la región de acuerdo al Censo Agrícola Ganadero y Forestal 2007, el nivel de estudios de los 12,408 productores de la región V, se distribuyen de la siguiente manera: sin ningún nivel de estudios: 1.2%; con primaria: 65%; con secundaria: 22.4%; con preparatoria: 5.4% y con otro nivel de estudios 5.2%. Esto implica en general un nivel de escolaridad bajo, que limita la administración adecuada de sus unidades de producción.

- **Organización.** En el caso de la organización de productores según tipo de beneficios, apoyo y servicios obtenidos, la información del Censo Agrícola y Ganadero 2007, de las 205 organizaciones que se ubican en la Región V, el 33.2% se organizan para la compra de insumos, el 15.6% para la comercialización, el 12.2% para recibir capacitación y asistencia técnica, el 6.8% para obtener financiamiento, y sólo el 2.4% para la producción por contrato, al igual que para el procesamiento y transformación, y en menor importancia con el 1% para contratar seguro agropecuario y cobertura de precios.

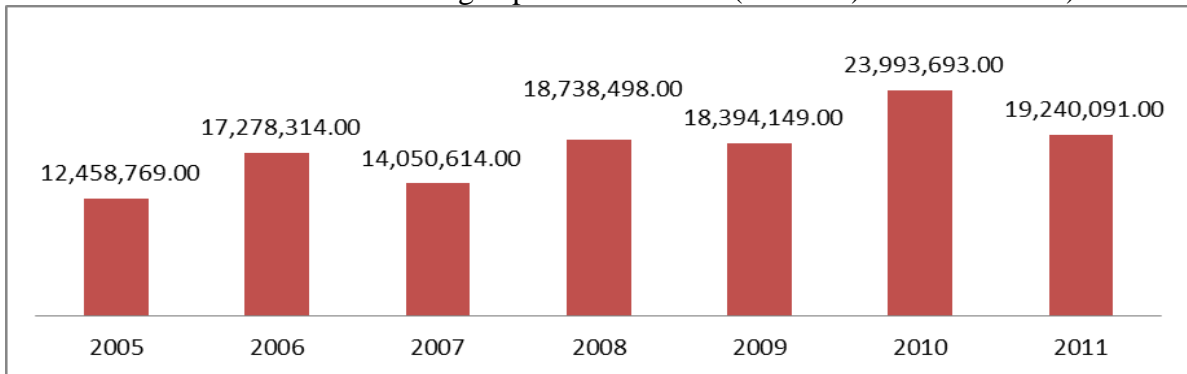
- **Uso de crédito.** De las 17,053 unidades de producción dentro de la Región V, que se mencionan en el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, sólo 26 recibieron crédito de avío, de los cuales: 19 fueron montos menores a \$10,000.00; 1 por un monto entre los \$10,000.00 y los \$50,000.00; 2 entre los \$50,000.00 a los \$100,000.00; y 4 mayores a los \$100,000.00; 11 unidades de producción recibieron un crédito refaccionario, de los cuales 5 fueron por montos menores a los \$10,000.00; 2 entre los \$10,000.00 y los \$50,000.00; 2 con montos entre los \$50,000.00 a los \$100,000.00; y finalmente 2 unidades de producción recibieron montos mayores a los \$100,000.00.

- **Seguro y crédito agropecuario.** En relación a las unidades de producción con actividad agropecuaria y forestal, en la Región V, el 98.7% no contaron con crédito ni seguro.

c) Productos de exportación.

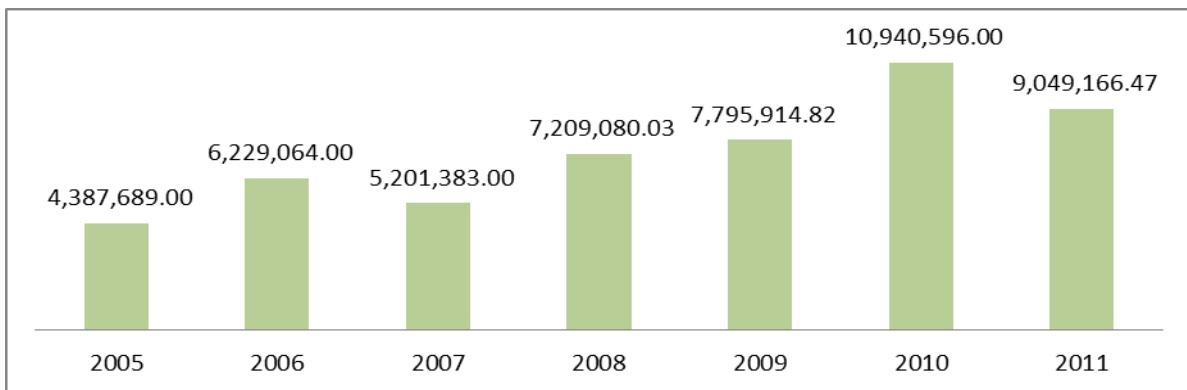
Mediante la revisión de los anuarios estadísticos de exportación se identificaron tres productos que se asocian con la producción de tuna y nopalitos. En las siguientes gráficas se identifican los volúmenes de producción y el valor de las exportaciones del 2005 al 2011 de: tuna, nopal procesado (en salmuera) y nopal fresco y deshidratado.

Gráfica 3.6 Cantidad en kg exportados de tuna (nacional) de 2005 a 2011)



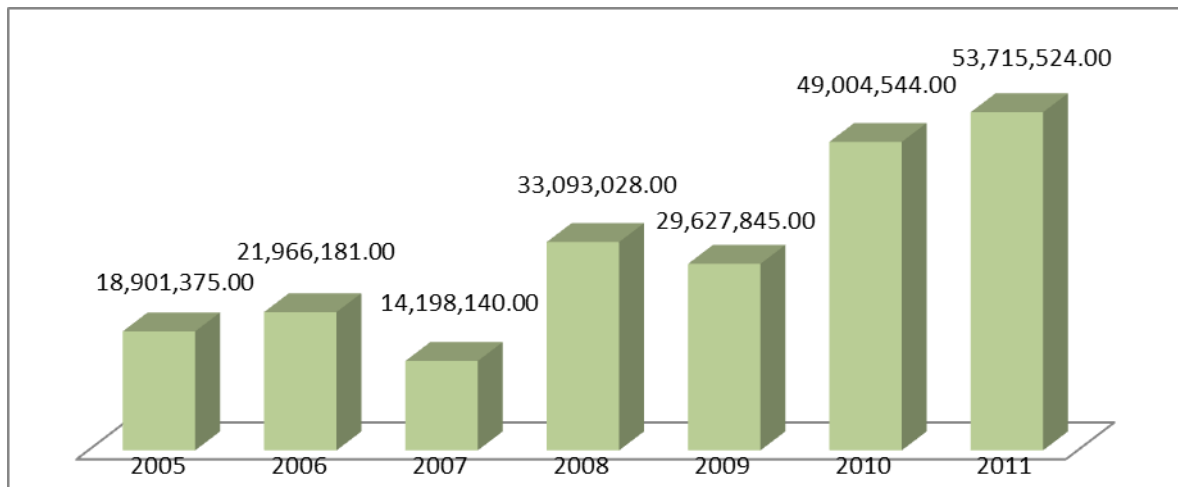
Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2005), (INEGI, 2006), (INEGI, 2007), (INEGI, 2008), (INEGI, 2009), (INEGI, 2010), (INEGI, 2011), (CAMARA DE DIPUTADOS, 2013)

Gráfica 3.7 Exportación nacional de tuna. Valor en dólares 2005-2011



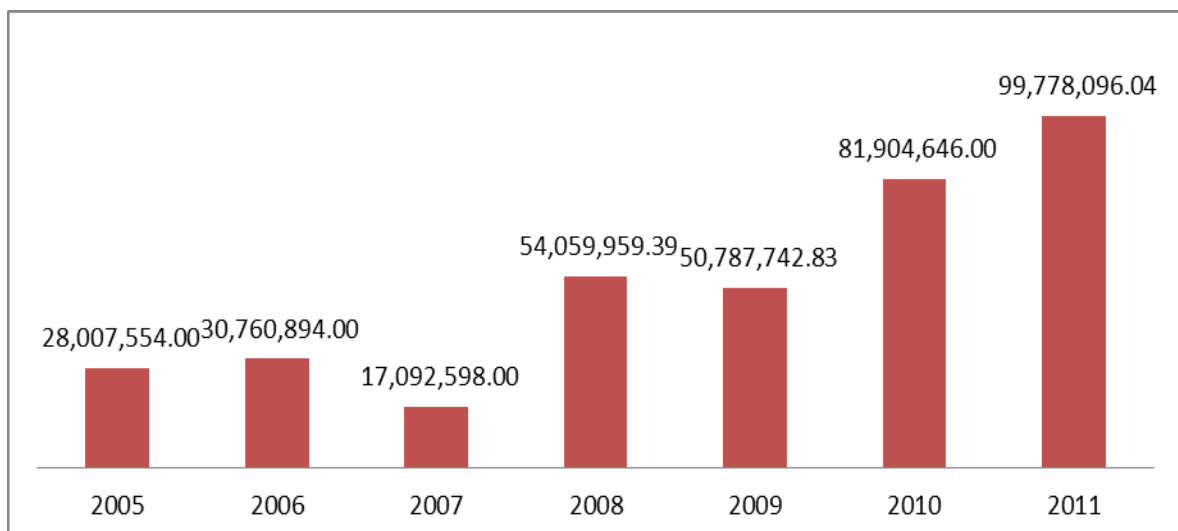
Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2005), (INEGI, 2006), (INEGI, 2007), (INEGI, 2008), (INEGI, 2009), (INEGI, 2010), (INEGI, 2011), (CAMARA DE DIPUTADOS, 2013), (CAMARA DE DIPUTADOS, 2013)

Al observar las cantidades en kg de los diferentes productos, se observa en las gráficas 7, 9 y 11, que las más importantes son para el nopal procesado en salmuera con 99,778 toneladas para 2011, en tuna este valor es de 19,240 toneladas, mientras que para el nopal fresco y deshidratado es de solo 624 toneladas para el mismo año.

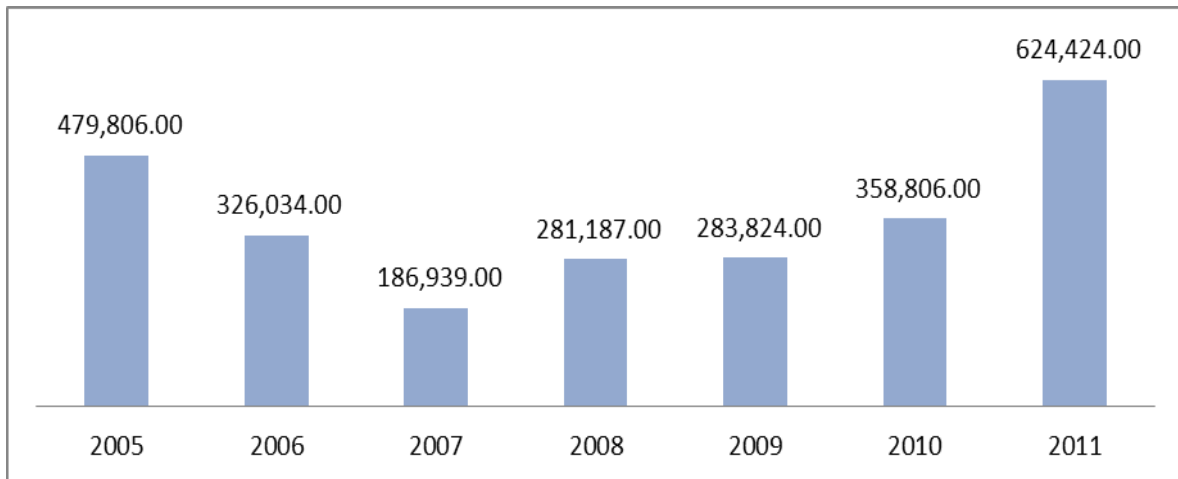
Gráfica 3.8 Cantidad en kg exportados de nopal procesado en salmuera (nacional) 2005-2011

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2005), (INEGI, 2006), (INEGI, 2007), (INEGI, 2008), (INEGI, 2009), (INEGI, 2010), (INEGI, 2011), (CAMARA DE DIPUTADOS, 2013)

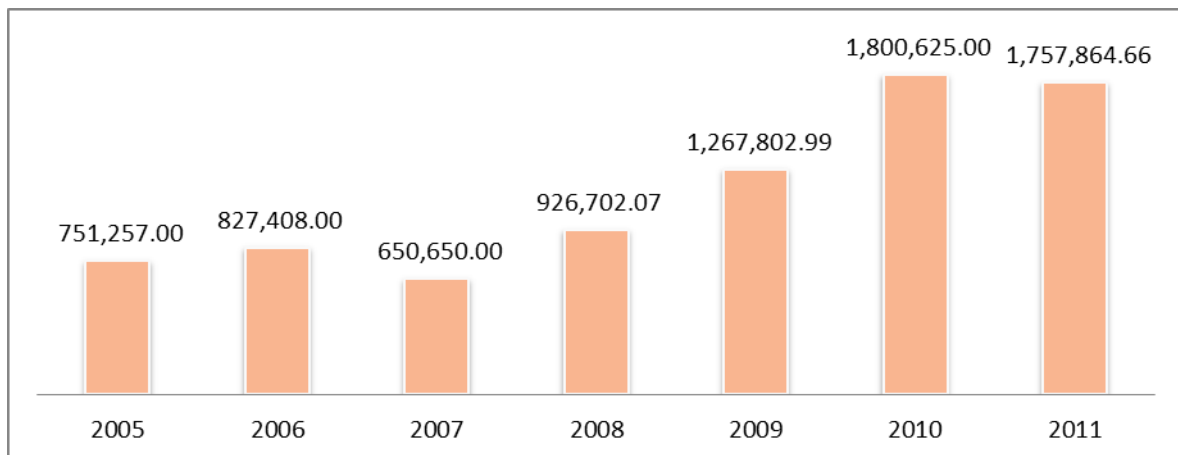
Respecto al valor de las exportaciones para el año 2011, tenemos que para nopal procesado en salmuera es de \$99,778,096.00 USD, para tuna este valor es de \$9,049,166.00 USD y para el clasificado como fresco y deshidratado, los datos para el mismo año 2011 es de \$1,757,864.00 USD. Lo que se explica en parte porque en fresco el producto es perecedero y al procesarlo en salmuera, aumenta considerablemente su vida de anaquel, además del valor agregado que representa esta presentación y que facilita su consumo.

Gráfica 3.9 Exportación nacional de nopal procesado en salmuera 2005-2011 (valor en dólares).

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2005), (INEGI, 2006), (INEGI, 2007), (INEGI, 2008), (INEGI, 2009), (INEGI, 2010), (INEGI, 2011), (CAMARA DE DIPUTADOS, 2013).

Gráfica 3.10 Cantidad en kg exportados de nopal fresco y deshidratado 2005-2011 (nacional).

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2005), (INEGI, 2006), (INEGI, 2007), (INEGI, 2008), (INEGI, 2009), (INEGI, 2010), (INEGI, 2011), (CAMARA DE DIPUTADOS, 2013).

Gráfica 3.11 Exportación nacional de nopal fresco y deshidratado 2005-2011 (dólares).

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2005), (INEGI, 2006), (INEGI, 2007), (INEGI, 2008), (INEGI, 2009), (INEGI, 2010), (INEGI, 2011), (CAMARA DE DIPUTADOS, 2013).

3.3 Discusión

La información generada en la investigación, muestra que los cultivos de la región con posibilidades de exportación, se limitan al nopal verdura (nopalito) y a la tuna. Esto considerando que la región es una de las principales zonas del país en cuanto a superficie sembrada. También es importante observar que el sector hortícola en la región tiene una contribución marginal, pero que representa una oportunidad de negocio, por los ingresos que representa de acuerdo al análisis realizado.

Respecto a los cultivos básicos, es difícil suponer que con las condiciones de productividad en maíz y cebada en la región, se pueda comercializar en el mercado externo, además de que estos productos tienen un importante mercado local, para autoconsumo en el caso del maíz y en el caso de la cebada por medio de la Impulsora Agrícola para el abastecimiento de la industria maltera – cervecera nacional.

Sin embargo es deseable ampliar la oferta exportable satisfaciendo las preferencias, y los requerimientos de acceso a los mercados globales. Sin embargo se deben cumplir con los requerimientos técnicos y exigencias de dichos mercados, gustos, características y preferencias de consumo, los volúmenes de producción, las presentaciones de los productos y los canales de comercialización y distribución (Uribe, Fonseca, Bernal, Contreras, & Oscar, 2011). Estos requerimientos desde la óptica de las estadísticas analizadas, no se cumplen del todo si consideramos que 2 de cada 3 productores en promedio solo tienen estudios de nivel primaria, lo que dificulta la profesionalización de sus agronegocios.

También es importante tomar en cuenta que el tamaño promedio de las unidades de producción, no superan las 2 Ha, lo que dificulta el cumplimiento de los volúmenes de ventas que se requieren en los mercados internacionales con el afán de hacer uso de economías de escala, lo que se asocia con el bajo nivel de organización de los productores de esta región.

En este sentido, es necesario que las agroempresas y sus diferentes actores se adapten a las exigencias de competitividad de mercados más sofisticados (Gariazzo, 2004), pero mejor pagados. Esto para un mejor aprovechamiento de los diferentes Tratados de Libre Comercio (TLC) firmados por México para ampliar el comercio exterior del país.

Además, la globalización ocasiona que cada vez más, los productos requieran no sólo calidad, sino que esa calidad debe estar respaldada por un sistema de gestión de calidad, total y permanente, pues esto garantiza que la empresa va a cumplir con los requerimientos del cliente.

Y es que a nivel empresa, es que no solo se compete con los productos importados, sino también con empresas extranjeras que invierten en el país y que vienen con nuevos estándares, con ventajas en la utilización de la tecnología; y que traen consigo un manejo moderno de las relaciones laborales y consideran a las personas como parte fundamental del desarrollo empresarial. Empresas de Europa y Estados Unidos que se instalan en México están certificadas por auditorías internacionales y poseen sellos de calidad que no abundan en la agroindustria mexicana.

Las agroempresas mexicanas por lo tanto deberán competir con calidad en sus productos, cumpliendo una de las primeras exigencias de los mercados internacionales constituida por las más amplias certificaciones, no sólo las certificaciones de calidad, sino de buenas prácticas, producción limpia y responsabilidad social (Macías, 2010).

La participación en el mercado entendida como un índice de competitividad que nos indica que tan bien se desempeñan en el mercado con relación a los competidores, nos permite evaluar si el mercado está creciendo o declinando (Arias, 2011). En el caso de las exportaciones (a nivel nacional) de nopal en sus diferentes presentaciones (procesado en salmuera, fresco y deshidratado y tuna) estas han tenido una tendencia positiva en los años analizados (2005-2011). Con esto se perciben dos aspectos interesantes: existe una demanda con tendencia positiva de estos productos, pero la información de las exportaciones no se desglosa al origen de los productos.

Así que una posterior fase de la investigación tendrá que estar relacionada con identificar los mercados de los productores de este cultivo en la Región V del Estado de México.

3.4 Conclusiones

El sector agrícola de la Región V del Estado de México puede analizarse desde dos perspectivas. La primera considerando sus oportunidades, las cuales mediante el análisis de la información proporcionada por estadísticas oficiales, se centran en el nopal y la tuna. Estas debido a su importancia regional en cuanto a superficie sembrada y valor de la producción.

Pero también se vislumbra una oportunidad en el sector de hortalizas con productos como zanahoria, lechuga, brócoli, que requiere un análisis de mayores dimensiones, pues tienen una aportación en cuanto a superficie muy inferior, y que quizá requieran de mayores inversiones tanto en infraestructura como en capital de trabajo y sobre todo la disponibilidad de agua, escasa en la región.

Por otro lado, el sector enfrenta retos importantes en cuanto a organización (independientemente de los estímulos que tengan los productores para organizarse), acceso a créditos, que en parte están asociados con los bajos niveles de escolaridad que presentan en promedio los productores de la Región V del Estado de México.

Finalmente, de acuerdo a los Anuarios de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos en sus versiones del 2005 al 2011, los productos identificados son: nopal fresco y deshidratado; nopal transformado en salmuera y la tuna. Estos productos tienen tendencias positivas tanto en cantidad exportada como en valor de las exportaciones, que pasaron de \$4,387,689.00 USD en 2005 a \$9,049,166.00 USD en 2011 para el caso de la tuna y para el nopal fresco y deshidratado de \$751,257.00 USD en 2005 a \$1,757,865.00 USD, mientras que para el nopal procesado en salmuera el incremento fue de \$28,007,554.00 USD en 2005 a \$99,778,096.00 USD en 2011. Lo que indica que a nivel nacional existe un sector de productores que cumplen con los requisitos de los mercados internacionales y que refleja un incremento en la competitividad de estos productos mexicanos, aunque por la naturaleza de la información a nivel nacional, se desconoce la aportación de la Región V del Estado de México en las exportaciones de estos productos, lo cual podrá ser tema para dar continuidad a la presente investigación.

3.5 Referencias

Arias, A. R. (13 de Agosto de 2011). *Gerencia de Mercadeo*. Recuperado el 19 de Junio de 2013, de Gerencia de Mercadeo: <http://www.3w3search.com/Edu/Merc/Es/GMerc049.htm>

Camara de diputados. (2013). *Camara de diputados*. Recuperado el 24 de JUNIO de 2013, de http://www3.diputados.gob.mx/camara/001_diputados/006_centros_de_estudio/02_centro_de_estudios_de_finanzas_publicas__1/005_indicadores_y_estadisticas/01_historicas/01_ind_macroeconomicos_1980_2012/07_tipo_de_cambio

Gariazzo, A. (2004). *Tratados de libre comercio y desafíos competitivos para Chile: La extensión de la ISO 9000*. Santiago: CEPAL.

INEGI. (2005). *www.inegi.org.mx*. Recuperado el 24 de junio de 2013, de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/2006/anuario_exportaciones_d%F3lares1.pdf

INEGI. (2006). *www.inegi.org.mx*. Recuperado el 24 de junio de 2013, de http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/2007/anuario_exportaciones_d%F3lares1.pdf

INEGI. (2007). *www.inegi.org.mx*. Recuperado el 24 de junio de 2013, de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/jul-dic2008/anuario_xd1.pdf

INEGI. (2007). *www.inegi.org.mx*. Recuperado el 26 de JUNIO de 2013, de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx

INEGI. (2008). *www.inegi.org.mx*. Recuperado el 24 de junio de 2013, de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/2008/exppeso/anuario_xp1.pdf

INEGI. (2009). *www.inegi.org.mx*. Recuperado el 24 de junio de 2013, de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/2009/ANUARIO_EP09/ANU_XP_1.pdf

INEGI. (2010). *www.inegi.org.mx*. Recuperado el 24 de junio de 2013, de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/2010/EXP_DOL_2010/ANU_XD_1.pdf

INEGI. (2011). *www.inegi.org.mx*. Recuperado el 24 de junio de 2013, de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/2011/XP/ANU_XP_1.pdf

Macías, A. (2010). Competitividad de México en el mercado de frutas y hortalizas de Estados Unidos de América. *Agroalimentaria*, 16 (31), 31-48.

Mortimore, M., & Buitelaar, R. y. (2000). *México: Un CANáliis de su competitividad internacional*. Santiago de Chile: CEPAL.

PROMÉXICO. (3 de Octubre de 2011). *PROMÉXICO*. Recuperado el 22 de Mayo de 2013, de PROMÉXICO: http://www.promexico.gob.mx/es_us/promexico/Agroalimentaria

SAGARPA. (15 de Octubre de 2012). *www.sagarpa.gob.mx*. Recuperado el 22 de Mayo de 2013, de <http://www.sagarpa.gob.mx/delegaciones/edomex/boletines/2012/octubre/Documents/B0642012.pdf>

SE. (24 de Octubre de 2012). *www.contactopyme.gob.mx*. Recuperado el 28 de Mayo de 2013, de http://www.contactopyme.gob.mx/estudios/docs/nopal_mexico.PDF

SIAP. (15 de Diciembre de 2012). *www.siap.gob.mx*. Recuperado el 28 de Junio de 2013, de http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

SIAP. (2013). *www.siap.gob.mx*. Recuperado el 26 de Junio de 2013, de http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

Uribe, C., Fonseca, S., Bernal, G., Contreras, C., & Oscar, C. (2011). *Innovación para la competitividad del sector agropecuario colombiano*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Elaboración y aplicación de lixiviados para la fertilidad de suelos y control biológico en cultivos tropicales

Sheila Uribe, Kristal Jesús y Melina Uribe

S. Uribe, K. Jesus y M. Uribe
Universidad Politécnica del Centro,
Carretera Federal Villahermosa-Teapa Km. 22.5. Tumbulushal, Centro, Tabasco. C.P. 86290.
sheilyurilop@hotmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

This study was conducted with the purpose of developing and evaluating leachate generated from compost and vermicompost plant residues as a mechanism for soil fertilization and disease control of some agricultural crops in the state of Tabasco, mainly from cocoa (*Theobroma cacao*) and banana (*Musa paradisiaca*). And with that, to be able friendly alternative solutions with the environment, such as reducing vegetables residues generated through the same agricultural management and obtain benefits products in compost,vermicompost and leachate forms. The use of these biotechnologies could potentially reduce the handling and use of agrochemicals to control some plant pathogens agents that attack crops and cause economic losses to producers and increase the soil fertility in production systems.

4 Introducción

Los abonos orgánicos se han utilizado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada [13] aunque su composición química para conocer su efecto en el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo [11] y presentan una amplia variación de efectos que dependen del material aplicado y de su grado de descomposición.

El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de suelos degradados. La adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, que en los cultivados varía de 100 a 600 mg kg⁻¹ [4]. Una forma de mejorar el manejo del estiércol para evitar la pérdida de nutrimentos es separarlo en sus fracciones líquida y sólida, e incorporar el composteado o inyectar la fracción líquida al suelo o a cualquier otro sustrato en distintos sistemas de producción. De tal manera que el éxito de estos productos radica en la forma de preparación, calidad del compost, clases de microorganismos presentes durante la fermentación, almacenamiento de los biopreparados y el método de aplicación [7].

El compostaje y el vermicompostaje (lombricompostaje) son procesos aeróbicos de transformación de residuos orgánicos, animales y vegetales, que ocurren constantemente en la naturaleza bajo la acción de lombrices, bacterias y hongos descomponedores de la materia orgánica. El aprovechamiento de estos residuos orgánicos cobra cada día mayor importancia como medio eficiente de reciclaje racional de nutrientes, que ayuda al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo [8]. Asimismo, mejoran las características físicas y previenen la erosión del suelo, reducen la dependencia de insumos externos de alto costo económico y ambiental, enfocado a una agricultura sostenible, en donde se disminuye y elimina el empleo de agroquímicos a fin de proteger el ambiente, y la salud animal y humana [1].

La fracción líquida que se obtiene del proceso de compostaje del estiércol se conoce como lixiviados de compost, extractos de compost y té de compost y presenta como ventaja una densidad más uniforme [15].

Los lixiviados de compost se producen directamente de las pilas, son ricos en elementos nutritivos y contienen microorganismos y se caracterizan por una coloración negra. Los lixiviados han sido considerados, tradicionalmente, como un fertilizante líquido orgánico. Además, estos materiales están siendo utilizados para el control de plagas y enfermedades, puesto que tienen una gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos, por lo que no son considerados pesticidas [12]. Otros contienen químicos antimicrobianos que inhiben el crecimiento de hongos; dada la gran variedad de lixiviados es muy difícil determinar el número de microorganismos benéficos presentes [7]. La composición física de los residuos sólidos vegetales de tipo agroindustrial y agropecuario de Tabasco, se deben aprovechar para disminuir en gran medida la presión sobre el medio ambiente como soporte de actividades antrópicas; y con ello, estos se reincorporarán en forma de nutrientes para fertilidad de los suelos agrícolas, así como una alternativa de control biológico de plagas y enfermedades de los mismos, disminuyendo el uso y aplicación de agroquímicos.

Este aprovechamiento conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, lo cual es competencia de la gestión y manejo ambiental. Se han utilizado diversos residuos vegetales, tales como el raquis de plátano que se ha utilizado en la elaboración de lombriabono [5], y como lixiviado que se produce al descomponerse el raquis, se ha evaluado con éxito como fungicida para mildew polvoso en rosas [3]. Por lo que en esta investigación a manera de objetivo se pretende elaborar y evaluar lixiviados generados a partir del compost y vermicompost de residuos agropecuarios como mecanismo de fertilización del suelo y control de enfermedades de algunos cultivos agrícolas del estado de Tabasco.

Los residuos orgánicos ocupan en el mundo un lugar prioritario desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, al constituir entre el 30 al 65 % de los residuos domiciliarios (según lugar y clima), más del 85% de los residuos considerados agrícolas y un porcentaje no despreciable de residuos industriales, fundamentalmente vinculados a las agroindustrias [12]. Las características fisicoquímicas de los residuos sólidos orgánicos vegetales y los procesos de descomposición, generan gases y lixiviados, creando la necesidad de sistemas de tratamiento costosos y complejos, necesarios para realizar la remoción de contaminantes, de tal manera que se evite un mayor deterioro de los recursos agua, aire y suelo.

El aumento en la generación de residuos sólidos vegetales y agroindustriales asociados al crecimiento poblacional y la globalización que genera una cultura consumista, ha llevado a la aplicación de tecnologías apropiadas para la disposición final de los mismos que permitan un control racional de los impactos producidos por los residuos, sin que se ponga en riesgo al medio ambiente y la salud pública. La disposición indiscriminada de éstos residuos en los basureros y rellenos sanitarios se traduce en pérdida de nutrientes y contaminación ambiental.

A partir de la separación de los residuos orgánicos se han buscado usos alternativos benéficos para el entorno, como es el proceso de reciclaje para la transformación de estos nuevamente en materia prima [6]. El proceso de compostaje de los residuos orgánicos como biofertilizantes y acondicionadores del suelo, la producción de gas, humus, biocombustibles, lixiviados, entre otros son técnicas mediante las cuales se puede aprovechar este tipo de residuos.

Este aprovechamiento se define como “descomposición de residuos orgánicos por la acción microbiana”, al cambiarse la estructura molecular de los mismos; con el tiempo de degradación, se da el grado de madurez al realizar bio-transformación o degradación parcial (descomposición de un compuesto orgánico en otro similar) y mineralización o degradación completa, cuando todas las moléculas de dióxido de carbono se descomponen en su totalidad [8].

La biomasa microbiana determina el mantenimiento de la productividad del ecosistema ya que constituye un medio de transformación de los materiales orgánicos del suelo, independientemente de la función de los habitantes de la comunidad microbiana [14]. Debido a que la actividad y la biomasa microbiana contribuyen al conocimiento del estado de fertilidad del suelo y sus características a través del tiempo, la estimación es posible ya que en la conformación de la estructura celular hay elementos esenciales como el carbono, el nitrógeno y el fósforo, que se pueden extraer a través de métodos químicos.

El tratamiento de plantas con productos de origen natural, tales como los lixiviados de raquis de plátano, es una alternativa, que se ha venido implementando en el control de la Sigatoka negra con buenos resultados. [2], demostraron reducciones significativas en la severidad de la Sigatoka negra en plantas de plátano Dominico hartón tratadas con lixiviados al 10, 25, 50 y 75% de concentración, los valores del índice de severidad para estos tratamientos oscilaron entre 30 y 40% en comparación con el testigo que registró 100%, 75 días después de la siembra. De la misma manera [10], reportaron que el promedio más bajo del índice de severidad de las Sigatokas en plantas de Dominico hartón, fue obtenido con el tratamiento con ácidos fúlvicos al 0,5% de concentración, que registró un valor promedio de 42%, mientras que en el testigo fue de 59%. Estos resultados demuestran que los ácidos fúlvicos son una opción viable, que no contaminan el ambiente y controlan las enfermedades causadas por *Mycosphaerella* spp. [10].

4.1 Método

Área de estudio

El área de estudio se localizara en los diferentes sistemas agroindustriales y agropecuarios en municipios de la regiones: Sierra y Chontalpa del estado de Tabasco, para realizar convenios de colaboración con los productores de plátano (*Musa paradisiaca* L) y cacao (*Theobroma cacao* L) del lugar y poder realizar los experimentos correspondientes.

Elaboración de los lixiviados

Se realizará el confinamiento de los residuos vegetales a utilizar para elaborar los lixiviados a nivel de vivero en las instalaciones de la universidad politenica del centro o en campo con los productores que permitan realizar un manejo adecuado de los residuos en sus sistemas de producción, manteniendo un registro de la temperatura y humedad semanalmente durante el periodo que dure su proceso de descomposicion.

Determinación de parámetros biológicos

Microorganismos. A partir de una solución madre extraída de los lixiviados de los tipos de compost y vermicompost producidos en laboratorio o campo, se procedera a identificar y cuantificar los microorganismos que se encuentren presentes, se seleccionaran las especies de importancia para el tipo de plaga o enfermedad de los cultivos de platano y/o cacao.

Plantas. A nivel de laboratorio se tseomaran registros y evaluara el efecto de diferentes dosis de los lixiviados sobre las plantas infectadas por algun tipo de microorganismo fitopatogeno y posteriormente, aplicarse de manera directa en campo en parcelas experimentales.

Determinación de propiedades fisico-químicas de lixiviados y suelos

De los lixiviados de compost y vermicompost se determinarán algunas propiedades fisico-químicas.

Compost. pH, Nitrógeno total (Nt), materia orgánica (MO), humus total, ácidos húmicos y fúlvicos, fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S), magnesio (Mg), sodio (Na) y fierro (Fe).

Vermicompost. pH, humus total, ácidos húmicos y fúlvicos, Nitrógeno/ Óxido de Nitrógeno (N/NO), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na) y Fierro (Fe).

Se realizarán análisis del suelo de experimentos que se realicen a nivel de vivero y/o laboratorio para ver el efecto de los nutrientes aportados a los suelos mediante la aplicación de lixiviados de compost y vermicompost de acuerdo a la NOM-021-RECNAT- 2000 [9]: temperatura, humedad, textura, pH, materia orgánica, Nitrógeno total, relación Carbono/Nitrógeno (C/N), nitratos (NO₃), Fósforo (P), Potasio (K), Conductividad eléctrica (CE) y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

Análisis estadístico

De las variables de los suelos, plantas, microorganismos se les realizará analisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) con el programa statistica.

4.2 Resultados esperados

Actualmente se han desarrollado estudios en centro y sudamérica para ver la efectividad de los lixiviados con raquis de platano para controlar algunas enfermedades provocadas por algunos hongos fitopatogenos, sin embargo, en el estado de Tabasco no se ha comprobado en los sistemas de producción por desconocimiento de esta biotecnología, por lo que en este estudio se espera encontrar la efectividad positiva con respecto a los agentes fitopatógenos de los diversos tipos de lixiviados generados a partir de compostas y vermicompostas, incrementos en los nutrientes en el suelo con el uso y aplicación de los lixiviados, y una alta diversidad de especies presentes en los tipos de lixiviados que se produzcan.

4.4 Conclusiones

Para el desarrollo de esta investigación se requiere realizar diversos estudios desde una perspectiva multidisciplinaria para conocer a que tipo de cultivos se les puede aplicar los diversos tipos de lixiviados y proponer cual de estos son los más recomendables de utilizar y en que dosis. Además, de que se ayudará a tomar una nueva perspectiva del mejor manejo de los residuos vegetales generados en cultivos del estado, desde una perspectiva sustentable y equilibrada con el medio ambiente.

4.5 Referencias

- Álvarez, E., Cortes, J., Ceballos, G. (2010). “Alternativas para el manejo de la Sigatoka negra en plátano *Dominico hartón* (AAB) mediante el uso de lixiviados y productos biológicos”. En: *Boletín Musalac*, No. 1 (2). pp. 3-5.
- Álvarez, E., Grajales, C., Villegas, J., Loke, J. (2001). Control del mildew polvoso (*Sphaeroteca panosa* var. *rosae*) en Rosa (*Rosa* sp.), usando un lixiviado de compost del raquis de plátano (Musa AAB). Asocolflores. Julio- diciembre. 41-47p.
- Anderson, T.H., Domsch, K.H. (1989). Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Biochem.* 21: 417- 479.
- Baquero, C., Suárez, D., Pinto, M. (2000). El lombriabono como alternativa tecnológica para la fertilización del cultivo de plátano en la región Caribe. En [http://www.pronatta.gov.co/infoproductos2/resumenes%20ejecutivos/961470068-r .doc](http://www.pronatta.gov.co/infoproductos2/resumenes%20ejecutivos/961470068-r.doc).
- Butler, D.M., Ranells, N.M., Franklin, D.H., Poore, M.H., Green, J.T. (2007). Ground cover impacts on nitrogen export from manured riparian pasture. *J. Environ. Qual.* 36: 155-162.
- Capulín-Grande, J., Núñez-Escobar, R., Etchevers-Barra J.D., Baca-Castillo, G.A. (2001). Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. *Agrociencia* 35: 287-299.
- Cerrato, M.E., Leblanc, H.A., Kameko, C. (2007). Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical* 3: 183-197.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2002). NOM-021-RECNAT-2000. Norma oficial mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. SEMARNAT. México.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (1991). Manejo del suelo: producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín* (56): 180. Italia.
- Litterick, A. M., Harrier, L., Wallace, P., Watson, C.A., Wood, M. (2004). The role of uncomposted materials, compost, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production: A review. *Crit. Rev. Plant Sci.* 23: 453-479.
- Piccinini, S., Bortone, G. (1991). The fertilizer value of agriculture manure: simple rapid methods of assessment. *J. Agric. Eng. Res.* 49: 197-208.
- Primavesi, A. (1982). Manejo ecológico do solo: Agriculture en Regioes Tropicais. 5 ed. Sao Paulo: Nobel. 541 p.
- Simpson, K. (1986). Abonos y estiércoles. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Estabilidad térmica del grado de polimerización y cuantificación parcial de azúcares en fructanos de agave tequilana, obtenidos por ultrafiltración

Rafael Espinosa & Rosa Ortiz

R. Espinosa & R. Ortiz
Universidad Tecnológica de la Costa, Carretera Santiago entronque internacional no. 15 km. 5, Santiago Ixcuintla, Nay.
Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, Av. Tecnológico 2595
Tepic, Nayarit México
raphat_18@hotmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

In the international market there is a growing demand for fructan, due to its properties as food additives, ultrafiltration meanwhile has proven to be an emerging technology with great potential for the separation of substances of interest in the food industry and different studies are done in fructans with favorable results. The aim of this study was to identify and quantify simple sugars such as glucose and fructose by anion exchange chromatography, besides evaluating the stability to heat treatment GP Weber tequilana fructans obtained by ultrafiltration. Through a chromatographic profile was validated that ultrafiltration reduces the concentration of simple sugars and the Weber tequilana GP ranged between 2 and 60, GP presents this partial hydrolysis 2.2% to bring fructans at 120 ° C for 5 minutes.

5 Introducción

Diferentes estudios en el jugo extraído de piñas de *Agaves tequilana Weber* demuestran la riqueza que presentan en carbohidratos, entre los que se encuentran los fructanos. Los fructanos son clasificados de acuerdo a su grado de polimerización (GP = número de monómeros de fructosa, presentes en la molécula) que varía entre 2 y 80 unidades. Los fructanos de bajo grado de polimerización (3 a 9) se conocen generalmente como fructoligosacáridos (FOS) independientemente del tipo de estructura que presenten. Los conocidos como inulina tienen un grado de polimerización mayor ≥ 9 , este tipo de carbohidratos son estudiados científicamente como aditivos alimentarios teniendo por objetivo el desarrollo e innovación de alimentos.

El consumo de fructanos diario en algunos países varía, de 1 a 4 g en los Estados Unidos y de 3 a 12 g, mientras que en Europa se recomienda no exceder 45 g por día. De acuerdo con todas estas aplicaciones que se les da a los fructanos, han surgido empresas en América que se dedican a crear subproductos de fructanos como Orafiti® creada en Chile el 2006. Esta planta tiene una producción anual de fructanos tipo inulina de 10.000 toneladas. En México la obtención de fructanos obtenidos a partir de *Agave tequilana Weber* var. azul es procesado por las siguientes empresas: Inulina y Miel de Agave S.A. de C.V, Agaviotica S.A. de C.V y Miel Campos Azules S.A. de C.V, con una producción de 2650 Ton anuales por la venta, el ingreso de Fructanos Nativos de *Agave* a mercados internacionales, ha estado limitado por la falta de opciones comerciales y conocimiento de las características que las fracciones de fructanos pueden otorgar como aditivos en alimentos. Existen diferentes métodos para el fraccionamiento de fructanos como lo es la concentración por ultrafiltración este mismo es un proceso de fraccionamiento selectivo utilizando presiones de hasta 145 psi (10 bar). La ultrafiltración se utiliza ampliamente en el fraccionamiento de concentración de sólidos en suspensión y solutos de peso molecular mayor a 200×10^5 Da.

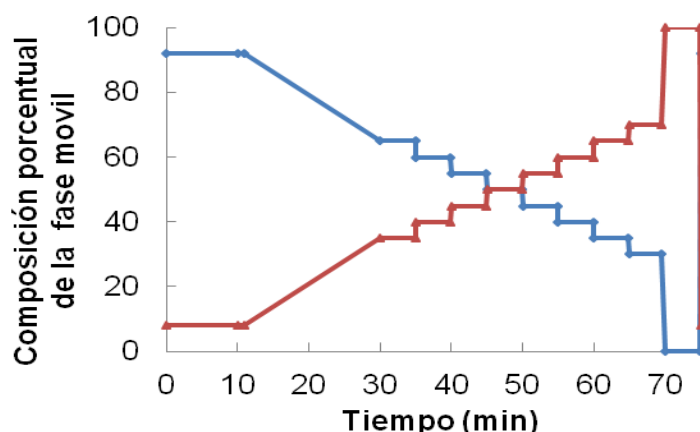
Por lo anteriormente descrito este estudio se enfoca sobre la estabilidad térmica del GP de los fructanos del *Agave tequilana*, tomando como ejemplo temperaturas y tiempos a los que son sometidos la infinidad de productos alimenticios en su etapa de pasterización y a su vez una caracterización parcial por cromatografía de azúcares presentes en los fructanos de *Agave tequila Weber*, obtenidos a partir de ultrafiltración. Es importante mencionar que hoy en día casi no hay campo de la química y biología de los alimentos que no utilice la cromatografía en alguna de sus formas, tanto en su vertiente preparativa como en la analítica; por otra parte el desarrollo sobre el uso conjunto de la cromatografía con otras técnicas analíticas, así como el desarrollo de otros tipos de cromatografía, como la de fluidos supercríticos, hace posible una extensión aun mayor de su uso.

5.1 Método

Perfil cromatografico

El perfil cromatográfico de los fructanos obtenidos a partir de ultrafiltración se determinó por medio de un cromatografo DIONEX, Modelo ICS 5000, USA, USA. La muestra de fructanos fue inyectada en una columna termostática DIONEX PA-100 (0.4 x 5 cm) a 35°C y la elución a una velocidad de 0.5 mL.min⁻¹. Se ajustó un gradiente escalonado en dos dimensiones definidas por los eluentes NaOH 100 mM y acetato de sodio 600mM descrito en la Figura 1. Los GP se estimaron en comparación grafica con un estándar de inulina de achicoria a través de cromatogramas.

Figura 5 Gradiente de composición porcentual de la fase móvil en dos dimensiones definidas por los eluentes NaOH 100 mM (—) y acetato de sodio 600mM (—).



Cuantificación de azúcares simples

La cuantificación de azúcares simples, tales como fructosa, glucosa y sacarosa se determinó por medio de cromatografía de intercambio anionico, mediante un cromatografo DIONEX, Modelo ICS 5000, USA, utilizando una columna DIONEX PA-1 y el gradiente antes descrito para lograr la cuantificación de azúcares mediante curvas de calibración con los estándares correspondientes. Se ajustó al gradiente mencionado en perfil de cromatografico.

Dispersión del Grado de Polimerización

A través del cromatografo DIONEX, Modelo ICS 5000, USA y con el gradiente establecido se indujo a la separación en base al GP de los fructanos en polvo. La definición del GP se realizó tomando como referencia el estándar de inulina.

Cuantificación de azúcares simples liberados por tratamiento térmico

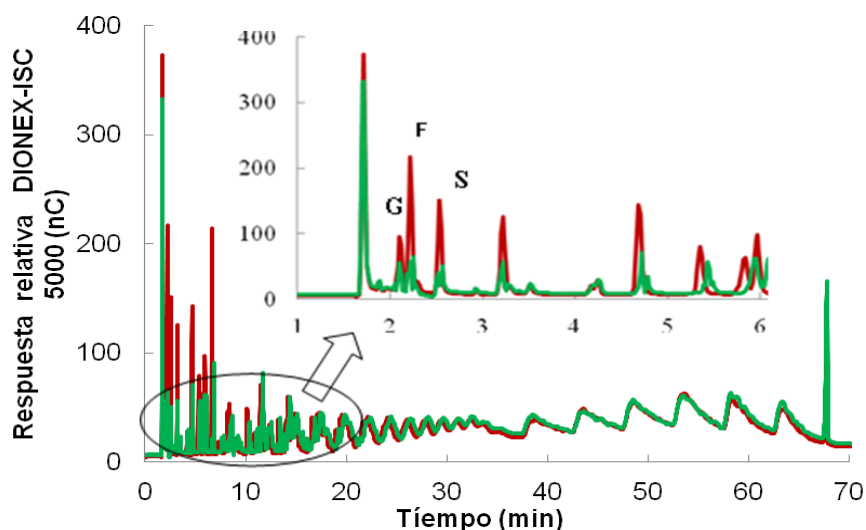
Se evaluó la estabilidad del grado del GP de los fructanos antes caracterizados de la siguiente manera: Se prepararon muestras a una concentración de 2 mg.mL⁻¹ de fructanos.

Los cuales se trataron a 60, 80, 100 y 120°C durante 5, 10,15 y 20 min respectivamente. Después de haber sido tratadas térmicamente las muestras se inyectaron al cromatografo utilizando las condiciones descritas anteriormente, la cuantificación de azúcares simples se llevó a cabo, mediante curvas de calibración de 5 niveles cuantificándose fructosa, glucosa y sacarosa, a las muestras de fructanos sometidas a tratamientos térmicos. Se utilizó un diseño factorial 4x4 (4 Temperatura y 4 tiempos). Los datos se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA) y se usó una prueba de LSD con un $\alpha=0.05$ para la comparación de medias usando el paquete estadístico SAS System (Versión 9.0).

5.2 Resultados

Perfil cromatografico

Gráfica 5.1 Comparación de la solución de fructanos de *Agave tequilana* Weber var. azul usada como alimentación y de la solución de retenido 25 °C). Glucosa (G), Fructosa (F) y Sacarosa (S)

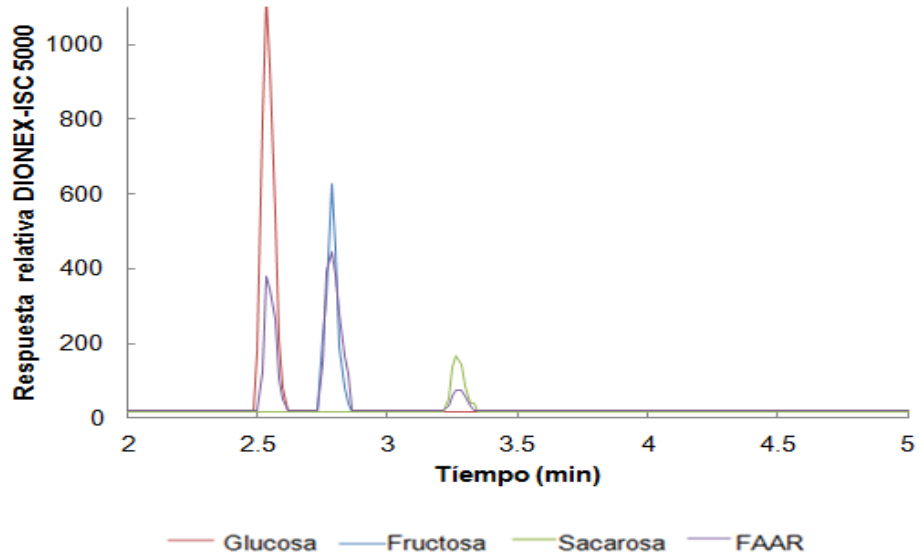


Cuantificación de azúcares simples

Tabla 5 Identificación y cuantificación de azúcares simples presentes en los fructanos separados por una membrana de ultrafiltración de 1kDa y secado por aspersión

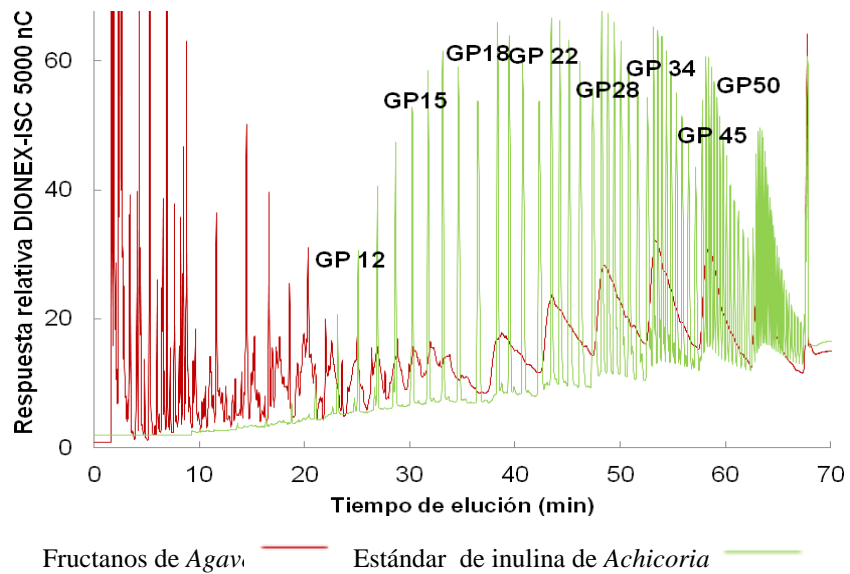
| Cuantificación DIONEX-ISC5000 | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Azúcar | g.100g ⁻¹ de muestra |
| Glucosa | 0.055 |
| Fructosa | 1.77 |
| Sacarosa | 0.041 |

Gráfica 5.2 DIONEX, repuesta reactiva



Dispersión del Grado de Polimerización

Gráfica 5.3 Perfil de distribución por HPLC de fructanos de *Agave tequilina* purificados por una membrana de ultrafiltración de 1kDa e inulina de achicoria, usando las mismas condiciones de trabajo en el sistema DIONEX-ISC5000



Cuantificación de azúcares simples liberados por tratamiento térmico

Tabla 5.1 Concentración de azúcares simples: Glucosa+ fructosa+ sacarosa

| Tiempo (Min) | Temperatura (°C) | | | |
|--------------|------------------|----------|----------|----------|
| | 60°C | 80°C | 100°C | 120°C |
| 5 | 1.7±0.2a | 2.3±0.1b | 2.8±0.1c | 3.8±0.1d |
| 10 | 1.7±0.1a | 2.4±0.3b | 3.2±0.2c | 4.0±0.1d |
| 15 | 1.7±0.1a | 2.4±0.2b | 3.3±0.2c | 4.1±0.1d |
| 20 | 1.8±0.2a | 2.8±0.1b | 3.5±0.2c | 4.2±0.1d |

Los valores son la media de $n=3 \pm D.S.$ Medias en la misma columna que no muestran la misma letra indican diferencia significativa ($p>0.05$)

5.3 Discusión

Perfil cromatografico

Se definió el perfil cromatografico a partir del gradiente utilizado por Ortiz-Basurto, (2008) en la separación de fructanos comerciales de *Agave* y se ajustó a la separación de un estándar de inulina de achicoria. En la Figura 2 se muestra un perfil cromatografico que se realizó a la muestra de jugo utilizada en la alimentación y el retenido, por su parte la muestra del retenido presentó menor respuesta electroquímica del cromatografo hasta los 10 min con respecto a la alimentación, indicando concentración más baja en retenido de azúcares simples: glucosa fructosa y sacarosa que fueron identificados antes de los 4 min.

Como resultado en el retenido se obtuvo una purificación de 99.3 % de fructanos reduciendo 6.8% la concentración de azúcares simples respecto a la solución de alimentación.

Lo anteriormente se explica porque el retenido es la solución concentrada y purificada por ultrafiltración, moléculas como fructosa, glucosa, sacarosa y compuestos con pesos moleculares menores de los 1000 Da no son retenidos y son eliminados en el permeado, se puede observar que después de 10 min, las respuestas electroquímicas para las líneas de alimentación y retenido mantienen el mismo comportamiento, lo cual indicó la presencia de concentraciones parcialmente iguales de moléculas más complejas que los azúcares simples, indicando que la solución en retenido fue enriquecida de constituyentes de pesos moleculares altos o con $GP>10$ y purificada en la concentración de mono y disacáridos.

Cuantificación de azucares simples

En la Figura 5.2 se observa la identificación y la cuantificación de los azúcares simples, presentes en los fructanos analizados. Los azúcares identificados fueron glucosa fructosa y sacarosa, su composición muestra un porcentaje total de 1.86, dicho resultado representa un 98.1% de pureza. Pureza que es mayor a la reportada por Waleckx y col, (2008), quien analizó fructanos extraídos del *Agave tequilana Weber*, que fueron obtenidos de forma convencional, sin haber pasado por ultrafiltración y al cuantificar por HPLC glucosa, fructosa y sacarosa, reportó porcentajes de 0.8, 3.8 y 2 % respectivamente, que en su totalidad representan un 6.6% de azúcares simples presentes en la muestra, indicando una pureza de 93.4 %.

Dispersión del Grado de Polimerización

En la Figura 4 se muestra la dispersión de los fructanos de *Agave* tequilana en comparación a un estándar de inulina de achicoria con GP mínimo de 10, ambos inyectados con el programa modificado de Ortiz-Basurto (2008).

Los resultados indican la presencia de fructanos con $GP < 10$ en los tiempos de 0 a 23 minutos, después de este tiempo se observa la presencia adicional de fructanos de IA con $GP < 10$. Ha falta de estándares de fructanos con GP específico, es posible tomar de referencia la presencia de cada pico eluido de un estándar de inulina para definir la dispersión y el GP de otros fructanos (Ortiz-Basurto 2008; Borromel y col 2009; Corradini et al 2012). En el caso de los fructanos de *Agave*, no se observa la definición de todos los picos, en los primeros minutos del cromatograma se remarcan los picos correspondientes a la elusión de Glucosa (2.5 min), Fructosa (2.72 min), sacarosa (3.35 min) y hasta el minuto 23 se observa la presencia de diversos picos superpuestos correspondientes a los FOS.

Se ha reportado que la separación de fructanos tipo inulina es posible al utilizar el detector de pulsos amperométricos, sin embargo para el caso de fructanos de *Agave* en donde existen además de fructanos tipo inulina, levanos, neoseries y particularmente fructanos ramificados con diferentes grados de polimerización (Mancilla y Margali 2006, Waleck y Col, 2008 y Arrizon 2010), no se ha reportado una definición completa de los fructanos presentes. Esta diversidad estructural crea dificultades para la resolución completa del polímero, Ortiz-Basurto (2008) reportó que es debido a la superposición de los fructanos con el mismo grado de polimerización que se forman pequeñas montañas en los cromatogramas. Sin embargo se manifiestan respuestas electroquímicas hasta los 68 minutos.

Los fructanos con $GP > 10$ de acuerdo al estándar utilizado se presentan en el intervalo del minuto 23 al 68, a partir del minuto 63 corresponde a los polímeros con $GP > 60$, teniendo como GP máximo de 80, estos GP aparentes no corresponden con los reportes de investigaciones realizadas para fructanos de *Agave tequilana* ejecutadas por López y col (2003) que reportó un GP de 3 a 29, Waleck y col (2008) indicaron un GP promedio de 14, Mancilla y col., (2006) señalan un GP promedio de 18, pero si corresponden con la dispersión que reporta Ortiz-Basurto (2008), en un intervalo de GP entre 2 a 80 para *Agave tequilana*.

Cuantificación de azúcares simples liberados por tratamiento térmico

A fin de identificar la estabilidad de la fracción de fructanos de *Agave* obtenida a los diferentes tratamientos térmicos que generalmente se aplican en la industria de alimentos.

Se partió del perfil de cromatografía de la fracción sin tratamiento térmico para calcular el área bajo la curva de cada grupo de fructanos y se comparó con la obtenida, después de cada tratamiento. Se determinó el área de cada grupo de fructanos en cada cromatograma obtenido, considerando que si el área de un grupo de fructanos disminuye, se debe a la hidrólisis de los fructanos.

En esta sección se trabajó con el área los picos de los aparentes GP indicando efecto de hidrólisis si las áreas disminuyen.

De acuerdo a los valores obtenidos de la disminución del área de los aparentes GP, el análisis estadístico indicó que si existe efecto de la temperatura y tiempo sobre la hidrólisis de los fructanos y diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las 4 temperaturas de las áreas de todos los aparentes GP. Este fenómeno de hidrólisis probablemente se debió a que el proceso térmico implicó la ruptura de enlaces glucosídicos internos β (2-1) y (2-6) del polisacárido (Cuello, 2012). En el Cuadro 1 se observa la concentración de los azúcares simples, valores que corresponden a la suma total de glucosa, fructosa y sacarosa, cuantificado por cromatografía.

Estos resultados indican que en un lapso de 20 minutos a 60, 80, 100 y 120°C ocurre un aumento de azúcares simples del 0.03, 1, 1.69 y 2.42 % respectivamente de acuerdo al análisis estadístico realizado, se determinó que la concentración de azúcares simples presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) para las cuatro temperaturas.

La menor hidrólisis se presentó en la combinación de temperatura de 60°C durante 5 min y la mayor hidrólisis se presentó a 120°C durante 20 min. Estos resultados coinciden con los reportados por Montañez-Soto (2009), que indica que en la extracción de fructanos con temperaturas de 60°C no se tiene un rendimiento del 100% debido a que existe hidrólisis de los fructanos y a su vez no coinciden con lo descrito por Suzuki y Chartterton (1996) quienes afirman que los fructanos son estables hasta los 140°C, lo anterior.

Cabe señalar que los resultados obtenidos para esta investigación indican un porcentaje de hidrólisis de 2.2% debido a que las muestras fueron tratadas únicamente por calor. La mayoría de las investigaciones para la degradación de fructanos se centran en hidrólisis termo-enzimáticas.

5.4 Conclusiones

El perfil cromatográfico validó que la ultrafiltración reduce la concentración de azúcares simples de los fructanos de *Agave tequilana* Weber.

Se logró determinar por medio de cromatografía la presencia de glucosa fructosa y sacarosa en los fructanos de *Agave tequilana* Weber indicando un 98.1% de pureza.

Se identificó que los fructanos de *Agave tequilana* Weber presentan GP entre 2 y 60.

Se determinó que al someter los fructanos de *Agave tequilana* Weber a 120°C por 5 min presentan una hidrólisis parcial del 2.2% de su cadena estructural.

5.5 Referencias

Arrizon, J., Morel, S., Gschaedler, A., & Monsan, P. (2010). Comparison of the water-soluble carbohydrate composition and fructan structures of *Agave tequilana* plants of different ages. *Food Chemistry*, 122(1), 123-130.

Cuello, C., M. (2012). *Caracterización fisicoquímica y estudio cinético de la hidrólisis enzimática de los fructanos de maguey mezcalero potosino (Agave Salmlana)*. Tesis de doctorado en ciencias ambientales, Universidad Autónoma de SLP. San Luis potosí .SLP., Mexico

Lopez, M. G., Mancilla-Margalli, N. A., & Mendoza-Diaz, G. (2003). Molecular structures of fructans from Agave tequilana Weber var. azul. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27), 7835-7840.

Mancilla-Margalli, N., López M. G. (2006). Water-soluble carbohydrates and fructan structure patterns from Agave and Dasylirion species, *J. Agric. Food and Chem.* 54: 7832-7839.

Montañez-Soto, J. L. (2009). Obtención de insumos de interés industrial a partir de las fructanas del agave mezcalero potosino (*Agave salmiana*) Jiquilpan, Michoacán, Mex.

Ortiz-Basurto, R. I. (2008). *Caracterisation de l'Aguamiel Et fractionnement Des Fructanes de jus D'Agave Par Technologie Membranaire Jury*. Tesis de doctorado en Mompelie., Francia.

Suzuki, M. y Chatterton, N. (1996). Science and technology of fructans. *CRC Press*. synthesized from sucrose. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 (4), 1246-1253.

Waleckx, E., Gschaedler, A., Colonna-Ceccaldi, B. y Monsan, P. (2008). Hydrolysis of fructans from Agave tequilana Weber var. azul during the cooking step in a traditional tequila elaboration process. *Food Chemistry*. 108 :40-48.

Evaluación y propuesta de innovación del proceso de elaboración de piloncillo en la región Huatusco-Fortín, Veracruz

D. Cortés, S. Díaz, A. Cabal y M. Jiménez

D. Cortés, S. Díaz, A. Cabal y M. Jiménez
Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Avenida 25 Poniente No. 100, entre calles 22 y 32 sur, Col. Reserva Territorial, Huatusco, Ver. C.P. 94100
Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Huatusco-Totutla Km. 6, Huatusco, Ver. C.P. 94100.
Ciencias Agropecuarias
magdajh01@gmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

The aim of this work was to define an innovation plan for the sugar cane agroindustry, particularly those namely “trapiches” which are involve in the production of “panela or piloncillo” within Huatusco-Fortin area, into Veracruz state, evaluating different aspects of their production. For this purpose we applied a census into all piloncillo industries registered within the study area and then we formulate a development plan with specific objectives which must be perform into each piloncillo production unit to achieve, in first instance, a good quality of product, and then create improvements into the productive process, and finally, to modernize the equipment and machinery. This innovation plan will give a competitive advantage to piloncillo agroindustry.

6 Introducción

El piloncillo o panela, es un producto derivado del proceso industrial de la caña de azúcar. Localmente en la región de Huatusco-Fortín es también conocido como panela, raspadura, atado dulce, tapa de dulce, chancaca (del náhuatl chiancaca), empanizado, papelón, o panocha. Su producción mantiene actualmente problemas significativos en toda la cadena productiva; además de carecer de capital de trabajo y la calidad del producto se requiere mejorar substancialmente. Los productores de piloncillo enfrentan actualmente diversos problemas al elaborar el producto de manera industrializada, particularmente en lo que se refiere a los atributos de calidad como son los sensoriales (textura, color, sabor, aroma), y también en cuanto a aspectos de inocuidad alimentaria (Solis *et al.*, 2006; Varela *et al.*, 2007).

Para resolver estos problemas es necesario que interactúen varios factores que intervienen directamente en la calidad del producto tales como los trabajadores, el tipo y tamaño de las instalaciones y el proceso mismo de elaboración (Guaman *et al.*, 2013). En este sentido, cualquier mejora en cualquiera de estos factores dentro de la producción ayudará a reducir los riesgos microbiológicos, físicos y químicos que se pudiesen presentar. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue el de evaluar las principales características del sistema de producción de piloncillo para establecer una propuesta de innovación que atienda a las inquietudes y necesidades que los productores manifestaron a través de encuestas aplicadas, con respecto a las experiencias, avances y tecnologías del trapiche que se tomó como modelo para el estudio de caso. Dicha instalación permitió establecer los parámetros de referencia para definir aquellos trapiches que se encuentran todavía en rezago tecnológico y carente de todo de apoyo financiero para renovar sus instalaciones.

6.1 Materiales y métodos

Para la obtención de la información de cada trapiche se diseñó una encuesta elaborada de manera interinstitucional con la participación del CRUO-UACH (Centro Regional Universitario Oriente/Universidad Autónoma Chapingo), el ITSH (Instituto Tecnológico Superior de Huatusco). Una vez definidos los criterios de la encuesta, se aplicaron las entrevistas a productores de piloncillo de la región Huatusco-Fortín, Veracruz, con la finalidad de obtener datos generales sobre esta agroindustria.

La encuesta constó de los siguientes apartados:

- I. Aspectos generales (ubicación del trapiche, edad del dueño, grado de escolaridad).
- II. Antecedentes de la empresa (años de operación del trapiche desde su instalación, años de experiencia del responsable o dueño del trapiche, remodelaciones importantes en el trapiche).
- III. Personas que trabajan en el trapiche (forma de pago, problemas en la mano de obra).
- IV. Proceso de operación (periodo de zafra, abasto de materia prima anual, proceso agroindustrial, características de las instalaciones, fuente de energía de maquinaria, fuente de energía para cocción).
- V. Comercialización (forma de comercializar el piloncillo, costos de producción, precio de venta, modo de empaquetado para su comercialización).

Las encuestas se realizaron en el periodo Noviembre 2009 - Agosto 2011, llevándose a cabo en los municipios de Chocaman, Camarón de Tejeda, Comapa, Fortín de las Flores, Huatusco, Paso del Macho, Sochiapa, Tlacotepec de Mejía, Tlaltetela, Tomatlán, Totutla, Zentla, todos ellos pertenecientes al estado de Veracruz y de los cuales se obtuvo la información general sobre la producción de piloncillo.

Para elaborar la propuesta de innovación se tomaron en consideración las necesidades e inquietudes, que los productores manifestaron a través de la encuesta, tomando como referencia uno de los trapiches más tecnificado y con una alta producción de piloncillo de acuerdo a la tipología de trapiches establecida previamente. Con dicha información se trabajó en un estudio de caso en el cual se discutieron y evaluaron los diversos factores que intervienen directamente en el rezago tecnológico de los trapiches en el área de estudio.

6.2 Resultados y discusión

Después de analizar las encuestas aplicadas a los productores se encontraron tres problemas fundamentales que afectan a la mayoría de los trapiches en la región. No obstante, estos problemas pueden ser superados por la agroindustria piloncillera siempre que se apliquen una serie de estrategias o innovaciones en sus procesos productivos que pueden mejorar las condiciones técnicas y económicas, tales innovaciones involucran los siguientes puntos a considerar en tres lapsos de tiempo:

- 1) En el corto plazo, es urgente el mejoramiento de la calidad de la materia prima, así como el control del empaquetado y la aplicación de buenas prácticas de manufactura en el proceso de elaboración de piloncillo.
- 2) En el mediano plazo, los productores deberán actualizar sus trapiches y realizar cambios de molino, así como el mejoramiento de la molienda, adecuación de pisos y techos para lograr la inocuidad alimentaria del producto.

- 3) En el largo plazo, los propietarios de los trapiches deberán buscar un cambio total de la maquinaria y equipo, así como la renovación del proceso de elaboración de piloncillo.

Para la aplicación de éstas propuestas, se presenta en la Tabla 1 una serie de objetivos que deberán cumplirse en aras de mejorar la calidad del producto, al mismo tiempo que los trapiches se conviertan más que en una instalación productora de piloncillo, en una empresa que controla desde la producción, hasta la comercialización del producto y por lo tanto obtiene el pago justo de su mercancía.

De manera complementaria, en la tabla 2 se muestran los mismos objetivos planteados que en la tabla 1, pero especificando los periodos de tiempo en que cada objetivo deberá ser alcanzados en el caso de aquellos trapiches en desventaja competitiva y que no pudiesen llegar a cumplir las metas propuestas en el primer plan de innovación.

Finalmente, también se detectaron los factores que son fundamentales para el éxito de la propuesta de innovación. Entre ellos, la comunicación y apoyo de los productores entre sí mismos se considera esencial, por lo que para resolver este problema se plantea que se realicen reuniones cada mes para que se den a conocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas con que hasta ese momento cuenta el grupo, logrando así disminuir las debilidades y amenazas, al mismo tiempo que reforzar e incrementar las fortalezas y oportunidades del proceso de innovación.

Para ello, se recomienda establecer vínculos de comunicación entre los productores con las instituciones educativas de influencia en la zona. En este sentido, la experiencia mostrada por el trapiche usado como modelo de referencia destaca su éxito con respecto a los demás debido a que el avance tecnológico y económico es impulsado en primera instancia por una buena directiva caracterizada por el esmero, paciencia y perseverancia del propietario del mismo en conjunto con sus empleados y el sector educativo.

Otro de los factores de rezago se encontró relacionado directamente con la disponibilidad de los recursos económicos, ya que el éxito de la propuesta dependerá del tiempo de respuesta por parte de las instituciones financieras que otorgan los apoyos y sobre todo de si las demandas específicas del sector agropecuario son favorables para la industria piloncillera.

Tabla 6 Primer plan para alcanzar los objetivos de la propuesta de innovación

| OBJETIVO A ALCANZAR | PERIODO DE TIEMPO | | |
|---|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | Corto Plazo (1-3 años) | Mediano Plazo (4-6 años) | Largo Plazo (7-10 años) |
| Mejoramiento y control de materia prima (caña de azúcar) | X | | |
| Adecuación, cambio y mejoramiento de instalaciones (pisos y techos) | | X | |
| mejoramiento de molienda (cambio de molino e instalación de un tanque pre-limpiador) | | X | |
| Cambio de equipo y maquinaria en el proceso de elaboración (utensilios, tanques, batidora, etc. elaborados de acero inoxidable) | | | X |
| Control de empaque (etiquetado) | X | | |
| Aplicación de BPM en el proceso de elaboración (capacitar a los trabajadores) y de BPA en la producción de la caña de azúcar | X | | |

Tabla 6.1 Segundo plan para alcanzar los objetivos de la propuesta de innovación

| OBJETIVO A ALCANZAR | PERIODO DE TIEMPO | | |
|---|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | Corto Plazo (1-5 años) | Mediano Plazo (6-11 años) | Largo Plazo (12-20 años) |
| Mejoramiento y control de materia prima (caña de azúcar) | X | | |
| Adecuación, cambio y mejoramiento de instalaciones (pisos y techos) | | X | |
| Mejoramiento de molienda (cambio de molino e instalación de un tanque prelimpiador) | | X | |
| Cambio de equipo y maquinaria en el proceso de elaboración (utensilios, tanques, batidora, etc. elaborados de acero inoxidable) | | | X |
| Control de empaque (etiquetado) | X | | |
| Aplicación de BPM en el proceso de elaboración (capacitar a los trabajadores) y de BPA en la producción de la caña de azúcar | X | | |

6.3 Conclusiones

En el sector agroindustrial piloncillera se encontró una serie de problemas que conducen al rezago tecnológico y económico de las unidades de producción, entre ellas la comunicación entre productores y el sector educativo, así como el acceso y disponibilidad de recursos económicos por parte de instituciones financieras es fundamental para que los trapiches puedan innovar sus sistemas de producción.

Si cada trapiche aplica una estrategia en tres etapas (corto, mediano y largo plazo) donde se busque el mejoramiento de la calidad del producto, luego el mejoramiento de su proceso productivo y finalmente la actualización o tecnificación de su maquinaria, entonces será posible fortalecer y aumentar la competitividad de ésta agroindustria.

6.4 Referencias

CRUO-UACH; ITSH; UPH. 2010. Proyecto Integral de Inversión en Piloncillo en la Región de Huatusco - Fortín, Veracruz. Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Universidad Politécnica de Huatusco. Huatusco, Veracruz, México.

Guaman, F; Guaman, E; Villavicencio, H. 2013. Diseño, simulación y emulación de una planta productora de panela. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 1 de enero del 2013 de <http://www.quassab.com>.

Osorio, G. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- en la producción de caña y panela. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Recuperado el 11 de Diciembre de 2012 en <http://www.fao.org/co/manualpanela.pdf>.

Solís-Pacheco, J-R; Pérez-Martínez, F; Orozco-Ávila, I; Flores-Montaño, J-L; Ramírez-Romo, E; Hernández-Rosales, A; Aguilar-Uscanga, B. (2006). Descripción de un proceso tecnificado para la elaboración de piloncillo a partir de caña de azúcar. e-Gnosis [online] 4:Art. 1. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000401>

Varela, S; Martínez, C. 2013. Seguridad, calidad e inocuidad alimentaria para México. Unidad académica multidisciplinaria agronomía y ciencias-UAT. Ciudad Victoria, Tamaulipas.

6.5 Agradecimientos

Los autores desean agradecer ampliamente al Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por el financiamiento brindado al cuerpo académico “Desarrollo de productos agroalimentarios” del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco para la realización de éste trabajo.

Evaluación de tres variedades de maíz (QPM, costeño mejorado y criollo) mediante sistema de riego rodado en la universidad tecnológica de Izúcar de Matamoros

Antolín Martiñón, Jesús Piña, Conrado Castro, José Leana y Mario Romero

A. Martiñón, J. Piña, C. Castro, J. Leana y M. Romero

Universidad tecnológica de Izúcar de matamoros, Prolongación Reforma 168, Santiago Mihuacan, 74420 Izúcar de Matamoros, Puebla

jl_leana@hotmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

The present study proposes properly ways to impulse the technological improvement oh the region and is based in the establishment of a demonstrative land with 3 QPM maize species, which are characterized by high protein content (2.5-3%).

Is localized at installations of Universidad Tecnologica de Izucar de Matamoros (UTIM). Previous reports from INIFAP at the geographical area points a performance of 3 to 4 tons/Ha. The followed objectives by this work are: To apply a technological package that allows to rise de performance from 4 to 8 tons/Ha of maize by the improvement of: high population density , good dose fertilization, plagues and illness control, cultural work application, good water management by dropped watering, the use of organic compost, by which it is going to use biotechnological techniques and methods during the production process, besides, when common practices are modified and it is use the suggest technologies, it will be allowed the potential of production, the used methods will be improved and innovated, adding suggestions and solutions for farmers which are dedicated to this corn, more over by the transfer of technology there could be a diminution of troubles like low performance, and increase the profitability of this product, the sustainability of the region, improve the nutritional diet and the requirements of the human organism to properly grow, and increase the entry of families with low economical, health and social possibilities localized at the region of Izucar de Matamoros.

7 Introducción

Zea mays, comúnmente llamado maíz, es una planta gramínea anual originaria de América introducida en Europa en el siglo XVI. Actualmente, es el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al trigo y al arroz. Fue una de las primeras especies importadas de América, en una fecha tan próxima al descubrimiento que planteó serias dudas sobre su auténtico origen.

La producción mundial de estas semillas alcanzó los 880 millones de toneladas en el año 2007 contra 706 millones de TM el año anterior. Comparando con los 600 millones de toneladas de trigo ó los 650 millones de arroz, se comprende la importancia básica a nivel mundial del maíz, no sólo económicamente sino a todos los niveles.

La productividad del maíz latinoamericano es, sin embargo, bastante inferior a la de los Estados Unidos. La dependencia de México acerca del maíz como base alimenticia es significativa, esto se debe a que desde épocas precolombinas fue la base de la alimentación, junto con el cacao, chile y calabaza.

No obstante los rendimientos que se logren obtener pueden variar dependiendo la variedad, la fertilidad del suelo, la edad de corte y la densidad de siembra, entre otros factores.

Sin embargo gracias a la gran diversidad de especies con que cuenta nuestro país se puede incrementar ciertas características que favorezcan el contra restar problemas como bajos rendimientos, adaptación a regiones edafoclimáticas distintas y el aumento en el valor nutricional, siendo con ello de favorecer a las regiones con mayor rezago económico y de salud.

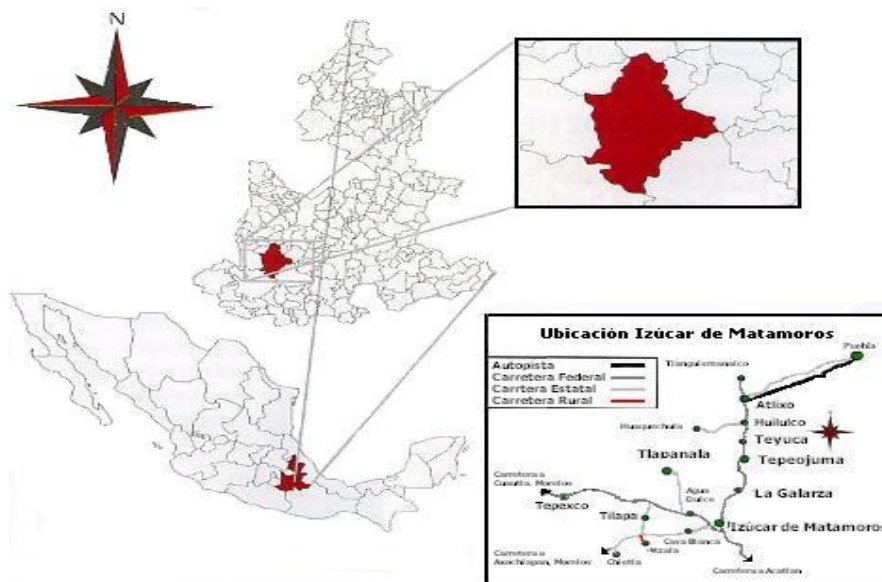
7.1 Método

Localización

El municipio de Izúcar de Matamoros se localiza en la región suroeste del estado de Puebla. Al observar el mapa de la República Mexicana podrán ver todos los estados que conforman a México, el mapa también señala las coordenadas geográficas entre las que Izúcar de Matamoros se encuentra ubicado, las cuales son $18^{\circ} 22' 06''$ y $18^{\circ} 42' 18''$ latitud norte respecto al trópico de cáncer y entre $98^{\circ} 19' 18''$ y $99^{\circ} 33' 24''$ longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich. Debido a la posición territorial que tiene, limita con algunos lugares como al norte con el municipio de Tepeojuma, al sur con Chiautla de Tapia, al oeste con Xochiltepec, San Martín Totoltepec, Epatlán, Ahuatlán y Tehuiztingo y finalmente al poniente limita con los municipios de Tilapa, Tlapanalá, Atzala y Chietla.

Es fundamental saber que Izúcar de Matamoros se encuentra situado a una altitud promedio que oscila entre los 1,300 y los 1,500 metros sobre el nivel del mar. Y eso es debido a que en su territorio se encuentran varias montañas y cerros. La extensión territorial que constituye a dicho lugar es de 514.11 kilómetros cuadrados. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) informó que de acuerdo a los resultados obtenidos del tercer censo de población y vivienda llevados a cabo en el 2010 en el municipio de Izúcar de Matamoros, éste cuenta con 72,778 habitantes.

Figura 7 Mapa de localización del Municipio de Izúcar de Matamoros, Puebla



Tiene una superficie de 514.11 kilómetros cuadrados, que lo ubica en el lugar 6º. con respecto a los demás municipios del estado.

Orografía

El municipio se encuentra morfológicamente dentro del Valle de Matamoros, el cual desciende de la parte sur de la Sierra Nevada, al oeste y noroeste, se presenta un relieve plano, con una altura promedio de 1,300 metros sobre el nivel del mar.

Conforme avanza de norte a sur, el terreno se vuelve abrupto alcanzando alturas de más de 1,500 metros sobre el nivel del mar; las formaciones montañosas culminan en Cerros como el Tecolhuixtle, Grande, Tlacote y Teponascle. En el noroeste, existe una formación montañosa importante que culmina en el Cerro Macuayo y el cerro Grande.

Hidrografía

El municipio se localiza dentro de la cuenca del Río Atoyac, los Ríos Atotonilco y Nexapa recorren los valles del norte en tanto que el sur es recorrido por tributarios temporales del Atoyac, que forman barrancas importantes como las denominadas Poza Honda, Las Piletas y Huaxtepec.

De las formaciones montañosas del noroeste salen numerosas corrientes temporales que no alcanzan a desembocar en el Atotonilco, pues desaparecen. En la parte septentrional del municipio puede observarse una extensa red de canales.

Suelo

El tipo de suelo predominante en la región es vertisol.

Clima

Izúcar de Matamoros pertenece a la región del trópico seco, cuyas características climáticas dominan a toda la Mixteca Baja Poblana, de la cual, Izúcar es la puerta. En las alturas de las montañas que rodean el valle de Matamoros, el clima es un poco menos caluroso y más húmedo que en el valle. La estación de lluvia se presenta en los meses de verano y otoño. La vegetación nativa del municipio es la selva baja caducifolia, aunque el cultivo de la caña de azúcar ha cambiado un poco el paisaje, y la mayor parte del municipio se encuentra sembrado de cañaverales.

7.2 Principales ecosistemas

Flora y fauna: La mayor parte del municipio se encuentra cubierta por vegetación de selva baja caducifolia, ya sea asociada a vegetación secundaria arbustiva o arbórea o como única vegetación; se ubica generalmente en la zonas montañosas del municipio, áreas que poco a poco se han ido abriendo al cultivo de temporal, sobre todo a lo largo de las terracerías.

Preparación del terreno

Las prácticas de labranza son importantes para que haya una mejor germinación de la semilla y desarrollo del cultivo. La oportunidad con que se realiza también es importante porque reduce los problemas de malas hierbas y sobre todo conservan más la humedad en siembras de Otoño-Invierno. En los suelos arcillosos que son los que predominan en la zona Mixteca, se sugieren las siguientes labores de preparación para siembras de maíz.

Rastreo

Se realiza con el fin de triturar la maleza para que esta tenga una degradación más rápida y la planta pueda absorber los nutrientes de la materia orgánica degradada. Se sugiere realizar otro rastreo a finales del mismo mes con el fin de destruir la maleza que germina y se desarrolla.

Barbecho

Es necesario que en los terrenos que presenten problemas de plagas del suelo, se efectúe un barbecho profundo en seco, a principios del mes de febrero; esta labor tiene la ventaja de que además incorpora los residuos de la cosecha anterior y destruye en forma eficiente la maleza que en esa fecha predomina.

Surcado

Se recomienda surcar tomando en cuenta el desnivel, esto con el fin de favorecer la absorción del agua y evitar con ello la erosión del suelo.

Además es necesario tomar precaución de precipitaciones fuertes, ya que esta forma de surcado detendrá la pérdida de suelo y de humedad en el mismo.

Los surcos varían conforme el área donde se cultive y superficie a trabajar, las distancias comunes van desde los 50 cm hasta 80 cm de distancia entre surco. En nuestro caso se trabajará a una distancia de 80 cm entre surco.

Siembra

Se recomienda sembrar desde el 15 de Octubre hasta el 30 de Enero. Esto es con el fin de evitar problemas en el momento de cosecha.

La siembra manual debe hacerse depositando en el fondo del surco una semilla cada 20 cm, con lo que se obtiene una densidad de población de 60 mil plantas por hectárea.

Variedades a sembrar:

Costeño mejorado,
Criollo
QPM

Riego

En el cultivo de maíz se van a realizar varios riegos puesto que las lluvias no son suficientes para satisfacer la necesidad hídrica del cultivo.

El primer riego se realiza después de la siembra, posteriormente se aplica un riego de auxilio para evitar la compactación del suelo y favorecer con ello la germinación de las semillas. Los riegos subsecuentes fueron cada 10 o 12 días durante su desarrollo vegetativo y una vez formado el jilote los riegos se redujeron a 8 días. Cabe aclarar que estos estarán determinados en base a las condiciones ambientales que se presenten.

Fertilización

Al momento de la siembra el fertilizante debe aplicarse en el fondo del surco, en banda o a chorrillo; y como segunda fertilización, efectuarse en forma paralela a la hilera de plantas sin hacer contacto con ellas.

Para la zona se sugiere utilizar el tratamiento 180-70-0, aplicando 80-70-0 al momento de la siembra y 100-0-0 al realizar la escarda. Para la primera aplicación se deben mezclar tres bultos de Urea con tres bultos de Superfosfato de Calcio Triple y, para la segunda aplicación utilizar únicamente cuatro a cinco bultos de Urea.

7.3 Producción de maíz bajo sistema de fertirrigación

Recomendación para su uso

Se recomienda aplicar el tratamiento 180-60-40 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Todo el fósforo y potasio se aplica al suelo en la siembra. El N se distribuye en el sistema de riego por goteo como se indica en el Cuadro 1, Si se desea aplicar el N por semana, en los primeros 40 días después de la siembra del cultivo, se multiplica 1.35 x 7, el resultado es 9.45 kg de N/ha. Esta cantidad se transforma en 46.10 kg de sulfato de amonio disueltos en 200 litros de agua.

Tabla 7 Programación diaria de N

| Días | N (kg/ha/día) |
|--------|------------------|
| 0-40 | 1.35 |
| 41-80 | 2.25 |
| 81-105 | 1.44 |

Para obtener altos rendimientos de grano, el cultivo debe mantenerse limpio, sobre todo en los primeros 40 días después de la siembra. Para un eficiente y económico control de malas hierbas, se sugiere aplicar 3 L/ha de Gesaprim Combi 500 FW, si predomina maleza de hoja ancha; o, 5 L/ha de Primagram 500 FW, si predominan zacates ó si el cultivo anterior fue sorgo.

La aplicación de estos herbicidas debe hacerse en forma preemergente al cultivo y la maleza. Si al momento de la siembra ya se tiene maleza pequeña en el terreno, entonces será conveniente aplicar 2 L de Gramoxone o Faena mezclados con el herbicida preemergente.

Con una eficiente aplicación del herbicida se evita realizar la primera labor de cultivo; es decir, se realizará una sola escarda a los 40- 45 días después de la siembra para eliminar los primeros brotes de maleza y proporcionar tierra a las plantas para soporte de las mismas.

De ser necesario, posteriormente se realizará un deshierbe manual para facilitar la cosecha; o bien, una práctica eficiente y económica es la aplicación de los herbicidas Sencor 70 PH en dosis de 1-2 g/L de agua en preemergencia o postemergencia temprana de la maleza; o de Accent a dosis de 30-50 g/ha en postemergencia de la maleza, solamente.

Control de plagas

Para evitar el daño por plagas del suelo como gallina ciega o gusano de alambre, la semilla debe tratarse con Furadan 300 TS o Semevin, en dosis de 500 cc para 20 kg de semilla/ha y sembrar con guantes de protección; o bien, aplicar un bulto/ha de Furadan, Azteca, Triunfo o Counter, en el fondo del surco al momento de la siembra.

En el caso de plagas del follaje como gusano cogollero o gusano barrenador del tallo, se debe aplicar cualquiera de los siguientes insecticidas: Ambush 50 ó Baytroid 50 CE o Lorsban 480 E en dosis de 1, 2 ó 3 cc/L de agua, respectivamente. El control de estas plagas se debe realizar durante los siguientes 45 días después de la siembra. Generalmente con una sola aplicación es suficiente.

Control de enfermedades

Las variedades recomendadas se consideran resistentes a las principales enfermedades, por lo que, como medida preventiva, se recomienda ajustarse a las fechas de siembra.

Cosechar

La pizca o trilla se debe realizar cuando las mazorcas presenten un bajo contenido de humedad (12-14% H); es decir, cuando estén casi secas. En la zona baja, esto normalmente ocurre a los 140 días después de la siembra; y en la zona alta, a los 170 días.

Manejo mínimo de postcosecha

De ser necesario, la mazorca debe asolearse para que el grano quede bien seco y se desgrane fácilmente; y reducir en cierto grado el ataque de plagas durante el almacenamiento.

El almacén debe ser un lugar limpio, seco y bien ventilado para proteger al grano (de cierta manera) de plagas, insectos y ácaros; y, enfermedades, principalmente hongos.

Materiales:

- Palas rectas
- Machetes
- Azadones
- Estacas
- Tractor
- Arado de disco

- Rastra
- Surcadora
- Semilla de maíz: var. Costeño Mejorado, Criollo e Híbrido QPM

Diseño experimental

La superficie donde se realizará el diseño es de 160 metros cuadrados, teniendo como espacio 1 metro lineal entre lote y lote. Se establecerán bloques completamente al azar con dos repeticiones por bloque, manejando una densidad de población de 60000 plantas por hectárea, con una distribución total en 125 surcos a una distancia de 80 centímetros entre surco y surco y se depositará una semilla cada 20 centímetros.

VARIABLES A EVALUAR

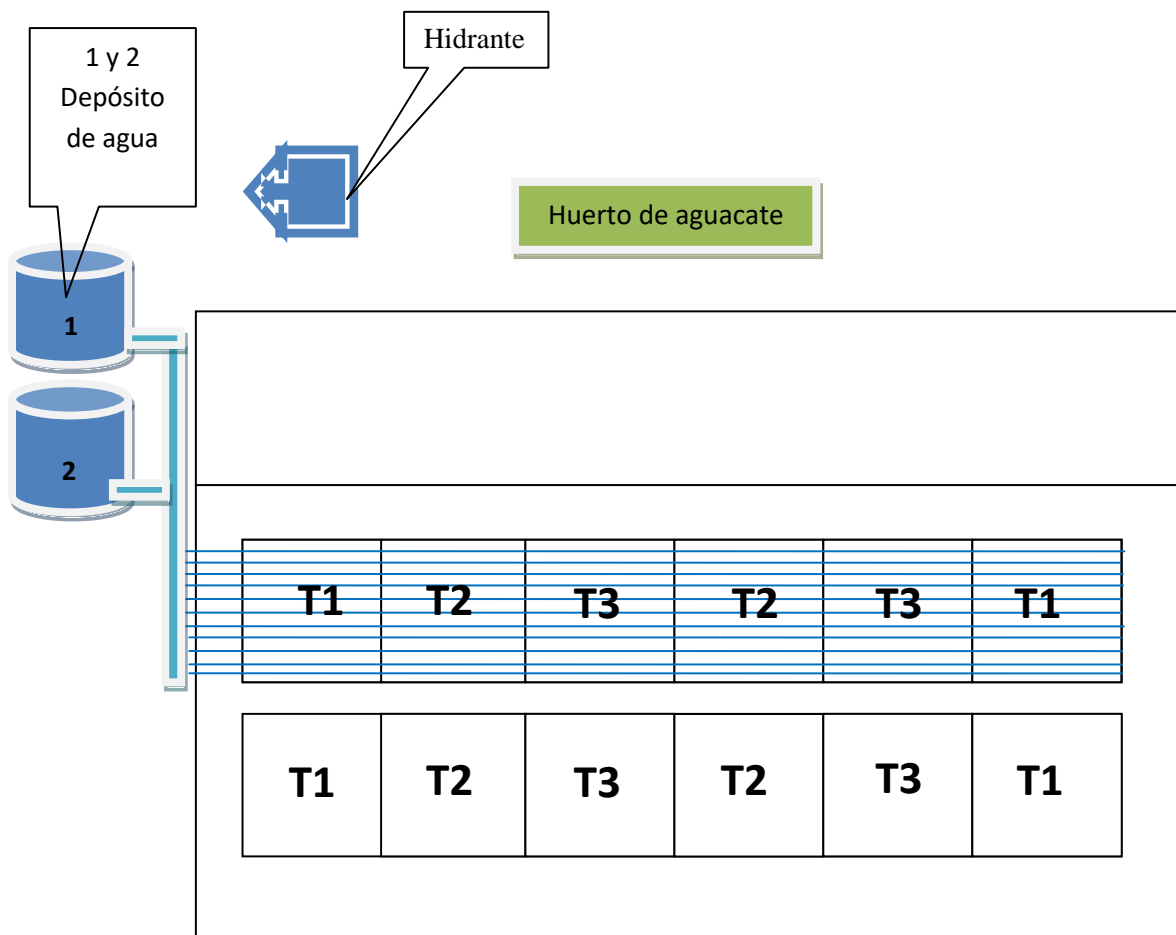
Rendimiento (Ton./Ha)

% de proteína

Fertilidad del suelo (% de M. O., N, P, K)

Gasto de agua (m³/Ton.)

Figura 7.1 Distribución del diseño experimental



Resultados

- Se obtuvieron 8 toneladas de maíz por hectárea de cada variedad evaluada.
- Se obtuvo maíz QPM con 2.5 de proteína.
- Se redujo el consumo de agua por planta de maíz en un 40%.

7.4 Conclusiones

Se estableció una parcela demostrativa de maíz con tres variedades (QPM, Costeño Mejorado y Criollo) donde se aplicaron técnicas y métodos biotecnológicos para evaluar rendimiento, proteína y sustentabilidad agrícola.

Se evaluó el riego del cultivo, mediante la implementación de un sistema por goteo, optimizando el consumo de agua por planta y se contribuyó a la sustentabilidad agrícola.

Se evaluó la fertilidad del suelo, mediante la utilización de compostas, para enriquecer los suelos y contribuir a la sustentabilidad agrícola.

7.5 Referencias

INIFAP, 2002. Tecnologías a la mano. Centro de Investigación Regional del Centro Campo experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. Publicación N° 31, pp. 1-12

López et al., 2001, evaluación para determinar efectos de abonos orgánicos sobre propiedades físicas y químicas del suelo.

Cardoso y Fragoso 2009 Uso de abonos orgánicos para valorar cambios sobre respuestas de fertilidad, en suelo –planta.

Atider. (2008). Fertilización, asesoramiento y producción de maíz. Guadalajara, Jalisco: S/e.

Azevedo RA, Lancien M, Lea PJ (2006) The aspartic acid metabolic pathway, an exciting and essential pathway in plants. *Amino Acids* 30: 143-162.

Bressani, R. (1972). La importancia del maíz en la nutrición humana, en América Latina y otros países. En R. Bressani, J.E. Braham y M. Béhar, eds. Mejoramiento nutricional del maíz. Pub. INCAP L-3, p. 5-30. Guatemala, INCAP.

Burge, R.M. y Duensing, W.J. (1989). Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. *Cereal Foods World* 34: 535-538.

Cardoso, F. y. (2009). Uso de abonos orgánicos para valorar cambios sobre respuestas de fertilidad, en suelo –planta. México: Chapingo.

CIMMYT. Sin fecha. Gusano Soldado. HYPERLINK "<http://maizedoctor.cimmyt.org/es/plagas-y-enfermedades/287?task=view>" \t "_blank" <http://maizedoctor.cimmyt.org/es/plagas-y-enfermedades/287?task=view>

Contreras, L. y. (2009). Agricultura orgánica, sistemas sostenibles en la producción en alimentos. Venezuela: S/e.

De León, C. (1983). Conceptos fitopatológicos en el mejoramiento de poblaciones de maíz. In Proc. 10th Reunión de Especialistas en Maíz de la Zona Andina, Santa Cruz, Bolivia. Cali, Colombia, CIMMYT.

Fira. (1998). Programa de desarrollo de semillas mejoradas. En Manual de siembra del maíz (pág. Recopilaciones). México: S/e.

Gendloff, E.H., Rossman, E.C., Casale, W.L., Isleib, T.G. & Hart, L.P. (1986). Components of resistance to *Fusarium* ear rot in field corn. *Phytopathology*, 76: 684-688.

Hartcamp AD, White JW, Rodríguez-Aguilar A, Bänzinger M, Hernández G, Bates L A (2000) Modified method for rapid tryptophan analysis in maize. *CIMMYT Research Bulletin* 13: 3-6

INIFAP (1998), Guía para la asistencia técnica Agrícola, Pabellón de Arteaga, Ags., México.

INTA 2003. Informes zonales de Proyecto de Iniciativa de Resultados Rápidos: Evaluación de uso de maíz QPM en alimentación de cerdos en crianza de patio.

La Casa, A. y Contreras, J., (1993). Comportamiento de *Frankliniella occidentalis* en la transmisión de virus del bronceado del tomate: planteamientos para su control en cultivos hors. *Phytoma*

López, e. a. (2001). Evaluación para determinar efectos de abonos orgánicos sobre propiedades físicas y químicas del suelo. México.

Ortega C. A., 1987, Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo, CIMMYT, Distrito Federal, Mexico

Pashey D. P.1988. Current status of armyworm host strains.Florida Entomol.

Reyes, C. (1990). El maíz y su cultivo. México: Editor.

Poehlman JM, Allen SD (2003) Mejoramiento genético de las cosechas. Traducido por Guzmán, O. M. 2da edición. Ed. LIMUSA. México, D. F. 509 pp.

Reyes MCA, Preciado ORE, Terrón IA, Espinoza CA (2001) H-441C, H-442C y H-469C, híbridos de maíz de calidad proteínica mejorada para el Noroeste y subtrópico de México. Ed. INIFAP. Folleto Técnico No. 41: 4-15.

Robutti, J.L., Hoseny, R.C. y Wasson, C.E. 1974. Modified opaque-2 corn endosperm. II. Structure viewed with a scanning electron microscope. Cereal Chem.

SAGARPA (2010). PROMAF 2010 (Resultados 2007---2009). SAGARPA. Distrito Federal, México.

Wellman, F.L. 1972. Tropical American plant disease (neotropical phytopathology problems). NJ, USA, The Scarecrow Press.

Identificación y seguimiento de la variabilidad genética en líneas endogámicas de maíz con progenitores criollos mediante marcadores moleculares

Alberto Gutiérrez, César Aguirre, Juan Ramírez y Juan Raya

A. Gutiérrez, C. Aguirre, J. Ramírez y J. Raya
Instituto Tecnológico de Roque, División de Estudios de Posgrado e Investigación, km 8 Carretera Celaya-J. Rosas,
C.P. 38110.
ceaguirre@itroque.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

Knowledge of genetic diversity and the relationship between maize (*Zea mays* L.) inbred lines is indispensable in a breeding program. Maize is a staple crop and the most important food in the Mexican diet however there is now a production deficit. The objective of this work is to select a collection of type SSRs markers related to desirable characteristics of inbred lines and analyze using SSR the genetic diversity of the original population and inbred lines. The collection of the initial population was 600 genetic materials selected for their outstanding agronomic characteristics; by the 2010 cycle were selected only 80 lines S1, which were evaluated to select genotypes that surpassed in performance landraces.

From this assessment, seven lines were derived S2, which were evaluated in this work, to continue the process of formation of inbred lines. Genetic variation shows a high polymorphism and a population distribution with low desirable characteristics traits establishment.

8 Introducción

La generalización de las técnicas de Biología Molecular ha tenido, entre otras, dos consecuencias trascendentales. Por una parte nos han dotado de una poderosa herramienta de uso general para el análisis genético tanto en estudios básicos como aplicados, los marcadores moleculares. Por otra parte nos han dado una visión mucho más completa de la variabilidad genética y su distribución a distintos niveles: individual, población, especie.

El uso de tales herramientas y los nuevos datos adquiridos con ellas están teniendo profundas repercusiones teóricas y prácticas.

El mejoramiento de poblaciones de maíz por métodos convencionales se caracteriza por ser un proceso lento y sin información detallada acerca de la evolución de los caracteres seleccionados; por ello, los materiales liberados en ocasiones quedan desfasados en relación a las condiciones del campo; además, existen dificultades en la caracterización y protección intelectual de las variedades generadas.

Se genera un desconocimiento de los caracteres secundarios que cosegregan en las selecciones y los programas nacionales resultan con baja competitividad frente a las empresas transnacionales de producción de semilla.

Cada vez es más apremiante la necesidad de obtener variedades a corto plazo, más adaptadas a las condiciones ambientales del sistema de temporal regular a bueno con una entrada mínima de insumos e incrementar el potencial productivo de los agro-ecosistemas.

Actualmente el proceso de liberación de variedades mejoradas para condiciones de temporal es muy lento debido a la poca eficiencia de la selección por efecto del medio ambiente; la aplicación de estas tecnologías permitirá acelerar el proceso de liberación de materiales. Cabe señalar que a la fecha es poca la interacción que existe entre los fitomejoradores tradicionales y biotecnólogos.

Esta interacción es necesaria pues resulta urgente alimentar a la población en constante crecimiento y adaptar las prácticas agrícolas de cara al cambio climático.

Al acortar los plazos de selección y liberación de variedades se logrará un ahorro sustancial de recursos económicos, humanos y ambientales.

Las empresas trasnacionales no se ocupan de la mejora de plantas para la agricultura de temporal y las instituciones nacionales que lo hacen están limitadas por la disponibilidad de recursos y de personal.

Como se ha señalado parece haber falta de conexión entre los laboratorios que hacen biología molecular, proteómica, metabolómica y secuenciación de genomas y los fitomejoradores tradicionales.

Es necesaria pues establecer el nexo y la colaboración para que los resultados obtenidos en los laboratorios que usan tecnologías de punta puedan ser aprovechados en desarrollo efectivo del campo mexicano.

Con este proyecto se pretende avanzar conjuntamente en la selección de líneas mediante criterios fenotípicos, pero también incluyendo una caracterización a nivel molecular y bioquímico.

Entre los cereales más importantes, se encuentra el maíz, que es el cultivo más importante en México, desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social; su importancia radica en la amplia utilización para la alimentación humana y animal.

Este cultivo se utiliza como grano en la alimentación humana, como materia prima en la industria y la planta puede emplearse como forraje verde, ensilado, rastrojo, forraje fresco y materia orgánica al suelo; finalmente como mazorca tierna (elote) se consume como alimento fresco; actualmente, uno de los usos más sobresalientes es que el grano se está empleando para obtener biocombustibles (Reyes, 1990), práctica la cual ha sido prohibida en México por representar una amenaza a la soberanía alimentaria del país, en varios países se sigue usando maíz como materia prima para producir etanol, lo que supone algunos inconvenientes.

El principal, el más criticable desde el punto de vista moral, que produce un aumento en el precio de los alimentos, ya que hay una menor disponibilidad de una materia esencial, como es el maíz. Sobre todo, en un país como México.

En el Estado de Guanajuato se siembra en promedio 375,000 hectáreas con maíz bajo condiciones de temporal (50 mil en riego punteado y 325 mil en temporal), de las cuales, el 12% se pierde totalmente por efectos de sequía y la superficie restante presenta pérdidas parciales en el rendimiento (SIAP, 2009).

El maíz mexicano padece las consecuencias de una baja productividad, escenario que ha permitido un aumento sostenido en las importaciones del grano, que alcanzaron en el 2011 un monto superior a 10 millones de toneladas.

El valor de las importaciones del producto alimenticio más importante para el campo nacional, atendiendo a su valor histórico y comercial, superó los 2,769 millones de dólares el año pasado, siendo Estados Unidos el principal proveedor del país y líder global en la siembra del cultivo (SIAP, 2012).

Aunque actualmente existe escasez de material genético que permita aumentar significativamente el rendimiento unitario, la producción de este cultivo depende muchas veces de genotipos criollos con bajo potencial de rendimiento y algunas características agronómicas no favorables para cubrir los requerimientos de la agricultura moderna, o bien, depende de semillas importadas no adaptadas a las condiciones ambientales regionales, aunado a los precios altos que limitan la accesibilidad por parte del agricultor de escasos recursos económicos (Pérez *et al.*, 1991).

Los fitomejoradores dedican muchos años para seleccionar y obtener progenitores sobresalientes.

El sistema de evaluación y selección temprana, consiste en un método de selección que permite identificar y seleccionar futuras líneas prometedoras, donde el fitomejorador tiene la oportunidad de seleccionar materiales genéticos de maíz de alto valor genético, con características agronómicas deseables que superen a los criollos, con capacidad de ser explotados bajo las condiciones regionales de adaptación y productividad (Márquez *et al.*, 1996).

8.1 Métodos

Lugar donde se desarrolló el experimento. El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Sanidad de Semillas y Biología Molecular, de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato.

Material genético. La colecta de la población inicial fue de 600 materiales genéticos, provenientes de los estados de Morelos, Michoacán y Puebla; fueron seleccionados por sus características agronómicas sobresalientes; posteriormente, se derivaron familias de medios hermanos y se determinó que 169 familias fueron las más sobresalientes; se derivaron líneas S1 durante el ciclo 2009 y para el ciclo 2010 solamente se seleccionaron 80 líneas S1, las que se evaluaron para seleccionar genotipos que superaran en rendimiento a los maíces criollos.

A partir de esta evaluación, se derivaron líneas S2, las que se evaluaron para continuar con el proceso de formación de líneas endogámicas y comenzar a formar híbridos. Una vez obtenido el material biológico, se procedió a realizar la extracción de RNA del mismo.

Las líneas estudiadas fueron: Original, Línea Roque Rosas 1, Línea Roque Rosas 2, Línea 8, Línea 17, Línea 65, Línea 73 y Línea 81.

Extracción de DNA. EL proceso de extracción de DNA, necesario para el desarrollo del trabajo, fue el siguiente:

Se pusieron a germinar semillas de las líneas S2 seleccionadas en cajas de Petri para la producción de plántulas y obtener tejido vegetal. El tejido se congeló con nitrógeno líquido y se molió en un mortero. A la muestra obtenida se le agregó buffer de extracción de DNA de tejido vegetal (Tris 50 mM, NaCl 300 mM, EDTA 20 mM, SDS 0.5%, Sarkosyl 2%, urea 5M).

Se mezcló con un vortex y al finalizar, se le agregó fenol (100 μ l) – cloroformo (100 μ l), se homogenizó y centrifugó por 5 min a 13,200 rpm. La fase acuosa se pasó a un tubo nuevo y se adicionaron dos volúmenes de etanol absoluto pre-enfriado a -20 °C. Se mezcló por inversión y se incubó 30 minutos a -20 °C.

Se centrifugó por 5 min a máxima velocidad. Se descartó el sobrenadante y se lavó la pastilla con etanol al 70%. Se eliminó el sobrenadante y se dejó secar. Se suspendió la pastilla en agua tridestilada estéril y se disolvió. Se dejó en refrigeración a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Técnica de electroforesis en geles de agarosa. El DNA extraído de las plántulas, así como los productos obtenidos de todas las reacciones empleadas fueron confirmados mediante una electroforesis en geles de agarosa.

Se emplearon geles de agarosa al 2% en una solución de TAE. Las cantidades de muestra cargadas al gel fueron para DNA de plántulas $3\text{ }\mu\text{l}$ y para productos de PCR $5\text{ }\mu\text{l}$, todas las muestras fueron cargadas con $3\text{ }\mu\text{l}$ de buffer de carga.

El marcador de pares de bases (bp) empleado fue generuler 100 bp DNA Ladder de FERMENTAS LIFE SCIENCES con una concentración de $0.1\text{ }\mu\text{g}/\mu\text{l}$ y se aplicaron al gel de agarosa $3\text{ }\mu\text{l}$ de este marcador.

Los geles se corrieron a 85 Volts, en una cámara para electroforesis de Accesolab. Para la visualización de las bandas los geles fueron teñidos con Bromuro de Etidio y observados con luz ultravioleta.

Amplificación por PCR. En tubos de microcentrifuga de 0.5 ml se mezclaron a una concentración final de los componentes mostrados en el tabla 8.

Tabla 8 Composición de mezcla para PCR

| Componente | Cantidad (μl) |
|---------------------------------------|----------------------------|
| DNA templado | 2 |
| Buffer 10 x | 5 |
| dNTPs (2mM) | 5 |
| MgCl ₂ (50mM) | 2 |
| Taq polimerasa | .1 |
| H ₂ O Tridestilada esteril | 30.9 |
| SSR primer | 5 |
| TOTAL | 50 |

El pH del buffer de reacción fue de 8.3 medido a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. La amplificación de los ácidos nucleicos se llevó a cabo usando diferentes tiempos y temperaturas de desnaturalización, alineamiento y polimerización como se enlista en la tabla 8.1.

Tabla 8.1 Condiciones de amplificación en la reacción de PCR

| Paso | Temperatura | Tiempo | Ciclos |
|-------------------|------------------------------|------------|--------|
| Desnaturalización | $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 5 min | 1 |
| Desnaturalización | $94\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 1 min | 35 |
| Alineación | $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 1 min 30 s | |
| Extensión | $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 1 min 30 s | |
| Extensión final | $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 10 min | 1 |
| Mantenimiento | $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ | A | 1 |

Al término de la reacción de amplificación, se agregó 1 μ l de RNasa para eliminar el exceso de RNA que dificulta la observación del ADN al correr el gel de agarosa.

Para la realización de la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), se empleó un termociclador marca TECHNE.

Se tomó una muestra de 13 μ l para analizar el producto de PCR por electroforesis en gel de agarosa al 2%, tiñendo el gel con bromuro de etidio.

Para la generación de la matriz base para la generación del dendrograma, se empleó un set de primers SSR de maíz de la marca SIGMA-ALDRICH, con número de catálogo M 4193 el cual consiste de 384 pares de primers seleccionados de la base de datos del genoma del maíz. Los pares de primers fueron seleccionados para cubrir el genoma completo del maíz con un promedio de 20 cM, unidades de distancia en el mapa entre dos marcadores SSR.

Preparación de los primers SSR. Los primers se encuentran liofilizados en láminas de 96 pozos. Se procedió a hidratarlos, para lo que se empleó agua grado HPLC. Se preparó una solución a 10 μ M (10 pmole/ μ l) de cada primer adicionando 100 μ l de agua a cada pozo. Después de la reconstitución, se transfirió 25 μ l del primer a las placas de PCR del kit y se le agregó 75 μ l de agua para generar una solución de trabajo de 2.5 μ M. Se les colocó un cubierta para sellarlos y se almacenaron a -20°C. Antes de emplear las placas de PCR con solución de 2.5 μ M para el PCR, se centrifugaron brevemente para bajar el líquido que se condensa en el sello que cubre el pozo.

Dendrograma. El programa NTSYS-pc ver 2.1 (Numerical Taxonomy System for Personal Computer) es un programa de análisis estadístico multivariante específicamente diseñado para estudios de caracterización de germoplasma vegetal. Empleando el algoritmo UPGMA (Unweighted Pair Group Method Average) y el coeficiente de Jaccard, dentro del programa, se generó un fenograma de la forma en que se agrupan las líneas estudiadas en base a los SSR (Rohlf, 1998).

8.2 Resultados y discusión

Productos de PCR. Una vez que se obtuvo el material vegetal, se realizaron las extracciones de ADN de cada muestra y se analizó su viabilidad, se procedió a realizar el PCR de cada una de las muestras. Con el protocolo de PCR indicado en la bibliografía se obtuvo una cantidad de producto adecuada para obtener una banda de correcta intensidad en un gel de agarosa al 2%. El polimorfismo se encuentra presente en la gran mayoría de los primers en cada una de las muestras, lo que nos indica que existe una gran variabilidad entre los mismos. Esto es un resultado esperado, al tener un grado de homocigosis bajo al ser S2.

Generación de matriz binaria. Una vez que se contó con las fotografías de las corridas de los productos de PCR se pudo proceder a crear una matriz de datos en la que se ordenaron los primers y materiales para establecer la presencia o ausencia de amplificación del fragmento del gen (bandas).

La tabla 8.3 muestra la forma en la que se ordenaron los datos para poder realizar el análisis de cluster.

Tabla 8.3 Matriz binaria de datos para los diferentes SSR de amplificación en las líneas de maíz Original, L17, L65, L73, L8, L81, LRR1 Y LRR2

| MARCADOR | ORIGINAL | L17 | L65 | L73 | L8 | L81 | LRR1 | LRR2 |
|-------------|----------|-----|-----|-----|----|-----|------|------|
| p-umc 1354 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| p-umc 1566 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| p-umc 1292 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| p-bnlc 1124 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| p-bnlc 1179 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| p-bnlc 1014 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-umc 1685 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-umc 2225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| p-bnlc 1429 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| p-umc 2226 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| p-bnlc 109 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| p-umc 1073 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| p-umc 1397 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| p-bnlc 2204 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| p-bnlc 2180 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-umc 1598 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-bnlc 2238 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| p-umc 1472 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| p-umc 1144 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| p-umc 2228 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| p-umc2184 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| p-bnlc1601 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| p-umc1641 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| p-bnlc1189 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-umc1573 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| p-umc1365 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-bnlc118 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-umc 2322 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-umc 1983 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-umc 1029 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-umc 2333 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p-umc 1728 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| p-bnlc 1012 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| p-umc 1962 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

Análisis de matriz simétrica. En el caso de la matriz generada en este estudio, como se puede observar en el cuadro 4, las líneas con mayor grado de similitud son la L8 con la L81 y RR1 con RR2, con un coeficiente de 0.768 y 0.765, respectivamente, mientras que, por lo contrario, entre la L8 y L65 el coeficiente es de tan solo 0.471, lo que represente en valor más bajo de similitud.

De lo anterior se puede llegar a la conclusión de que el grado de parentesco entre L8 y L81 es muy alto, mientras que para L8 y L65 es bajo.

Tabla 8.4 Matriz simétrica de similitud generada de la matriz binaria basada en la presencia (1) o ausencia (0) de bandas específicas originadas en la amplificación de los SSR

| FILA\ COLUMNA | ORIG | L17 | L65 | L73 | L8 | L81 | RR1 | RR2 |
|------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ORIGINAL | 1.000 | | | | | | | |
| L17 | 0.617 | 1.000 | | | | | | |
| L65 | 0.588 | 0.735 | 1.000 | | | | | |
| L73 | 0.647 | 0.559 | 0.588 | 1.000 | | | | |
| L8 | 0.529 | 0.559 | 0.471 | 0.529 | 1.000 | | | |
| L81 | 0.647 | 0.676 | 0.647 | 0.529 | 0.768 | 1.000 | | |
| RR1 | 0.559 | 0.647 | 0.618 | 0.735 | 0.618 | 0.618 | 1.000 | |
| RR2 | 0.618 | 0.7059 | 0.735 | 0.735 | 0.618 | 0.676 | 0.765 | 1.000 |

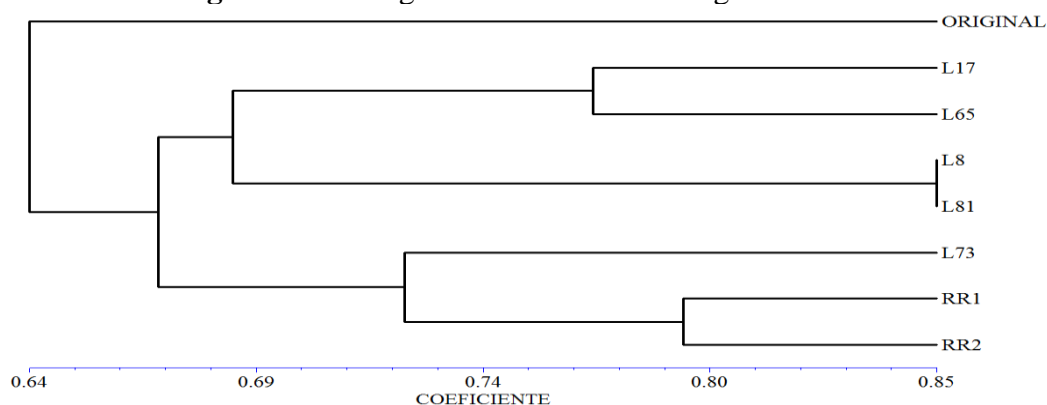
Dendrograma. A partir de la matriz binaria, se procedió a generar un fenograma mediante el programa NTSYS ver. 2 alimentando los datos dentro del mismo.

En la figura 8, se puede observar el fenograma obtenido utilizando el método de UPGMA. La agrupación de los materiales muestra la forma en la que se encuentra la distribución entre las líneas y la población original. De esto se puede inferir una relación filogenética entre las mismas.

Las Líneas 8 y 81 se pueden observar dentro de un mismo grupo por lo que se puede decir que tienen un grado de similitud alto. El agrupamiento de los materiales RR1 Y RR2 resultó de acuerdo a lo esperado según al origen de lo mismo, ya que ambos representan una misma población, solo variando la ubicación geográfica de su establecimiento.

Fenograma del análisis cluster de la distancia genética entre individuos de las líneas L17, L65, L8, L81 L73, RR1 y RR2 con respecto a la población original, empleando el coeficiente de similitud de Jaccard bajo el método UPGMA en el programa NTSYS-pc ver. 2.1.

Figura 8 Dendrograma de las líneas endogámicas S2



Se puede observar una tendencia en la distribución de las líneas en dos grupos principales.

La genética es un punto muy importante en la historia del maíz, con grandes poblaciones experimentales combinadas con genotipos de bajo costo, para favorecer la investigación rigurosa de sus mecanismos genéticos. Se han logrado grandes avances en tan sólo los últimos años, pero aún quedan muchas preguntas por responder.

El objetivo del mejoramiento es hacer mejores combinaciones de alelos que están actualmente disponibles. Aun cuando los genetistas han tomado siempre ventaja de la recombinación para formar nuevas líneas, la pregunta ahora es como emplear el conocimiento moderno de genética molecular para además acelerar el proceso de mejoramiento. Parte de esto será determinar los factores que aumentan la tasa de recombinación. Otro aspecto es crear métodos para mejorar y/o seleccionar para la recombinación en regiones específicas para generar una nueva diversidad y reducir al mínimo la carga genética.

Muchos estudios indican que la dominancia y pseudo-sobredominancia son los mecanismos principales de la heterosis en el maíz, pero el grado en el que cada uno contribuye aún es incierto. La heterosis delinea mucho del mejoramiento moderno en el maíz, así que un entendimiento de sus mecanismos brinda el potencial para mejorar en gran medida la producción de maíz.

El costo de la genotipificación ha disminuido tanto en las décadas pasadas que ahora se encuentra entre las partes más baratas de un experimento. Actualmente muchos investigadores se concentran en la transferencia de fenotipos a genotipos como las bases para la selección debido al beneficio económico que representan la reducción del costo y aceleramiento del proceso de selección. Los primeros resultados de esta selección genómica son prometedores, pero aún existe mucho debate en el campo sobre si es la mejor metodología a emplear (Heslot *et al.*, 2012). De manera ideal, se puede considerar una comparación entre la selección genómica y la selección fenotípica estándar en un programa de mejoramiento, para evaluar su desempeño relativo y determinar que tan bien se mantiene la precisión predictiva en la práctica.

En última instancia, la genética cuantitativa del maíz tiene como objetivo mejorar el rendimiento de maíz para la agricultura. Los conocimientos adquiridos en el proceso pueden tener repercusiones más amplias. Debido a que el maíz ha heredado su arquitectura genética de una serie histórica de cruzamientos, su genética tiene al menos cierta semejanza con otras especies, incluyendo a los seres humanos.

8.3 Conclusiones

Se logró generar un dendrograma para observar la relación entre la población original y las líneas estudiadas mostrándose la existencia de polimorfismo en las líneas estudiadas. La matriz de similitud nos muestra la semejanza entre las líneas 8 y 81, así como para RR1 Y RR2.

Se requiere una cantidad mayor de marcadores para poder determinar una relación más clara entre las líneas endogámicas y la población original. Las líneas 73, RR1 Y RR2 poseen mayor variabilidad respecto a la población original. El nivel de la endogamia dentro de las líneas es bajo, por lo que aún no se fijan los caracteres por los que se seleccionaron los materiales, y las poblaciones no se agrupan por dichas cualidades. Se generó información necesaria para poder continuar con el análisis de estas líneas y se sentaron las bases para continuar con el incremento de nivel de endogamia que permita fijar los caracteres deseados.

8.4 Referencias

- Heslot N, Yang H-P, Sorrells ME, Jannink J-L (2012). Genomic selection in plant breeding: a comparison of models. *Crop Sci* 52: 146–160.
- Márquez S., F., L. Sahagún C., J. A. Carrera V., y E. Barrera G. 1996. Conservación y aprovechamiento de la diversidad racial total del maíz en México. In: Memoria XVI Congreso Nal. de la SOMEFI. Montecillo, Edo. de México. p. 183.
- Pérez, T. R. A.; Carballo, C. A.; Castillo, G. F. y Covarrubias, P. J. 1991. Identificación de patrones heteróticos en un grupo de variedades precoces de maíz. *Agrociencia serie Fitociencia* 2:69–79.
- Reyes C.P. (1990) El maíz y su cultivo. Primera edición. AGT Editor. México. 640 pp.
- Rohlf, F. J. 1998. NTSYS–PC, Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 1.60. Applied Biostatistics, New York.
- SIAP. 2009. Retos de la seguridad alimentaria y efectos del cambio climático. Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx>. Revisado el 3 de febrero de 2013.
- SIAP. 2012. Módulo Agrícola del SIACON 1980 - 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx>. Revisado el 20 de febrero de 2013.

Morfometría en diferentes variedades de semillas de higuera mediante procesamiento de imágenes

María Acosta, José Padilla, José Botello, Joel Quintanilla, José Barrón, Jesús Espinoza y Salvador Montes

M. Acosta, J. Padilla, J. Botello, J. Quintanilla, J. Barrón, J. Espinoza, S. Montes
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Depto. de Ing. en Procesos Alimentarios, Carr. Valle-Huanimaro Km 1.2, Valle de Santiago, Guanajuato, México.
Instituto Tecnológico de Celaya, Depto. de Ing. Electrónica, Av. Tecnológico esq. Av. García Cubas s/n, Celaya, Guanajuato, 38000, México.
Instituto Tecnológico de Celaya, Depto. de Bioingeniería, Av. Tecnológico esq. Av. García Cubas s/n, Celaya, Guanajuato, 38000, México.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Depto. de Ing. en Tecnologías de la Información, Carr. Valle-Huanimaro Km 1.2, Valle de Santiago, Guanajuato, México.
Instituto Nacional de Investigación Forestal y Agrícola Bajío, Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato.
msacosta@utsoe.edu.mx

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

This paper presents by means of image processing the morphological characterization of six collections of seed higuera (*Ricinus communis* L) originate in the state of Guanajuato, Mexico. Image processing is implemented by two image segmentation techniques.

The first segmentation techniques implemented is the k-mean algorithm and the other one is the proposed methodology in this paper. The obtained measurements in the experiments were area, perimeter, Minor Axis Length (MiAL), Major Axis Length (MaAL), Enlarged Index (EI) and Feret's diameter (DF). Data were analyzed statistically using JMP (α 0.5) program. The obtained measurement results were: area 0.81-5.7 mm², perimeter 3.54-8.52 mm, MiAL 0.060-1.96 mm, MaAL 0.70- 2.89 mm, Enlarged Index 0.08-0.18 and Feret diameter de 1.0-5.53 mm respectively. It is important to mention that proposed model in Nh3 and Nh4 varieties presents the best results.

9 Introducción

La planta de higuera (*Ricinus communis* Lineo) tiene bajos requerimientos agronómicos y gran capacidad de adaptación a diferentes entornos con amplios beneficios por su capacidad de captación de CO₂ y fitoremediación de áreas contaminadas por Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) (Hoeneisen y Silva, 1986; De Souza Costa *et al.*, 2011); además de crear fenotipos especiales para cada lugar en donde se desarrollan (Akpan *et al.*, 2006).

El cultivo de la higuera resulta interesante por la producción de aceite como materia prima renovable en diversas aplicaciones a nivel industrial para la obtención de lubricantes, dispersantes, humectantes, resinas y monómeros para poliuretanos biodegradables (Gil *et al.*, 2007) y la generación de residuos lignocelulósicos del cultivo (Amro y Soheir., 2009).

El procesamiento de imágenes tiene diferentes aplicaciones industriales en áreas como cosecha, poscosecha y procesamiento de materia prima.

En estas áreas, es necesario conocer la dimensiones morfométricas de los objetos (como frutas, granos, cereales y oleaginosas) con geometrías definidas o atípicas. Un descriptor de una especie o genotipo es una carácter fácil de medir, y que hace referencia a la forma y estructura de una accesión (López-Santiago *et al.*, 2008).

Actualmente existen pocas investigaciones sobre las propiedades y características de la planta de higuera que puedan ser utilizadas para caracterizar los fenotipos de cada región en México; debido a esto Fundación Guanajuato Produce está apoyando la transferencia de dicho cultivo a través del proyecto "Transferencia de tecnologías para la producción sustentable de biocombustibles en Guanajuato", mediante parcelas demostrativas en terrenos productores cooperantes, y talleres de producción artesanal de biocombustible; sin embargo no se cuenta por el momento una base de datos completa por estado.

México posee gran diversidad genética, manifestada por la alta distribución, condiciones edáficas y climáticas donde prospera de manera silvestre, y no obstante es poca la información que respecto a ella existe, ha sido estudiada principalmente en el estado de Chiapas, en donde (Goytia *et al.*, 2011) muestran accesiones con diferencia en peso, tamaño, forma y color.

El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio morfométrico, comparando dos sistemas para el procesamiento de imágenes *k-mean* y un algoritmo *propio* como herramientas de medición en accesiones de higuera del estado de Guanajuato con la finalidad de contribuir al conocimiento mediante la generación de información de la diversidad específica.

9.1 Materiales y métodos

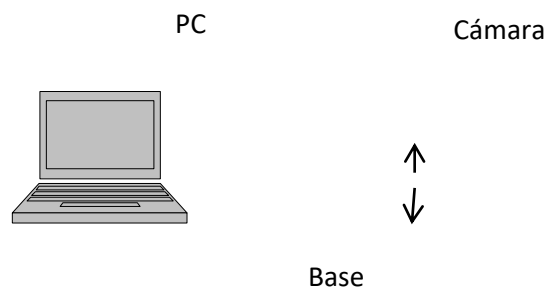
Las accesiones de semilla (Nh 1, 2, 3, 4, 10 y 12) fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-Bajío) de un consorcio seleccionado por alto rendimiento agronómico y contenido porcentual de aceite.

Procesamiento de imagen

Se realizó en 100 semillas para cada variedad bajo distancia focal e intensidad luminosa constantes, se utilizó una plataforma blanca a una distancia de 29 cm mediante una cámara microtouch (Dinolite digital microscope) como sistema óptico acoplada a una computadora personal, como se muestra en la figura 9.

Las imágenes capturadas fueron en RGB (rojo, verde, azul) con una resolución de 640 x 480 píxeles, se tomó como referencia un objeto de 2.1 cm, en base a lo anterior se determinó la equivalencia pixel/longitud y pixel/área que corresponden a 21/220 (0.095 mm) y 3.46/38013 ($9.102 \times 10^{-5} \text{ cm}^2$) respectivamente.

Figura 9 Esquema de toma de fotografía de las variedades de semilla



Este procedimiento permitió obtener imágenes binarizadas y delinear los bordes de las semillas, para evaluar sus dimensiones. La caracterización dimensional de las accesiones se realizó mediante la secuencia mostrada en la figura 9.1, que representa el procesamiento de imagen en el *modelo propio*.

Figura 9.1 Secuencia para el procesamiento de imagen de algoritmo propuesto



Con la finalidad de realizar una comparación del modelo propuesto, se utiliza un algoritmo de agrupamiento particional para realizar la segmentación de las imágenes, este algoritmo es conocido como *k-means*. El objetivo de los algoritmos de agrupamiento es encontrar grupos de píxeles que tienen características similares (intensidad, textura, etc.), y que en la imagen representan regiones homogéneas. El *k-means* fue presentado por (MacQueen, 1967) y de manera resumida la principal tarea de este algoritmo es hacer una partición estricta del espacio de las características. El *k-means* ha sido ampliamente utilizado en diferentes aplicaciones de segmentación de imágenes entre las cuales se pueden mencionar, segmentación de imágenes de mamografía con el objetivo de detectar microcalcificaciones (Quintanilla-Dominguez *et al.*, 2011, 2009) o masas (Ojeda-Magaña *et al.*, 2011) los cuales son signos de cáncer de mama. Otra aplicación de este algoritmo ha sido en imágenes de suelo con el propósito de encontrar regiones porosas (Cortina-Januchs *et al.*, 2011). En (Ojeda-Magaña *et al.*, 2010) se ha utilizado el *k-means* con la finalidad de obtener un grado de madurez de algunos frutos.

9.2 Caracterización morfológica de la semilla

Las variables a evaluar fueron: área (a), eje menor ($MiAL$), eje mayor ($MaAL$), Índice de alargamiento ($EI=MaAL/MiAL$) y Diámetro de Feret ($DF=\sqrt{(4-Area)/\pi}$) para cada semilla (Wilcox *et al.*, 2002); también se obtuvo promedio y desviación estándar de 100 semillas por variedad.

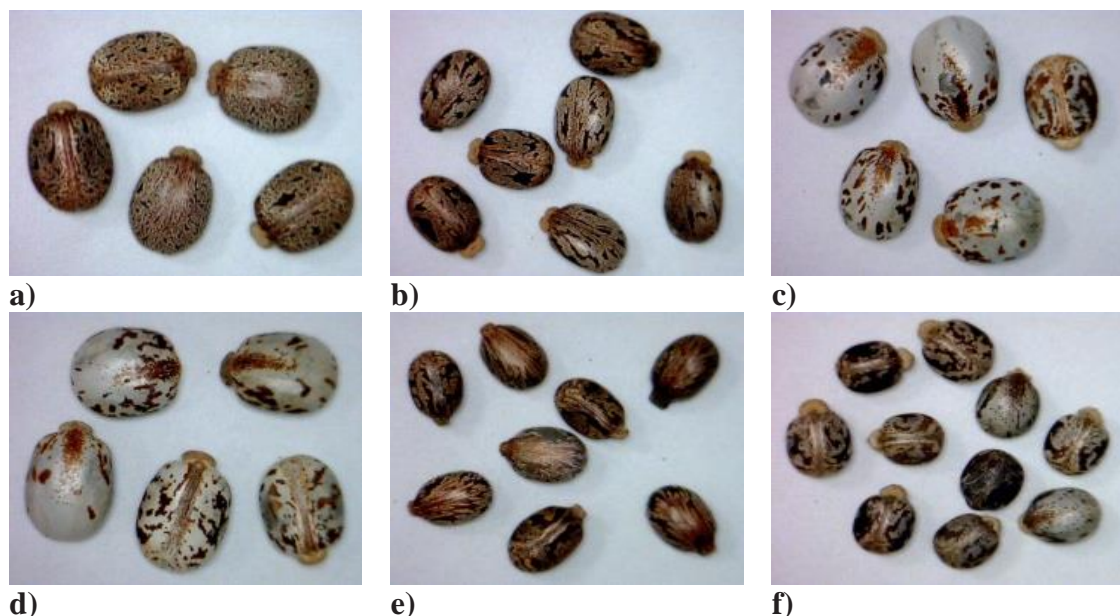
Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza para cada una de las variables, y de correlación para establecer la comparación entre las dos técnicas de segmentación de imágenes, mediante el programa JMP (95% de confiabilidad).

Resultados

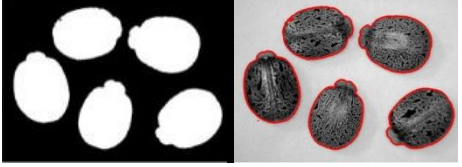
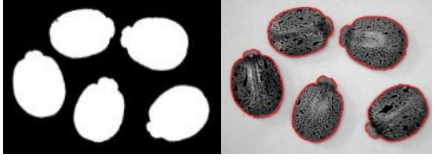
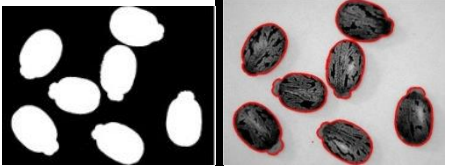
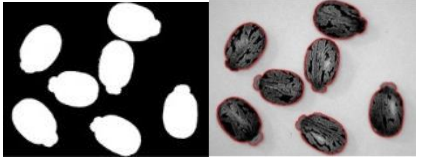
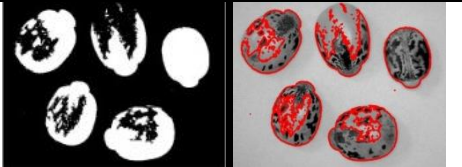
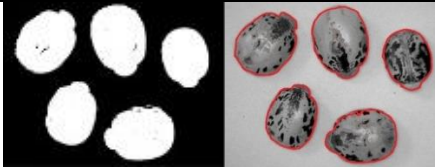
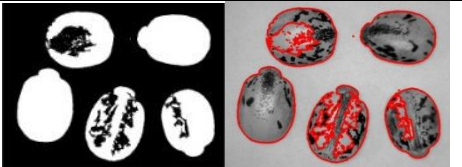
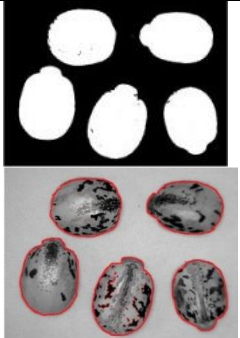
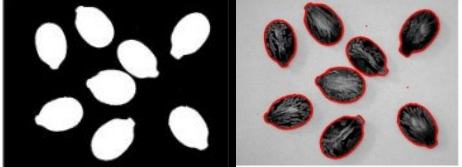
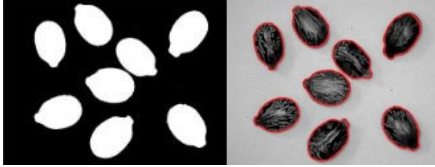
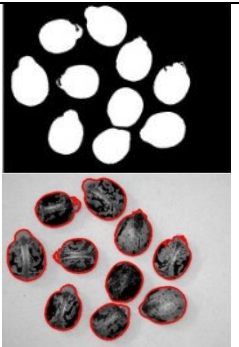
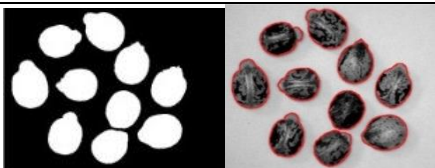
Para el inicio de la secuencia, se obtuvieron las imágenes mostradas en la figura 3, en donde existe una diferencia en color entre cada una de las accesiones, con contrastes de gris plateado (figura 3c y d), ocre (figura 3a), oscuro y negro mate (figura 3b y e); sin embargo se observó que de una misma variedad se presentan combinaciones de colores, dificultando su clasificación (figura 3f). Para esta variable, Biofuelseeds (2008) referenciado por Goytia *et al.*, (2011), propuso una clasificación basada en los siguientes colores: rojo, nordestino, blanco, negro, jaspeado y negro, clasificación que no coincide del todo con los mostrados en este documento. Por lo que se puede establecer que las accesiones crean fenotipos especiales para cada lugar.

Figura 9.2 Fotograma de semilla donde a) Nh1; b)Nh2; c)Nh3;d)Nh4; e)Nh10; f)NH12



Las imágenes fueron procesadas y segmentadas por *k-means* y un modelo propuesto; en este último se utilizó un factor de corrección, debido a las manchas que presentan principalmente las accesiones Nh 3 y 4 (tabla 9).Las imágenes mostraron ruido tanto en su binarizado como el segmentado debido principalmente al color de las accesiones antes mencionadas; en base a lo anterior se muestra que el modelo propuesto tiene la capacidad de procesar las imágenes aun cuando los colores de estos sean con contrastes de gris plateado.

Tabla 9 Muestra de imágenes

| Imagen binaria y segmentada por k-mean | Modelo propuesto | Variedad |
|---|--|----------|
|  |  | Nh1 |
|  |  | Nh2 |
|  |  | Nh3 |
|  |  | Nh4 |
|  |  | Nh10 |
|  |  | Nh12 |

En base a las imágenes binarizadas y segmentadas de las variedades la morfometría de las accesiones fueron comparadas estadísticamente, evaluando el algoritmo y el modelo así como la comparación de cada una de las variables evaluadas por variedad como se muestra en la tabla 9.1

Tabla 9.1 Morfometría mediante dos técnicas de segmentación de imagen

| Variedad | Método de procesamiento de imágenes | | | | |
|------------------|---|-------------------|-----------------|------------------|--------------|
| | Segmentación mediante algoritmo de agrupamiento | | | | |
| | <i>k-means</i> | | | | |
| | Area (mm ²) | MiAL (mm) | MaAL (mm) | IE (Φ) | DF |
| Nh1 | 2.18±0.054 D | 14.58±0.410 CD | 18.80±0.395 A | 1.27±0.003 F | 5.77±0.002 C |
| Nh2 | 1.26±0.054 F | 10.88±0.410 FG | 15.77±0.395 B | 1.49±0.003 A | 5.96±0.002 B |
| Nh3 | 2.08±0.054 D | 14.05±0.410 CD | 20.72±0.395 A | 1.38±0.003 C | 5.71±0.002 E |
| Nh4 | 2.80±0.054 C | 16.77±0.410 B | 19.86±1.395 A | 1.28±0.003 F | 5.73±0.002 D |
| Nh10 | 0.88±0.054 G | 8.56±0.410 H | 12.64±0.395 CD | 1.47±0.003 B | 6.09±0.002 A |
| Nh12 | 0.86±0.054 G | 9.29±0.410 GH | 12.17±0.395 DE | 1.24±0.003 G | 6.10±0.002 A |
| Modelo propuesto | | | | | |
| Nh1 | 4.40±0.044 AB | 19.08±0.335 A | 14.66±0.323 BC | 1.30±0.002 H | 5.60±0.001 G |
| Nh2 | 2.61±0.044 C | 15.63±0.335 BC | 10.66±0.323 EF | 1.46±0.002 B | 3.33±0.001 I |
| Nh3 | 4.14±0.044 B | 18.82±0.335 A | 13.95±0.323 BCD | 1.35±0.002 D | 5.27±0.001 H |
| Nh4 | 4.41±0.044 A | 19.08±0.335 A | 14.70±3.323 B | 1.30±0.002 E | 5.62±0.001 F |
| Nh10 | 1.99±0.044 D | 13.02±0.335 DE | 8.69±0.323 G | 1.49±0.002 A | 2.26±0.001 J |
| Nh12 | 1.69±0.044 E | 11.82±0.335 EF | 9.11±0.323 FG | 1.29±0.002 EF | 2.15±0.001 K |

Promedio±error estándar con comparación de medias por Tuckey (95% confiabilidad)
Donde *MiAL*: eje menor; *MaAL*: eje mayor; *IE*: Índice de alargamiento; *DF*: Diámetro de Feret

Estadísticamente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el método *k-means* y el *propuesto* en cada una de las variables evaluadas, en el procesamiento de imágenes se observó una serie de perturbaciones en las variedades Nh 3 y 4; lo cual no permite realizar los cálculos adecuados cuando las superficies delineadas se presentan como irregulares, las variedades con coloraciones claras presentaron esta problemática; por lo cual el algoritmo de agrupamiento *k-means* no se recomienda para variedades con estos pigmentos; no así con el algoritmo *propuesto*, el cual mostró segmentados definidos sin importar el color de la imagen.

El área superficial observada por medio de los dos modelos muestra diferencias significativas entre ellos, siendo las áreas del algoritmo *propuesto* el doble (1.69 a 4.41 mm²) que las analizadas por *k-means* (0.86 a 2.8 mm²). Al mismo tiempo se puede observar que las áreas entre las variedades fueron estadísticamente diferentes, teniendo mayor área las variedades Nh1, 3 y 4 en comparación con Nh10 y 12.

Para el eje mayor efectivamente se ve una diferencia clara en la medida dependiendo del modelo de análisis. Este comportamiento fue lo contrario a lo observado en las áreas. Siendo mayor la medida calculada por *k-means* (12.17 a 20.72 cm) en comparación con el modelo *propuesto* (8.69 a 14.7 mm); sin embargo fue el mismo comportamiento entre las variedades observándose claramente que las variedades Nh 1, 3 y 4 presentaron un eje mayor al de las variedades Nh10 y 12.

Algo similar al análisis del área sucede con el eje menor donde se observa una diferencia clara en la medida dependiendo del modelo de análisis.

El eje menor calculado por medio del algoritmo *propuesto* fue mayor (11.82 a 19.09 mm) que el analizados con *k-means* (8.56 a 16.77 mm). Entre las variedades conserva el mismo patrón que los anteriores siendo mayor el eje menor de las variedades Nh1, 3 y 4 que el de las variedades Nh10 y 12.

El comportamiento de la esfericidad muestra diferencias significativas, teniendo también un comportamiento similar al mostrado por la medición del área y el eje menor, siendo ligeramente mayor la esfericidad en el análisis del modelo *propuesto* (1.29 a 1.49) en comparación con el de *k-means* (1.24 a 1.49); sin embargo entre las variedades no se presentó el mismo comportamiento de las mediciones anteriores debido que en esta ocasión las variedades de mayor esfericidad fueron las variedades Nh 2 y 10 en comparación con la variedad Nh 12. Esto nos indicaría que la variedad Nh 2 presenta una forma más esférica y es aquella de menor tamaño en comparación con las demás variedades.

El índice de Feret presentó diferencia significativa entre los modelos de análisis, mostrando el mismo comportamiento que el de eje mayor. Siendo mayor la analizada por el *k-means* (5.71 a 6.1) en comparación con el algoritmo *propuesto* (2.15 a 5.6). Sin embargo entre las variedades se muestra una diferencia significativa en donde la variedad Nh 1 es mayor en comparación con la variedad Nh 10 y 12 (tabal 3).

Tabla 9.2 Análisis estadístico entre variedades sin factor modelo

| Variedad | Comparativo |
|-----------------|-------------------------|
| Nh 1 A | 5.68 ₊ 0.002 |
| Nh 2 D | 4.64 ₊ 0.001 |
| Nh 3 C | 5.49 ₊ 0.001 |
| Nh 4 B | 5.67 ₊ 0.001 |
| Nh10 E | 4.17 ₊ 0.001 |
| Nh12 F | 4.12 ₊ 0.001 |

Media+desviación estándar

Letras iguales no muestran diferencia significativa (Tuckey<0.05)

Se ha dicho que las semillas mas pequeñas tienen tasas germinativas mayores que las semillas mas grandes (Edwards y Hartwig., 1971); mientras que otros autores han observado que el tamaño de la semilla en general no es tan importante cuando todos los miembros de la población tienen el mismo tamaño, pero cuando se encuentra una diferencia de este en la misma población, las plantas provenientes de semillas grandes pueden dominar y sobrevivir mejor, a expensas de los nutrientes de las semillas que se quedaron más pequeñas (Harper *et al.*, 1970).

9.3 Conclusiones

De manera general existe diferencia significativa ($P < 0.05$) desde el procesamiento de las imágenes entre el método *k-means* y el *propuesto*; siendo este último el que generó resultados de las variables más acordes comparado con el trabajo realizado por Goytia *et al.*,(2011), aun cuando existe diferenciación por los fenotipos de la región.

Las variables mostradas en la tabla muestran correlaciones directas por variedad, al área con sus ejes mayor y menor y diámetro de feret; lo anterior se debe a que son componentes de forma de las semillas, por lo que se deduce que a medida que se incrementa el eje mayor, se incrementarán en forma proporcional sus parámetros y viceversa, ya que son elementos dependientes.

En base a lo anterior es importante establecer las características morfométrica en accesiones para establecer fenotipos por región, las técnicas de segmentación de imagen permiten apoyar en la medición rápida en grandes cantidades de semillas en tamaños diferentes, colores y formas.

9.4 Referencias

Amro A. A.y Soheir R. S.(2009). Degradation of Castor Oil and Lipase Production by *Pseudomonas aeruginosa*, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 5 (4): 556-563, 2009

Akpan, U. G., Jimoh, A. and Mohammed A. D. (2006). Extraction, Characterization and Modification of castor seed oil. Leonardo Journal of Sciences. Issue 8, January-June, p. 43-52

Cortina-Januchs M.G., Quintanilla-Dominguez J., Vega-Corona A., Tarquis Ana M. and Andina D. Detection of pore space in CT soil images using artificial neural networks. *Modeling soil system: complexity under your feet. Biogeosciences*. 8(2): 279-288, 2011.

De Souza Costa E., Guilherme L., de Melo E., Ribeiro B., Dos Santos B I., Da Costa Severiano E, Faquin V, Hale B.(2011).Assessing the Tolerance of Castor Bean to Cd and Pb for Phytoremediation Purposes. Review Biol Trace Elem Res. Agosto , p. 9

Edwards T., J. Jr.; Harthwig, E.E.(1971). Effects of seed size upon rate of germination in soybeans. Agronomy Journal vol. 63. Pp 429-430

Gil P. A., Jaramillo I. F; Cruz R. L., (2007). Poliuretanos degradables a partir de higuera. Scientia et Technica año XIII, No 36, septiembre 2007. Universidad Tecnológica de Pereira

Goytia J. M.A., Gallegos G. C.H., Núñez C. C.A., (2011). Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de higuera (*Ricinus communis L.*) de Chiapas. Rev. Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente vol. 17. pp 41-48

Harper J.L.; Lovelly P.H.; Moore K.G(1970). The shapes and size of seeds. Annual Review of Ecology and Systematics vol.1, pp 327-357

Hoeneisen M y Silva M. (1986). Química y actividad biológica de algunas Compositae chilenas. Rev. Latin Amer. Quim. Vol. 17. pp 19-24

López S. J., Nieto A. R., Barrientos P. A.F., Rodríguez P. E., Colinas M.T., Borys M.W., González A. F., (2008). Selección de variables morfológicas para la caracterización del tejocote (*Crataegus spp*). Rev. Chapingo. Ser. Hortic. Vol.14, n.2 pp 97-111.

MacQueen J. B. Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations. Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Berkeley, University of California Press, 1, 281–297, 1967.

Ojeda-Magaña B., Ruelas R., Quintanilla-Dominguez J., Corona-Nakamura M.A. and Andina D. Identification of Masses in Mammograms by Image Sub-segmentation. In *Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications, Advances in Intelligent and Soft Computing*. Springer Berlin / Heidelberg. Vol. 87: 589-598, 2011.

Ojeda-Magaña B., Ruelas R., Quintanilla-Dominguez J. and Andina D. Color Image Segmentation by Partitional Clustering Algorithms. In *36th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2010*. pp. 2828-2833, 2010.

Quintanilla-Dominguez J., Ojeda-Magaña B., Cortina-Januchs M.G., Ruelas R., Vega-Corona A. and Andina D. Image segmentation by fuzzy and possibilistic clustering algorithms for identification of microcalcifications. *Scientia Iranica Transaction D-Computer Science & Engineering and Electrical Engineering*. 18(3): 580-589. 2011.

Quintanilla-Domínguez J., Cortina-Januchs M.G., Barrón-Adame J.M., Vega-Corona A., Buendía-Buendía F.S. and Andina D. Detection of Microcalcifications Using Coordinate Logic Filters and Artificial Neural Networks. In *Bioinspired Applications in Artificial and Natural Computation, LNCS*. Vol. 5602, pp. 179-187, 2009.

Obtención de fructanos a partir de fuentes vegetales No convencionales

Víctor Rodríguez, Idalia Osuna, Enrique Romo y Claudia Amezcua

V.Rodríguez, I.Osuna, E.Romo y C.Amezcua
Universidad Politécnica de Sinaloa, Carretera Municipal libre Mazatlán Higuera Km 3, 82199 Mazatlán, Sinaloa
camezcua@upsin.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

Today there is the need to find alternatives for obtaining oligofructosaccharides (FOS), because, these compounds are widely used as low-energy substitutes and non- carcinogenics in the food industry. The main sources of obtaining FOS are *Helianthus tuberosu*, *Cichorium intybus*, *Tequilana weber*, however, there may be other vegetables alternatives for their obtaining less conventional such as *E. crassipes*. The objective of this work was to determinate optimum conditions of fructans extraction process from *E. crassipes*, which was used in phytoremediation of effluents from aquaculture previously. This project provides an alternative to use of this plant species abundant.

10 Introducción

Actualmente la industria alimentaria demanda grandes cantidades de oligofructosacáridos, oligofructanos, glucofructanos, inulina, oligosacáridos resistentes o simplemente FOS debido a su importancia desde el punto de vista nutricional y salud (Lajolo, 2006).

Estos compuestos se emplean como sustitutos hipocalóricos no carcinogénicos en una diversidad de alimentos tales como, confitería, chocolatería, bebidas, heladería, embutidos y otros derivados lácteos (Chacón-Villalobos, 2006). Las principales fuentes de inulina conocidas en el mundo son a partir de alcachofa de Jerusalén (*Helianthus tuberosus*) y de raíz de achicoria (*Cichorium intybus*).

También se han identificado otras fuentes vegetales con fructanos similares a la inulina y que pueden brindar características funcionales similares, entre estas se encuentra el agave azul *Tequilana weber* (Salazar *et al.*, 2010; Mancilla *et al.*, 2006; López *et al.*, 2003; Arrazola, 1969). Estudios preliminares recientes realizados por Rodríguez, *et al.*, 2010 (comunicación personal) determinaron la presencia de fructanos a partir de fuentes vegetales poco convencionales, tal es el caso de *Eicchornia crassipes* (lirio de agua). *E. crassipes* es una planta flotante de hojas gruesas, considerada como una especie invasiva que provoca daños en ríos, lagos, lagunas, estanques y canales, a pesar de ello, ha captado la atención por su alta capacidad de remover nutrientes en agua (Sánchez., *et al.*, 2011; Sipaúba-Talavares, *et al*, 2002, Stratford *et al.*, 1984; Ingole *et al.*, 2003; Mohanty *et al.*, 2006; Xia *et al.*, 2006). Es por eso la importancia de realizar estudios ha cerca de esta especie vegetal ya que hasta el momento no existen reportes en los que se le destine como fuente de biomoléculas de interés comercial, como son los fructanos.

En este proyecto se planteo la obtención de fructanos a partir de *E. crassipes* especie vegetal la cual fue previamente utilizada en fitoremediación de efluentes provenientes de granjas acuícolas.

10.1 Métodos

El proyecto se desarrolló en dos etapas principales:

Etapa 1. Obtención del material vegetal. La meta de esta etapa fue contar con material vegetal de *E. crassipes* utilizada previamente en fitoremediación de efluentes provenientes de granjas acuícolas.

Etapa 2. Optimización del proceso de extracción de fructanos. La meta de esta etapa fue contar con las condiciones óptimas del proceso de extracción de fructanos a partir de *E. crassipes*.

10.2 Resultados y discusión

Etapa 1. Obtención del Material vegetal

En la tabla 10 se muestran los resultados de la caracterización físico-química y microbiológica del efluente tratado por *E. crassipes*.

Tabla 10 Resultados de la caracterización del efluente de estudio

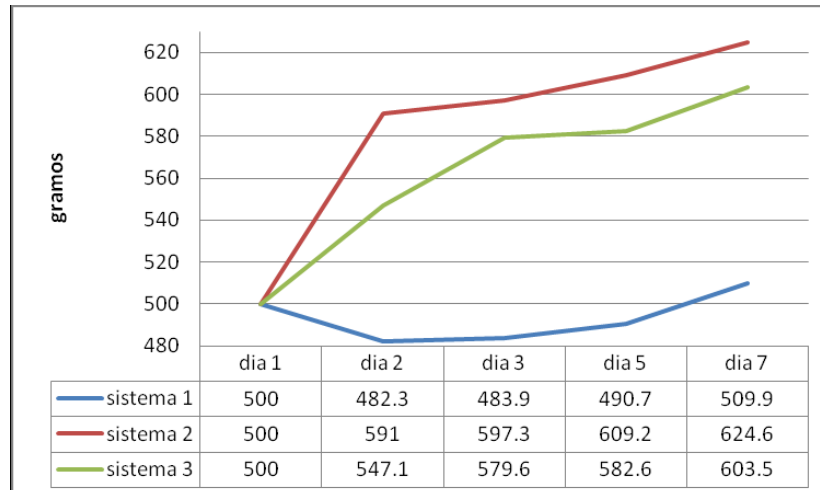
| Parámetro | Valor (promedio) |
|-----------------------|------------------|
| pH | 8.5 |
| Temperatura | 30°C |
| Conductividad | 0.59 mS/m |
| Turbidez | >1 Abs |
| Sólidos sedimentables | 2 ml/L |
| N-NO ₂ | 2.5 mg/L |
| Coliformes totales | 23 NMP/100mL |
| Coliformes fecales | No detectables |

El efluente tuvo un pH alcalino, valor que se encuentra dentro del rango normal de efluentes provenientes de actividades acuícolas, una alta turbidez debido a la presencia de sólidos suspendidos y microalgas, una concentración alta de N-NO₂. Ramírez-Carillo, *et al.*, (2009) reportaron que esto pudiera ser debido a que no existen condiciones favorables para su rápido recambio a N-NO₃ por una baja concentración de oxígeno molecular libre o baja presencia de bacterias nitrificantes. El análisis microbiológico determinó presencia de coliformes y ausencia de coliformes fecales.

10.3 Evaluación del efecto de las aguas residuales provenientes de granjas acuícolas sobre el crecimiento de *E. crassipes*

A un sistema de 40L le fueron colocados 500g de material vegetal para evaluar el efecto de las aguas residuales sobre el crecimiento y aspecto físico de las plantas con un recambio cada 72 y 144 h de agua residual por triplicado. En la figura 1 se presentan los resultados del crecimiento de las plantas durante 7 d.

Gráfica 10 Cultivo de *E. crassipes* en; Sistema 1. Medio sintético con un recambio cada 72 h. Sistema 2. Efluente con un recambio cada 72 h. Sistema 3 Efluente con un recambio cada 144 h.



Se observa un crecimiento de las plantas en los sistemas 2 y 3 que corresponden al cultivo de *E. crassipes* en el efluente. Se obtuvo un aumento en el peso del 20.6% y 24.9% en los sistemas 2 y 3 respectivamente en 7 d.

El crecimiento en el medio sintético (sistema 1) solamente represento el 1.98%. El aspecto de las plantas cultivadas en el efluente (datos no presentados) fue de vigor, mientras que en el medio sintético hubo cierta marchitez de las hojas. Resultados semejantes han sido reportados por Allinson, *et al.*, (2009) donde *E. crassipes* puede ser cultivada satisfactoriamente en efluentes industriales con un pH 9 y un alto contenido de N.

10.4 Remoción de nutrientes del efluente mediante *E. crassipes*

pH. El pH fue determinado durante 10 d. Los resultados muestran que la presencia de *E. crassipes* favorece la disminución de pH alcanzando un valor promedio de 7. Dicho valor cumple con valores normativos mexicanos permitidos para aguas tratadas que es de 6.5-8.5.

Temperatura. La temperatura se mantuvo en un rango entre 29 y 32.3 °C.

Conductividad. Los resultados presentan que la conductividad oscila en un rango de 0.53-0.66 mS/m valores permitidos dentro de la normatividad de aguas residuales tratadas.

Turbidez. La turbidez del efluente fue disminuído el 100% en presencia de *E. crassipes* al cabo de 10 d. Ampliamente ha sido reportado que esta especie vegetal presenta una alta capacidad de remover nutrientes del agua mejorando considerablemente la calidad de esta (Sánchez., *et al.*, 2011; Sipaúba-Talavares, *et al.*, 2002). Existen investigaciones relacionadas con el aprovechamiento de *E. crassipes* como especie aplicada a la fitoremediación de aguas contaminadas con metales pesados y compuestos químicos (Stratford *et al.*, 1984; Ingoles *et al.*, 2003; Mohanty *et al.*, 2006; Xia *et al.*, 2006), Fang, *et al.*, (2007) reportaron la aplicación de *E. crassipes* en fitoremediación de aguas eutrofizadas.

N-NO₂. La concentración N-NO₂ iniciales del efluente disminuyeron considerablemente a valores por debajo de 0.036 mg/L, esto es pudiera ser debido a la dinámica que impuso la presencia de *E. crassipes* en el sistema.

Coliformes totales y fecales. Los resultados presentaron que el sistema con *E. crassipes* hubo una disminución de la presencia de Coliformes totales (< 2 NMP/100mL) y ausencia de Coliformes fecales. Esto pudiera ser debido a los cambios nutricionales y ambientales impuestos por la presencia de *E. crassipes*.

Etapa 2. Optimización del proceso de extracción de fructanos.

Cuantificación de fructanos. Los fructanos fueron cuantificados utilizando el kit de Megazyme para fructanos (Megazyme fructan assay kit), de acuerdo a los métodos 999.03 de la AOAC y 32-32.01 de la AACC; para la medición específica de fructanos en extractos de planta y productos alimenticios que contienen almidón, sacarosa y otros azúcares.

Diseño Box-Behnken de superficie de respuesta. Para la optimización del proceso de extracción de fructanos de *E. crassipes* se utilizó un diseño factorial tipo Box-Behnken 3³ con 15 corridas experimentales. Los tres factores de estudio se presentan en la tabla 2, los cuales fueron; temperatura (°C); tiempo de extracción (min) y la relación líquido-sólido (mL/g)

Tabla 10.1 Factores estudiados y sus niveles

| Factores | Niveles | | |
|----------------------|---------|----|-----|
| | -1 | 0 | 1 |
| A: T (°C) | 60 | 75 | 90 |
| B: t (min) | 30 | 75 | 120 |
| C: RLS (ml/g) | 4 | 5 | 6 |

La metodología de superficie de respuesta (MSR) es una colección de técnicas estadísticas y matemáticas útiles para el desarrollo, mejora y optimización de procesos. La aplicación más amplia de la MSR es en el ámbito industrial, particularmente en situaciones donde algunas variables de entrada influyen potencialmente algunos aspectos de las características de un proceso o producto (Myers, Montgomery, & Anderson-Cook, 2009). Tomando en cuenta los factores y los niveles mostrados en la tabla 2, el software estadístico STATGRAPHICS Centurion XV ©StatPoint Inc., 1982-2007, propuso 15 experimentos donde se combinaron los factores estudiados a diferentes niveles (Box, Huter, & Hunter, 2008). En la tabla 10.1 se observan las 15 combinaciones de experimentos con los resultados de extracción de fructanos; en donde se puede observar que los valores de extracción fueron desde 52.27 hasta 257.09 mg/L. El valor máximo de extracción se encontró en el experimento 14 a una temperatura de 75°C, tiempo de 75 minutos y RLS de 5 ml/g. Al aplicarse el análisis de regresión sobre los datos experimentales, la variable respuesta y los factores estudiados se obtuvo la siguiente ecuación (1).

$$\text{Fructanos (mg/l)} = -4035.07 + 48.1789*T + 10.8934*t + 848.541*RSL - 0.227811*T^2 - 0.0298301*T*t - 2.6047*T*RSL - 0.0577764*t^2 - 65.2588*RSL^2 \quad (10)$$

En la tabla 10.2 se muestra un resumen del análisis de varianza (ANOVA) aplicado sobre el modelo estadístico. El coeficiente de determinación R^2 fue de 89.04 lo que indica que el modelo ajustado explica el 89.04% del comportamiento de la variable respuesta. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 adj) fue de 74.42%, lo cual indica un buen grado de correlación entre los valores observados experimentalmente y los calculados por el software. De acuerdo al ANOVA, los factores A, B y C fueron estadísticamente significativos ($P < 0.05$) con respecto al porcentaje de extracción de fructanos y se observó una interacción significativa entre los factores AA, BB y CC (Tabla 4). Lo anterior indica que los factores que afectan de manera significativa el porcentaje de extracción de fructanos son la temperatura, el tiempo de extracción y la RLS.

Tabla 10.2 Matriz del diseño Box-Behnken y respuesta experimental de la variable dependiente

| Experimento | Temperatura (°C) | Tiempo (min) | RLS (ml/g) | Fructanos (mg/l) |
|-------------|------------------|--------------|------------|------------------|
| 1 | 75 | 75 | 5 | 254,45 |
| 2 | 60 | 120 | 5 | 83,21 |
| 3 | 90 | 120 | 5 | 69,34 |
| 4 | 75 | 120 | 6 | 80,01 |
| 5 | 60 | 30 | 5 | 65,07 |
| 6 | 90 | 30 | 5 | 131,75 |
| 7 | 75 | 75 | 5 | 255,25 |
| 8 | 75 | 30 | 4 | 74,14 |
| 9 | 75 | 120 | 4 | 86,94 |
| 10 | 90 | 75 | 4 | 118,95 |
| 11 | 75 | 30 | 6 | 52,27 |
| 12 | 60 | 75 | 6 | 237,36 |
| 13 | 90 | 75 | 6 | 57,61 |
| 14 | 75 | 75 | 5 | 257,09 |
| 15 | 60 | 75 | 4 | 142,41 |

Tabla 10.3 Análisis de varianza del modelo polinomial para la variable dependiente

| Fuente | Valor-P |
|---------------|---------|
| A:Temperatura | 0,2328 |
| B:Tiempo | 0,9748 |
| C:RSL | 0,9676 |
| AA | 0,0493 |
| AB | 0,3538 |
| AC | 0,0991 |
| BB | 0,0014 |
| CC | 0,0204 |

Lingyun *et al.*, (2007) realizaron un estudio para encontrar el punto óptimo de extracción de inulina en alcachofas de Jerusalén (*Heliantus tuberosus*) por medio de un análisis de superficie de respuesta, encontrando que los factores que influyeron significativamente en el porcentaje de extracción de inulina fueron la temperatura del agua de extracción y la relación agua-sólido.

Cai *et al.*, (2008) encontraron que la temperatura del agua de extracción, relación agua sólido y el tiempo de extracción afectaron el porcentaje de extracción de polisacáridos de nopal (*Opuntia milpa alta*). Xulie *et al.*, (2007) encontraron que la temperatura del agua para la extracción, la relación agua sólido, el tiempo de extracción y el tamaño de partícula tienen influencia en el porcentaje de extracción de polisacáridos a partir de un hongo comestible (*BaChu mushroom*). A partir de la ecuación 1, se generaron las gráficas de superficie de respuesta relacionando la extracción de fructanos en función de la temperatura, tiempo de extracción y relación líquido-sólido.

En la figura 10 (a) se observa el efecto de la temperatura y el tiempo sobre la cantidad de extracción de fructanos a una RSL fija. En este caso se aprecia que el porcentaje de extracción máximo es cercano al punto central del gráfico con respecto a la temperatura. Este mismo comportamiento se observa en la figura 10 (b), que relaciona el efecto de la temperatura y la RSL de extracción a un tiempo fijo. Lo anterior refleja que a temperaturas cercanas a los 90°C la extracción de fructanos se ve afectada, esto debido posiblemente a la hidrólisis de los fructanos provenientes del Jacinto de agua (*Eicchornia crassipes*). La figura 10 (c) muestra el efecto de la relación tiempo y RSL sobre el porcentaje de extracción a una temperatura fija. En este caso se observa claramente el efecto del tiempo sobre el porcentaje de extracción, apreciándose que a tiempos mayores a 90 minutos la cantidad de extracción de fructanos disminuye. La forma general de los tres gráficos indica que los tres factores estudiados tienen un efecto en el porcentaje de extracción de fructanos, siendo los más influyentes la temperatura, el tiempo de extracción y la relación agua sólido respectivamente.

De acuerdo al software estadístico, los valores óptimos de los diferentes factores que influyen en el porcentaje de extracción de fructanos se muestran en la tabla 5. Con la finalidad de validar el análisis de superficie de respuesta, se llevó a cabo la obtención del extracto líquido de fructanos con las condiciones óptimas antes mencionadas y la cantidad de fructanos obtenidos fue de 246.34 ± 12.81 mg/l ($n = 3$). El valor obtenido fue cercano al valor teórico predicho, lo que indica que el modelo utilizado fue adecuado para explicar los datos experimentales con respecto a los valores teóricos. Resulta difícil comparar las cantidades de extracción de fructanos (como polisacáridos) obtenidos en este estudio con respecto a lo reportado por otros autores, (Xulie *et al.*, 2007; Cai *et al.*, Ying *et al.*, 2008), debido a que el material utilizado para realizar la extracción de polisacáridos es un extracto semi-purificado, mientras que en esta investigación la extracción se llevó a cabo directamente sobre la materia prima sin que esta sufriera modificación alguna, esto con la finalidad de obtener información que pudiera ser aplicada directamente como una oportunidad de aprovechamiento industrial de *E. crassipes*, donde generalmente el proceso de extracción de polisacáridos inicia con una extracción sólido-líquido, obteniéndose un extracto líquido sobre el cual se realizan operaciones de separación hasta llegar al producto final.

Figura 10 Superficie de respuesta resultantes del modelo polinomial correspondiente a la variable dependiente (a) temperatura vs. Tiempo; (b) temperatura vs. RSL; (c) tiempo vs. RSL.

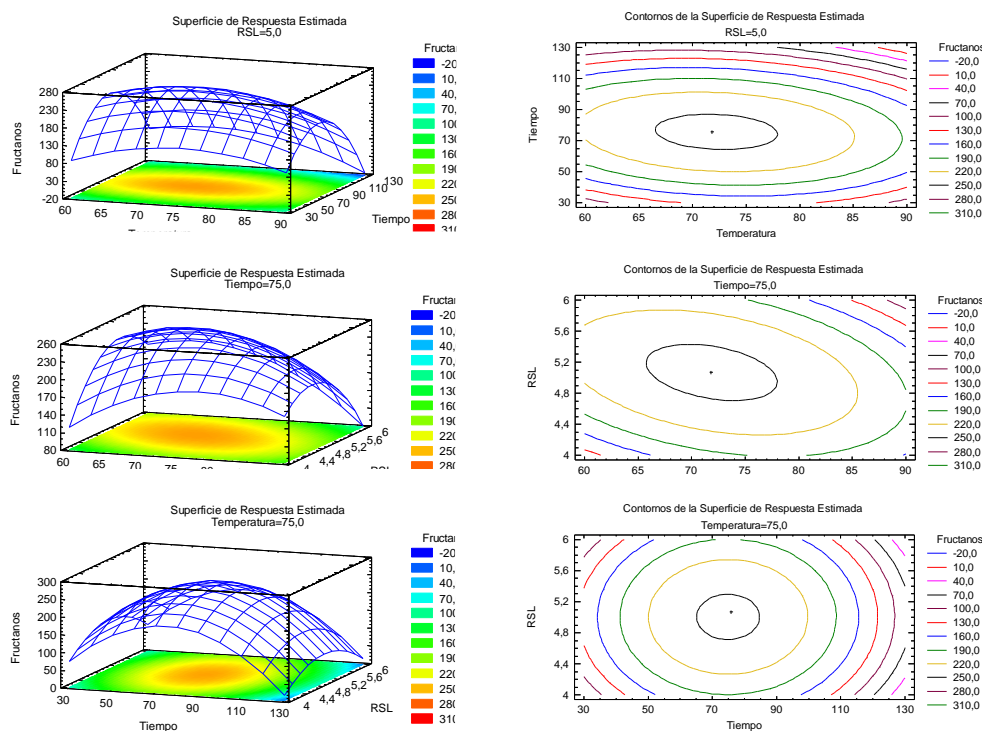


Tabla 10.4 Valores óptimos obtenidos con el análisis de superficie de respuesta para la extracción de fructanos de *E. crassipes*.

| Factor | Niveles | | |
|----------------------------|---------|------|--------|
| | Bajo | Alto | Óptimo |
| Temperatura (°C) | 60 | 90 | 71.81 |
| Tiempo (min) | 30 | 120 | 75.73 |
| RSL (ml/g) | 4 | 6 | 5.07 |
| Valor óptimo = 257.61 mg/l | | | |

Con respecto a los estudios antes mencionados, Xulie *et al.*, (2007) determinaron las condiciones óptimas de extracción de polisacáridos del hongo *BaChu mushroom*, obteniendo un porcentaje de extracción del 8.73%, a una temperatura de 94°C, RSL de 6 y un tiempo de extracción de 10 horas. Cai *et al.*, (2008) extrajeron polisacáridos de nopal (*Opuntia milpa alta*), encontrando a través de un diseño de superficie de respuesta que el máximo porcentaje de extracción de polisacáridos fue del 0.694% a una temperatura de 86.1°C, RSL de 3.72 y tiempo de extracción de 3.61. Ying *et al.* (2008) optimizaron la extracción de polisacáridos de *Lycium barbarum*, obteniendo un porcentaje de 22.56% a una temperatura de 100°C, RSL de 31.2 y tiempo de 5.5 h. Arango-Bedoya *et al.*, (2011) reportaron la extracción de inulina a partir de Yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl) con un rendimiento óptimo de 20.7% bajo condiciones de extracción de 23 min a 82.2 °C y relación solvente-materia prima de 4.5 l/500 g (9 ml/g).

Jing-en *et al.*, (2011), encontraron valores óptimos para la extracción de polisacáridos de 86.9°C para la temperatura, 4.1 h para el tiempo y una relación agua-sólido de 17.7:1 para un rendimiento de 37.84%.

Song *et al.*, (2012) estudiaron la extracción de carbohidratos de Ginkgo (*Ginkgo biloba*) encontrando que los valores óptimos para los factores fue de RSL de 4, temperatura de 95°C y un tiempo de extracción de 120 min. Dianhui (2012), realizó el estudio de la optimización en la extracción de polisacáridos de *Dioscorea nipponica* Makino obteniendo las condiciones óptimas de 95°C, 134 min RSL de 33:1, para una extracción de 3.82%. En el caso de *Pomegranate peel*, Caiping y Xiaolin (2013) obtuvieron que las condiciones óptimas para tener una extracción del 10.358% de polisacáridos fue 98°C, RSL 37 ml/g y 1.9 h de extracción.

10.5 Conclusiones

El uso de aguas residuales provenientes de plantas acuícolas resultaron adecuadas para para el crecimiento *E. crassipes*.

Los factores que afectan significativamente ($P < 0.05$) la extracción de fructanos a partir de *E. crassipes* fueron la temperatura, el tiempo y la relación líquido-sólido.

Los valores óptimos para la extracción de fructanos a partir de *Eicchornia crassipes* fueron: temperatura de extracción 71.81°C, tiempo de extracción 75.72 minutos y una relación líquido-sólido de 5.07 ml/g; obteniéndose con lo anterior un valor teórico de extracción de 257.61 mg/L de fructanos.

10.6 Referencias

- Arang, O; Cuarán, G & Fajardo, J. (2008). Extracción, cristalización y caracterización de inulina a partir de Yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl) para su utilización en la industria alimentaria y farmacéutica. *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 6(2): 14-20
- Arrazola, D F. (1969). Estudio del Contenido de Azúcares en la piña del agave tequilana. Tesis de licenciatura. Facultad de Química Universidad Autónoma de Puebla. México, p. 4, 5.
- Box G; Hunter, J & Hunter, W. (2008). Estadística para Investigadores. Reverté. México.
- Cai, W, Gu, X. & Tang, J. (2008). Extraction, purification and characterization of the polysaccharides from *Opuntia milpa alta*. *Carbohydrates polymers*, 71: 403-410.
- Chacón-Villalobos A. (2006). Perspectivas agroindustriales actuales de los oligofruetosacáridos (FOS). *Agromía Mesoamericana* 17(2): 265-286.
- Fang, Y Y., Yang, X E., Qing, CH., Min P P, Feng, DH, & Rengel, Z. (2007). Phytoremediation of nitrogen polluted water using water hyacinth. *Journal of Plant Nutrition*.30:1765-1770.
- Jing-En, L; Shao-Ping, Y, Zeng-hui Q & Ming-yong X. (2011). Extraction optimization, characterization and bioactivity of crude polysaccharides from Herba Moslae. *Carbohydrate Polymers*. 83 (3): 1201-1206.

- Lajolo F. (2006). Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos. EdUSP. 200-204.
- Lingyun, W.; Jianhua, W.; Xiaodong, Z.; Da, T.; Yalin, Y.; Chenggang, C.; Tianhua, F. & Fan, Z. (2007). Studies on the extracting technical conditions of inulin from jerusalem artichoke tubers. *Journal of Food Engineering*. 79: 1087-1093.
- López, M. G., Mancilla-Margall, N. A. & Mendoza-Díaz, G. (2003). Molecular structures of fructans from agave Tequilana weber var. azul. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 51:7835-7840.
- Luo, D. (2012). Optimization of total polysaccharide extraction from *Dioscorea nipponica* Makino using response surface methodology and uniform design. *Carbohydrate Polymers*. 90 (1): 284-288.
- Mancilla-Margall, N. A. & López, M. G. (2006). Water-soluble carbohydrates and fructan structure patterns from agave and daisyliirion species. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 54:7832-7839.
- Myers, R; Montgomery, D; & Anderson-Cook, C. (2009). Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments. John Wiley & Sons. USA
- Salazar-Leyva J. A., Zazueta-Patrón I. E., Brito-Rojas H. D., Osuna-Ruiz I., Rodríguez- Tirado V. A., Regalado-Rivera R. & Lízarraga-Vidal V. M. (2010). Obtención de Fructanos de Agave *Tequilana weber cv. azul* Cultivado en el Estado de Sinaloa. Memorias. VII Congreso del Noroeste y III Nacional de Ciencias Alimentarias y Biotecnología. Hermosillo Son., 8 -13 de Noviembre.
- Sánchez, R. R., Beltrán, O. S. P., Araiza, L. N., Rodríguez-Tirado V.A., & Amézcua-Vega. C. (2011). Estudio de *E. crassipes* sobre efluentes provenientes de granjas acuícolas. Memorias. XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Querétaro., 19-24 de Junio.
- Sipaúba-Talavares L. H, Fávero, E. G. P. & Braga, F. M. S. (2002). Utilization of macrophytebiofilter in effluent Fromm aquaculture: I. Floating plant. *Brazilia Journal Biology*. 62(4A) 713-723.
- Song, L; Mei, A; Hu, Y; Zhang, J & Chai, X. (2012). Response surface optimized extraction of carbohydrate compound from Folium Ginkgo and its bioactivity. *Carbohydrate Polymers*. 88(1): 112-117.
- Xujie, H & Wei, C. (2007). Optimization of extraction process of crude polysaccharides from wild edible *BaChu mushroom* by response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 72: 67-74.
- Yin, G. & Dang, Y. (2008). Optimization of extraction technology of the *Lycium barbarum* polysaccharides by Box-Behnken statistical design. *Carbohydrate Polymers*. 74: 603-610.
- Zhu, C; & Liu, X. (2013). Optimization of extraction process of crude polysaccharides from *Pomegranate peel* by response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*. 92(2): 1197-1202.

Obtención y caracterización del jugo de caña de azúcar y su viabilidad económica

Erick López, Mayra Sánchez, Sandro Cid, Jorge Herrera, Miguel Benítez, María Tzoni, Alfonso Monterrosas, Hilario Muñoz y Nardo Peral

E.López, M.Sánchez, S.Cid, J.Herrera, M.Benítez, M.Tzoni, A.Monterrosas, H.Muñoz y N. Peral.
Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Prolongación Reforma 168, Santiago Mihuacan, 74420 Izúcar de Matamoros, Puebla.

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

Sugarcane juice (*Saccharum* spp.) is a viscous liquid, opaque color which is highly appreciated by its energy and refreshing properties. Previous studies have shown that sugarcane juice could be a potential source of flavonoid compounds. The main problem of this product is their limited shelf life due to fermentation processes.

The aim of this paper is to improve the presentation of the sugarcane juice, providing greater stability, characterize the functional components of interest as well as the realization of a preliminary financial analysis on its economic viability. The obtained results showed values allowed by the official Mexican Standards. The juice was accepted by consumers, with 78%. With respect to the identification of the main polyphenolic compounds in the sugarcane juice were obtained concentrations EPG of 4.34 mgmL⁻¹ and of Luteolin and caffeic acid: 0.13 y 0.51 mgmL⁻¹ respectively, which gives a significant functional value to this product, which is looking to spread the benefits of their consumption. The profitability indicators were: PE = \$ 972.780 (97.278 units), RB / C = 1.155, NPV = \$ 814,274.83 and IRR = 37.5%. According to the results, the project is viable, recouping investment after the third year.

11 Introducción

En el estado de Puebla, municipio de Tepeojuma, existe una sociedad de productores denominada "Alianza Caña Sur S. P. R. de R. L.", quienes a principios del año 2009 inician con la venta de jugo de caña de azúcar.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una gramínea ampliamente distribuido por todo el mundo. En México se produce alrededor de 44 Ton. de caña de azúcar (periodo de zafra 2010-2011) en el cual los principales estados productores de este cultivo son Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Chiapas, Oaxaca, Puebla, entre otros estados. En el estado de Puebla, se cultiva en 15 municipios como son Izúcar de Matamoros, Chietla, Chiautla de Tapia, Huehuetlán el Chico, Jolalpan, Tlapanalá, Tilapa, Tepexco, Teotlalco y Tepeojuma, por mencionar algunos ^{1), 2)}.

El jugo de caña (*Saccharum spp.*) es un líquido viscoso, de color opaco que va del marrón al verde oscuro y que se consume como una bebida natural, muy apreciada por sus propiedades energéticas y refrescantes; disponible en las cercanías a las zonas cañeras, donde se obtiene de manera artesanal. Está constituido por agua y un conjunto de sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos en suspensión son residuos fibrosos, los solubles son los azúcares, sacarosa, fructosa y componentes orgánicos o comúnmente llamados "no azúcares" (grasas, ceras, pectinas, ácidos orgánicos y colorantes); además de cenizas⁹. El jugo de caña de azúcar podría ser relevante en su ingesta para el consumidor debido a que este contiene ácidos fenólicos, flavonoides y otros compuestos de interés; un extracto de caña de azúcar se encontró que contiene 160 mg/L de moléculas polifenólicas ⁶.

El jugo después de ser extraído se debe consumir en un lapso de tiempo corto debido a que se deteriora muy fácilmente después de algunas horas, fermentándose y perdiendo sus propiedades sensoriales⁹.

Los métodos más utilizados para la estabilización de jugos de frutas son la pasteurización, tratamiento por UV; conservadores químicos, y por frío³.

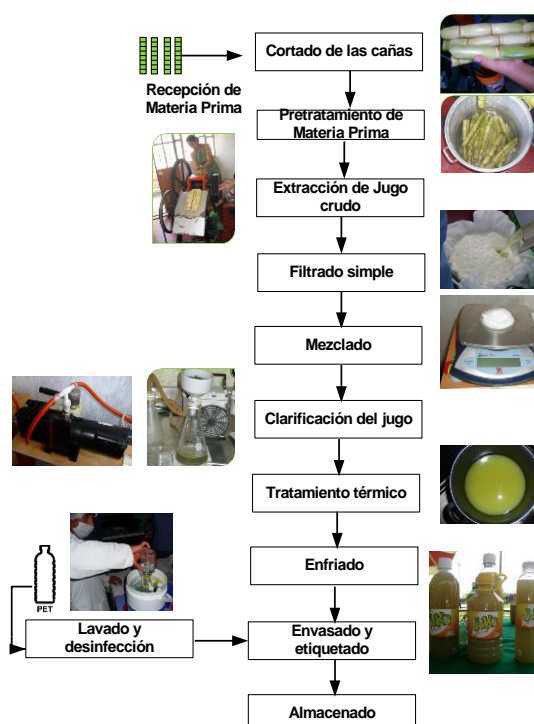
El objetivo del presente trabajo fue, obtener un proceso de estabilización química del jugo de caña de azúcar envasado en botellas PET, lo cual podrá ser utilizado en beneficio de productores del municipio de Tepeojuma, Puebla. Por otra parte, se evaluó la caracterización del jugo en relación a sus componentes de interés funcional así como la viabilidad del proyecto mediante estudios económicos y financieros mediante el cálculo de los costos de producción, así como, indicadores económicos y financieros: (PE), (RB/C), (VAN) y (TIR).

11.1 Material y metodos

Material prima: Se utilizo caña de azúcar de la variedad caña “criolla” (*Saccharum officinarum*), variedad que presenta un abundante jugo y de mayor riqueza en sacarosa²), obtenida en el municipio de Tepeojuma, Puebla. Además se utilizó metabisulfito de potasio, ácido cítrico, carbón activado, Hipoclorito de Sodio, benzoato de sodio. Botellas PET.

Proceso de estabilización química del jugo. La experimentación y las pruebas realizadas para la obtencion del jugo de caña clarificado y estabilizado químicamente se muestra de manera esquemática en la Figura 11, basandose en la investigación realizada y publicada en el trabajo de Chauhan y colaboradores en el 2002.

Figura 11 Proceso de estabilización química de jugo de caña de azúcar variedad “caña criolla”



El proceso de estabilización química del jugo se llevo a cabo de la siguiente manera: Las cañas a ser procesadas fueron previamente seleccionadas, lavadas y cortadas para después dejarlas en inmersión con una solución de ácido cítrico-metabisulfito de potasio (0.01/0.1%) durante dos horas de inmersión. La extracción del jugo de caña se llevo a cabo mediante un trapiche mecánico. Para la filtración sencilla se utilizo un tamiz con tamiz de porosidad 0.246 mm. Para el mezclado se pesó ácido cítrico (0.4 g/L) y metabisulfito de potasio (0.16 g/L) y se mezclo adecuadamente. El proceso de clarificación se realizó mediante adsorción con carbón activado filtrado y su posterior paso a través de un papel filtro de membrana de celulosa con porosidad "F" (porosidad 12 µm.) aplicando un vacío de 30 mm Hg. El jugo obtenido se sometió a un tratamiento térmico a 70 °C por 10 min con agitación ligera. El envasado se llevo a cabo, previo enfriamiento del jugo (55 °C), en botellas PET esterilizadas. El almacenado se realiza a temperatura ambiente en lugar templado y alejado de la luz solar.

Análisis Fisicoquímicos, Microbiológicos y Sensoriales. Se realizaron análisis fisicoquímicos al jugo, antes y después de estabilizarlo químicamente, Estos fueron pH (NMX-F-266-1987), °Brix (NMX-F-436-1982), acidez titulable (ISO 750:1998) y turbidez. Los análisis fueron hechos por triplicado. En el caso de los análisis microbiológicos, coliformes totales, mohos y levaduras y mesófilos aerobios; se realizaron por la técnica de Petrifilm™ 3M™ los cuales se basan en técnicas AOAC y se regulan en normas ISO y AFNOR. Los resultados fueron evaluados conforme a las normas NTE INEN 2 337:208 para coliformes totales y NOM-130-SSA1-1995 para mesófilos aerobios así como para hongos y levaduras.

Análisis Sensorial. Se realizó un análisis sensorial preliminar en el que se utilizó una escala hedónica de 10 puntos y se aplico a 30 consumidores habituales de jugos⁸.

Análisis componentes del jugo. Después de la estabilización del jugo se procedió a identificar y cuantificar tres de los antioxidantes que se han reportado en la composición del jugo de caña (Epigallocatequina, Luteolin y ácido cafeico) mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución. Se usaron tres estándares para el establecimiento de parámetros de cuantificación mediante curvas de calibración, Los estándares de (-) Epigallocatequina, Luteolin y Acido cafeico fueron adquiridos con Sigma Aldrich. Los solventes, acetonitrilo, metanol y agua fueron de grado HPLC de la marca Fermont.

Extracción por SPE. Antes de la extracción por SPE el jugo se homogeneizó, a una proporción de jugo/agua tridestilada (1:5) v/v , se utilizaron cartuchos (Supelclean ENVI-Carb SPE) de 6 mL (0.25 g) de Supelco, se lavaron con 10 mL de metanol (MeOH), y se acondicionaron con 10 mL de MeOH .

Posteriormente se cargó un volumen de 50 mL de jugo previamente homogenizado, en seguida se secaron los cartuchos al vacío durante 15 min, finalmente se eluyeron los analitos con 10 mL de MeOH (FM), 10 mL de MeOH acidificado al 1% con ácido fosfórico (FMA) y 5 mL de acetonitrilo (FAC), los extractos se juntaron y concentraron en rotavapor hasta un volumen final de 1.5 mL.

Análisis por HPLC. Los extractos eluidos fueron analizados en un cromatógrafo de líquidos Perkin Elmer Series 200 conectado a un detector UV/VIS 785 A, usando una columna RP-18 de 250 x 4.6 mm d.i 5 μ m C18 de la misma firma, los extractos fueron analizados a tres longitudes de onda diferentes según el compuesto que se deseaba identificar; 352 nm para flavonoides (Luteolin), 280 nm para catequinas ((-)Epigallocatequina) y 330 nm para ácidos orgánicos (Ácido cafeico), se utilizaron tres gradientes diferentes para la identificación de los compuestos polifenólicos. Para la identificación de catequinas se utilizaron como: fase A metanol y fase B acetonitrilo, con un flujo de 0.5 mLmin⁻¹ y un gradiente lineal de 100% de A a 100% de B en 5 min, posteriormente 2 min con 100 % de B y finalmente de 100 % de B a 100 % de A en gradiente lineal durante 5 min. Para flavonoides fase A metanol acidificado al 1% con ácido fosfórico y agua/metanol (9:1) v/v, con un flujo de 0.8 mLmin⁻¹ y un gradiente lineal de 100 % de B a 100 % de A durante 10 min. Para ácidos orgánicos, fase A metanol acidificado al 1% con ácido fosfórico y agua/metanol (9:1) v/v, inicialmente se mantiene un flujo de 0.5 mLmin⁻¹ de A durante 10 min, posteriormente de 100 % de A a 100 % de B en gradiente lineal durante 3 min, y finalmente 8 min con 100 % de A.

Cuantificación. Para la elaboración de las curvas de calibración se prepararon soluciones patrón de cada uno de los estándares a una concentración de 150, 200 y 500 ngmL⁻¹ para Luteolin, (-) Epigallocatequina y ácido cafeico respectivamente, y a partir de estas soluciones se prepararon 8 diluciones las cuales fueron analizadas con las condiciones cromatográficas que se mencionan en el párrafo anterior. Los porcentajes de recobro se analizaron mediante la fortificación de una muestra de sacarosa al 20 % en agua HPLC, la cual fue fortificada con los tres estándares a una concentración de 2000 ngmL⁻¹, estas muestras fueron extraídas con la misma metodología que las muestras de jugo de caña.

Estudio económico preliminar. Se realizó el estudio económico preliminar mediante el cálculo de los costos de producción y operativos con presupuestos proyectados a un periodo de 5 años así como, la determinación de indicadores económicos y financieros: Punto de Equilibrio (PE), Relación Beneficio/Costo (RB/C), Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR); obteniendo valores que proporcionen criterios para la determinación de la inversión y del proyecto a realizar.

11.2 Resultados y discusión

Los resultados obtenidos muestran un rendimiento promedio del 55 % de jugo considerando un peso promedio de caña de 1.250 Kg. Los resultados del análisis fisicoquímico realizado al jugo se aprecian en la Tabla 1. El valor de pH y acidez titulable (ácido cítrico como referencia) promedio, en el producto; fue de 4.5 ± 0.2 y 0.18 %, respectivamente. El valor final de °Brix fue de 22 ± 1 . Con respecto a la turbidez del jugo, ésta se redujo en más del 80% con un valor final de 250 NTU.

Los análisis microbiológicos realizados al producto final muestran valores permitidos por las normas oficiales mexicanas debido a que se aplicaron Buenas Prácticas de Manufactura (Tabla 11.1).

En Brasil 2006, se realizaron estudios microbiológicos al jugo de caña natural y que se vende en pequeños expendios; la evaluación estuvo dirigida a: Coliformes Totales y termotolerantes, bacterias heterotróficas, *Salmonella* y parásitos en jugo de caña sin procesar⁷.

Los resultados obtenidos muestran contaminación en la mayoría de los análisis realizados con ausencia de *Salmonella* y parásitos.

Tabla 11 Características fisicoquímicas promedio del jugo de caña de azúcar, antes y después de la estabilización química.

| Parámetro | Como Materia Prima | Como Producto final |
|----------------------|--------------------|---------------------|
| pH | 5.35 ± 0.05 | 4.5 ± 0.2 |
| °Brix | 19 ± 1 | 22 ± 1 |
| Acidez Titulable (%) | 0.52 ± 0.01 | 0.18 |
| Turbidez (NTU) | >1000 | 250 |

Tabla 11.1 Análisis microbiológico del jugo de caña de azúcar

| Jugo de caña de azúcar estabilizado | | |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------|
| | Valores obtenidos | Valores permitidos |
| ¹ Coliformes totales | < 3 UFC/mL | < 3 UFC/mL |
| ² Mesófilos Aerobios | < 13 UFC/mL | < 100 UFC/mL |
| ² Hongos y levaduras | <1 UFC/mL | <25 UFC/mL |

¹NTE INEN 2 337:208; ²NOM-130-SSA1-1995

El trabajo refiere una necesidad de capacitar a la gente en Buenas Prácticas de Manufacturas. Un aspecto importante que maneja la investigación es de ajustar el pH en un rango de 3.40 a 5.34, para evitar el crecimiento de diversos microorganismos que puedan causar enfermedades a partir del consumo de alimentos⁷.

En muchas ocasiones, la inestabilidad del jugo de caña es producida por la flora microbiana nativa (*Leuconostoc mesenteroides*), cuya acción tiene como resultado la degradación de azúcares con la consecuente generación de compuestos que modifican de manera significativa el olor y sabor característicos del jugo. Por otro lado, la acción de enzimas, como Polifenoloxidasas (PPO) y Peroxidasas (POD), contribuye a la coloración marrón del jugo³. La adición de ácidos orgánicos, como ácido cítrico o ascórbico al jugo de caña, ofrece un producto con un color y aroma agradable al consumidor, además de las bondades que ofrecen como antioxidantes. En el 2002, Chauhan y colaboradores, en estudios de preservación de jugo de caña de azúcar; encontraron valores de pH, acidez titulable, y grados Brix de 5.08, 0.86 % y 21.9, respectivamente. Por su parte Solís y colaboradores en el 2010 durante la obtención de jarabes fructosados a partir de jugo de caña de azúcar presentan valores de pH y °Brix de 4.22 y 17.8%, respectivamente; después de un tratamiento de ultrafiltración con membrana polimérica.

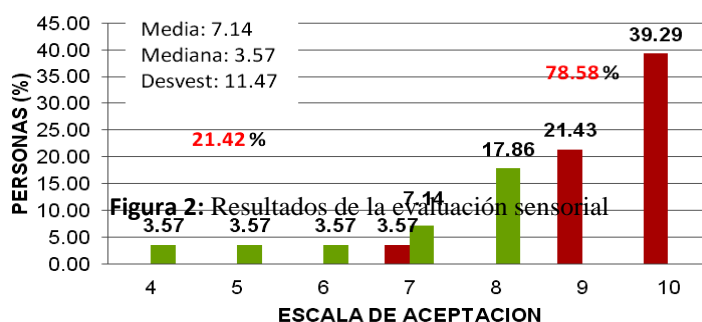
Por su parte, Leitón y Ramírez en el 2008 obtuvieron valores de parámetros fisicoquímicos, durante la purificación y estabilización del jugo de caña de azúcar, de 4.67, 19.87 y 247.33 NTU de pH, °Brix y Turbidez; respectivamente; cuando el jugo fue sometido a 65 °C por 29 min. En los casos anteriormente mencionados existe mucha similitud en el procesado del jugo, ejemplos, uso de carbón activado, aditivos químicos y el uso de una membrana polimérica para clarificación. Como hemos visto los resultados resultaron ser muy similares.

El uso de carbón activado permite remover compuestos que confieren olores y colores pero no elimina compuestos inorgánicos¹⁰.

El metabisulfito de potasio es conocido por inhibir el crecimiento de hongos y levaduras además ser ampliamente utilizado como conservador de alimentos, además disminuye los cambios en el contenido de sólidos solubles totales debido a la restricción del crecimiento de actividad microbiana sin dejar de mencionar la protección que ofrece a mantener los valores de pH y acidez titulable a temperatura ambiente. La adición de ácidos orgánicos como ácido cítrico o ascórbico al jugo de caña pasteurizado restringe la degradación de sólidos solubles totales durante el almacenamiento a temperatura ambiente (30 °C) y posteriores cambios en la viscosidad del jugo⁴.

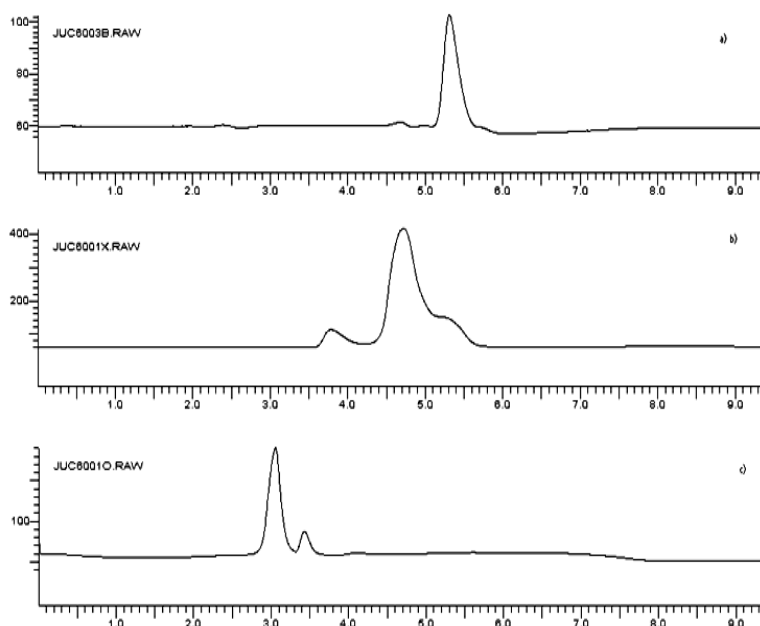
El análisis sensorial fue aplicado a un panel de 30 personas, los resultados (Figura 2) muestran que el jugo de caña tuvo una aceptación de 78.58 %. Considerando una aceptación adecuada para este tipo de productos de tipo dulce pero natural.

Gráfica 11 Evaluación sensorial de jugo de caña carificado (AyM)



En la gráfica 11 se muestran los cromatogramas del análisis del extracto de jugo de caña a tres longitudes de onda diferentes: 330, 352 y 280 nm, para ácido cafeico, luteolin y (-) epigallocatequina respectivamente.

Gráfica 11.1 Cromatogramas del análisis del extracto de jugo de caña a tres longitudes de onda diferentes, a) 330 nm, b) 352 nm y c) 280 nm



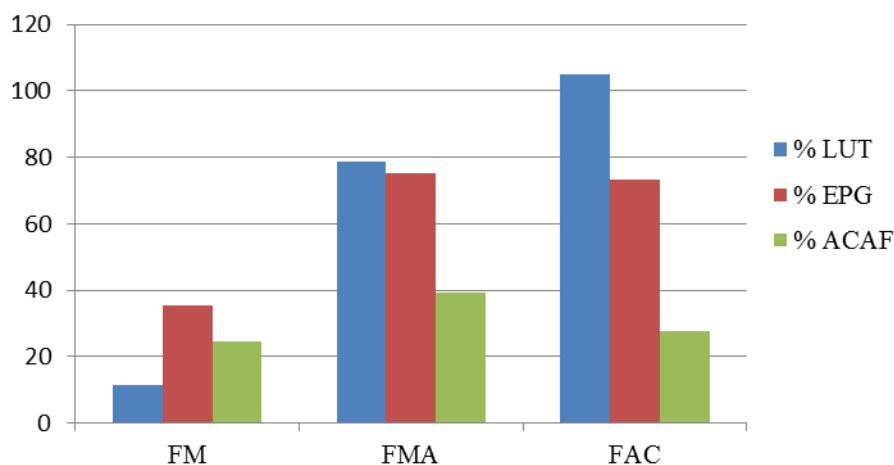
En la gráfica 11.1 se muestran los tiempos de retención para cada uno de los compuestos estudiados:

Tabla 11.2: Tiempo de retención para cada uno de los compuestos analizados.

| Compuesto | Tiempo de retención (min) |
|-----------------------|---------------------------|
| (-) epigallocatequina | 2.94 |
| Luteolin | 3.83 |
| Acido cafeico | 5.45 |

Se obtuvieron porcentajes de recuperación del 98 % para flavonoides (Luteolin), 35 % para ácido cafeico y de hasta el 78 % para (-) Epigallocatequina. Tal como se muestra en la figura 2 el acetonitrilo y la fase metanólica acidificada son las fases con las cuales eluyen en mayor porcentaje los tres analitos de estudio, lo cual muestra que es necesario acidificar la muestra para obtener mayores porcentajes de recuperación de compuestos polifenólicos, debido a que la fase metanólica eluyó un menor porcentaje a pesar de que fue la primera fase con la que se eluyó.

Gráfica 11.2 Porcentajes de recuperación de cada uno de los analitos de estudio en cada una de las fases de elución



El compuesto que se identificó en mayor cantidad fue la (-) Epigallocatequina con una concentración de 4.34 mgL^{-1} , del Luteolin se obtuvo una concentración de 0.52 mgL^{-1} y del ácido cafeico 0.13 mgL^{-1} , esto es debido a que la presencia de este compuesto es predominantemente en las hojas de la caña de azúcar⁶ y lo que se analizó en este trabajo fue el jugo. Además de estos tres compuestos, se detectaron algunos otros picos que aún se desconoce de qué compuesto se trata, sin embargo este trabajo ha sido útil para sentar la bases de trabajos posteriores que permitan una caracterización fitoquímica más completa.

Los costos de producción fueron de \$ 8.76 (PET de 500 ml). Considerando un precio de introducción en el mercado de \$10.00, las ganancias serían del 12.4 %.

El estudio económico se realizó considerando 5 años de operación y como resultados obtenemos los siguientes datos: Inversión inicial \$772,955.45 (aportación o capitalización por socios) considerando un capital de trabajo para 3 meses, TIR de 37.5%, VAN de \$814,274.83, RB/C=1.155 para el primer año, Punto de Equilibrio de \$972,780 (97,278 unidades); considerando una inflación del 5% anual y una tasa de riesgo del 30%. De acuerdo a los resultados obtenidos, el proyecto es aceptable, recuperando la inversión después del tercer año; sin embargo se tendría que realizar un estudio de mercado para establecer de manera más exacta el precio del producto en el mercado.

Tabla 11.3 Costos de Producción

| CONCEPTO | PERIODO ANUAL | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Materia Prima | 884,898.43 | 929,143.35 | 975,600.52 | 1,024,380.55 | 1,075,599.57 |
| Materiales Indirectos | 475,200.00 | 498,960.00 | 523,908.00 | 550,103.40 | 577,608.57 |
| Costo de Insumos | 49,069.63 | 51,523.11 | 54,099.27 | 56,804.23 | 59,644.44 |
| Mano de obra | 86,400.00 | 90,720.00 | 95,256.00 | 100,018.80 | 105,019.74 |
| Costo de Distribución | 73,920.00 | 77,616.00 | 81,496.80 | 85,571.64 | 89,850.22 |
| Otros costos | 95,449.80 | 100,222.29 | 105,233.40 | 110,495.07 | 116,019.83 |
| Costos Total de Producción | \$1,664,937.86 | \$1,748,184.76 | \$1,835,594.00 | \$1,927,373.69 | \$2,023,742.38 |

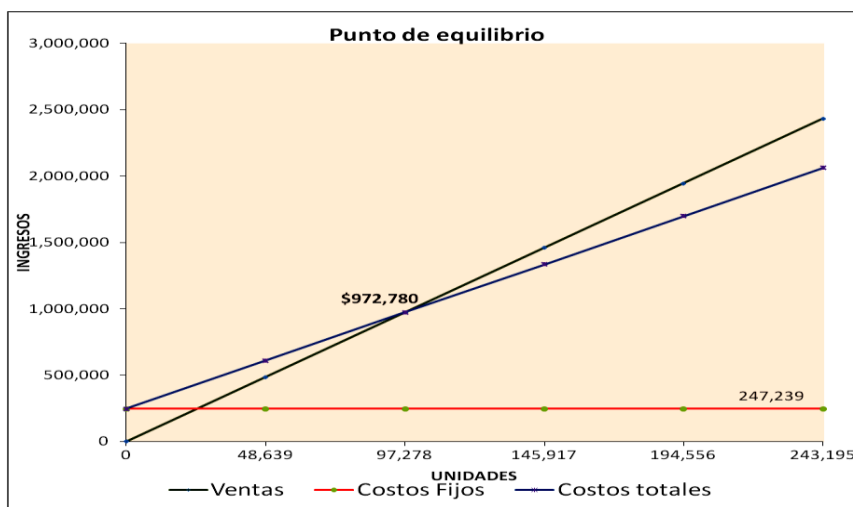
Tabla 11.4 Proyección de ingresos

| PRESUPUESTO DE INGRESOS | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| CONCEPTO | PERIODO ANUAL | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| PRODUCCION ANUAL | 190,080 | 199,584 | 209,563 | 220,041 | 231,043 |
| PRECIO DE VENTA | \$ 10.00 | 10.50 | 11.03 | 11.58 | 12.16 |
| TOTAL DE INGRESOS | \$ 1,900,800.00 | \$ 2,095,632.00 | \$ 2,310,434.28 | \$ 2,547,253.79 | \$ 2,808,347.31 |

Tabla 11.5 Cálculo de relación Beneficio-costo

| RELACIÓN BENEFICIO - COSTOS | | | | | |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| CONCEPTO | PERIODO ANUAL | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| INGRESOS | \$1,994,400.00 | \$2,198,826.00 | \$2,424,205.67 | \$2,672,686.75 | \$2,946,637.14 |
| EGRESOS | \$1,726,505.35 | \$1,812,830.62 | \$1,903,472.15 | \$1,998,645.76 | \$2,098,578.05 |
| RESULTADO | 1.16 | 1.21 | 1.27 | 1.34 | 1.40 |

Gráfica 11.3 Punto de equilibrio del jugo de caña de azúcar



11.3 Conclusiones

La clarificación del jugo de caña de azúcar mediante el uso de filtros de membranas poliméricas y su posterior estabilización mediante tratamiento térmico y aplicación de aditivos químicos ofrece un producto con condiciones fisicoquímicas características al jugo original, con valores microbiológicos que cumplen con la normatividad y adecuado a las exigencias del consumidor local.

Figura 11.1 Jugo de caña de azúcar estabilizado



El color del producto obtenido puede modificarse disminuyendo, aún más, la carga de sólidos presentes, durante la clarificación. Esto según las especificaciones y requerimientos de la sociedad de productores y consumidores.

Con respecto a la identificación de los principales compuestos polifenólicos en el jugo de caña muestra el valor nutricional de este producto, si bien la técnica que se utilizó no fue ideal para los tres compuestos analizados, se tiene la certeza de que estos compuestos están presentes. Es importante señalar que la distribución de estos compuestos es diferente en cada parte de la planta por lo que es necesario analizar diversas partes, pues en este estudio se observó que las catequinas son los flavonoides que se encuentran en mayor concentración en el jugo, sin embargo se ha reportado que la presencia de ácido cafeico y luteolin es mayor en las hojas de la caña de azúcar.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el proyecto es aceptable, recuperando la inversión después del tercer año; sin embargo se tendrá que realizar un estudio de mercado para establecer de manera más exacta el precio del producto en el mercado.

11.4 Agradecimientos

Especial agradecimiento a la Fundación Produce Puebla A. C. (FUPPUE) y al Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP), El Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI) por el financiamiento proporcionado ha dicho proyecto.

11.5 Referencias

Aguirre, M.; Poveda, C. Jugo de caña de azúcar envasado en vidrio. ESPOL. Ecuador. (2011).

Bucheli, Carolyn S. y S. P. Robinson. Contribution of enzymic browning to Color in Sugar Cane Juice. *J. Agric. Food. Chem.* 42. 257-261 (1994).

Caballero T., Angel E. “*Temas de Higiene de los Alimentos*”. Ed. Ciencias Médicas. Cuba (2008).

Chauhan O. P.; D. Singh; S. M. Tyagi y D.K. Balyan. Studies on Preservation of SugarCane Juice. *International Journal of Food Properties.* 5:1, 217-229 (2002).

Colombo R., Fernando M.,Yariwake J. *Determination of flavonoids in cultivated sugarcane leaves, bagasse, juice and in transgenic sugarcane by liquid chromatography-UV detection.* *Journal of Chromatography A.*, 1103118-124 (2006).

Duarte A. J. M., Vidal N. A., Fallarero L. A., Lajolo F. M. y Genovese M. I. Antioxidant Activity of Phenolics Compounds From Sugar Cane (*Saccharum officinarum* L.). *Plant Foods for Human Nutrition* **61**: 187–192 (2006).

García, O. A.C; Spano, S. A. S.; Paiva, S. C. y Oliveira, S. C. W. Microbiological evaluation of sugarcane juice sold at street stands and juice handling conditions in Sao Carlos, Sao Paulo, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 22(5) 1111-1114 (2006).

Leitón, R. F. P. y Ramírez C. M. H. *Purificación y Estabilización del jugo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L).* Tesis de ingeniería publicada. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. (2008).

Pedrero, F. D. y Pangborn, R. M. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Alambra Mexicana S. A. México. 63-105 (1997).

Unión Nacional de Cañeros, A.C.-CNPR.
http://www.caneros.org.mx/site_caneros/estadisticas/puebla.pdf. Consultado en 2010.

SIAP.2008.<http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/agricolas/cania/Descripcion2008.pdf>. Consultado en 2010.

Solís F. J.A.; K. Calleja Z.; M. del C. Durán-de-Bazúa. Desarrollo de Jarabes Fructosados de caña de azúcar a partir del Guarapo. Tecnol. Ciencia. Ed. (IMIQ). Vol. 25(1): 53-62 (2010).

Optimización del proceso de extracción de pectina de lima persa (*citrus latifolia tanaka*) de la zona de Cuitláhuac, Veracruz

Ismael Alatraste, Mary Cuervo, Félix Flores y Darney Martínez

I.Alatraste, M.Cuervo, F.Flores , D.Martínez
Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Avenida Universidad 253, Congregación Dos Caminos, 94910
Cuitláhuac, Veracruz-Llave.

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

This study presents the process optimization of pectin extraction by acid hydrolysis from lemon (*Citrus Latifolia Tanaka*). Raw material was donated by an orchard owner from the city of Cuitláhuac, Veracruz. The methodology followed was: raw material selection, washing, weighting, enzymatic inactivation, acid hydrolysis (T= 80 y 90°C/60 min.) and (pH = 1.5 y 2), filtration, precipitation, drying, grinding and packaging. Additionally, the quality of the obtained pectin was determined by the equivalent weight, content of anhidrouronic acid (AGA) and metoxil. The extraction yield was 7.25% on a dry basis, and the product presented a white appearance. The pectin obtained, according to the AGA and metoxil content, fell into a high metoxil classification, therefore a rapid gelification is expected. It is possible to conclude that the extraction of pectin from lemon is a viable option for the further exploitation of this fruit. Moreover, the process conditions that maximize the recovery yield are 80°C and an acid hydrolysis with a pH adjusted at 2, reaching the optimization objective of the present study.

12 Introducción

La lima persa (*C. latifolia Tan*), mejor conocida como limón sin semilla, es un cítrico de oblongo a ovoide, con una paila terminal ancha no muy pronunciada de 3.8 a 6.6 cm de largo e incluso mayor, de color amarillo brillante al madurar, con ligeras rugosidades con 8 a 10 segmentos. (Carrillo A. J., y Herrera M. M.P., 2010). Desde su incorporación a la gama de cultivos del trópico mexicano, ha mostrado ser una alternativa real para muchos productores y comerciantes de las regiones de Veracruz, Oaxaca y Tabasco. (Schwentesi R., y Gómez M A., 2005). La importancia de este cultivo radica en que se exporta hasta el 80 % de su producción, principalmente a los Estados Unidos. El Estado de Veracruz ocupa el primer lugar nacional en cuanto a volumen de producción de este cultivo. (Contreras *et al.*, 2008).

A pesar de que no toda la lima persa es exportada, existen otros usos a los que se ha destinado, como la venta al mercado nacional, la extracción del jugo e incluso en algunos casos se desecha. Debido a que se presentan temporadas con temperaturas altas y bajas, es necesario y urgente que los productores tengan nuevas alternativas de industrialización del fruto para mantener un equilibrio en la economía del productor y evitar mayores pérdidas (Carrillo y Herrera, 2010).

Lo interesante de los cítricos es que son ricos en pectinas de alto metoxilo, la cual es de gran uso en la industria, no sólo de los alimentos, sino también en otras áreas como la farmacéutica y cosmetológica. (Bazararte *et al.*, 2008). Los residuos de los cítricos están constituidos principalmente por pellets que se encuentran formados por el flavedo y albedo, los cuales se emplean para la obtención de pectina (Lario *et al.*, 2004).

Las pectinas son un grupo de polisacáridos vegetales estructurados básicamente por moléculas de ácido D-galacturónico unidas por enlaces glucosídicos, donde algunos de los carboxilos pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal. Las pectinas se usan en la industria alimentaria como gelificantes, espesantes, texturizantes, emulsificantes y estabilizantes, como sustitutos de grasas en alimentos de bajo aporte calórico y su aplicación más común es en la manufactura de mermeladas y jaleas.

Esta multifuncionalidad de la pectina es atribuida a la presencia de regiones polares y apolares dentro de una molécula, lo que permite incorporarla a diferentes sistemas alimenticios (Bazararte *et al.*, 2008).

Existen diferentes técnicas para la extracción de pectina a partir de tejidos vegetales, las cuales utilizan procedimientos físico – químicos, microbiológicos o enzimáticos. (Zapata *et al.*, 2009). En el presente trabajo se evalúa la extracción de pectina a partir de lima persa (*Citrus Latifolia Tanaka*) de la región centro de Veracruz por medio de un tratamiento fisicoquímico a nivel laboratorio. Al mismo tiempo se pretende establecer los parámetros críticos que maximicen su rendimiento de extracción.

12.1 Método

Materia Prima. La lima persa de primera calidad fue proporcionada por un agricultor de la zona de Cuitláhuac, Veracruz.

Preparación de la muestra. Al recibir la materia prima, esta se seleccionó, pesó y lavó eliminando toda cantidad de polvo presente en el fruto. El pelado se llevó a cabo de forma manual. Así mismo se pesaron 25 g de flavedo y 25 g de albedo.

Diseño de experimentos. Con el objetivo de optimizar el rendimiento de la pectina por extracción química se empleó un diseño factorial 2². El primer factor fue la temperatura, con niveles de 80 y 90°C. El segundo factor fue pH, con niveles de 2 y 3. Todos los tratamientos se realizaron en duplicado. El efecto de los factores se evaluó por medio de un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa MINITAB 12. La comparación de medias se realizó utilizando el método de Tukey ($p < 0.05$).

Extracción. Se colocó la materia prima en agua en relación 1:6 a una temperatura de 98°C por 15 minutos. Posteriormente se procedió a una filtración y un lavado con agua a una temperatura de 40-60 °C para reducir el contenido de sólidos solubles, lo cual se verificó mediante la determinación de °Brix. A continuación se calentó la mezcla de la cáscara con agua acidulada en relación 1:4 por 40 min, utilizando HCl al 6 N para ajustar el pH de la solución. Después, la mezcla se filtró con un tamiz de malla 100 (0.049 mm). Seguido de esto, se agregó alcohol isopropílico en relación 1:2 para precipitar la pectina y se dejó reposar durante 2 horas a una temperatura de 4.5 °C.

Transcurrido el tiempo de precipitación se procedió a separar la pectina líquida y el sobrenadante mediante la filtración con un tamiz de malla No.100 (0.149 mm). Este procedimiento se realizó varias veces con el objetivo de evitar altas concentraciones de agua y alcohol y en consecuencia disminuir el tiempo de secado. Finalmente, para el secado se utilizó un horno al vacío a una temperatura 75°C por un tiempo de 3 horas. Para homogenizar el tamaño de la partícula se trituró con la ayuda de un mortero para posteriormente cernir con un tamiz de malla No.100 (0.149 mm) para envasar en bolsas herméticas y por ultimo almacenar en un lugar seco evitando un cambio en la apariencia y de calidad de la pectina debido a la absorción de humedad.

Se determinaron los rendimientos de cada tratamiento y se caracterizaron las muestras de pectina obtenidas de acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas como peso equivalente, % de metoxilos y % de AGA, como lo indica Norazolina *et al.*, 2012.

12.2 Resultados

Los resultados de la extracción de la pectina mediante los diferentes tratamientos y la caracterización de cada producto se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12 Rendimiento (%) y caracterización de la pectina obtenida en los diferentes tratamientos de extracción

| Variable | Temperatura (°C) | pH | |
|----------------------------|------------------|---------|---------|
| | | 1.5 | 2 |
| Rendimiento (%) | 80 | 3.73 | 7.25 |
| | 90 | 3.25 | 7.17 |
| Peso equivalente | 80 | 1562.5 | 1515.15 |
| | 90 | 1428.57 | 1041.66 |
| Metoxilos (%) | 80 | 8.2 | 9.05 |
| | 90 | 7.81 | 6.52 |
| Acido anhidrourónico (AGA) | 80 | 68.48 | 62.11 |
| | 90 | 61.24 | 66.2 |

12.3 Discusión

La proporción de pectina extraída de los residuos de lima persa presentados en la Tabla 1 muestran que el mayor rendimiento se estableció a condiciones de temperatura de 80°C y pH de 2 con un valor de 7.25 % en base seca. El peso equivalente de la pectina obtenida por hidrólisis ácida a pH de 1.5 y 2 a 80°C tienen valores de 1562.5 y 1515.15, respectivamente. Esos resultados indican que la pectina obtenida a 80°C y un pH de 1.5 tiene la propiedad de formar un gel más firme, (a mayor peso equivalente, mayor es la fuerza del gel) (Chacín *et al.*, 2010). Con respecto a los valores de metoxilos, un valor por arriba de 7 indica que es una pectina de alto metoxilo. Los valores más altos obtenidos en este trabajo fueron de 9.05, alcanzados en condiciones de temperatura de 80°C y pH de 2. Por último, los valores de AGA remarcen condiciones de gelificación en productos. En este trabajo se encontró que la pectina obtenida a 80°C y un pH de 1.5 obtuvo el mayor valor de AGA, seguido por el tratamiento de 90°C y pH de 2.

En la Tabla 12.1 se muestran algunos parámetros evaluados por diversos autores que de forma similar han extraído pectina de diversos frutos. Norazolina *et al.* reportó (2012) un rendimiento del 14.96% de pectina utilizando dragón fruit, una de las frutas con mayor rendimiento; en segundo lugar se encuentra el plátano, con un rendimiento de 7.65 y en tercer lugar la lima persa estudiada en el presente trabajo. Con respecto al peso equivalente y % de metoxilo, la pectina obtenida de la guayaba ovoide es la de mayor peso equivalente y % de metoxilo, seguida de la pectina de lima persa y en tercer lugar se encuentra la pectina de manzana.

Finalmente, el % AGA obtenido de la pectina extraída en este estudio se ubicó en segundo lugar siendo sobrepasada únicamente por la variedad Citrus Maxima (Uthai *et al.*, 2011).

Tabla 12.1 Comparación del rendimiento y parámetros de calidad de pectina obtenida a partir de lima persa contra pectina obtenida de otros frutos por otros autores

| Fruto | Rendimiento (%) | Peso equivalente | % Metoxilo | % AGA | Autores |
|------------------------------|-----------------|------------------|------------|-------|---|
| Lima persa | 7.25 | 1515.15 | 9.05 | 62.11 | El presente trabajo tratamiento de 80° y pH 2 |
| Dragón fruit | 14.96 | 713.99 | 3.43 | 45.25 | Norazolina <i>et al.</i> , 2012 |
| Guayaba Ovoide | 1.65 | 2512 | 9.4 | 51.54 | Chacín <i>et al.</i> , 2010 |
| Pectina de manzana comercial | NR | 892.56 | 7.34 | 61.72 | Norazolina <i>et al.</i> , 2012 |
| Plátano | 7.65 | NR | 2.22 | 12.62 | Vázquez, 2008 |
| Citrus máxima | 3.75 | NR | NR | 69.49 | Uthai <i>et al.</i> , 2011 |

NR = No se reporta

12.4 Conclusiones

En este proceso evaluado a nivel laboratorio se determinó que las condiciones que maximizan el rendimiento de extracción de pectina son: temperatura de 80°C y pH de 2, durante la etapa de hidrólisis ácida. Este tratamiento mostró tener el rendimiento más alto, con un porcentaje de recuperación del 7.25 % en base seca. De igual forma, estas condiciones permitieron la extracción de una pectina de excelente calidad con parámetros de peso equivalente, % de metoxilos y % de AGA similares a otras pectinas extraídas de diversos frutos y utilizadas de forma comercial. Por lo anterior, se concluye que la extracción de pectina a partir de de lima persa es una opción viable y es posible optimizar el aislamiento de este hidrocoloide manipulando parámetros críticos del proceso.

12.5 Referencias

Abid A., Hussain A., Ali S. y Ali J. (2009). Technique for optimum extraction of pectin from sour orange peels and its chemical evaluation. *J. Chem.Soc.Pak.*, 31(3).

Aldana Villarruel, D. S., Aguilar González, C. N., Contreras Esquivel, J.C., y G. V. Névarez Moorillon. (2011). Moléculas pécticas: Extracción y su potencial aplicación como empaque. *Tecnociencia*. 5(2).

Chacín J., Marín M., D'Addosio R. (2010). Evaluación del contenido de pectina en diferentes genotipos de guayaba de la zona sur del lago de Maracaibo. *Multiciencias*. 10 (1).

Contreras, E.M., Almaguer, G. V., Espinoza E.J.R., Maldonado T.R., y Álvarez S.E. (2008). Distribucción radical de árboles de limón persa (*Citrus latifolia Tan.*). *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 14 (2).

Carrillo, J.A. y M.P. Herrera Morales. (2011). Características de productores y criterios de venta de lima persa de la región centro del estado de Veracruz, México. 2011. *Revista Universo de la Tecnológica*. 3 (8).

Devia, J.E. (2003). Proceso para producir pectinas cítricas. *Revista Universidad EAFIT*, No. 129.

Norazelina S.M.I., Nazaruddin R., Norziah M. & Zainudin M. (2012). Extraction and characterization of pectin from Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using various extraction conditions. (2011). *Sains Malaysiana*. 41(1).

Schwentesius Rindermann, R., Gómez Cruz, M. A. (2005). Limón persa. Tendencias en el mercado mexicano. Editorial CIESTAAM / UACH y Banco Mundial. Primera Edición.

Uthai S., Amornrut C., Nudchanart K., Malai S., Panida A., & Pornsak S. (2012). Preparation of pectin from fruit peel of *Citrus maxima*. *Silkaporn U. Science & Tech J.* 6 (1)

Vásquez, R., Ruesga, L., D'addosio, R., Páez, G., y Marín, M. (2008). Extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano (*Musa AAB*, subgrupo plátano) clon Hartón. *Rev. Fac. Agron.* 25(2).

Procesos comunitarios para el fortalecimiento de la soberanía alimentaria y el manejo de los bienes comunes. Experiencias en cuencas prioritarias de Chiapas

José Santiago, Luz Horita, Susana Padilla y Arturo Tello

Santiago, L.Horita, S. Padilla y A.Tello
Universidad Intercultural de Chiapas, Corral de Piedra No. 2 Ciudad Universitaria Intercultural, 29299 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

The socio-environmental problems have effects on the dynamics of watersheds and highlight the inequality and vulnerability of human populations. This places watershed management as one of the important issues to reduce negative impacts on societies caused by the mismanagement of environmental resources. A common problem in the general population is the high consumption of processed foods that do not meet the nutritional needs and threaten the sustainability of natural resources, due to the processes of production, processing and distribution imposed by the market. This problem has permeated rural communities increasingly and alarmingly, increasing consumption of foreign products, generating inorganic waste, and displacement of local products and consequently the loss of knowledge associated with them, as well as the dependence of agricultural inputs with adverse effects in health, the economy and local biodiversity. Against this background the research group has started a project under the watershed approach and using the methodology of Popular Education Agency (EPA) in 2 rural communities of Chiapas: Ojo de Agua, Independence and Amado Nervo, Yajalón; the first located within the basin Lagunas de Montebello and the second located in the Forest region within Tulijá River basin, priority watersheds for both biological and cultural richness. In order to strengthen organizational and educational processes that reactivate food sovereignty and the management of commons from both enhance and recreate local knowledge capabilities as production, processing and preservation of food in the family (to solar level backyard). In the short time the project stand some relevant experiences that will be necessary to return to the process going: EPA and its political impact in the community developers, educational processes and maturity periods at Community level, the institutional discourse and social practice, values and social commitment of the promoters and educators, as well as the incorporation of promoters voluntarily.

13 Introducción

Un problema común a la población en general es el alto consumo de alimentos industrializados que no cubren las necesidades nutrimentales y ponen en riesgo la sustentabilidad de los recursos naturales, debido a los procesos de producción, transformación y distribución que el mercado impone. La constante exposición a la publicidad de productos chatarra a través de los medios de comunicación, se ve alarmantemente reflejada en los hábitos de consumo de los jóvenes; dichos medios informativos fomentan una dieta abundante con muy poco valor nutricional y un alto contenido de azúcar y carbohidratos, la que a su vez genera una gran cantidad de desechos sólidos. La publicidad desempeña un papel muy importante en el acto de consumir, la “cultura de lo desechable” no se hubiera instalado tan pronto en la sociedad sin la publicidad. Esta ha fomentado lo que llamamos *consumismo*, es decir la publicidad induce a comprar más de la cuenta, creando necesidades ficticias en la población al hacer pensar que requieren todo lo que se ofrece (SEP, 2006).

Otro factor relevante en el fenómeno de consumo es el apoyo gubernamental otorgado a las transnacionales beneficiarias de dicho modelo, definiendo bajos aranceles a los productos y materias primas extranjeras, no regulando la publicidad y limitando las oportunidades de medios alternativos de información.

Este consumo desmedido por un lado ha generado un alto grado de desnutrición y enfermedades tales como diabetes, hipertensión y obesidad en toda la población, siendo los jóvenes y niños los más vulnerables. Por otro lado, aunado a diversos factores, ha contribuido considerablemente a la pérdida de soberanía alimentaria. Las estrategias de modernización agropecuaria, basadas en un alto consumo de paquetes tecnológicos, que no sólo modifican los patrones tradicionales de consumo sino que desplazan los recursos biológicos locales y los conocimientos ancestrales asociados a éstos, colocando en su lugar insumos costosos, altamente tóxicos y sólo disponibles más allá de los mercados locales. En consecuencia los sistemas tradicionales destinados a generar los productos para el autoabastecimiento han ido perdiendo importancia y están siendo sustituidos por sistemas de producción orientados y definidos desde el mercado nacional e internacional. Lo anterior ha generado una reducción considerable de la diversidad y sustentabilidad de los sistemas agrícolas y consecuentemente el quebranto de la soberanía alimentaria, caracterizada por una general pérdida de valores y de respeto por la madre tierra.

Consideramos la soberanía alimentaria² no sólo como una alternativa de solución a los problemas que afectan la alimentación mundial y la agricultura, sino como una propuesta de futuro sustentada en principios de humanidad. Se trata más bien de un principio, de una ética de vida, de una manera de ver el mundo y construirlo sobre bases de justicia e igualdad (Biodiversidad, 2010).

En los últimos años este problema ha permeado las comunidades rurales de mayor riqueza biológica y cultural, de manera creciente y alarmante; con sus efectos negativos en la salud, en la economía y biodiversidad local. En este sentido, transformar las condiciones actuales requiere de la participación comprometida e informada de las comunidades, actuando en forma coordinada con las diferentes instituciones y actores. Es la comunidad quien debe asumir el desarrollo de un plan que ayude a frenar y más aún revertir estos procesos.

Un instrumento para alcanzar dicho fin es el impulso de acciones de participación social con énfasis en la educación popular³ ambiental, entendida en su más amplio sentido, a diferentes niveles y a partir de la formación de promotores locales, como un proceso de transformación social alternativo que lleve a los individuos a interactuar creativa y responsablemente con su medio ambiente (Santos Estévez, s/f).

² "Soberanía Alimentaria es el derecho de los pueblos a definir su propia alimentación y agricultura; a proteger y regular la producción y comercialización nacional a fin de lograr objetivos de desarrollo sostenibles; a determinar la medida en que quieran ser autosuficientes; a restringir el *dumping* de productos en sus mercados; y a proporcionarle a las comunidades de pescadores artesanales la prioridad en la administración del uso de recursos acuáticos y los derechos sobre los mismos. La Soberanía Alimentaria no invalida el comercio, sino más bien fomenta la formulación de políticas y prácticas de comercio que sirvan a los derechos de los pueblos a la alimentación y a la producción inocua, sana y ecológicamente sostenible" (Windfuhr y Jonsén, 2005)

³ Entendemos la Educación Popular como "...un enfoque de educación alternativo dirigido hacia la promoción del cambio social"... "uno de los esfuerzos más relevantes es el de la educación de los grupos populares que son potencialmente capaces de actuar como agentes conscientes del proceso de cambio social" (Freire en Moro, s/f).

13.1 Ámbito de trabajo

Frente a este panorama el grupo de investigación “Alternativas de Desarrollo y Conservación del Medio” de la Universidad Intercultural de Chiapas (UNICH), desarrolla un proyecto de investigación acción participativa en dos comunidades rurales del estado de Chiapas (Ojo de Agua, La Independencia y Amado Nervo, Yajalón), la primera ubicada dentro de la cuenca Lagunas de Montebello y la segunda ubicada en la región de la Selva dentro de la cuenca del río Tulijá, ambas cuencas prioritarias por su riqueza biológica y cultural, con el objetivo de fortalecer procesos organizativos y educativos que reactiven la soberanía alimentaria a partir de potenciar y reactivar tanto capacidades como saberes locales de producción, procesamiento y conservación de alimentos en el ámbito familiar (a nivel del solar o traspatio).

Las comunidades de trabajo contempladas por el proyecto se ubican en dos diferentes regiones geográficas del estado de Chiapas caracterizadas por una alta diversidad cultural y biológica. La región Fronteriza, cuenta con la presencia de Tojolabales, Tsotsiles, Tseltales, Chujes y Kanjobales; la región Selva cuenta con la presencia de Tseltales y Ch’oles. Además, las dos regiones son reconocidas por su importancia en cuanto a diversidad biológica, ejemplo de ellos son las diferentes áreas naturales protegidas declaradas por la CONANP⁴: el Parque Nacional Lagunas de Montebello en la zona Fronteriza, la Reserva Integral de la Biosfera Montes Azules y las Áreas de Protección de Flora y Fauna, Chankin, Nahá y Metzabok por mencionar algunas en la región Selva.

El presente proyecto contempla tres etapas de ejecución: en un primer momento, la formación de jóvenes educadores ambientales, considerando a estudiantes de la Universidad Intercultural de Chiapas como población objetivo de acuerdo con el perfil de egreso que dichos estudiantes aspiran; el segundo momento consiste en el establecimiento de alianzas con organismos no gubernamentales con presencia y experiencia en la región, para potenciar los logros a través de acciones en conjunto; y finalmente el tercer momento busca establecer procesos de vinculación comunitaria (promotores-comunidad).

A través de estrategias participativas como talleres de formación en temas de soberanía alimentaria y educación ambiental con jóvenes y niños en las escuelas de formación básica y media superior y con hombres y mujeres de las comunidades.

13.2 Alcances

Etapa: Formación de formadores. Esta etapa contempla la formación de tres grupos de educadores, el primer grupo estuvo integrado por 30 estudiantes de las diferentes licenciaturas, ubicados en diferentes semestres de la UNICH Unidad San Cristóbal, el segundo y tercer grupo estuvo integrado por 15 y 10 estudiantes, respectivamente, de la UNICH Unidad Yajalón. La formación del primer grupo se dio en tres talleres, mientras que la del segundo y el tercer grupo se dio en un solo taller intensivo. Dichos talleres con el objetivo de formar formadores en Educación Popular Ambiental.

⁴ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Si bien es cierto que la formación se dirigió a un total de 55 estudiantes, en realidad concluyeron el proceso sólo 30 jóvenes educadores ambientales, lo que nos ha llevado a un análisis del proceso de formación propuesto en términos de las condiciones y momentos idóneos para la incorporación de los jóvenes, así como los requisitos en términos de organización y apoyo institucional por parte de la Universidad.

Etapa: Establecimiento de alianzas. La segunda etapa contempla la generación de alianzas con organismos no gubernamentales e instituciones con presencia y experiencia en la región, esto con el objetivo de potenciar los logros a través de acciones en conjunto. A este respecto, aunque no se lograron las sinergias esperadas para dar continuidad en varios frentes de trabajo, sí se contó con el apoyo puntual de diferentes instituciones:

- Educación para la paz, A. C. (Edupez), organización con sede en Comitán de Domínguez y con una Casa de Salud Holística en la comunidad de Tzisco (Lagunas de Montebello), proporcionó la instalaciones de dicha Casa de Salud para llevar a cabo 2 de los 3 talleres de formación de formadores al primer grupo de 30 estudiantes de la UNICH San Cristóbal, como un espacio de reflexión y retiro.
- ICSUR, S. C. apoyó económicamente la fase formación de formadores y el seguimiento a diferentes actividades de vinculación comunitaria, en el marco de un convenio con la fundación internacional Coffee Kids.
- El Centro de Educación y Promoción para el Desarrollo Sostenible (CEPRODESO) con sede en Cuba, impartió el Taller de Educación Popular “Concepción y metodología de la EPA”, como parte del convenio de colaboración con la UNICH.
- El Comité de Cuenca “Lagunas de Montebello” proporcionó una amplia base de información documental de la zona, así como algunos recorridos en la región con los jóvenes estudiantes de la UNICH.

Etapa: Procesos de vinculación comunitaria. En las dos comunidades que se integraron a esta iniciativa, actualmente participan un total de 168 personas entre mujeres y hombres adultos, así como niñas y niños, como se muestra en la tabla 13.1.

Tabla 13.1 Número de participantes locales por comunidad

| Nombre de las comunidades | Número de participantes | | | | TOTAL |
|---------------------------|-------------------------|--------------|------------|------------|-------|
| | Mujeres ♀ | Hombres ♂ | Niñas ♀ | Niños ♂ | |
| <i>OJO DE AGUA</i> | 10 | 3 | 52 | 50 | 115 |
| <i>AMADO NERVO</i> | 7 | 11 | 15 | 20 | 53 |
| <i>TOTAL</i> | 17 | 14 | 67 | 70 | 168 |

En el ejido Ojo de Agua, del municipio La Independencia, Chiapas, se han realizado a la fecha dos talleres en la escuela primaria Rafael Ramírez Castañeda, donde han participado 49 niños y niñas estudiantes de cuarto año y 35 niñas y niños estudiantes de quinto año. Con el objetivo de sensibilizar a las niñas y niños sobre los efectos del tipo de consumo en la salud y el medio ambiente, se iniciaron actividades de autodiagnóstico enfocados al recurso agua y biodiversidad, y posteriormente se llevó a cabo la definición de problemas y alternativas de solución. Los talleres consistieron en tres momentos principales: 1. Diagnóstico de hábitos de alimentación en los niños asistentes al taller. 2. Reflexión sobre los efectos de los hábitos de alimentación y consumo de alimentos industrializados, así como su impacto tanto en la salud como en el ambiente y la economía local. 3. Generación de opciones para modificar los hábitos de alimentación por otros más sanos y con impactos menos negativos al ambiente y la economía local.

De forma similar se han realizado tres talleres con un grupo de 18 estudiantes del segundo grado de la Telesecundaria No. 1036 con sede en la misma comunidad de Ojo de Agua, La Independencia. Estas actividades han permitido contar con un grupo de 15 promotores ambientales comunitarios, los cuales han llevado a cabo dos acciones importantes producto de sus reflexiones en los talleres:

1. La construcción de un vivero forestal comunitario.
2. Una campaña de reforestación con 300 plántulas de siete especies de árboles nativos, aprobados dentro del plan de manejo del Parque Nacional Lagunas de Montebello.

En el caso de la comunidad Amado Nervo, Yajalón, se ha realizado la vinculación desde dos espacios: el Colegio de Bachilleres No. 144 (COBACH) y la vinculación directa con los productores. Como parte del trabajo con los jóvenes del COBACH se realizaron tres talleres participativos con la generación saliente constituida por 14 jóvenes, última generación en egresar bajo la modalidad de COBACH Intercultural debido a las políticas públicas y educativas de la administración estatal 2006-2012. Los temas de trabajo abordados por los jóvenes se centraron en el diagnóstico de su comunidad en términos de los recursos naturales y culturales, así como los principales problemas que identifican dentro de la dinámica comunitaria. Entre los puntos de mayor interés manifestado por los jóvenes está el manejo de los residuos (basura) en la comunidad, así como la pérdida de conocimientos y prácticas de la cultura Ch'ol.

En lo que respecta del trabajo directo con los productores, éste se ha logrado a partir de la vinculación de un promotor (formador en EPA egresado de la licenciatura en Desarrollo Sustentable) a través de una estancia prolongada en la comunidad. A lo largo de un mes de trabajo el promotor estableció contacto con diversos actores comunitarios identificando, entre los temas de interés más importantes para los productores, la búsqueda de estrategias para mejorar el precio del café (principal producto de la comunidad) así como mejoras al proceso de secado de la semilla dentro de la comunidad. Se identificó además la existencia de iniciativas previas relacionadas con la mejora tanto de los procesos de producción del café, como es el caso del uso de un secador solar; como en el ámbito de la salud, con el uso de un equipo de purificación de agua.

Los principales logros obtenidos bajo esta modalidad de vinculación (estancia prolongada) se reflejan principalmente en el nivel de confianza desarrollada entre la comunidad y el promotor, la revisión conjunta de planes de trabajo sobre temas de interés comunitario y la disposición para la participación en las actividades programadas.

13.3 Reflexión y conclusiones

El entorno del proyecto en las regiones Fronteriza y Selva de Chiapas, se caracteriza sobre todo por la concentración de población originaria, y presenta uno de los índices más altos de pobreza en nuestro país. Precisamente el proyecto nace en este ámbito como una necesidad de los jóvenes originarios de las comunidades y que estudian en la Universidad Intercultural de Chiapas (UNICH).

Quienes en forma voluntaria proponen en un marco de la sociedad civil crear una Red de Jóvenes Promotores en la región y apoyar procesos educativos en aspectos ambientales y alimentarios en términos de la práctica del consumo responsable.

Las acciones del proyecto en esta región tienen como principal propósito el aportar estrategias que contribuyan a mejorar la calidad de vida de la población rural y el aspecto fundamental que se propone es atender la alimentación como un elemento clave para la salud y como un derecho del ser humano. En el estado la de pobreza alcanza niveles alarmantes entre la población rural que es eminentemente originaria, con fuertes raíces culturales y que se ha visto obligada a ir en contra de su propia naturaleza, de tal manera que se ha perdido la capacidad de gestión para recuperar el manejo de sus recursos comunitarios ante una crisis ambiental creciente. El proyecto enfatiza en este sentido la estrategia de la acción educativa con un enfoque de carácter participativo, de tal forma que aborda el problema mediante la creación de espacios de reflexión en diversos niveles, pero con mayor énfasis en las comunidades rurales de la región, donde se cuestiona el actual patrón consumista y pone en debate el concepto del consumo responsable.

Los formadores denominados promotores voluntarios colocan en un lugar preponderante la promotoria como una acción en cadena que replique los saberes en los ámbitos comunitarios y se asuma como una estrategia de sustentabilidad del mismo proyecto, pero más que todo, hacia la propia recuperación de la capacidad de gestión de la comunidad. Este grupo de jóvenes promotores voluntarios, en su mayoría son originarios de las poblaciones vecinas de la región y son hablantes de las lenguas originarias.

Formación de cuadros. El objetivo de esta fase consistía en formar un grupo de jóvenes como PEA, que como parte de su formación llevaran a la práctica el proyecto de soberanía alimentaria en 4 comunidades, sin embargo de los 30 jóvenes que terminaron dicha formación teórica sólo 3 continuaron con la práctica dentro del marco del proyecto. Pensamos que esto se debe básicamente a tres aspectos:

-El momento de la formación en que se encuentran los estudiantes al iniciar el proceso de EPA; los estudiantes que mostraron mayor compromiso con el proyecto se encontraban en el 3er semestre de la carrera de Desarrollo Sustentable por lo mismo, su carga académica les permitió adquirir responsabilidades dentro del proyecto.

-Condiciones socioeconómicas de los estudiantes; la falta de recursos económicos adicionales así como la experiencia y vínculos comunitarios previos. Además de la disponibilidad de asesoría puntual para dirigir y encauzar el proceso por parte del grupo de investigación.

-Servicio social comunitario; el departamento de vinculación universitaria no incentivó a los estudiantes para realizar su servicio social vinculado a las comunidades, por el contrario favoreció los servicios sociales vinculados a instituciones gubernamentales.

Alianzas con organismos no gubernamentales. Se considera que pese a los esfuerzos por establecer alianzas, muy pocas pudieron concretarse al no existir la disponibilidad de ambas partes ya que no se contaba ni con el recurso ni con el personal para llevar a cabo dicha colaboración.

Si bien es cierto que se ha contado con financiamiento institucional y externo (PROMEP-PADES-SEP) para realizar el proyecto, el aporte de ICSUR, S .C. en la primera fase permitió el arranque del mismo, sin embargo no fue suficiente para apoyar el seguimiento de los estudiantes y lograr un mayor compromiso y participación.

Vinculación comunitaria. Para el caso del ejido Ojo de Agua el trabajo se ha dado de manera pausada, debido a la falta de disponibilidad de tiempo por parte del grupo de investigación. En primer momento se dio el trabajo con niños de la primaria y jóvenes de la telesecundaria, con esta última dicho trabajo ha continuado y se ha encausado a la parte ambiental, gracias a la cual, específicamente al programa de reforestación, hay un primer acercamiento con los ejidatarios, que abre la posibilidad para entablar una mayor vinculación con la población en general.

En Amado Nervo el trabajo se ha planteado en tres etapas: el primer contacto donde se trabajó especialmente con los jóvenes del COBACH 144; y posteriormente dos estancias largas del promotor, la primera donde se realizó el diagnóstico más cercano, y actualmente la segunda estancia donde se desarrollarán las actividades planeadas de forma participativa con la comunidad. Esta experiencia de trabajo nos permite poner en contraste con la otra comunidad, donde la participación de los formadores externos ha sido puntual.

A manera de conclusión podemos decir que el presente proyecto surge como propuesta ante la pérdida de la soberanía alimentaria, consecuencia del modelo económico imperante en la actualidad, que fomenta una cultura de consumo y de desecho que ha generado graves consecuencias a la salud, al ambiente y a la soberanía alimentaria y económica del país. Promover el desarrollo comunitario desde el fortalecimiento de capacidades locales y la construcción de alternativas propias implica un desafío democrático complejo, ya que no se trata únicamente de proponer proyectos de desarrollo económico bajo la lógica neoliberal imperante, sino de construir una verdadera base social, creativa y responsable, consciente de su raíz cultural, de los procesos histórico-sociales que la preceden, así como de las capacidades y fortalezas que le son propias.

Dicha propuesta debe estar basada en un fuerte compromiso social, por lo que requiere justo un cuadro de formadores con un alto nivel de compromiso, capaz de iniciar el proceso con un auto cuestionamiento de nuestras prácticas actuales, revalorando la pertenencia al colectivo, reivindicando los valores de fraternidad, respeto y comunalidad, tareas necesarias para impulsar el camino de transformación hacia una vida digna, plena, libre y en armonía con el ambiente.

Otro punto importante a considerar es el tiempo, los tiempos comunitarios e institucionales difieren considerablemente, esto en cuanto a la maduración de las iniciativas, la institución requiere resultados al corto y mediano plazo, justo cuando inicia el proceso de consolidación de los proyectos comunitarios. Por otro lado es sumamente importante el impulso de prácticas agroecológicas que si bien revaloran y rescatan saberes ancestrales además de retomar conceptos de las ciencias modernas, centran su atención en el individuo, la tierra y el ambiente, haciendo de ella una filosofía de vida más que una técnica de cultivo.

13.4 Referencias

Biodiversidad. 2010. Soberanía alimentaria y la lucha de las mujeres. De un vistazo y muchas aristas. *Documentos del V Congreso de la CLOC-Vía Campesina celebrada del 8 al 16 de octubre del 2010*. Consultado el 01/01/2012 en <http://www.grain.org/article/entries/4093-soberania-alimentaria-y-la-lucha-de-las-mujeres>

Moro, Wenceslao. s/f. Paulo Freire y la Educación Popular. Por: La Fogata Digital. Consultado el 12/02/2012 en <http://es.scribd.com/doc/21365736/PAULO-FREIRE-Y-LA-EDUCACION-POPULAR>

Santos Estévez. s/f. ¿Qué entendemos por Educación Ambiental? *Borrador CEPRODESO*.

SEP [Secretaría de Educación Pública]. 2006. Conocimiento del ambiente y prevención de riesgos en la familia y en la comunidad. Secretaría de Educación Pública. México. 96 p.

Windfuhr, Michael y Jennie Jonsén. 2005. Soberanía Alimentaria. Hacia la democracia en sistemas alimentarios locales. FIAN-Internacional. Versión en español. 62 p.

Ruta del queso de poro

Guadalupe Honorio, Yuridia Cámara, Victoria López y Tomás Pino

G.Honorio ,Y.Cámara , V.López y T.Pino

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,Av Universidad SN, Magisterial (15 de Mayo), 86040 Centro, Tabasco

Instituto de Estudios Universitarios de Puebla, Margarita Ramírez Cardoso 7, Barrio de San Diego, 73965 Teziutlán, Puebla

Universidad del Valle de México, Mérida 33, Cuauhtémoc, 6700 Distrito Federal

Universidad Oberta de Catalunya, Paseo de la Reforma 265, Nueva Cobertura, 06500 Ciudad de México, Distrito Federal

lupita_honorio0401@hotmail.com

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

Agro tourism and alimentary routes considered as rural tourism modalities, result attractive because represent the opportunity to generate new activities in the rural surrounding giving added value to the food productions made by small producers and in special for those applying hand making processes. Most of these are very small enterprises, and this activity could be an alternative to generate its development by integrating them into the rural tourism business, by presenting products and services to attend the demands from those visitors interested on knowing the farming and agro industry in a specific region.

Generating this proposal, takes us to analyze the general characteristics of rural tourism, the agro tourism and the food routes, and how these concepts can be applied at a specific territory to strengthen processes and products with identity, like the pore cheese in Balancan Tabasco, Mexico, which is the main product to propose the design of a tourist/gastronomic route as an strategy of sustainable development in the region.

14 Introducción

Hoy en día, el turismo es una de las actividades con mayor crecimiento en el mundo, por lo que la propuesta de diseñar una ruta turística basada en el turismo rural como alternativa de desarrollo, es planteada en este sentido.

El queso de poro es un producto único producido en el municipio de Balancan localizado en la región de los ríos en Tabasco, la elaboración de dicho queso gracias a su producción artesanal ha tenido una gran aceptación ante los consumidores locales, regionales e inclusive algunos estados de la república y países vecinos como Guatemala.

Las actividades económicas del lugar son principalmente desarrolladas en el sector primarios (agricultura, ganadería, caza y pesca), mientras que el segundo lugar pertenece al sector terciario, (comercio, turismo y servicios). Cabe mencionar que a pesar de la existencia de diversos atractivos naturales y culturales, no se ha creado un producto turístico que permita el desarrollo del sector y por consecuencia una derrama económica alterna que procure el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

Es por ello que el Cuerpo Académico de Turismo Sustentable de la Universidad Tecnológica del Usumacinta enfocada en buscar el desarrollo integral del área de influencia donde se encuentra ubicada, comenzó a investigar sobre las principales problemáticas que no han permitido el desarrollo turístico del municipio de Balancan, y colaborando con la Asociación de quesos de poro genuino de Balancan y el Cuerpo Académico de Gestión, Innovación e Internacionalización Educativa en Turismo y Gastronomía, se propone un producto turístico diferente enfocado a un mercado turístico rural, que busque experiencias auténticas, siendo parte activa de los procesos de producción que se dan en la comunidad e interactuando y formando parte activa de la vida cotidiana de los habitantes de Balancan. Por ello que la Ruta del Queso de Poro es una propuesta con miras al desarrollo sustentable de la entidad.

14.1 Metodología

Cualquier investigación debe establecer un esquema o plan que defina los procesos de captación, tratamiento e interpretación de datos, pudiendo determinarse tres clases fundamentales de investigación: (Arias, 1999)

1) Investigación Exploratoria: cuyo rasgo más característico es partir de datos ya existentes que pueden provenir de distintas fuentes: entrevistas a expertos, examen y contrastación de situaciones análogas, etc. Su finalidad básica es el descubrimiento de ideas y conocimientos, identificando los problemas y variables de mayor relevancia.

2) Investigación Descriptiva: su característica fundamental es definir y establecer los rasgos de ciertos grupos, la frecuencia de un determinado hecho o suceso, la relación entre dos o más variables, la determinación de predicciones a través de modelos basados en hipótesis.

3) Investigación Experimental: su peculiaridad radica en su idoneidad para contrastar y determinar hipótesis y relaciones causa efecto, se sustenta en la observación de fenómenos provocados o manipulados en laboratorios o ambientes artificiales.

Podríamos encuadrar al presente trabajo dentro de la investigación científica social, es decir, como proceso de aplicación del método y técnicas científicas a situaciones, problemas concretos en el contexto de la realidad social buscando respuestas y nuevos conocimientos. Para ello el presente trabajo emplea y combina dos de las tipologías investigadoras anteriormente reseñadas exploratoria y descriptiva, la utilización de ambas tipologías ha posibilitado, una vez definido el marco teórico la captación y recopilación de la información cualitativa y cuantitativa necesaria para la culminación del proyecto en su conjunto.

Por lo que se determinó el siguiente proceso metodológico:

Figura 14 Proceso metodológico



14.2 Resultados

Los trabajos se dieron inicio mediante la iniciativa de la asociación de productores de queso de poro genuino de Balancan, Tabasco, quienes con la idea de buscar una alternativa paralela que procure desarrollo a sus familias buscan la ayuda del Cuerpo Académico de Turismo Sustentable de la Universidad Tecnológica del Usumacinta, generándose así la proyección en el diseño de una ruta turística basada en el queso de poro y aquellos atractivos naturales y culturales que la región ofrece, dándose así, la conformación de una ruta turístico/gastronómica.

Investigación Documental y de Campo

En esta parte se generó el marco teórico de lo que el turismo representa en la actualidad para el desarrollo de las naciones y su tipología, por lo que se presenta esquemáticamente de la siguiente manera.

- Generalidades del Turismo
- Tipología del Turismo
- Turismo Alternativo
- Ecoturismo
- Turismo de Aventura
- Turismo Rural
- Rutas agroalimentarias

Inventario Turístico

Se generó un inventario sobre los recursos naturales, históricos y culturales, así como de los prestadores de servicios de apoyo como son establecimientos de alimentos y bebidas, y de hospedaje. Para ello se utilizó el formato de ficha propuesto por CICATUR-OEA (Tabares, 2001), quedando resumidamente de la siguiente manera.

Atractivos Naturales: 11
 Atractivos Artificiales: 19
 Museos y manifestaciones culturales: 7
 Realizaciones técnicas, científicas, artísticas contemporáneas: 6
 Acontecimientos programados: 6

Cabe mencionar que el apartado de realizaciones técnicas se refiere al proceso aplicado para la elaboración del queso de poro específicamente, ya que es el proceso y producto resultante del mismo sobre lo que se fundamenta el presente proyecto.

Catálogo de Queserías de la Asociación. (Santesmases, 1997)

Para la realización de este catálogo, se diseñó una ficha como instrumento recolector de la información que suministró lo necesario para su integración, de lo que resultó resumidamente lo siguiente.

Total de productores asociados: 16

Distribuidos por entidad: Balancan 14 / Emiliano Zapata 1 / Tenosique 1

Para ello se menciona que existen un número mayor de productores de queso, sin embargo resaltamos que el catálogo mencionado es sobre aquellos productores pertenecientes a la asociación.

Instrumento de Selección de Empresas Viables a Visitar. (Santesmases, 1997)

Para esta parte de la investigación se diseñó un instrumento que permitiera la toma de decisiones sobre cuales serían aquellas empresas productoras de queso que pudieran ser visitadas durante el recorrido, por lo que algunos de los indicadores que nos permitieron medir las condiciones propias para la recepción de turistas fueron por ejemplo.

Figura 14.1 Selección de la ruta del queso



Instrumento de Recolección de Datos Para la Selección de Empresas a Visitar en la "Ruta del Queso de Poro de Balancan".

EMPRESA: _____
DIRECCIÓN: _____

| CRITERIO | INDICADOR | | OBSERVACIONES |
|--|-----------|---|---------------|
| | ✓ | ✗ | |
| Cuenta con el espacio físico necesario para recibir visitantes | | | |
| Sigue el proceso de producción de manera artesanal | | | |
| Mantiene y utiliza equipamiento rustico/artesanal | | | |
| Se observa limpieza en el área de producción | | | |
| | | | |
| | | | |

5.- Visitas a las queserías para la aplicación del instrumento de selección.

Esta etapa será llevada a cabo durante el mes de Julio, por lo que el resto de las etapas de la metodología presentada serán todavía ejecutadas para la culminación del proyecto hasta la etapa del desarrollo del plan de marketing.

Planeación de Actividades Complementarias

Para la planeación de actividades complementarias se tomará como base la información contenida en el inventario turístico ya realizado, pues en el encontraremos aquellos recursos que pueden ser considerados para la conformación de los diferentes itinerarios; por lo diverso de los recursos que la región tiene, seguramente habrán itinerarios que permita diversificar el producto a manera que puedan ser consumidos por diferentes sectores de turistas.

Diseño de Itinerarios (Boullon, 2006)

El diseño de la ruta considerará todos los aspectos obtenidos de igual manera en el inventario turístico, tomando como complemento las actividades planeadas para complementar los itinerarios, mismos que dependiendo de ellos, se hará la delimitación territorial que la ruta abarcará.

Prueba Piloto

La prueba piloto se pretende realizar con alumnos de la carrera de turismo de la Universidad Tecnológica del Usumacinta y de la Universidad Tecnológica de Tabasco, para que sean ellos quienes puedan en su momento enriquecer con sus comentarios la prestación del servicio y la evaluación de los mismos.

Gestión de Alianzas

La gestión de alianzas estratégicas y convenios con los diferentes prestadores de servicios turísticos de la región y del estado es muy importante, ya que permitirá extender la prestación del servicio.

Plan de Marketing

Este permitirá tener una fotografía completa sobre el estado de la oferta y la demanda, así las oportunidades de éxito en el mercado del turismo rural y en específico de rutas agroalimentarias.

14.3 Discusión

Hablar de una ruta turística es hablar de una variedad de actividades y servicios necesarios para su realización, es por ello que se hace mención de que el impacto económico, social y medio ambiental será en beneficio de todos aquellos inmersos en la prestación de servicios y la comunidad receptora, ya que se plantea la visita de los diversos atractivos culturales y naturales con los que se cuenta, diversificando el producto y haciendo una mejor repartición de los bienes, ya que los lugares visitados podrán ofrecer también sus servicios y productos a todo aquel que nos visite.

14.4 Conclusiones

El queso de poro elaborado de forma artesanal es ya conocido en ciertos Estados de la república mexicana, es por ello que se pensó en tomarlo como atractivo principal para la creación de esta ruta, en la cual se mezclan los sabores con los atractivos naturales y culturales de la región de los ríos en el estado de Tabasco, generando así una opción más de desarrollo para las comunidades de la región.

El diseño e implementación del presente proyecto nos permite pensar en diferentes beneficios, ya que permitirá la conservación del proceso artesanal del queso poro, así como la integración de las comunidades donde existan productos que puedan ser mostrados a los visitantes y ser también parte de los disfrutes durante la visita, y claro está, la presentación de la expresión cultural de los pueblos en conjunción con los entornos de la selva tropical que aún existe en esta zona, el río Usumacinta con su impresionante caudal, así como los vestigios mayas que se encuentran por toda la región, sin duda alguna, un recorrido que pondrá a prueba todos tus sentidos.

14.5 Referencias

Santesmases, M. (1997). Diseño y Analisis de Encuestas en Investigación Social y de Mercados. En S. M. M., *Diseño y Analisis de Encuestas en Investigación Social y de Mercados*. Madrid: Piramide.

www.sectur.com.mx. (s.f.). Obtenido de Tabasco y sus rutas turísticas.

Tabares, F. C. (2001). Proyectos Turísticos, Localización e Inversión. En F. C. Tabares, *Proyectos Turísticos, Localización e Inversión*. (págs. 37-55). México: Trillas Turismo.

Arias, F. G. (1999). El Proyecto de Investigación, Guía Para su Elaboración. En F. G. Arias, *El Proyecto de Investigación, Guía Para su Elaboración* (págs. 19-21). Caracas: Episteme.

Boullon, R. C. (2006). Planificación del Espacio Turístico. (4 ed., pág. 245). México: Trillas turismo.

Apéndice A . Consejo Editor Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

Aguilera Santoyo- Virginia, PhD.

Rectora de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Huerta González- Luis, PhD.

Director de Desarrollo y Fortalecimiento.

Coordinación General de Universidades Tecnológicas.

Corral García- María del Socorro, MC.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Mecánica y Mantenimiento Área Industrial.

Hernández Medina- Gerardo, Lic.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Abogado General.

Pérez García- Vicente, M. I.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Mecánica.

Espinoza Zamora- Jesús, M.C.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Procesos Alimentarios.

Rico Moreno- José Luis, M.C.C.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Tecnologías de la Información.

Andrade Oseguera- Miguel Ángel, M. F.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Contaduría.

Silva Contreras- Juan, M.F.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Contaduría.

López Ramírez- María Elena, M.Gic.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Agricultura Sustentable y Protegida.

Apéndice B . Consejo Editor ECORFAN

Ángeles Castro- Gerardo, PhD.
Instituto Politécnico Nacional, Mexico.

Peralta Ferriz- Cecilia, PhD.
Washington University, E.UA.

Yan Tsai- Jeng, PhD.
Tamkang University, Taiwan.

Miranda Torrado- Fernando, PhD.
Universidad de Santiago de Compostela, España.

Palacio- Juan, PhD.
University of St. Gallen, Suiza.

David Feldman- German, PhD.
Johann Wolfgang Goethe Universität, Alemania.

Guzmán Sala- Andrés, PhD.
Université de Perpignan, Francia.

Vargas Hernández- José, PhD.
Keele University, Inglaterra.

Hira- Anil , PhD.
Simon Fraser University, Canada.

Villasante – Sebastian, PhD.
Royal Swedish Academy of Sciences, Suecia.

Pacheco Bonrostro- Joaquín, PhD.
Universidad de Burgos, España.

García y Moisés– Enrique, PhD.
Boston University, E.U.A.

Raúl Chaparro- Germán , PhD.
Universidad Central, Colombia.

Luo- Yongli, PhD.
Wayland Baptist University, Texas.

Guzmán Hurtado- Juan, PhD.
Universidad Real y Pontifica de San Francisco, Bolivia.

Laguna- Manuel, PhD.
University of Colorado, E.U.A.

Gandica de Roa- Elizabeth, PhD.
Universidad Católica del Uruguay, Montevideo.

Segovia Vargas- María , PhD.
Universidad Complutense de Madrid, España.

Pires Ferreira Marão- José , PhD.
Federal University of Maranhão, Brasil.

Salgado Beltrán- Lizbeth, PhD.
Universidad de Barcelona, España.

Quintanilla Cóndor- Cerapio, PhD.
Universidad Nacional de Huancavelica, Peru.

García Espinosa- Cecilia, PhD.
Universidad Península de Santa Elena, Ecuador.

Apéndice C . Comité Arbitral Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

Corral García- María del Socorro, M. C.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Mecánica y Mantenimiento Área Industrial

Hernández Medina- Gerardo, Lic.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Abogado General

Pérez García- Vicente, M.I.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Mecánica

Espinoza Zamora- Jesús, M.C.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Procesos Alimentarios

Rico Moreno- José Luis, M.C.C.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Tecnologías de la Información

Andrade Oseguera- Miguel Ángel, M.F.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Contaduría

Silva Contreras- Juan, M.F.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Contaduría

Huerta González- Luis, PhD.
Director de Desarrollo y Fortalecimiento
Coordinación General de Universidades Tecnológicas

López Ramírez- María Elena, M.GIC.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Agricultura Sustentable y Protegida

Acosta Navarrete- María Susana, M.C.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Procesos Alimentarios y Agricultura Sustentable y Protegida

Aguirre Puente- José Alfredo, M.A.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Tecnologías de la Información

Cano Ramírez- Jaime, M.C.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Mantenimiento

Pérez Ríos- Miriam E, M.I.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Procesos Alimentarios

Ramírez Lemus- Lidia, PhD.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Desarrollo de Negocios

Ledesma Jaime- Reynaldo, M.I.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Mecánica

Enrique Botello- José, PhD.
Instituto Tecnológico de Celaya
Bioingeniería

Acosta García- Gerardo, PhD.
Instituto Tecnológico de Celaya
Biotecnología

Montes Hernández- Salvador, PhD.
INIFAP-Bajío
Biotecnología

Padilla Medina- Alfredo, PhD.
Instituto Tecnológico de Celaya
Electrónica-procesamiento de imágenes

Hernández Martínez- Miguel, PhD.
INIFAP-Bajío
Agricultura

Jiménez Islas- Hugo, PhD.
Instituto Tecnológico de Celaya
Matemáticas- Estadística

Arroyo Figueroa- Gabriela, M.C.
Universidad de Guanajuato
Biotecnología Experimental

Mercado Flores- Juan, PhD.
Instituto de ciencias agrícolas
Alimentos y Análisis Estadístico

López Orozco- Melva, Ing.
Instituto de ciencias agrícolas
Bioingeniería

Waldir Pérez Ríos- Lenin, Ing.
Ingeniería Industrial.
Sabes UNIDEG

Vázquez Barrios- María Esthela, PhD.
Universidad Tecnológica de Querétaro
Manejo Poscosecha

Pacheco Aguilar- Ramiro, PhD.
Universidad Tecnológica de Querétaro
Biotecnología/Biofertilizantes

Gallardo Granados- Samuel, M.C.
Empresa FIRA
Agricultura Protegida

García Ruiz- Rosario, Q. A.
Universidad Tecnológica de Querétaro
Tecnología de alimentos

Rivas Casas- Nydia, MGIC
Instituto de Ecología
Biología Microcuencas

Aguilera Barreiro- María de los Ángeles, M.C
Universidad Tecnológica de Querétaro
Nutrición

Lesso Arroyo- Raúl, M.I.
Instituto Tecnológico de Celaya
Mecánica

Vidal Lesso- Agustín, PhD.
Instituto Tecnológico de Celaya
Mecánica

Diosdado de la Peña- Ángel, PhD.
Universidad Politécnica de Guanajuato
Mecánica

Guzmán Cabrera- Rafael, PhD.
DICIS Universidad de Guanajuato
Eléctrica

González Parada- Adrián, PhD.
DICIS Universidad de Guanajuato
Eléctrica

Ruiz Pinales- Juan José, PhD.
DICIS Universidad de Guanajuato
Eléctrica

Thomson López- Reynaldo, PhD.
DICIS Universidad de Guanajuato
Arte y Empresa

Gómez- Francisco, PhD.
DICIS Universidad de Guanajuato
Eléctrica

Rodríguez Villalón- Osvaldo, PhD.
DICIS Universidad de Guanajuato
Eléctrica

Barrón Adame- José Miguel, PhD.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Tecnologías de la Información

Gordillo Sosa- José Antonio, cPhD.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Tecnologías de la Información

Quintanilla Domínguez- Joel, cPhD.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Tecnologías de la Información

Moreno Villanueva- Emmanuel, M.I.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Mecánica

Ferrer Almaraz- Miguel Ángel, M.I.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Mecánica

Rodríguez Sánchez- Marcos, Ing.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Mantenimiento

Ramírez Cano- Teresa, MMT.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Desarrollo de Negocios

Mendoza García- Patricia del Carmen, MAE.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Desarrollo de Negocios

Arreguín Cervantes- Antonio, M.C.
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato
Mecánica

