

**Química, Biología y Agronomía**

***Handbook T-I***

**PÉREZ-SOTO, Francisco**  
**FIGUEROA-HERNÁNDEZ, Esther**  
**GODÍNEZ-MONTOYA, Lucila**  
**QUIROZ-ROCHA, Jaime**  
**GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María**

*Directores*



## **ECORFAN Química, Biología y Agronomía**

---

El Handbook ofrecerá los volúmenes de contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica de ECORFAN en su área de investigación en Química, Biología y Agronomía. Además de tener una evaluación total, en las manos de los editores de la Universidad Autónoma Chapingo que colaboraron con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (RENIECYT-LATINDEX-DIALNET-ResearchGate-DULCINEA-CLASE- Sudoc- HISPANA-SHERPA-UNIVERSIA-eREVISTAS-ScholarGoogle-DOI-REBID-Mendeley), 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 Química, Biología y Agronomía.

**Ramos-Escamilla, María**

Editores

# **Química, Biología y Agronomía**

Universidad Autónoma Chapingo. Julio, 2016.

# ECORFAN®

## *Directores*

Pérez-Soto, Francisco  
Figueroa-Hernández, Esther  
Godínez-Montoya, Lucila  
Quiroz-Rocha, Jaime  
García-Núñez, Rosa María

Universidad Autónoma Chapingo

ISBN: 978-607-8324-66-8  
Sello Editorial ECORFAN: 607-8324  
Número de Control HMAE: 2016-01  
Clasificación HMAE (2016): 100816-0101

## **©ECORFAN-México, S.C.**

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. HQBA es parte de los medios de ECORFAN-México, S.C., E:94-443.F:008-([www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org))

## Prefacio

Una de las líneas estratégicas de la misión y visión universitaria 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 en beneficio del índice de desarrollo humano, a través de distintos medios y espacios, así como la consolidación de redes de innovación de la investigación, ciencia y tecnología en México.

La Universidad Autónoma Chapingo visualiza la necesidad de promover el proceso de la investigación, proporcionando un espacio de discusión y análisis de los trabajos realizados 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 Química, Biología y Agronomía, elegidos de entre las contribuciones, reunimos algunos investigadores y estudiantes.

*Cunill, Guerra, Villa, Reyess, Zuleta, Salcido y Salgado* presentan la capacidad antioxidante de las hojas de jonote (*heliocarpus appendiculatus turcz*) dentro de su función como forraje alternativo en un sistema agroforestal; *Sierra, Zuleta, Aguirre, Reyes y Guerra*, acotan sobre un estudio fitoquímico y actividad antioxidante del extracto metanólico de Jiotilla (*Escontria chiotilla*); *May, Ortega, Can, García, Bojórquez, Madueño y Cruz* se refieren a la calidad del agua para riego agrícola del sistema hidrográfico Lerma-Chapala-Santiago; *Elvira, Quintero, Trinidad y Leyva*, exponen las tasas de Crecimiento y Tiempo de Duplicación de 17 Ecotipos de Azolla, Colectadas en México; *Sánchez, Navarro y García* plantean el estudio comparativo de los recursos hidrológico-forestales de la Microcuenca de la Laguna de Epatlan, Pue. (1993-2014), *Palafox, Rodríguez, Sierra, Meza y Tehuacatl* esbozan su artículo sobre el comportamiento agronómico de híbridos de maíz formados con líneas tropicales sobresalientes; *Cabrera, Carballo, Mejía, García y Vaquera* presentan su investigación sobre la calidad de grano de los maíces criollos sobresalientes de la raza Zapalote Chico, *Carrillo*, acota sobre la utilización de microorganismos para incrementar la eficiencia de acumulación de cobre de las plantas, *Pérez, Carrillo, Juárez, Ortiz y Vidal*, indican sobre el comportamiento de semilla de jitomate envejecida y pre-acondicionada, sometida a la prueba de vigor; *Hernández y Sandoval* presentan su investigación sobre la innovación en la agrotecnia de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*). Un estudio de caso, *Romero y Valdovinos*, esbozan sobre la valoración ecológica con forestería análoga para producción orgánica en Jalisco, *García y Sánchez* presentan sobre árboles y arbustos de uso múltiple con potencial agroforestal en el sureste de Guanajuato; *Cruz y Torres*, acotan sobre la caracterización del agroecosistema cafetalero en la sierra sur de Oaxaca, *Guerran Delgadillo, Hernández, Guerra y Román* escriben sobre el efecto de la infección con *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis*, en el vigor de las Semilla de Jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill*).

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 Autónoma Chapingo en el proceso de preparar esta edición del volumen.

*Pérez-Soto, Francisco*  
*Figuroa-Hernández, Esther*  
*Godínez-Montoya, Lucila*  
*Quiroz-Rocha, Jaime*  
*García-Núñez, Rosa María*

Texcoco de Mora- México. Julio, 2016.

# Contenido

Pág.

- 1 Capacidad antioxidante de las hojas de Jonote (*Heliocarpus Appendiculatus Turcz*) dentro de su función como forraje alternativo en un sistema agroforestal** 1-6  
*CUNILL-FLORES, José María, GUERRA-RAMÍREZ, Diana, VILLA-GARCÍA, Matilde, REYES-TREJO, Benito, ZULETA-PRADA, Holber, SALCIDO, Graciela y SALGADO-ESCOBAR, Irma*
- 2 Estudio fitoquímico y actividad antioxidante del extracto metanólico de Jiotilla (*Escontria Chiotilla*)** 7-20  
*SIERRA-ZURITA, Donaji, ZULETA-PRADA, Holber; AGUIRRE-MANDUJANO, Eleazar, REYES-TREJO, Benito y GUERRA-RAMÍREZ, Diana*
- 3 Calidad del agua para riego agrícola del sistema hidrográfico Lerma-Chapala-Santiago** 21-34  
*MAY-PAT, Jorge Ariel, ORTEGA-ESCOBAR, Héctor Manuel, CAN-CHULIM, Alvaro, GARCÍA-PAREDES, Juan Diego, BOJÓRQUEZ-SERRANO, José Irán, MADUEÑO-MOLINA, Alberto, CRUZ-CRESPO, Elia*
- 4 Tasas de crecimiento y tiempo de duplicación de 17 ecotipos de Azolla, colectadas en México** 35-41  
*ELVIRA-ESPINOSA, Antonio, QUINTERO-LIZAOLA, Roberto, TRINIDAD-SANTOS, Antonio y LEYVA-RUELAS, Gabriel*
- 5 Estudio comparativo de los recursos hidrológico-forestales de la microcuenca de la Laguna de Epatlan, Pue. (1993-2014)** 42-51  
*SÁNCHEZ-VÉLEZ, Alejandro, NAVARRO-SANDOVAL, Leticia y GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María*
- 6 Comportamiento agronómico de híbridos de maíz formados con líneas tropicales sobresalientes** 52-62  
*PALAFX-CABALLERO, Artemio, RODRÍGUEZ-MONTALVO, Flavio A., SIERRA-MACÍAS, Mauro, MEZA-PABLO, Andrés y TEHUACATL-SÁNCHEZ, Leticia*
- 7 Calidad de grano de los maíces criollos sobresalientes de la raza Zapalote Chico** 63-72  
*CABRERA-TOLEDO, José Manuel, CARBALLO-CARBALLO, Aquiles, MEJÍA-CONTRERAS, J. Apolinar, GARCÍA-DE LOS SANTOS, Gabino y VAQUERA-HUERTA, Humberto*
- 8 Utilización de microorganismos para incrementar la eficiencia de acumulación de cobre de las plantas** 73-84  
*CARRILLO-CASTAÑEDA, Guillermo*
- 9 Comportamiento de semilla de jitomate envejecida y pre-acondicionada, sometida a la prueba de vigor** 85-94  
*PÉREZ-MENDOZA, Claudia, CARRILLO-CASTAÑEDA, Guillermo, JUÁREZ-MUÑOZ, Juana, ORTIZ-GARCÍA, Elizabeth y VIDAL-LEZAMA, Eloísa*



<b>10 Innovación en la agrotecnia de la caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.). Un estudio de caso</b>	95-104
<i>HERNÁNDEZ-SOTO, José Antonio y SANDOVAL-MARTÍNEZ, Ma. Emma Irene</i>	
<b>11 Valoración ecológica con forestería análoga para producción orgánica en Jalisco</b>	105-114
<i>ROMERO-LIMA, María del Rocío Leticia y VALDOVINOS-CHÁVEZ, Víctor Rafael</i>	
<b>12 Árboles y arbustos de uso múltiple con potencial agroforestal en el sureste de Guanajuato</b>	115-125
<i>GARCÍA-NUÑEZ, Rosa María y SÁNCHEZ-VÉLEZ, Alejandro</i>	
<b>13 Caracterización del agroecosistema cafetalero en la Sierra sur de Oaxaca</b>	126-137
<i>CRUZ Sergio y TORRES Guillermo</i>	
<b>14 Efecto de la infección con <i>Clavibacter michiganensis</i> subespecie <i>michiganensis</i>, en el vigor de las semillas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill)</b>	138-147
<i>GUERRA-R., Priscila, DELGADILLO-B., Claudia, HERNÁNDEZ-H., José Luis, GUERRA-R. Diana y SÁNCHEZ-C., Román</i>	
Apéndice A. Consejo Editor Universidad Autónoma Chapingo	148
Apéndice B. Consejo Editor ECORFAN	149-151
Apéndice C. Consejo Arbitral ECORFAN	152

## **Capacidad antioxidante de las hojas de Jonote (*Heliocarpus Appendiculatus Turcz*) dentro de su función como forraje alternativo en un sistema agroforestal**

CUNILL-FLORES, José María, GUERRA-RAMÍREZ, Diana, VILLA-GARCÍA, Matilde, REYES-TREJO, Benito, ZULETA-PRADA, Holber, SALCIDO, Graciela y SALGADO-ESCOBAR, Irma

J. Cunill, D. Guerra, M. Villa, B. Reyess, H. Zuleta, G. Salcido e I. Salgado

``División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, México. C.P. 56230.

``Laboratorio de Productos Naturales, Área de Química, Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Apartado 74, Oficina de Correos Chapingo, Km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, México, 56230.

``Escuela de Diseño, Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Física y Matemáticas, Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México, Calle del Puente 222 Col. Ejidos de Huipulco, Tlalpan, México D.F, C.P., 14380  
jomacunill@gmail.com

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## Abstract

De acuerdo con la necesidad imperante dentro las cadenas agroalimentarias en regiones Tropicales y Neo-tropicales de reducir su extensión de forraje con mejor rendimiento nutrimental, es necesario explorar y experimentar con forrajes alternativos a través de estudios etnográficos determinar un nuevo uso dentro de un Sistema Agroforestal. En el presente trabajo se analizaron las hojas de jonote para determinar su capacidad antioxidante a partir de un extracto hidro-metanólico. Se determinaron los fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante por los ensayos: del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH·). Los resultados se expresaron como Equivalentes de Ácido Gálico (EAG) por gramo de muestra en base seca y en minimoles equivalentes de Trolox (TE) por gramo de muestra en base seca, respectivamente. El contenido de fenoles totales en las hojas fue de:  $41.662 \pm 05$  mgGAEg<sup>-1</sup>, y la capacidad antioxidante fue de:  $257.07 \pm 27.18$  mmol TEg<sup>-1</sup> y  $309.33$  mmol TEg<sup>-1</sup>, a partir de los ensayos de DPPH· respectivamente. El contenido relativamente alto de fenoles es indicativo de la presencia de flavonoides y fenilpropanoides principalmente, los cuales son los responsables de la actividad antioxidante de las hojas.

## 1 Introducción

La necesidad de innovar en forrajes alternativos dentro de Sistemas Agroforestales es clave para la conservación de especies nativas, principalmente arbóreas que han sido utilizadas desde la antigüedad como forraje, pero ante la tendencia productiva actual no son contempladas como tal. El jonote es un árbol de hasta 30 metros de alto y hasta 75cm de diámetro, de fuste cilíndrico y copa pequeña de ramas ascendentes. Corteza externa es lisa, verde grisácea, presenta algunas lenticelas en forma vertical, la corteza interna es muy fibrosa de color rosado-blanco, la cual oxidarse se torna anaranjada (Pennington y Sarukhán, 2005). En la Sierra Norte y Nororiental del Estado Puebla, funge como elemento primordial en cafetales y huertos caseros, donde se desarrolla el elemento animal en aves como gallinas, guajolotes, codornices y de gusano de jonote (*Arsenura armida armida* Cramer) (Cunill y Guerra, 2014). Los forrajes dentro de sus propiedades nutraceuticas se encuentra la capacidad antioxidante, cualidad que reduce el daño por estrés y manejo del ganado. Un antioxidante es una sustancia que actúa incluso en bajas concentraciones inhibiendo el proceso de oxidación de las moléculas (Singh y Kumari, 2015; Halliwell and Gutteridge, 1995).

Compuestos fitoquímicos polifenólicos con variables estructuras fenólicas son llamados en conjunto flavonoides, actuando como antioxidantes. (Laghari et al., 2013). Las propiedades antioxidantes están directamente relacionadas con su concentración de diferentes compuestos fenólicos como flavonoides, antocianinas, taninos y ácidos fenólicos (Djeidane et al., 2006). Fenoles manifiestan su capacidad antioxidante gracias a su capacidad de remover el oxígeno derivado de radicales libres por la donación de hidrógenos o de electrones (Singh y Kumari, 2015; Prietta, 2000).

En los animales de producción las aplicaciones de los antioxidantes se encaminan fundamentalmente para optimizar los rendimientos, de manera que no sólo se obtengan beneficios económicos, sino también mejoras en las calidad de las producciones (carne, huevo, leche) y en la seguridad del consumidor, pudiendo reducir el uso de determinados compuestos sintéticos (Sebastian, 2003) El presente trabajo evalúa la capacidad antioxidante para conocer su potencial nutraceutico del jonote como parte del diseño de nuevos forrajes alternativos para su implementación en Sistemas Agroforestales en regiones Tropicales y Neotropicales de América.

## 1.1 Materiales y métodos

### *Reactivos*

El reactivo de Folin-Ciocalteu, el carbonato de sodio anhidro, el ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico (Trolox) y el 2,2'-difeníl-1-picrilhidrazilo (DPPH) fueron adquiridos de Sigma Aldrich.

### *Instrumentación*

La medición de absorbancias para cuantificar los fenoles totales y evaluar la actividad antioxidante se llevó a cabo en un lector de microplacas, equipado con bombas de inyección automática y el software de análisis de datos Gen5™ data (Biotek Instruments Inc., Winooski, VT, USA)

### *Preparación de extractos polares*

Las hojas de jonote previamente secadas a la sombra y molidas se maceraron en metanol/agua (4:1, v/v) y ácido clorhídrico al 10 % hasta alcanzar un pH=3. La mezcla obtenida se agitó primero en vortex (3 min, 1000 rpm) y después en una incubadora (30 min, 37°C), se sonicó (15 min) y finalmente se centrifugó (15 min, 4000 rpm). El sobrenadante se llevó a un volumen final de 5 mL. A partir de este extracto se tomaran alícuotas para determinar fenoles totales y estimar la actividad antioxidante.

### *Cuantificación de fenoles totales*

Los fenoles totales fueron cuantificados por el método de Folin-Ciocalteu adaptado a microplacas (Singleton y Rossi, 1965). La curva de calibración de ácido gálico se obtuvo en un rango de concentraciones de 0.02-0.22 mgmL<sup>-1</sup>

En una microplaca de 96 pozos se mezclaron, en cada pozo, 25 µL del extracto polar de hojas de jonotes (muestra antioxidante) a diferentes concentraciones, 125 µL de agua destilada y 20 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu (diluído 1:10), después de agitar y dejar reposar por 5 minutos, se adicionaron 30 µL de carbonato de sodio al 20 %. La mezcla se dejó incubar durante 60 min en la oscuridad y se leyeron las absorbancias a 760 nm en un lector de microplacas (Synergy HT Multi-Mode Microplate reader, Biotek International). Las mediciones se hicieron por cuatuplicado y los resultados del contenido de fenoles totales se expresaron en miligramos de fenoles equivalentes a ácido gálico por gramos de muestra en base seca ( $\text{mg EAG g}_{\text{db}}^{-1}$ ).

### *Evaluación de la actividad antioxidante*

La evaluación de la actividad antioxidante se llevó a cabo de acuerdo con el ensayo de alto rendimiento para estimar la capacidad relativa de remoción del radical libre DPPH• con respecto al Trolox (RDSC), desarrollado y validado por Cheng *et al.* (2006). Los valores de RDSC de las disoluciones de muestra fueron reportados con respecto al antioxidante de referencia, trolox, análogo de la vitamina E. También se calculó el valor de la concentración requerida de las muestras antioxidantes (extracto de jonote) para degradar el 50% del DPPH• en la mezcla de reacción (CI<sub>50</sub>). Todas las disoluciones se prepararon con metanol/agua (4:1 v/v). La disolución stock de DPPH• con una concentración 0.625 mM se preparó el mismo día y se diluyó hasta obtener una concentración final de 0.208 mM. A partir de una disolución stock de trolox 25 mM se tomarán alícuotas para obtener diluciones con las siguientes concentraciones 1.2, 4.8, 9.6, 19.2, 28.6, 36.0 mM. En cada pozo de una microplaca se colocaran 100 µL de las disoluciones de prueba a 5 diferentes concentraciones y 100 µL de las diferentes disoluciones de trolox (todo por cuatuplicado).

Para tener un control se destinaron 4 pozos en los que se adicionaron 100  $\mu\text{L}$  de metanol/agua (80:20 v/v) y una columna completa de pozos donde se adicionaron sólo 200  $\mu\text{L}$  metanol/agua (80:20 v/v, blanco). Después, se adicionarán 100  $\mu\text{L}$  de DPPH $\cdot$  0.208 mM a todos los pozos con excepción de los que contenían el blanco. El equipo de microplacas se programó para agitar por 30 segundos y posteriormente tomar lecturas de absorbancia a 515 nm, en intervalos de un minuto durante 30 minutos. El porcentaje de DPPH $\cdot$  degradado se calculó de acuerdo a la ecuación (1)

$$\% \text{DPPH}_{\text{Degradado}} = \left[ 1 - \frac{A_m - A_b}{A_c - A_b} \right] \times 100 \quad (1)$$

donde:  $A_m$ ,  $A_b$  y  $A_c$  representan las absorbancias de las disoluciones de prueba, blanco y control, respectivamente, leídas a 515 nm después de 30 minutos de reacción con el DPPH $\cdot$ . Los valores del porcentaje de degradación del DPPH $\cdot$  a diferentes tiempos de reacción obtenidos de la ecuación (1) se graficaron en función del tiempo. A partir de las cinéticas de degradación se calcularon las áreas bajo la curva (ABC) (ecuación 2) de disoluciones de prueba y del trolox a diferentes concentraciones.

$$\text{ABC} = 0.5f_0 + (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{i-1}) \quad (1.1)$$

Donde  $f_0$  es el DPPH $\cdot$  inicial y  $f_i$  es el DPPH $\cdot$  total consumido. Los datos se procesaron en el programa Microsoft Excel para calcular las áreas bajo la curva de cada tratamiento y del trolox. Para calcular el valor de RDSC (capacidad relativa de atrapamiento del radical DPPH $\cdot$  con respecto al Trolox) se aplicó la ecuación (3) que relaciona el área bajo la curva de las disoluciones de prueba y el área bajo la curva del Trolox, cuando se alcanza el 50 % de degradación del DPPH $\cdot$ .

Los valores de RDSC fueron expresados en mmol de equivalentes de Trolox por gramo de la muestra en base seca ( $\text{mmoles ET g}_{\text{db}}^{-1}$ )

$$\text{RDSC} = \left( \frac{\text{ABC}_m}{\text{ABC}_T} \right) \times \left( \frac{\text{molaridad del Trolox}}{\text{masa de la muestra}} \right) \quad (1.2)$$

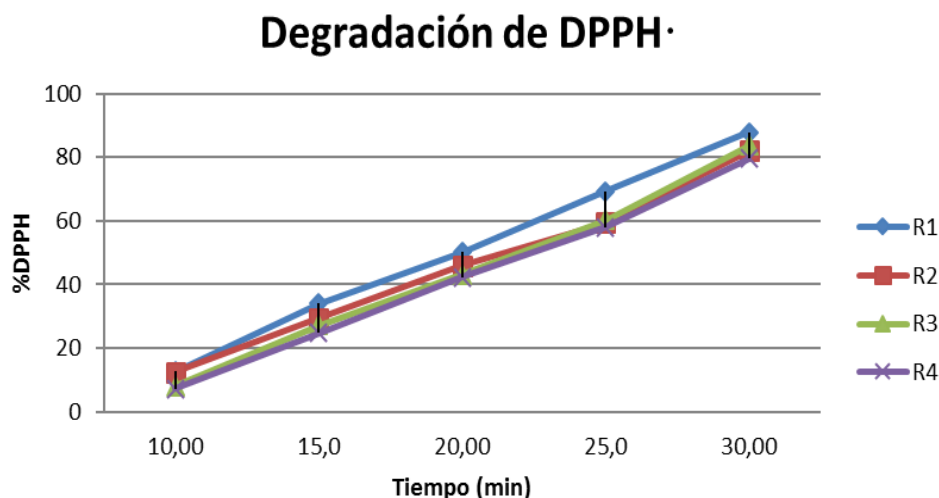
### Análisis estadístico

Los datos se analizaron estadísticamente en un diseño completamente al azar. Las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre las medias de los resultados experimentales fueron evaluadas por un análisis de la varianza y comparación de medias por la prueba de rango múltiple de Duncan.

## 1.2 Resultados y discusión

Respecto al contenido fenólico, la curva de calibración de ácido gálico arrojó la ecuación:  $y = 46.36x + 0.0543$  con un coeficiente de correlación de 0.982. Con base a esta curva se calculó que las hojas de jonote contienen  $41.662 \pm 0.05$  mgGAEg $^{-1}$ . Estos resultados son equiparables a hojas de árboles tales como *Sapindus mukorrosi* con  $53.48 \pm 0.18$  mgGAEg $^{-1}$  (Singh y Kumari, 2015) y *Saptum sebifera*  $48.260 \pm 2.901$  (R. Fu et al.2015), ambos con potencial nutracútico. El DPPH es una técnica bien conocida por su capacidad secuestradora de radicales libres. Cuando los radicales se neutralizan en presencia de un radical secuestrador, la solución de DPPH cambia de color de un violeta intenso a un ligero amarillo. El grado de reducción de la absorbancia es indicador del incremento de la capacidad antioxidante (Singh y Kumari, 2015). En la figura 1 se aprecia la degradación del DPPH $\cdot$  en función de las diferentes concentraciones de extracto de hojas de jonote durante 30 minutos.

**Figura 1** Degradación de DPPH· a diferentes concentraciones de extracto de hojas de jonote



### 1.3 Conclusión

Se observa que el contenido de compuestos fenólicos está directamente relacionado con la capacidad antioxidante de los extractos. Dentro del sistema nutrimental se encuentra una forma económica, práctica y eficaz de administrar antioxidantes, mejorando así la inocuidad y calidad de la carne; además de reducir el estrés oxidativo fisiológico que afecte la integridad y correcto manejo del animal.

### 1.4 Referencias

- Cunill-F., J.M., Guerra-Ramírez, D. 2014. Presencia, Ecología y Gestión del Jonote (*Heliocarpus Appendiculatus* Turcz) dentro de Sistemas Agroforestales en Ecatlán, Municipio de Jonotla, Puebla, México. XLI Reunión de la AMPA y VII Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Mérida, Yucatán
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N., 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing Phenolic Compounds. *Food Chem.* 97, 654–660.
- Fu, R., Zhang, Y., Guo, Y., Chen, F. 2015. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of Chinese tallow tree leaves. *Industrial Crops and Products* 76 (2015) 374–377
- Laghari, A.Q., Memon, S., Nelofar, A., Laghari, A.H., 2013. *Tecomella undulate* G. Don: A rich source of flavonoids. *Ind. Crops Prod.* 43, 213–217.
- Pennington, T. D., y Sarukhán J., 2005. Árboles Tropicales de México, manual para la identificación de las principales especies, 3a. ed., UNAM, Fondo de Cultura Económica, pag. 350.
- Sebastián, M., 2003. Antioxidantes biomoleculares en nutrición animal-calidad de la carne con bioflavonoides. II Seminario Internacional sobre Producción, Mercado y Calidad de Carne de Porcinos. Florianapolis. Brasil.

Singh, R., Kumari, N., 2015. Comparative determination of phytochemicals and antioxidant activity from leaf and fruit of *Sapindus mukorrossi* Gaertn. – A valuable medicinal tree. *Industrial Crops and Products* 73 (2015) 1–8

Cheng, Z., Moore J., & Yu, L. L. (2006). High-Throughput Relative DPPH Radical Scavenging Capacity Assay. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 7429–7436.

## **Estudio fitoquímico y actividad antioxidante del extracto metanólico de Jiotilla (*Escontria chiotilla*)**

SIERRA-ZURITA, Donaji, ZULETA-PRADA, Holber; AGUIRRE-MANDUJANO, Eleazar, REYES-TREJO, Benito y GUERRA-RAMÍREZ, Diana

D. Sierra, H. Zuleta, E. Aguirre, B. Reyes y D. Guerra

‘ Posgrado de Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. Universidad Autónoma Chapingo.

‘‘ Área de Química, Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, AP 74 Oficina de Correos Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Texcoco, Estado de México, 56230, México.

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.



## Abstract

En el presente trabajo se logró el aislamiento y caracterización de algunos metabolitos secundarios de los frutos del extracto metanólico de Jiotilla (*Escontria chiotilla*). Además de determinar la capacidad antioxidante del extracto metanólico del fruto. Las propiedades como alimento que los frutos poseen, ha despertado el interés de realizar el estudio fitoquímico de los fruto y evaluar su actividad antioxidante. Hasta hoy, existen escasos estudios realizados. Se utilizó un extracto metanólico del jugo de jiotilla de 96.3 g de material seco liofilizado, obtenido mediante extracciones sucesivas con metanol a temperatura ambiente. La separación de los compuestos se realizó por cromatografía en columna, usando disolventes y mezclas de estos con polaridad variable: hexano, diclorometano, cloroformo, acetona, acetato de etilo y metanol. En las primeras fracciones se aislaron 6 compuestos diferentes, entre los cuales se encuentra una mezcla de ácidos grasos y dos compuestos totalmente puros. La purificación se efectuó mediante cromatografía, recristalización y filtrado de sólidos. Los compuestos aislados, se analizaron a partir del análisis de espectros de  $^1\text{H}$  RMN,  $^{13}\text{C}$  RMN, DEPT. A partir de los datos espectrales, se encontró que las estructuras químicas de los compuestos corresponden a una mezcla de ácidos (oleico, linoleico y linolénico), el esteroide conocido como  $\beta$ -sitosterol y el ácido málico. Los otros compuestos con alto potencial desde el punto de vista estructural, se encuentran en mezclas a polaridades mayores que se están estudiando actualmente. El contenido de fenoles totales, expresados como mg de EAG  $\text{g}^{-1}$  de peso seco en pulpa fue de 17.6365 (mg  $\text{GAEg}^{-1}$  bs) y para el caso del extracto metanólico fue de 7.5592 (mg  $\text{GAEg}^{-1}$  de extracto).

## 2 Introducción

La jiotilla (*Escontria chiotilla*) se encuentra taxonómicamente ubicada dentro de la familia Cactaceae, perteneciente al orden *Centrospermae* o *Caryophyllales*, crece en las zonas áridas y semiáridas. Se encuentra distribuida principalmente en los estados de Puebla, Oaxaca, Guerrero y Michoacán.

Actualmente la jiotilla no se cultiva ya que crece de forma silvestre, la época fructificación es en los meses de abril, mayo y junio (Franco-Zavaleta, 2004). Respecto al consumo per cápita, superficie y producción a nivel nacional no se tienen datos oficiales precisos, destacando entre las principales regiones productoras de jiotilla las ya mencionadas: Puebla, Oaxaca, Michoacán y Guerrero. Produce frutos de pulpa roja comestible de sabor agridulce. El color rojo intenso de la pulpa de este fruto. A la fecha estudios acerca de la estructura química y estabilidad de sus betalainas es escasa y no hay literatura sobre estos compuestos en el fruto (Franco-Zavaleta, 2004).

Las betalainas son pigmentos solubles en agua que contiene nitrógeno que se encuentran sólo en un número limitado de plantas, incluyendo el orden de *Caryophyllales*, con peso molecular entre 400 y 500 (Guaadaoui *et al.*, 2014; Fennema, 1995). Algunos betalainas tienen una capacidad de coloración más fuerte que las antocianinas. Curiosamente antocianinas y betalainas son mutuamente excluyentes y nunca han ambas sido halladas en la misma planta (Guaadaoui *et al.*, 2014). Estos pigmentos por lo general se localizan en un orgánulo único de la célula vegetal, la vacuola (Schoefs, 2004; Cabanes *et al.*, 2014).

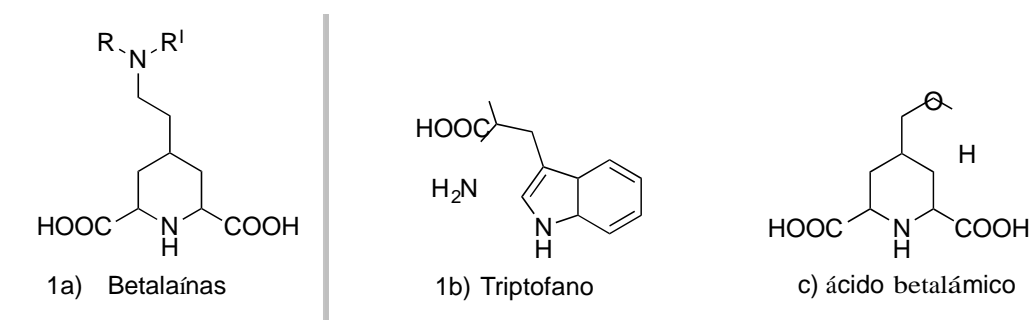
Betalainas son pigmentos solubles en agua, que se pueden dividir en dos grandes grupos: estructurales betacianinas rojo-violeta y betaxantinas amarillas (Cai, *et al.*, 2005:

Castellanos-Santos y M.-Yahia, 2008) conjugadas de la unidad estructural ácido betalámico con aminas libres o compuestos derivados de indolina. La presencia de ambos tipos de pigmentos genera la amplia variedad de tonos que van desde el amarillo pálido a violeta incluyendo el naranja, rojo, rosa y colores característicos de las flores, las frutas, y raíces de plantas que contienen betalaínas (Cabanés *et al.*, 2014).

Al igual que otros fitoquímicos (antocianinas, carotenoides y clorofilas) las betalaínas se utilizan como sustancias colorantes en el procesamiento de alimentos debido a su amplia estabilidad de pH (pH 3-7). También han sido reportadas por sus propiedades antirradicales y una fuerte actividad antioxidante, pueden contribuir a las actividades anti-inflamatorias, en la inhibición de la oxidación de lípidos y la peroxidación y tienen efectos anticancerígenos de las células (Guaadaoui *et al.*, 2014). El principal foco de interés, ha estado recientemente en pigmentos de betalaínas como antioxidantes naturales (Castellanos-Santos y M.-Yahia, 2008).

A la fecha se conocen unas setenta betalaínas y todas ellas poseen la misma estructura básica (Figura 1a), formada por la condensación de una amina primaria o secundaria como el triptófano (Figura 1b) y un aldehído llamado ácido betalámico (Figura 2c) (Franco-Zavaleta, 2004).

**Figura 2** Estructura básica de las betalaínas.



Nuestro cuerpo está constantemente expuesto a una variedad de agentes oxidantes y el cuerpo es igualmente incorporado con antioxidantes para atender a los radicales libres generados a partir de los oxidantes manteniendo un equilibrio entre la producción de radicales libres y la neutralización por los antioxidantes. Cuando existe un desequilibrio entre la formación y la neutralización de los radicales libres por los antioxidantes, resulta al estrés oxidativo. El estrés oxidativo ha sido implicado en la etiología de enfermedades tales como cardiovasculares, cáncer de pulmón, entre otras (Azeez, *et al.*, 2012).

Numerosos estudios epidemiológicos llevados a cabo en muchos países indican que una dieta rica en frutas y verduras, retrasa el proceso de envejecimiento y reduce el riesgo de varias enfermedades de estilo de vida, enfermedades cardiovasculares y cáncer, principalmente, así como trastornos, artritis reumatoide, enfermedades pulmonares, de cataratas, la enfermedad de Parkinson o de Alzheimer. Se cree que los compuestos que son en gran parte responsables para aquellos efecto protector son compuestos fitoquímicos y vitaminas C y E, que tiene propiedades antioxidantes (Szajdeck y Borowska., 2008). Este es atribuido principalmente a sus componentes antioxidantes, especialmente vitamina C, carotenoides, compuestos fenólicos, flavonoides, taninos y antocianidinas que son conocidos por poseer la capacidad de eliminar los radicales libres y la peroxidación (Carlo, *et al.*, 2012).

Por lo tanto, este estudio se enfoca en aislar, purificar e identificar estructuras químicas principales del extracto metanólico (polar) y evaluar la actividad antioxidante del mismo, presentes en frutos de jiotilla.

## 2.1 Materiales y métodos

### Materiales

Los frutos de jiotilla se colectaron en la región de la Mixteca Baja Oaxaqueña, en la comunidad de Acaquizapan, municipio de Santiago Chazumba, Oaxaca, en estado de madurez comercial a criterio visual de los nativos del lugar (90 días después de su floración). Después de la recolección, las muestras se transportaron en refrigeración al laboratorio. Posteriormente se congelaron y almacenaron a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis.

Los reactivos químicos: hexano, acetato de etilo, diclorometano, metanol y acetona, fueron adquiridos en J.T. Baker, S. A. de C. V., Edo. de México, México.

## 2.2 Métodos

### Preparación del extracto metanólico

Se descongelaron los frutos de jiotilla a temperatura ambiente, y se separaron las cáscaras de la pulpa. Se obtuvieron 663.19 gramos de pulpa la cual se liofilizó en un equipo de liofilización LABCONCO (Figura 2.1 a), obteniéndose 96.34 gramos de liofilizado. Al producto liofilizado se le adicionó 600 mL de metanol y se dejó macerar durante tres días, posteriormente se filtró para extracción del residuo sólido, la disolución metanólica se evaporó en un rotavapor Büchi R-3 (Figura 2.1 b) a baja temperatura y alto vacío, esto se repitió cinco veces para finalmente obtener el extracto metanólico con un peso de 58.1 gramos.

**Figura 2.1** (a) Liofilización de la pulpa de jiotilla, y (b) evaporación del disolvente



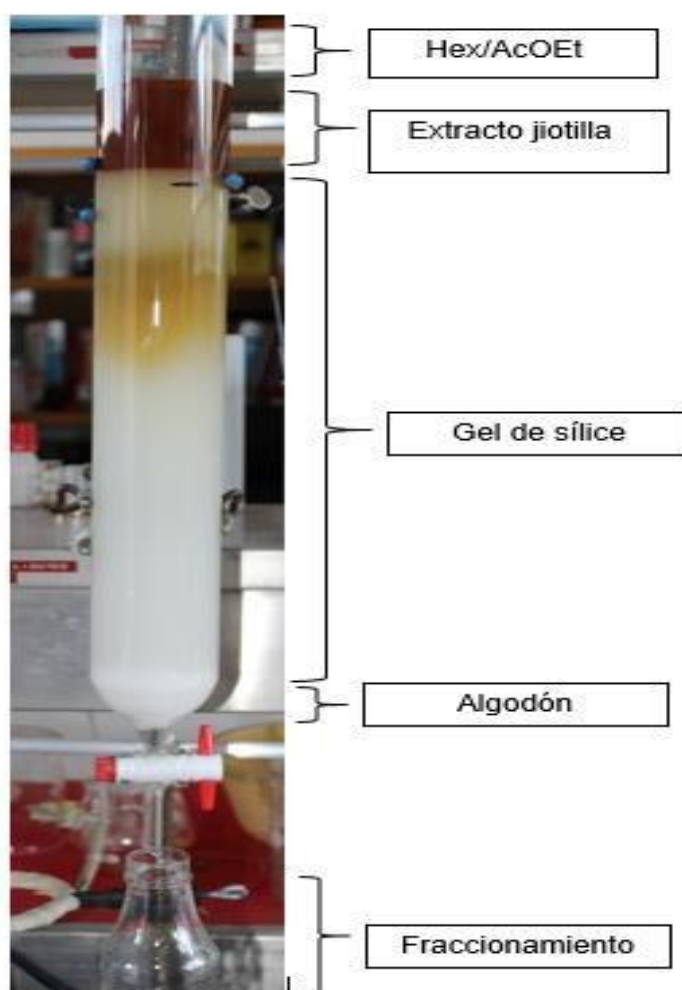
### Separación por cromatografía en columna

Se empleó La cromatografía por columna a gravedad (CCG) para la separación de los compuestos del extracto por diferencia de polaridad a través de distintos disolventes. A continuación se describe la preparación de la columna (Figura 2.2):

1. Se utilizaron 55.1 gramos de extracto metanólico, el cual se diluyó en metanol en un matraz bola.

2. Para la preabsorción en sílice, se agregó gel de sílice 60 (0.063-0.200 mm, Merck) y se mezcló dejando la muestra homogénea, posteriormente se evaporó el disolvente en un rotavapor a presión reducida, dejando el extracto seco e impregnando en su totalidad en la sílice
3. El extracto preabsorbido se pulverizó en un mortero para obtener partículas finas.
4. La columna cromatográfica, se preparó colocando un pedazo de algodón en el fondo, para evitar el escape de gel de sílice.
5. La columna de vidrio se empacó aproximadamente hasta la mitad con sílice preabsorbida en hexano aproximadamente en una relación 2:1 p/p (sílice:extracto).
6. Se agregó el extracto impregnado en sílice a la columna.
7. Se empezó la elución, colectando fracciones de 250 mL, usando como eluyente inicial hexano (hex) 100 % y posteriormente mezclas hexano/acetato de etilo (AcOEt) hasta llegar a 100 % AcOEt.
8. La observación de la composición de las fracciones se realizó por cromatografía en placa delgada (CCD), cuando ya no se observaba alguna mancha de interés, se aumentaba la polaridad.

**Figura 2.2** Fraccionamiento de extracto de jiotilla en columna cromatográfica, con mezcla de disolvente Hex/AcOEt.



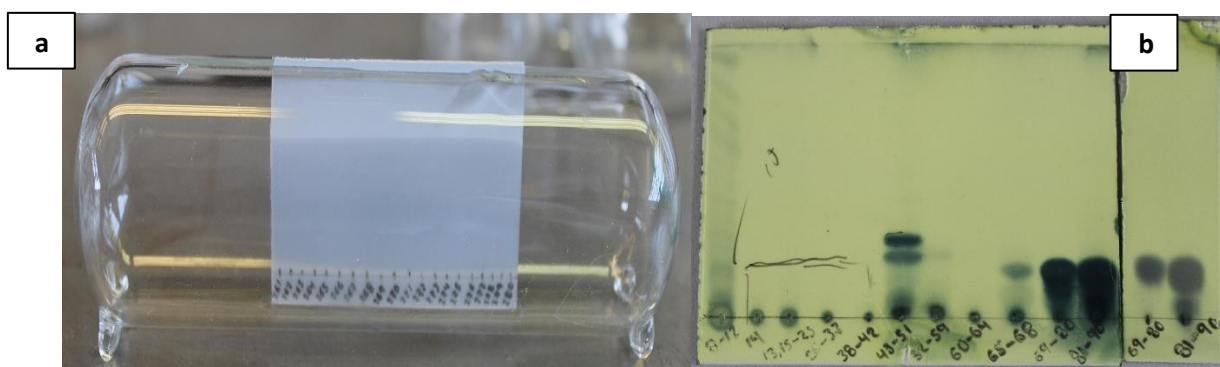
## Seguimiento y purificación de productos

El seguimiento de las reacciones se llevó a cabo por cromatografía de capa fina, en cromatoplasas de gel de sílice 60 (ALUGRAM® SIL G/UV<sub>254</sub>), la visualización se realizó con luz ultravioleta en lámpara de UV Mineral Light, también se usó como revelador el ácido fosfomolibdico por calentamiento de las cromatoplasas. La cromatografía por columna a gravedad y flash para purificación de los compuestos se realizó sobre gel de sílice 60 (0.040-0.063 mm., malla 230-4000 ASTM) como fase estacionaria.

## Análisis por cromatografía en capa delgada

Se aplicaron con un capilar de vidrio muestras de cada fracción colectada a medio centímetro del borde en uno de los extremos de la placa, se dejó secar y se eluyeron en una cámara cromatográfica, con mezclas de hexano y acetato de etilo. (Figura 2.3a). Para lograr una mejor observación de las manchas, fue necesario usar un revelador de luz ultravioleta en lámpara UV Mineral Light, ácido fosfomolibdico y sulfato cérico amoniacal, seguido por el calentamiento de las cromatoplasas (Figura 2.3b).

**Figura 2.3** (a) Elución de las fracciones de extracto de jiotilla en Hex/AcOEt en placa cromatográfica, y (b) revelado de las placas en ácido fosfomolibdico.



El volumen final fue colocado en tubos de resonancia y se introdujo el tubo con la muestra en el imán del equipo de resonancia magnética nuclear para la toma de espectros de H-RMN y C-RMN. Las estructuras y los perfiles de los compuestos se identificaron por el análisis de las señales y desplazamientos químico observado en el espectro.

### **Determinación de actividad antioxidante del extracto metanólico**

Las muestras de jiotilla fueron molidas en un mortero para homogenizar 0.5 gramos se utilizaron, se mezclaron con metanol al 80 % (10 mL) y se acidificó con HCl al 10 % hasta alcanzar un pH de 3.0 para favorecer su extracción. Posteriormente se sometieron a agitación en un vortex durante 3 minutos a temperatura ambiente, todo el procedimiento se llevó a cabo sin presencia de luz con el fin de evitar la degradación de los compuestos antioxidantes. Después se sometieron a sonicación durante 15 minutos, se colocaron en una incubadora a 150 rpm por 30 minutos, por último se sometieron a centrifugación a 2500 rpm durante 15 minutos, el sobrenadante fue filtrado y aforado a 10 mL con la solución metanol al 80 % y fueron guardados en frascos ámbar para su próximo análisis.

### **Cuantificación de fenoles totales**

La cuantificación de compuestos fenólicos se llevó a cabo mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, llevándose a cabo una oxidación en solución alcalina entre los fenoles presentes de la muestra y el reactivo, dando como resultado una coloración azul (Cicco *et al.*, 2009).

El ácido gálico, compuesto polifenólico, se utilizó como estándar para la elaboración de la curva de calibración. Se utilizó 12.5 mg de ácido gálico y se disolvieron con 1 mL de etanol, se aforó a 25 mL con agua destilada. En una microplaca se prepararon 12 placas con diferentes cantidades de ácido gálico: 0, 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400 y 440 y se llevó a un volumen de 1 mL con agua destilada.

En cada uno de los pozos restantes se colocó, 25  $\mu$ L de los extractos metanólicos de cada tratamiento de jiotilla, 125  $\mu$ L de agua destilada, 20  $\mu$ L del reactivo de Folin Ciocalteu diluido y 30  $\mu$ L de carbonato de sodio al 30 %. Las muestras se dejaron reposar durante 30 min y posteriormente se leyeron las absorbancias en un equipo Biotek synergy 2 a una longitud de onda de 760 nm. El contenido de fenoles totales se expresó en mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra (mg EAG  $g^{-1}$ ).

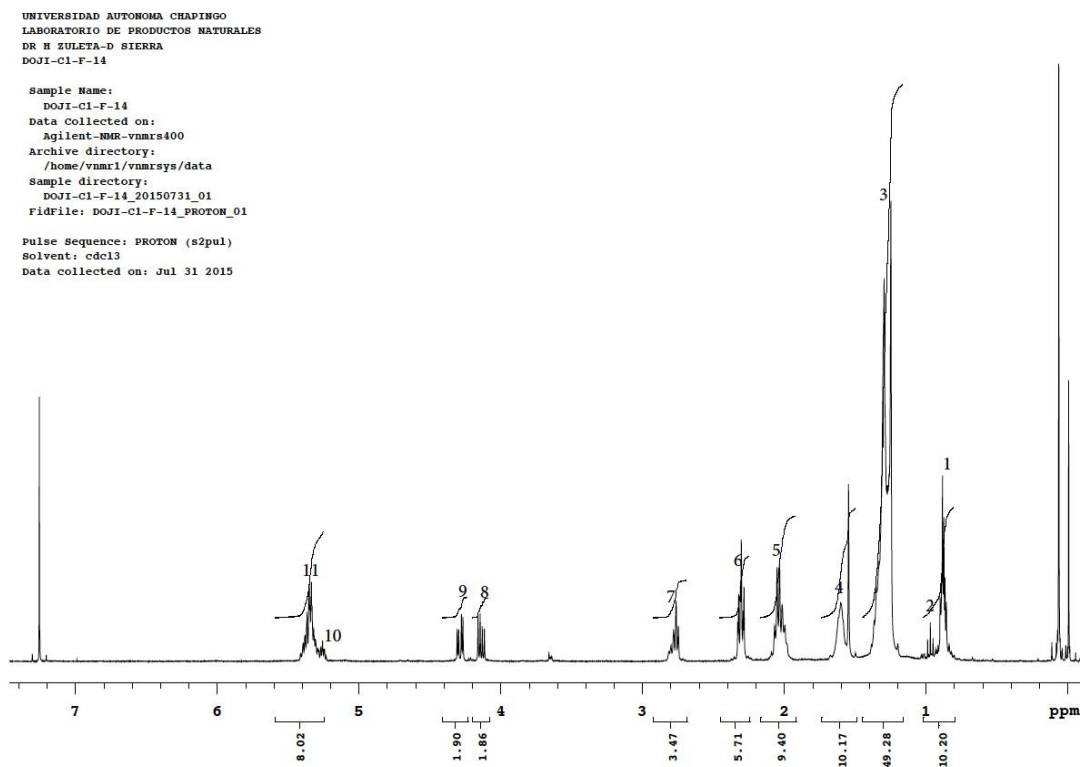
## **2.3 Resultados y discusión**

### **Estudio fitoquímico**

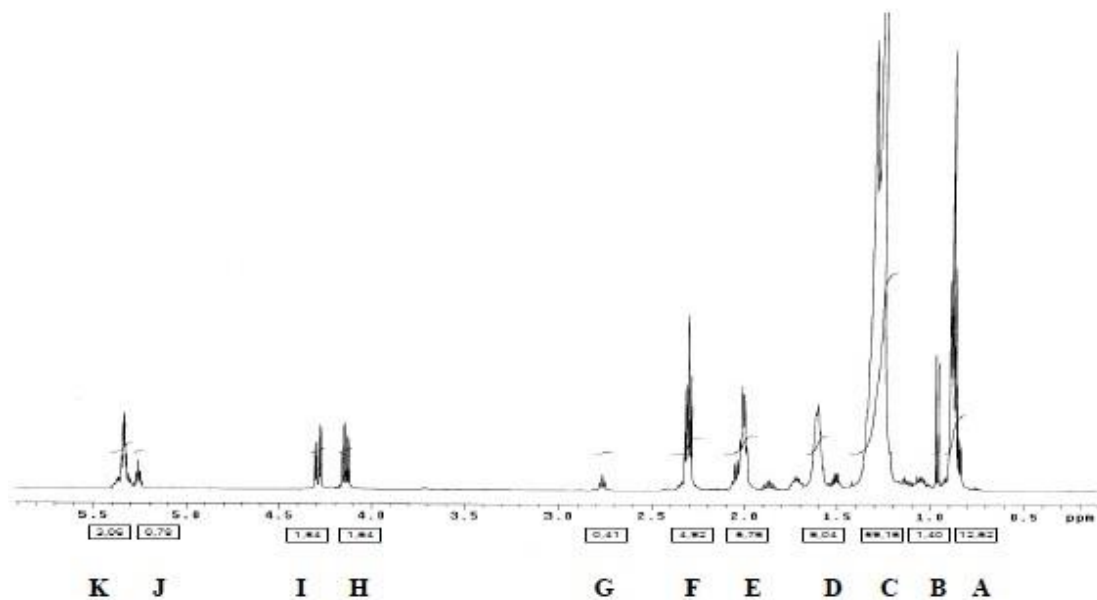
De las fracciones de columna (Fracción 13-45) de menor polaridad (1:9) acetato de etilo-hexano se obtuvo una mezcla oleosa translúcida denominado DOJI-C1-F-14. El espectro de resonancia magnética nuclear de protón ( $^1H$  RMN, 400 MHz,  $CDCl_3$ ) de la mezcla DOJI-C1-F-14. (Figura 5), presenta 11 señales con intensidades significativas, estas señales son características a las que presentan los hidrógenos de los principales componentes en los óleos, o en los triglicéridos. Una comparación con datos reportados en la literatura (Sachi, *et al.*, 1996) demuestra la existencia en la mezcla de las señales características de los aceites vegetales con sus respectivos protones (figura 6). Como puede observarse, en la Tabla 1, los desplazamientos para los diferentes tipos de hidrógenos característicos en las mezclas oleosas de los ácidos insaturados, oleico, linoléico y linolénico, de análisis de diferentes aceites coinciden con las señales encontradas en la mezcla DOJI-C1-F-14.

La atribución general de las señales para este tipo de mezclas han sido bastante estudiadas (Miyake *et al.* 1998), (Knothe y Kenar 2004) y (Kirby *et al.* 2011).

**Figura 2.4** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  de la mezcla DOJI-C1-F-14



**Figura 2.5** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  del aceite de andiroba

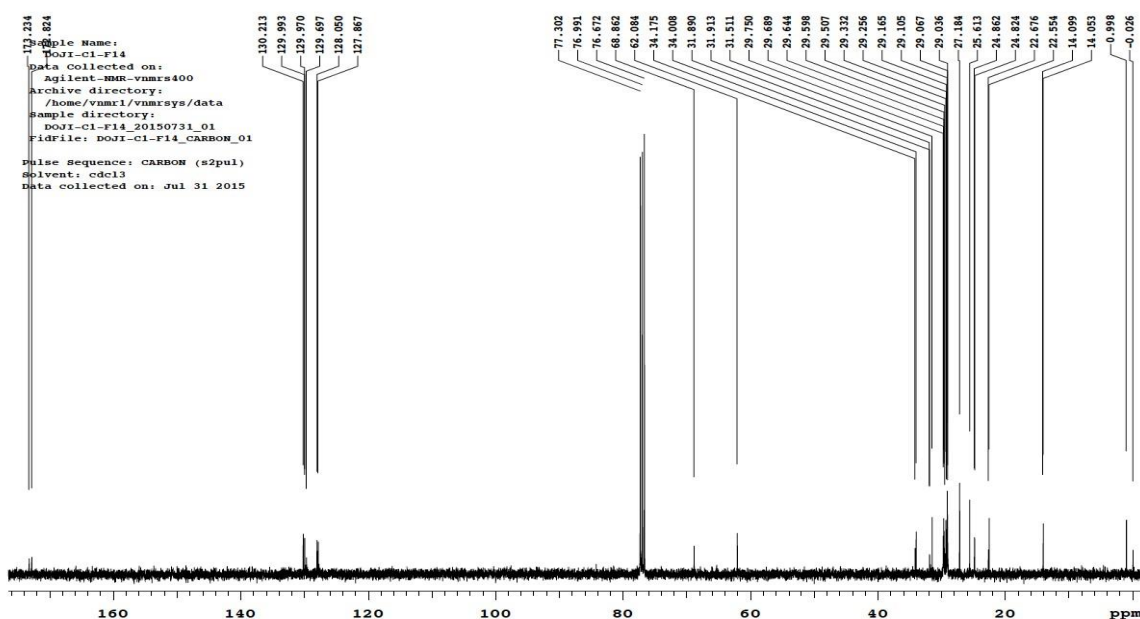


**Tabla 2** Desplazamiento químico ( $\delta$ ) y asignación de las principales señales de resonancia en el espectro de  $^1\text{H}$  RMN de la mezcla DOJI-C1-F-14.

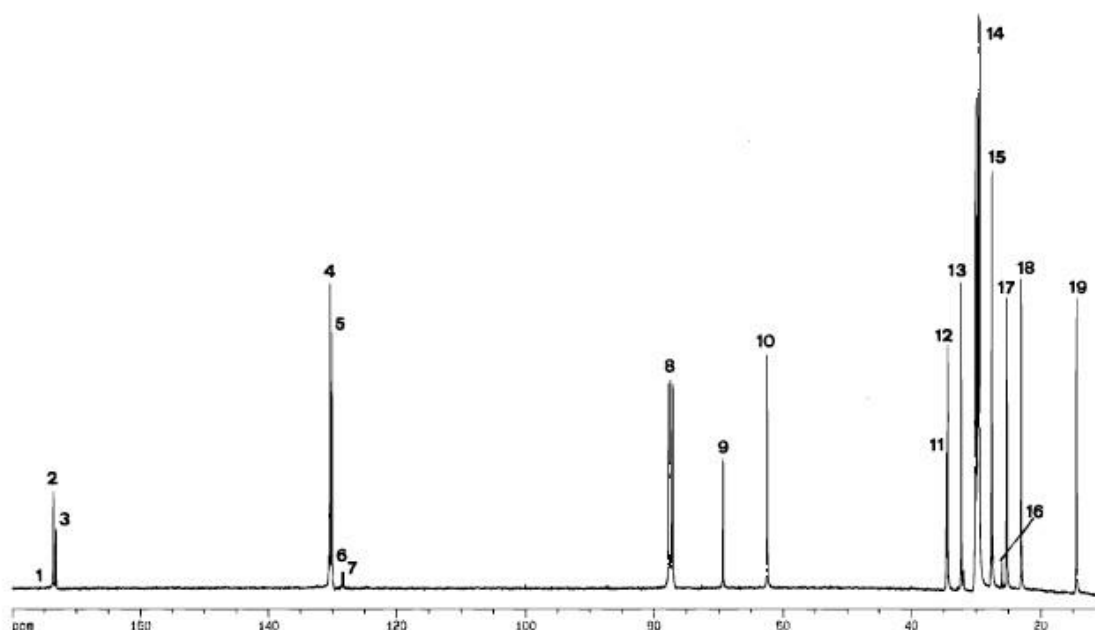
Señal	( $\delta$ ) ppm doji-c1-f14	( $\delta$ ) ppm literatura	Protón (h)	Grupo funcional
A	0.85-0.90	0.83-0.93	$-\text{CH}_3$	Hidrógenos metílicos
B	0.90-1.04	0.93-1.03	$-\text{CH}_3$	Hidrógenos metílicos del
C	1.24-1.36	1.22-1.42	$-(\text{CH}_2)_n-$	Hidrógenos metilénicos de ácidos grasos de
D	1.54-1.60	1.52-1.70	$-\text{OCO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Hidrógenos $\beta$ -carboxílicos
E	1.99-2.06	1.94-2.14	$-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-$	Hidrógenos alílicos
F	2.28-2.33	2.23-2.36	$-\text{OCO}-\text{CH}_2-$	Hidrógenos $\alpha$ -carboxílicos
G	2.74-2.78	2.70-2.84	$=\text{HC}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{}$	Hidrógenos alílicos internos
H	4.11-4.16	4.10-4.25	$-\text{CH}_2\text{OCOR}-$	Hidrógenos metílicos del
I	4.26-4.30	4.25-4.32	$-\text{CH}_2\text{OCOR}-$	Hidrógenos metílicos del
J	5.32-5.34	5.20-5.26	$-\text{CHOCOR}$	Hidrógenos H-2 metílicos
K	5.32-5.38	5.26-5.40	$-\text{CH}=\text{CH}-$	Hidrógenos olefínicos

Es importante señalar que los aceites vegetales, presentan diferentes proporciones de ácidos grasos saturados (AGS), ácido oleico(omega-9), ácido linoléico (omega-6) y linolénico (omega-3), de manera que las señales resultantes son consecuencia de la sobreposición de protones, formando diferentes desplazamientos químicos y presentan tamaños distintos dependiendo de la proporción de ácidos grasos. Existen métodos analíticos para determinar las proporciones de los diferentes ácidos grasos, a partir del espectro de RMN de  $^1\text{H}$ , sin embargo es más útil determinar esta concentración por métodos cromatográficos, esencialmente la cromatografía de masas acoplada a un equipo de espectrometría de masas (CG-EM). Las similitudes se confirman para esta mezcla analizando el espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  (figura 2.6). El espectro de carbono 13 ( $^{13}\text{C}$  RMN 100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ), muestra entre 16 y 19 señales que corresponden al número de carbonos en el rango de la composición de estos en la mezcla oleosa, nuevamente comparando con el espectro RMN de  $^{13}\text{C}$  del aceite de andiroba (figura 2.6) podemos confirmar en este perfil por RMN, la presencia de la mezcla de ácidos grasos insaturados mencionadas anteriormente.

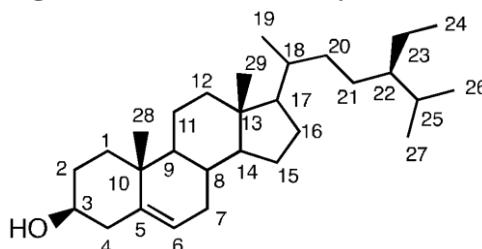
**Figura 2.6** Espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  de la mezcla DOJI-C1-F-14





**Figura 2.7** Espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  del aceite de andiroba

En la fracción de polaridad media, (69-80) se observó un precipitado amorfo de color blanco denominado F-69-80. El compuesto se obtuvo por filtración y se obtuvo como un sólido blanco. De acuerdo al punto de fusión (135-137 °C) y  $R_f$  (índice de retención). Se propuso como posible estructura el  $\beta$ -sitosterol (Figura 2.8).

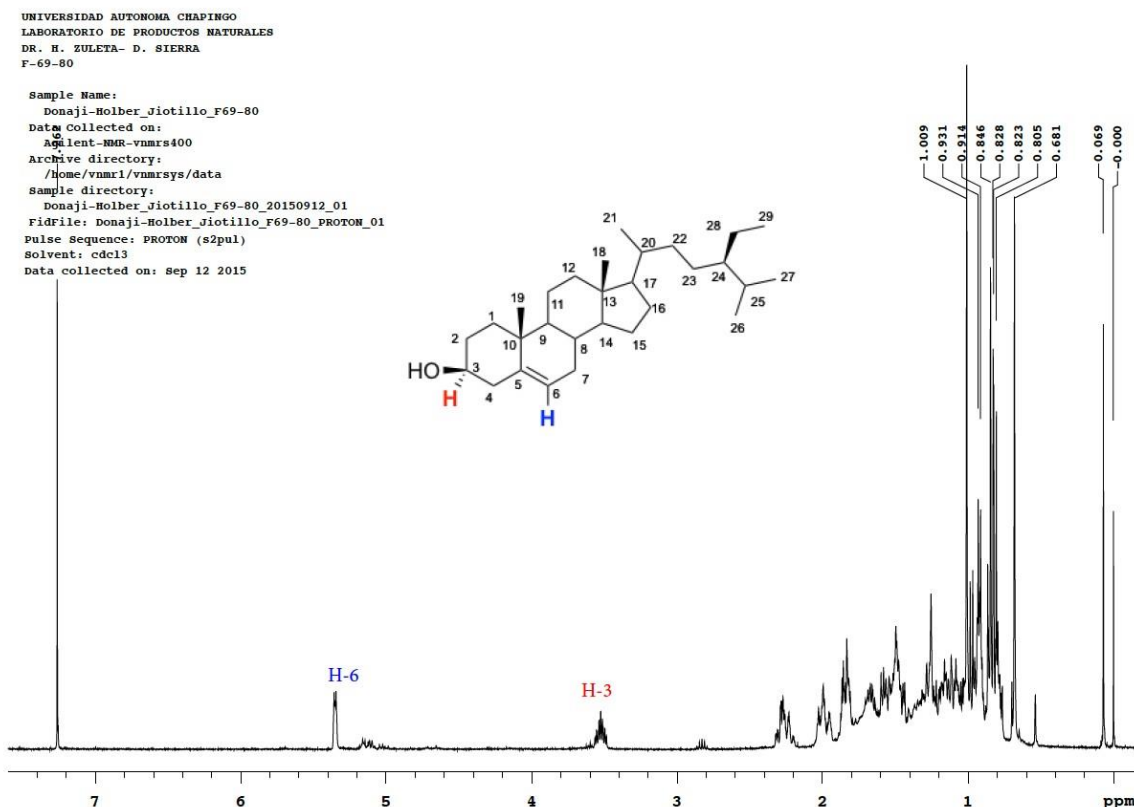
**Figura 2.8** Estructura del  $\beta$ -sitosterol.

Este compuesto es muy común en los extractos menos polares de la mayoría de las plantas. Normalmente el procedimiento inicial consiste en comparar el sólido obtenido con una muestra pura, por lo que se realizó una cromatografía de capa delgada (CCD) comparativa, donde se usó como referencia una muestra auténtica de  $\beta$ -sitosterol (marca Sigma-Aldrich). Como se suponía los valores  $R_f$  de las muestras fueron exactamente iguales. La confirmación de la estructura se logró totalmente mediante el análisis espectroscópico de  $^1\text{H}$  RMN Y  $^{13}\text{C}$  RMN.

El espectro de resonancia magnética nuclear de  $^1\text{H}$  RMN (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ) (figura 10) muestra a alta frecuencia dos señales importantes: a  $\delta$  5.35 (m, 1H), para un protón vinílico H-6, esta señal es característica de los esteroides, la otra señal relevante es el multiplete a  $\delta$  3.52 (m, 1H), asociado al protón base de carbono oxigenado H-3, de nuevo una señal característica en  $^1\text{H}$  RMN para los esteroides. El resto de señales presentadas entre 2.32 y 1.41 ppm son asignadas a los protones de los ciclos y los fragmentos de cadena. Se pueden observar las señales de 6 metilos ( $\text{CH}_3$ ), las cuales dos aparecen como singuletes a  $\delta$  1.00 (3H, s) y 0.68 (3H, s) correspondientes a los protones de los metilos 18 y 19, en  $\delta$  0.92 (3H, d), 0.83 (3H, d) y 0.81 (3H, d) aparecen los dobletes asociados a los metilos 21, 26 y 27.

Finalmente una señal a  $\delta$  0.84 (3H, t) corresponde al metilo (CH<sub>3</sub>) 29. Estas asignaciones, están de acuerdo para la estructura del  $\beta$ -sitosterol (Chaturvedula y Prakash, 2012).

**Figura 2.9** Espectro de RMN de <sup>1</sup>H para el  $\beta$ -sitosterol.

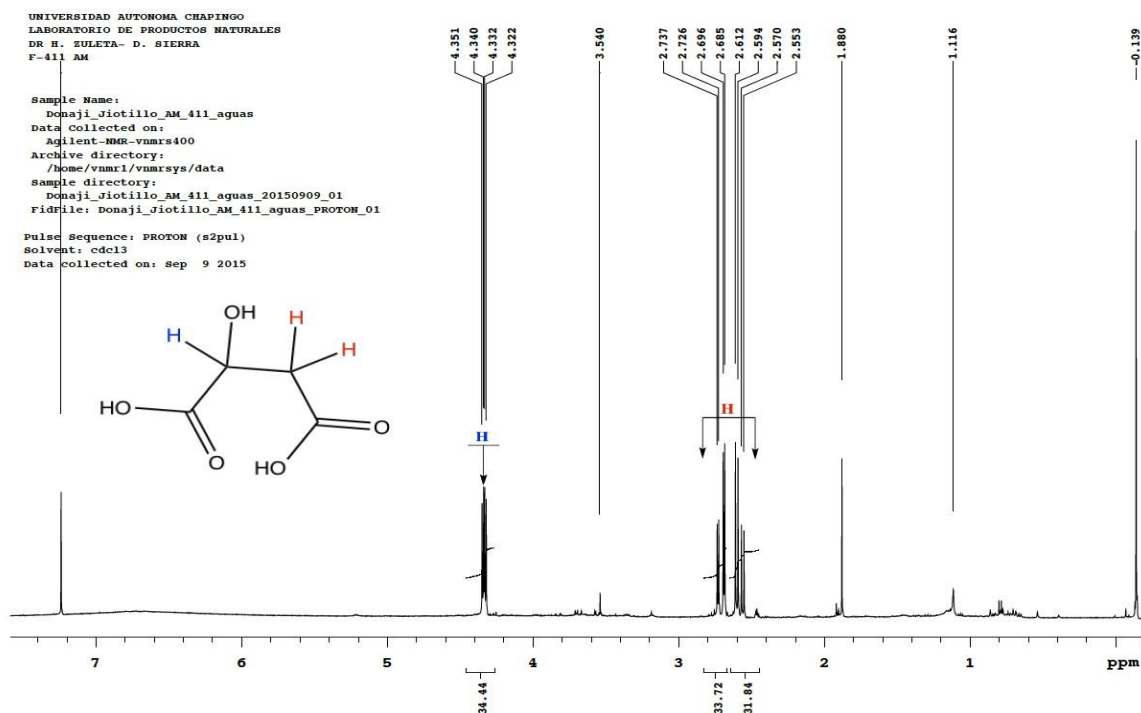


Cabe mencionar que no se profundizara en el análisis del espectro del, carbono <sup>13</sup>C RMN para el  $\beta$ -sitosterol dado que ya es una estructura conocida y con muchos estudios de este tipo. Por lo tanto con los datos de punto de fusión, R<sub>f</sub> y <sup>1</sup>H RMN, se considera suficiente para no tener duda de la estructura propuesta.

De otra de las fracciones eluidas a polaridad media (F-411) de la columna cromatográfica se extrajo un sólido de elución se obtuvo otro sólido de color blanco, el cual se denominó F-144-AM. El sólido amorfo se obtuvo por filtración se obtuvo como un sólido blanco con un punto de fusión de 129-131°C.

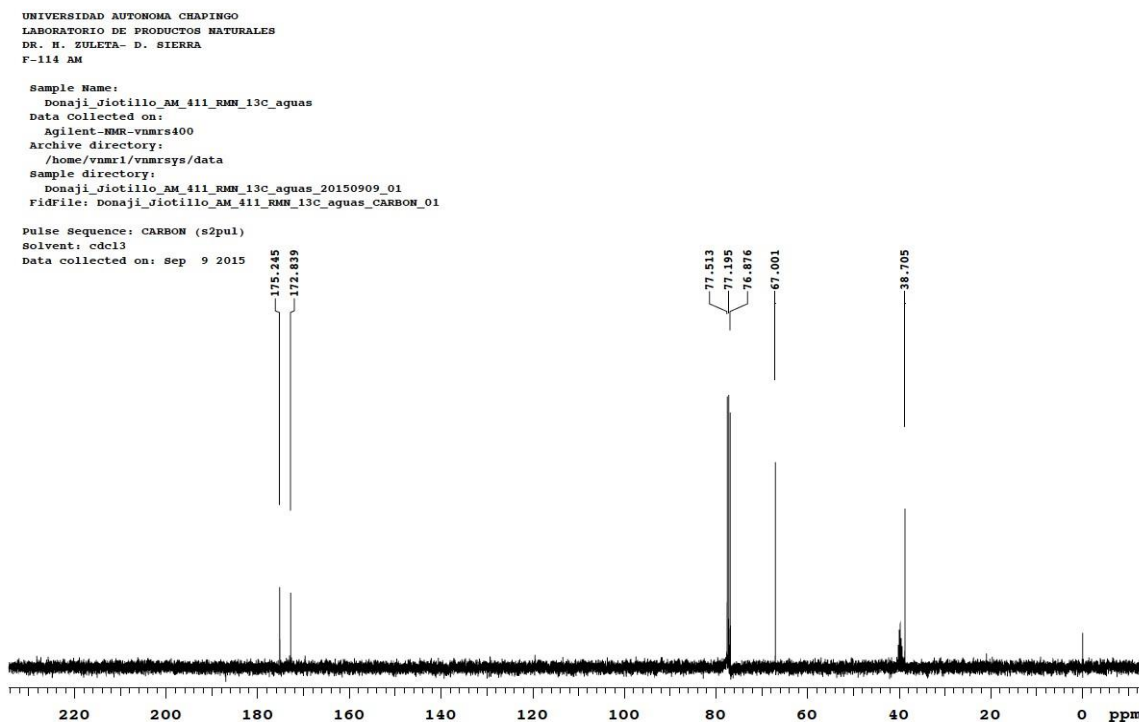
El espectro de resonancia magnética nuclear de <sup>1</sup>H RMN (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>) (figura 11) muestra 3 conjuntos de señales importantes: a  $\delta$  4.33 (m, 1H), para un protón base de alcohol, esta señal es característica de los hidrógenos sobre un carbono que contiene un grupo hidroxilo, otra señal relevante es el multiplete a  $\delta$  2.69. (m, 1H), asociado al protón de CH<sub>2</sub> en posición alfa a un carbonilo y la señal a  $\delta$  2.57 corresponde a otro protón del CH<sub>2</sub> estas señales son características del ácido málico dada su simplicidad y el número de protones involucrados.

Figura 2.10 Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  para el ácido Málico



El espectro de carbono 13 ( $^{13}\text{C}$  RMN 100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ) (figura 2.11), muestra 4 señales, dos señales a  $\delta$  175 y  $\delta$  172 ppm correspondientes a los carbonilos de los grupos ácidos, una señal a  $\delta$  67 ppm corresponde al C-H de metino base de oxígeno, y una señal a  $\delta$  38.7 ppm indica la presencia de carbono  $\text{CH}_2$  en posición  $\alpha$  al carbono que contiene el alcohol y al carbonilo de un grupo ácido, las señales anteriores permiten proponer con precisión la estructura del ácido málico presente en el extracto metanólico de los frutos de Jiotilla.

Figura 2.11. Espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  para el ácido Málico



## 2.4 Conclusiones

Derivado del estudio fitoquímico del extracto metanólico de los frutos de jiotilla se lograron purificar completamente 2 compuestos el  $\beta$ -sitosterol y el ácido málico, por otro lado se obtuvo una mezcla oleosa pura, en donde se pudo detectar mezcla de ácidos oleico, linoleico y linolenico.

En cuanto al contenido de fenoles totales, en pulpa fue de 17.6365 (mg GAEg<sup>-1</sup> bs) y para el caso del extracto metanólico fue de 7.5592 (mg GAEg<sup>-1</sup> de extracto). El valor de fenoles totales obtenido en pulpa de jiotilla es similar al de pitaya (*Stenocereus stellatus* Riccobono) en diferentes variedades encontrándose en roja (13.843 mg GAE g<sup>-1</sup>), cereza (15.522 mg GAE g<sup>-1</sup>), amarilla (21.291 mg GAE g<sup>-1</sup>) y blanca (23.953 mg GAE g<sup>-1</sup>) (Beltrán, *et al.*, 2009), indicando que el fruto de jiotilla posee una alta concentración de estos metabolitos secundarios.

## 2.5 Referencias

Azeez, L., Adeoye, M. D., Majolagbe, T. A., Lawal, A. T. y Baduri, R. (2012). Antioxidant Activity and Phytochemical Contents of Some Selected Nigerian Fruits and Vegetables. *American Journal of Chemistry*, 2(4): 209-213.

Beltrán, O., M. C., Oliva, C. T. G., Gallardo, V. T. y Revilla O. G. (2009). Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus* Riccobono). *AGROCIENCIA*, 43: 153-162.

Cabnes, J., Gandía, H. F., Escribano, J., García C. F. y Jiménez, A. M. (2014). One-Step Synthesis of Betalains Using a Novel Betalamic Acid Derivatized Support. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

Cai, Y., Sun, M., y Corke, H. (2005). HPLC Characterization of Betalains from Plants in the Amaranthaceae. *Journal of Chromatographic Science*, Vol. 43.

Carlo, Tenore, Gian; Novellino, Ettore y Basile, Adriana. 2012. Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. *Journal of functional foods* 4: 129 –136.

Castellanos, S. E. y M. Y. E. (2008). Identification and Quantification of Betalains from the Fruits of 10 Mexican Prickly Pear Cultivars by High-Performance Liquid Chromatography and Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 56: 5758–5764.

Cicco, N., Lanorte, M. T., Paraggio, M., Viggiano, M. y Lattanzio, V. (2009). A reproducible, rapid and inexpensive Folin–Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal* 91: 107–110.

Chaturvedula, V. S. P. and Prakash, I. 2012. “Isolation of Stigmasterol and  $\beta$ -Sitosterol from the dichloromethane extract of *Rubus suavissimus*”. *International Current Pharmaceutical Journal*. (1)9:239-242.

Fennema O.R. 1995. Química de los alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España. Capítulo 10. pp. 773-849.

Franco, Zavaleta, Miriam, E. 2004. Caracterización parcial del pigmento rojo del fruto de la jiotilla (*Escontria chiotilla*); una cactácea subexplotada. Tesis de Maestría en Biotecnología. UAM. México.

Guaadaoui, A., Saddik, R., Bouali, A., Boukhatem, N., Benchat, N. E. y Hamal, A. (2014). Betalains, polyacetylenes and tocopherols as bioactive compounds: A concise review for enriching the bioactivity concept. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*.

Kirkby, J. et al. 2011. Role of sulphuric acid, ammonia and galactic cosmic rays in atmospheric aerosol nucleation. *Nature*, 476: 429–433 (25 August 2011) doi:10.1038/nature10343

Knothe, G. and Kenar, J.A. Determination of the fatty acid profile by  $^1\text{H}$  NMR spectroscopy. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **106**, 88-96 (2004).

Miyake, Y. Yokomizo, K. and Matsuzaki, N. (1998). Determination of unsaturated fatty acid composition by high-resolution nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **75**, 1091-1094.

Sachi, R., Patumi, M., Fontanazza, G., P., Barone, P., Fiordiponti, P., Mannina, L., Rossi, E. y Segre, A.L. (1996). A high field  $^1\text{H}$ -nuclear magnetic resonance study of the minor components in virgin olive oils. *J Am Oil Chem Soc*, 73(6):747-58.

Schoefs, B. (2004). Determination of pigments in vegetables. *Journal of Chromatography A*, 1054: 217–226.

Szajdek, A. y Borowska, E. J. (2008). Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Berry Fruits: A Review. *Plant Foods Hum Nutr*: 63:147–156.

## **Calidad del agua para riego agrícola del sistema hidrográfico Lerma-Chapala-Santiago**

MAY-PAT, Jorge Ariel, ORTEGA-ESCOBAR, Héctor Manuel, CAN-CHULIM, Alvaro, GARCÍA-PAREDES, Juan Diego, BOJÓRQUEZ-SERRANO, José Irán, MADUEÑO-MOLINA, Alberto, CRUZ-CRESPO, Elia

J. May, H. Ortega, A. Can, J. García, J. Bojórquez, A. Madueño y E. Cruz

´ Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura Amado Nervo, Tepic, Nayarit, México. C.P. 63155.

`` Hidrociencias, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco km 36.5. C.P. 56230.

kirbi50@hotmail.com

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## Abstract

The Lerma river originates in the lagoon of Almoloya del Río in State of Mexico. It is part of the Hydrographic System Lerma-Chapala-Santiago. Has a length higher 700 km, is one of the most important in Mexico for agricultural and industrial activities. The main consumer of water is agriculture, especially in the Bajío with 66% of irrigation districts. 57 water samples were taken in autumn 2014 a long hydrographic system (SH) Lerma-Chapala-Santiago and were determined ionic composition of water. The physico-chemical analyses were (pH, EC,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ). The EC were  $\text{EC}=115\text{-}556\text{-}1754 \text{ mS cm}^{-1}$ . The values of SAR were,  $\text{SAR}=0.47\text{-}8.2 (\text{mmol}_c \text{L}^{-1})^{1/2}$ ,  $\text{SAR}_{aj}=0.16\text{-}17.07 (\text{mmol}_c \text{L}^{-1})^{1/2}$ ,  $\text{SAR}^o=0.33\text{-}9.37(\text{mmol}_c \text{L}^{-1})^{1/2}$ . The RSC values were  $(-0.17)\text{-}3.01$ , the composition of water was sodium bicarbonate of low concentration and is considered without restriction for agricultural.

## 3 Introducción

La Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico tiene un área total de  $140\,000 \text{ km}^2$ . El río Lerma tiene una longitud mayor a 700 km y tiene entre sus tributarios más importantes a los ríos Laja, Turbio, Angulo y Duero. A medida que se incrementa la actividad económica en la cuenca hidrológica, también se incrementa la demanda de agua (Hansen y Afferden, 2006). El agua superficial en la cuenca del río Lerma, así como en los alrededores, está completamente asignado y la cuenca se clasifica como deficitaria. Lo que ha llevado a una sobre explotación de los recursos superficiales y subterráneos, que ponen en peligro tanto al medio ambiente como la sustentabilidad de la región a largo plazo. El principal consumidor de agua en la cuenca es la agricultura, con una alta densidad de distritos de riego, especialmente en el área del Bajío con 66%. El agua en la cuenca ha sido contaminada durante varias décadas debido a las descargas de ciudades, industrias y agrícolas. A pesar de los esfuerzos que se han realizado para incrementar en número y capacidad las plantas de tratamiento en la cuenca, son desechadas importantes cantidades de agua residual sin tratamiento alguno (Hansen y Afferden, 2006; López *et al.*, 2007). Los criterios desarrollados para conocer el peligro de salinización o sodificación del suelo a partir de la medición de algunos parámetros del agua de riego, son los propuestos por la FAO (Ayers y Wescot, 1985) y (Richards, 1954), los cuales se basan en la medición de la conductividad eléctrica y el cálculo de la relación de adsorción de sodio. El concepto de calidad del agua se refiere a las características que puedan afectar su adaptabilidad a un uso específico y se define por sus características físicas, químicas y biológicas.

La posibilidad de predecir la distribución de iones en la solución del suelo y los iones adsorbidos en los sistemas coloidales de los suelos, es de mucha importancia para el manejo de suelos con problemas de salinidad y sodicidad. El porcentaje de sodio intercambiable (PSI), es la propiedad con la cual la permeabilidad de los suelos disminuye, además de las manifestaciones tóxicas del ion sodio en los cultivos. Por consiguiente, cualquier posible evaluación del peligro potencial de la sodicidad de un agua de riego, deberá relacionarse con el porcentaje de sodio intercambiable, que se encontrará en el suelo derivado del uso del agua de riego. El peligro potencial de la sodicidad del agua de riego es evaluado con los valores de relación de adsorción de sodio (RAS) y con los valores de la salinidad (CE).

El RAS en su expresión

$$\text{RAS} = \frac{C_{\text{Na}^+}}{\sqrt{\frac{C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}}}{2}}} \quad (3)$$

asume implícitamente que los iones de calcio y magnesio poseen la misma selectividad para ser intercambiados en el sistema superficie-solución (Suarez, 1981).

Esta regularidad en el proceso de intercambio entre  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  tiene un gran significado geoquímico durante los procesos de migración de soluciones de los suelos y el agua superficial. En las soluciones se presenta un enriquecimiento de iones  $\text{Mg}^{2+}$ , en una determinada longitud de tiempo (Velázquez *et al.*, 2002).

En las diferentes formulaciones de RAS se introducen los valores de las concentraciones analíticas, y por lo general, los coeficientes de actividad de los iones no se determinan. En valores de  $\text{RAS} < 25$  y concentraciones electrolíticas de 0.1N es suficiente introducir los valores de las concentraciones de  $\text{C}_{\text{Na}^+}$ ,  $\text{C}_{\text{Ca}^{2+}}$  y  $\text{C}_{\text{Mg}^{2+}}$  determinados analíticamente sin corregir por actividad (Gapon, 1933; Sposito y Mattigod, 1977). En esta formulación de RAS no se consideran las variaciones de las concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  debido a su precipitación en condiciones de una alcalinidad elevada  $\text{pH} > 8.2$  (Velázquez *et al.*, 2002). En cuanto al  $\text{RAS}_{\text{ajus}}$

$$\text{RAS}_{aj} = \frac{\text{C}_{\text{Na}^+}}{\sqrt{\frac{\text{C}_{\text{Ca}^{2+}} + \text{C}_{\text{Mg}^{2+}}}{2}}} [1 + (8.4 - \text{pHc})] \quad (3.1)$$

incluye la disponibilidad del calcio en condiciones de una alcalinidad determinada  $\text{pH} = 8.4$  y es aproximadamente el pH de un suelo no-sódico en equilibrio con la calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). Toma en cuenta el índice de saturación (IS), el cual estima la precipitación del ion carbonato del agua de riego como una función del grado de saturación con  $\text{CaCO}_3$  en la solución del suelo. El índice de saturación (IS) se calcula:  $\text{IS} = (8.4 - \text{pHc})$ . El pHc es el pH teórico en equilibrio con la calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) y se define como:  $\text{pHc} = (\text{pK}_2 - \text{pK}_c) + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$ ; donde  $\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg})$  corresponde al logaritmo negativo de la concentración molar de  $\text{Ca} + \text{Mg}$ ;  $\text{p}(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$  corresponde al logaritmo negativo de la concentración equivalente de  $\text{CO}_3$  y  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{pK}_2 - \text{pK}_c$  son el logaritmo negativo de la segunda constante de disociación del  $\text{H}_2\text{CO}_3$  y el producto de la solubilidad del  $\text{CaCO}_3$ , corregidos por la fuerza iónica (Ayers y wescot, 1987; Velázquez *et al.*, 2002). El  $\text{RAS}^\circ$  ajusta la concentración de calcio en el agua, al valor de equilibrio esperado después del riego, e incluye los efectos del bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), y el bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y la salinidad sobre el calcio originalmente contenido en el agua de riego, y que no forma parte del suelo. Además supone la existencia de una fuente de calcio en el suelo como la caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) u otros minerales como los silicatos, y la inexistencia de la precipitación del magnesio.

$$\text{RAS}^\circ = \frac{\text{C}_{\text{Na}^+}}{\sqrt{\frac{\text{C}_{\text{Ca}^{2+}} + \text{C}_{\text{Mg}^{2+}}}{2}}} \quad (3.2)$$

(Suarez, 1981; Velázquez *et al.*, 2002; Can *et al.*, 2008). El propósito de determinar la RAS en sus diferentes conceptualizaciones RAS,  $\text{RAS}_{\text{ajus}}$  y  $\text{RAS}^\circ$  es determinar el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en un suelo en condiciones de equilibrio.

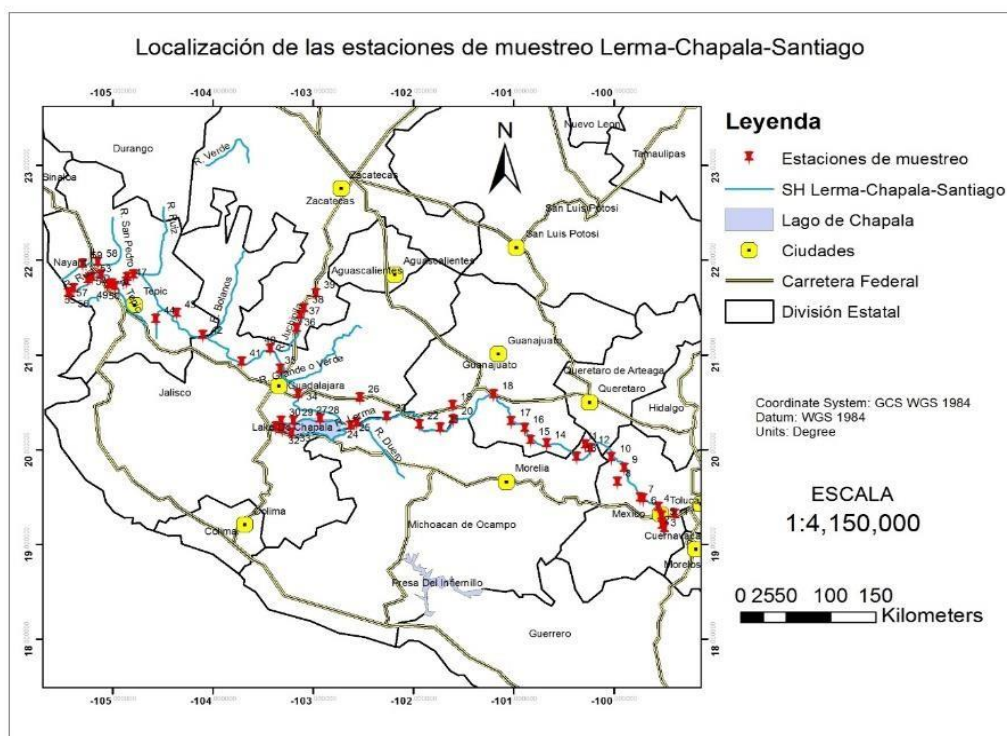
### 3.1 Metodos

El río Lerma se ubica entre los paralelos  $19^\circ 05'$  y  $21^\circ 32'$  de latitud norte y entre los meridianos  $99^\circ 22'$  y  $103^\circ 31'$  de longitud oeste. El río Lerma nace en los manantiales de Almoloya del Río, en el Estado de México, y atraviesa hacia el Noroeste el valle de Toluca, forma parte del sistema Lerma-Chapala-Santiago (río Lerma, Lago de Chapala y río Santiago). Con el nombre de río Lerma cruza por los estados de México, Michoacán, Querétaro y Guanajuato. Enseguida se dispersa en el Lago de Chapala y renace fortalecido con el nombre de río Santiago para continuar su cauce atravesando principalmente los estados de Jalisco y Nayarit, finalmente desemboca en el océano Pacífico (INE, 2003; Bogar, 2006; Cotler *et al.*, 2006).



Se establecieron 57 estaciones de muestreo en otoño de 2014, considerando las entradas y salidas de los afluentes principales y puntos estratégicos que indicaron modificaciones a la calidad del agua (Figura 1). Se tomaron 2 muestras simples por cada punto de muestreo, mismas que se georreferenciaron con un GPS marca Magellan explorist 510. La toma de las muestras se realizó de acuerdo a la Norma oficial mexicana (NMX-AA-034-SCFI-2001).

**Figura 3** Localización geográfica de los sitios de muestreo del SH Lerma-Chapala-Santiago



Para conocer las características físico-químicas del agua, se realizaron las siguientes determinaciones (Cuadro1) y en el cuadro 2 se muestra la composición iónica del SH Lerma-Chapala-Santiago.

**Tabla 3** Determinaciones físico-químicas para aguas superficiales del SH Lerma-Chapala-Santiago

Determinación	Método	Referencia
pH	Potenciométrico	APHA, 1995. 4500-H+B
Conductividad eléctrica	Conductimétrico	APHA, 1995. 25108
Residuo seco evaporado	Gravimétrico	APHA, 1995. 2540D
Calcio y magnesio	Volumétrico	APHA, 1995. 3500 Ca D
Sodio y potasio	Flamometría	APHA, 1995. 3500. Na y K, D
Carbonatos	Volumétrico	APHA, 1995. 2320 B
Bicarbonatos	Volumétrico	APHA, 1995. 2320 D
Cloruros	Volumétrico	APHA, 1995. 4500-CI B
Sulfatos	Turbidimetría	APHA, 1995. 4500- SO <sub>4</sub> E

**Tabla 3.1** Composición iónica del agua del SH Lerma-Chapala-Santiago

Nº	PH	CE	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	RAS	RASajus	RAS <sup>r</sup>
		mS cm-1	mmolc L-1										
1	6.85	115	0.35	0.4	0.29	0.08	0	0.68	0.33	0.08	0.47	0.16	0.33
2	6.65	1039	1.95	2.7	4.37	1.14	0	5.49	3.97	0.42	2.87	5.35	3.19
3	6.57	397	0.74	1.03	1.75	0.26	0	2.03	1.52	0.33	1.86	2.02	1.74
4	6.44	702	1.32	1.42	3.7	0.36	0	3.13	2.49	0.96	3.16	4.68	3.28
5	6.72	697	1.25	1.35	3.88	0.34	0	3.87	2.17	0.6	3.4	5.27	3.62
6	6.57	452	0.81	0.88	2.51	0.22	0	2.45	1.42	0.39	2.73	3.26	2.64
7	6.23	459	0.76	0.84	2.65	0.24	0	2.59	1.36	0.42	2.96	3.53	2.87
8	6.31	150	0.18	0.32	0.88	0.09	0	0.85	0.46	0.13	1.76	0.25	1.27
9	6.28	367	0.64	0.78	2.01	0.16	0	2.15	1.02	0.32	2.39	2.5	2.22
10	6.31	335	0.62	0.71	1.78	0.17	0	1.97	0.93	0.29	2.18	2.19	1.99
11	6.42	148	0.27	0.31	0.76	0.11	0	1.97	0.93	0.29	1.41	0.97	1.21
12	6.68	403	0.73	0.85	2.14	0.22	0	2.29	1.14	0.41	2.41	2.72	2.29
13	6.92	395	0.74	0.82	2.07	0.23	0	2.39	0.96	0.48	2.34	2.71	2.24
14	7.08	406	0.86	0.85	2.02	0.24	0	2.39	0.98	0.47	2.18	2.66	2.11
15	7.06	398	0.83	0.91	1.87	0.24	0	2.27	0.98	0.48	2	2.37	1.92
16	7.05	405	0.87	0.96	1.89	0.24	0	2.33	1.05	0.47	1.98	2.4	1.91
17	7.08	416	0.89	1.01	1.91	0.26	0	2.38	1.07	0.49	1.96	2.41	1.9
18	6.93	529	1.4	1.28	2.12	0.32	0	3.02	1.35	0.62	1.83	2.77	1.91
19	6.83	875	1.92	0.75	5.63	0.26	0	4.83	2.53	0.96	4.87	8.82	5.85
20	6.82	528	1.15	0.85	2.94	0.22	0	2.86	1.52	0.65	2.94	4.12	3
21	6.98	500	1.1	0.9	2.61	0.28	0	2.68	1.44	0.66	2.61	3.55	2.62
22	6.49	525	1.35	1.05	2.46	0.27	0	2.87	1.51	0.61	2.25	3.31	2.33
23	6.52	510	1.25	1.15	2.31	0.28	0	2.77	1.46	0.62	2.11	3.01	2.15
24	6.52	412	1.05	0.98	1.75	0.25	0	2.2	1.18	0.55	1.74	2.2	1.68
25	6.5	307	0.78	0.76	1.28	0.18	0	1.61	0.89	0.42	1.46	1.49	1.3
26	6.56	248	0.63	0.95	0.74	0.11	0	1.61	0.62	0.13	0.83	0.78	0.75
28	7.85	974	1.62	1.56	4.88	0.73	0	4.92	3.11	1.18	3.87	6.76	4.32
30	8.48	1197	0.96	2.85	6.94	0.96	0.58	6.24	3.65	1.52	5.03	8.22	5.27
31	7.75	1233	2.08	2.95	6.23	0.8	0	6.05	3.86	1.76	3.93	7.52	4.41
32	8.04	1095	1.85	2.1	5.89	0.87	0	5.5	3.44	1.49	4.19	7.69	4.72
33	7.54	1443	2.45	3.75	6.91	0.86	0	7.1	4.54	1.97	3.92	8	4.45
34	7	724	1.22	1.15	4.2	0.51	0	3.72	2.3	0.87	3.86	5.87	4.09
35	6.8	406	0.72	0.64	2.19	0.38	0	2.05	1.29	0.49	2.66	2.86	2.45
36	6.8	406	1.26	0.82	2.57	0.26	0	2.78	1.52	0.48	2.52	3.62	2.6
37	7.39	534	1.33	0.96	2.71	0.22	0	2.84	1.71	0.53	2.53	3.7	2.62
38	7.4	415	1.06	0.98	1.68	0.23	0	2.36	1.34	0.33	1.66	2.27	1.64
39	7.26	442	1.24	1.18	1.56	0.3	0	2.69	1.32	0.21	1.42	1.93	1.44
40	7.57	361	0.86	0.76	1.76	0.15	0	2.26	0.92	0.26	1.96	2.34	1.87
41	6.41	415	1.12	0.84	1.75	0.31	0	2.17	1.33	0.42	1.77	2.21	1.72
42	7.95	533	1.42	0.86	2.5	0.3	0	2.95	1.69	0.57	2.34	3.48	2.46
43	8.01	542	1.46	0.98	2.6	0.26	0	2.87	1.72	0.57	2.35	3.58	2.46
44	8.47	1624	0.65	5.82	8.93	0.48	1.26	9.08	6.25	0.12	4.96	8.56	5.06
45	8.09	172	0.85	0.4	0.4	0.03	0	1.08	0.42	0.14	0.51	0.47	0.4
46	7.41	217	0.98	0.32	0.72	0.1	0	1.38	0.55	0.14	0.89	0.93	0.76
47	7.11	294	1.05	0.7	0.96	0.17	0	1.86	0.76	0.19	1.03	1.24	0.96
48	6.93	305	1.09	0.78	0.98	0.13	0	1.95	0.82	0.13	1.01	1.3	0.96
49	7.03	306	1.1	0.75	0.98	0.16	0	1.87	0.88	0.16	1.02	1.24	0.96
50	7.01	299	0.98	0.76	1.03	0.15	0	1.77	0.82	0.23	1.1	1.27	1.02
51	6.94	222	0.68	0.58	0.79	0.12	0	1.33	0.6	0.18	1	0.86	0.84
52	6.86	278	0.85	0.74	0.99	0.14	0	1.68	0.75	0.22	1.11	1.18	1.01
53	6.88	299	0.96	0.76	1.02	0.16	0	1.83	0.77	0.23	1.1	1.27	1.02
54	6.92	276	0.89	0.71	0.95	0.15	0	1.66	0.76	0.21	1.06	1.14	0.96
55	6.97	277.00	0.91	0.73	0.91	0.16	0.00	1.67	0.74	0.23	1.00	1.08	0.91
56	6.99	1334.00	1.60	1.75	9.06	0.30	0.00	6.93	5.32	0.80	7.00	13.22	8.02
57	7.1	1754	1.85	2.65	2.3	0.35	0	8.49	6.97	1.22	8.2	17.07	9.37

<b>Mediana</b>	6.94	413.50	0.98	0.87	2.05	0.24	0.00	2.39	1.33	0.45	2.18	2.68	2.13
<b>Media</b>	7.05	556.48	1.08	1.20	2.83	0.31	0.04	3.03	1.76	0.54	2.47	3.63	2.53
<b>Moda</b>	6.57	406.00	0.98	0.76	1.75	0.26	0.00	1.97	1.52	0.42	-	-	-
<b>Desv. Est.</b>	0.58	381.86	0.45	0.95	2.44	0.24	0.20	1.85	1.45	0.43	1.53	3.22	1.79
<b>Varianza</b>	0.33	143214.32	0.20	0.89	5.84	0.06	0.04	3.36	2.06	0.18	2.29	10.17	3.15

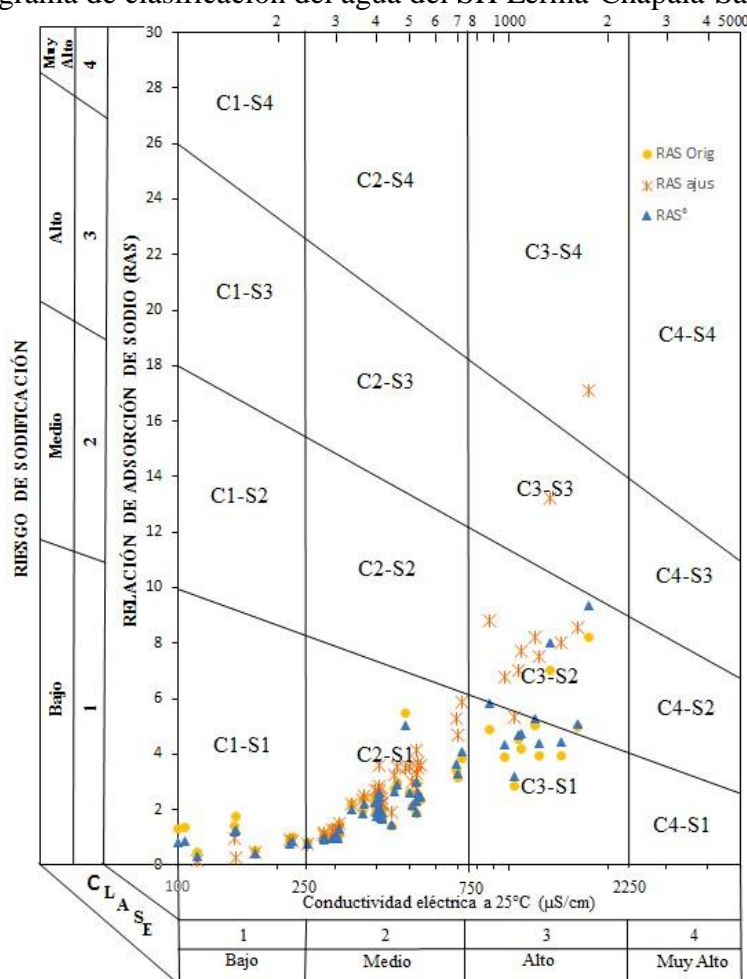
### 3.2 Resultados

Al determinar la calidad del agua de riego, se toman en cuenta varios parámetros como: pH, CE, CSR, RAS, y los efectos de iones específicos (Yidana *et al.*, 2008; Anku *et al.*, 2009). Por otro lado (Glover, 1966; Pizarro, 1985; Ayers y Wescot, 1985) mencionan que para evaluar la calidad del agua para riego se toman en cuenta tres criterios: salinidad, sodicidad y toxicidad. El criterio de salinidad evalúa el riesgo de que el uso del agua ocasione altas concentraciones de sales, con el correspondiente efecto osmótico y disminución del rendimiento de cultivos. El criterio de sodicidad analiza el riesgo de que se induzca un elevado porcentaje de sodio intercambiable (PSI), con deterioro de la estructura del suelo. El criterio de toxicidad estudia los problemas que pueden crear determinados iones. El tipo y cantidad de sal disuelta en el agua para riego agrícola determina su calidad. Estas sales están presentes en cantidades muy pequeñas, pero significativas, y se originan del intemperismo de las rocas, así los procesos que influyen en la calidad del agua son los físicos, geoquímicos y bioquímicos (Appelo y Postma, 2005; Subramani *et al.*, 2005; Anku *et al.*, 2009; Dhirendra *et al.*, 2009).

#### Clasificación del agua de riego con base a su sodicidad

El agua de riego contiene cantidades considerables de sodio en solución, por lo que es importante estimar los índices de sodicidad, ya que es un parámetro que está estrechamente relacionado con el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) en el suelo (Velázquez *et al.*, 2002; Suarez *et al.*, 2006; Suarez *et al.*, 2011). La Relación de Adsorción de Sodio evalúa el peligro de sodicidad en relación con la concentración de calcio y magnesio (Anku *et al.*, 2009; Oinam *et al.*, 2012). Cantidades excesivas de sodio en el agua de riego, provoca problemas en las propiedades físicas de los suelos, una reducción de la permeabilidad y puede causar daños a cultivos sensibles (Oinam *et al.*, 2012). Por lo tanto, es importante determinar su concentración en el agua para fines de riego. Basándose en los resultados obtenidos en los cálculos de RAS, mediante el diagrama de Richards (1954), que grafica los valores de RAS con respecto a la CE, (Figura 2) se obtuvo que el 66% del agua muestreada, se clasifica como C2S1 (agua de salinidad media, baja en sodio); el 17% se clasifica como C1S1 (agua de salinidad baja, baja en sodio), el 13.5% se ubica como C3S1 (agua altamente salina, baja en sodio) y el 3.5% se clasifica como C3S2 (agua altamente salina, media en sodio). Hem (1989) menciona que la CE y la RAS pueden usarse para determinar la calidad del agua de riego, y reporta que valores de CE de  $2000 \mu\text{S cm}^{-1}$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $\text{RAS} > 10$ , representan alta peligrosidad de sodificación de suelos. Por otra parte, Edet y Okereke (2005), sugieren que valores de  $\text{CE} < 200 \mu\text{S cm}^{-1}$  y  $\text{RAS} < 1.5$ , es agua de riego excelente para la mayoría de los suelos.

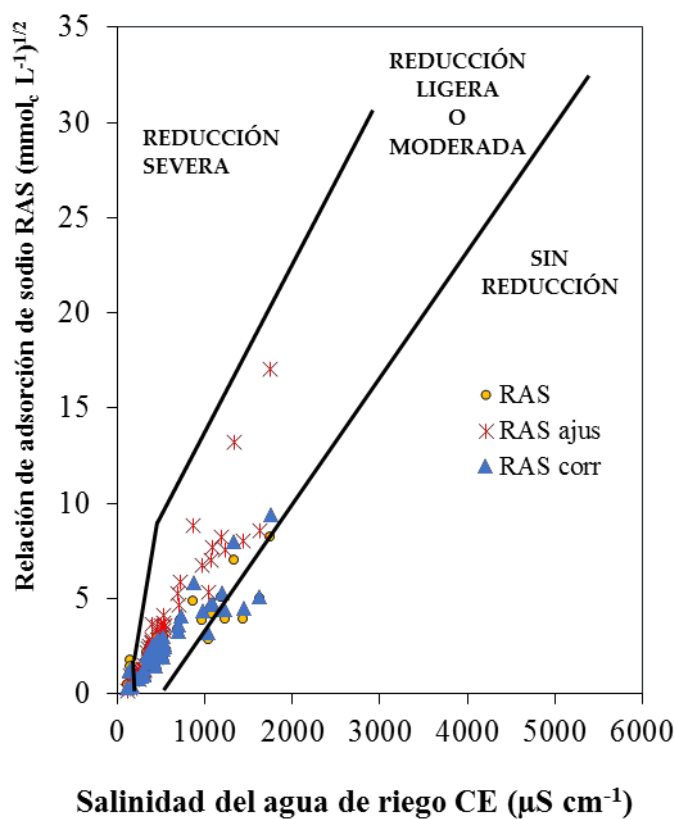
**Figura 3.1** Diagrama de clasificación del agua del SH Lerma-Chapala-Santiago RAS-CE



### Clasificación del agua de riego con base al peligro de infiltración

Los factores que suelen influir en la infiltración son; el contenido total de sales y el contenido de sodio en relación a los contenidos de calcio y magnesio (Heidapur *et al.*, 2007). Una reducción en la tasa de infiltración del agua de riego puede, por lo general, ser atribuida a la formación de costras en la superficie de los suelos, a la deposición y migración de las arcillas dentro de los poros y microporos de los suelos y al hinchamiento de las arcillas 2:1 del grupo de la montmorillonita. Los resultados obtenidos se observan en la figura 3, donde el 84% presenta una reducción ligera o moderada, el 9% presenta reducción severa y el 7% no presenta reducción sobre la infiltración. El agua de baja concentración salina, con iones altamente hidratados al contacto con los iones de la solución del suelo interactúan con éstos solubilizando y al alcanzar sus límites se precipitan, los iones calcio que, al combinarse con carbonatos, bicarbonatos y sulfatos, y al exceder la solubilidad del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) o la solubilidad del sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), precipita. El sodio, por el contrario, permanece en solución en las primeras capas del suelo, donde influye sobre la estabilidad de los agregados y la estructura del suelo. Oster y Schroer (1979) y McNeal *et al* (1968), en sus investigaciones encontraron que las partículas más pequeñas del suelo, dispersados, obstruyen el espacio poroso y sellan la superficie del suelo, reduciendo notablemente la infiltración. Estos efectos son similares a los provocados por el agua de lluvia, que son de muy baja conductividad y pueden, por lo tanto, provocar exceso de escorrentía en las áreas regadas.

**Figura 3.2** Reducción de la infiltración provocada por la salinidad y la relación de adsorción de sodio del SH Lerma-Chapala-Santiago



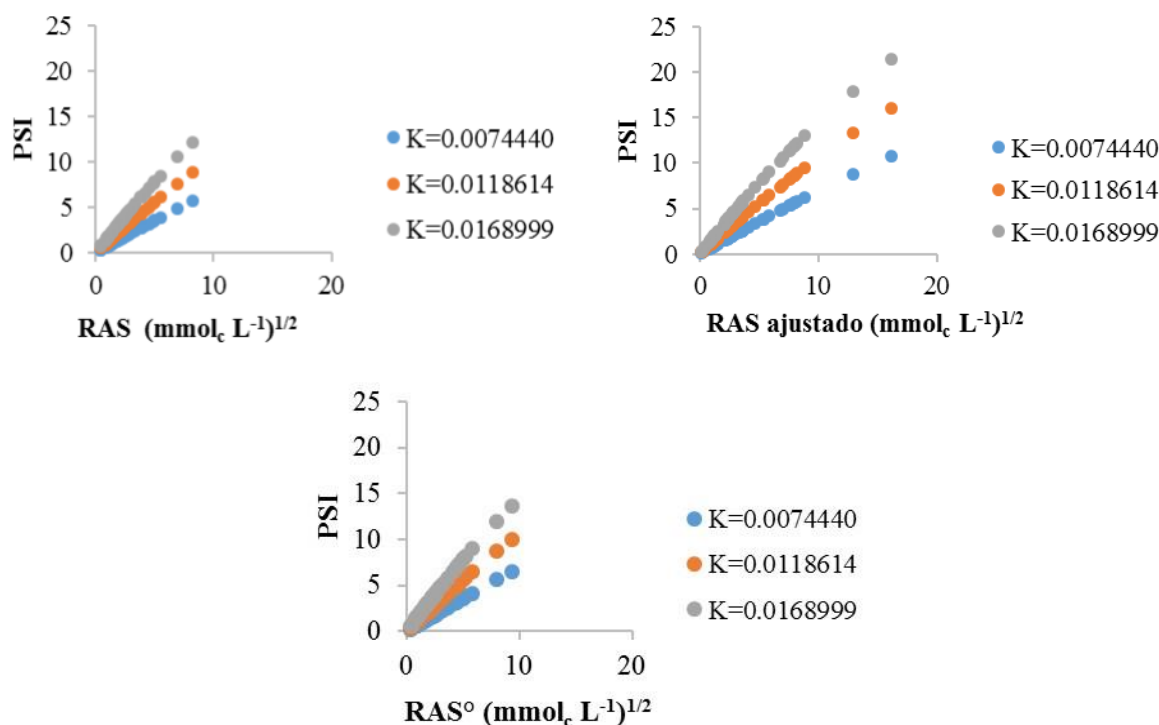
### Porcentaje de Sodio Intercambiable –Relación de Adsorción de Sodio (PSI-RAS)

La posibilidad de predecir la distribución de los iones entre la fase soluble y la fase sólida (complejo de intercambio catiónico) tiene mucha importancia en el manejo de suelos salinos, principalmente cuando se refiere a problemas de sodicidad. Para poder inferir en los valores de PSI que pudieran tener los suelos del SH Lerma-Chapala-Santiago se utilizaron los siguientes coeficientes de Gapon (1933)  $K$ , (Velázquez *et al.*, 2002) 0.0074440, 0.0118614, 0.0168999 ( $\text{mmol L}^{-1}$ )<sup>-0.5</sup>, dichos coeficientes corresponden a suelos migajón-arcilloso-arenoso, arcillo-limoso y suelo arcilloso respectivamente.

Cuando el agua es utilizada en riego, alcanzan un equilibrio con los cationes adsorbidos de los sistemas coloidales de los suelos. Las distintas predicciones del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en los suelos, se realizan con la siguiente ecuación para los valores de los diferentes RAS (RAS, RAS<sub>ajus</sub>, RAS<sup>o</sup>) (Figura 3.3).

$$PSI = \frac{(K \text{ RAS})100}{(1.0+K \text{ RAS})} \quad (3.3)$$

**Figura 3.3** Relación PSI-RAS del agua residual del SH Lerma-Chapala-Santiago



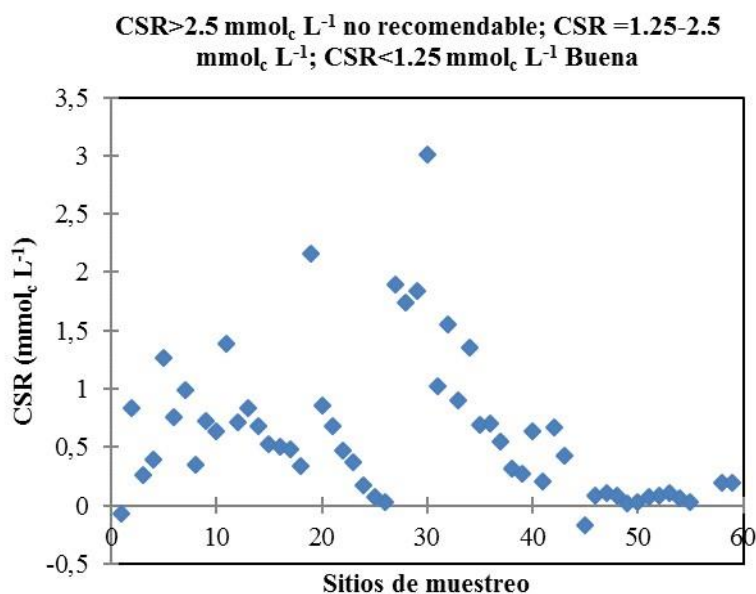
Cuando en los suelos se tienen altos valores de PSI, disminuyen fuertemente la capacidad de infiltración en las partes más superficiales de los suelos y la conductividad hidráulica en los espesores inferiores debido a los procesos de dispersión y disgregación de partículas, además de los procesos de hinchamiento de los sistemas arcillosos 2:1 (Suarez *et al.*, 2006; Muyen *et al.*, 2011). Cuando se incrementan los valores del PSI por lo general declinan las propiedades físicas químicas y nutricionales. Con valores altos de PSI se presentan deficiencias de calcio y magnesio.

### Clasificación del agua de riego en base al carbonato de sodio residual (CSR)

En muchas regiones áridas y semiáridas, el agua disponible para riego contiene altos contenidos de carbonato de sodio residual. Al usarse indiscriminadamente, a menudo causan la acumulación excesiva de sales que conducen a una rápida sodificación del suelo, lo que ocasiona efectos negativos en el crecimiento de los cultivos (Prasad *et al.*, 2001). Los efectos de la sodicidad en el crecimiento de las plantas son diferentes a los efectos de la salinidad (Porceli *et al.*, 1995). La sodicidad afecta el crecimiento de la planta, modificando las propiedades físicas de los suelos, presentando desordenes nutricionales y efectos tóxicos (Naidu y Rengasamy, 1993). El agua que contiene 2.5 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> de CSR, es considerado inadecuado para su uso en riego (Wilcox *et al.*, 1954). Aunque Gupta (1983) reporta que el agua con un contenido de 10 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> de CSR (CE = 2000 μS cm<sup>-1</sup> y RAS < 10), pueden usarse continuamente sin afectar el rendimiento de algunos cultivos (Prasad *et al.*, 2001; Choudary *et al.*, 2010).

Los valores encontrados de CSR fueron de -0.17 a 3.01 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, con una media de 0.79 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, el 98.2% de los puntos muestreados tienen un contenido menor a 2.5 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, y se consideran aptas para el riego agrícola. El punto de muestreo con mayor contenido corresponde al municipio de Jocotepec, Jalisco, ubicado en la Ciénega del Lago de Chapala, esto es debido a la descarga de aguas urbanas de la región (Sánchez *et al.*, 2014; Pérez *et al.*, 2015) (Figura 3.4).

**Figura 3.4** Contenido de carbonato de sodio residual ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) en los puntos muestreados de SH Lerma-Chapala-Santiago

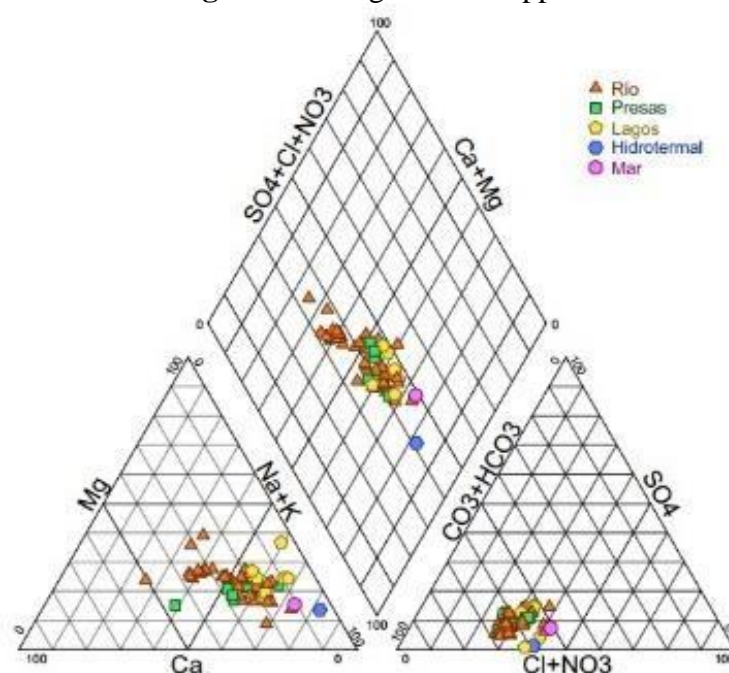


### Clasificación Hidrogeoquímica

La evolución geológica dentro de la cuenca Lerma-Chapala ha sido resultado de la sobrexposición de eventos de metamorfismo, de intemperismo, erosión y sedimentación, vulcanismo e intrusiones ígneas que han ocurrido desde fines del Mesozoico y hasta nuestros días. Así mismo, los eventos de deformación de rocas y materiales de la corteza terrestre han desarrollado estructuras como pliegues, fracturas y fallas que han contribuido a la definición del relieve actual. La sobreposición de estos fenómenos geológicos en el espacio han cambiado a lo largo del tiempo geológico desde hace 163 millones de años, durante el Jurásico Tardío, hasta llegar a la configuración actual de la morfología característica de la cuenca. La geología recorre el río Lerma y sus corrientes tributarias presentan rocas volcánicas del tipo riolítico, andesítico y basáltico, intemperadas durante el recorrido del agua, por lo que adquiere la composición similar a los minerales con los que tiene contacto (Demand, 1979; Israde, 1999; INE, 2003).

Para encontrar el carácter químico dominante en el agua del SH Lerma-Chapala-Santiago, se clasifico hidrogeoquímicamente con el diagrama de Piper (1944) (Figura 6). El agua del SH Lerma-Chapala-Santiago se clasifica como bicarbonatada sódica. El calcio que forma parte de la mayoría de las rocas que constituyen la corteza terrestre, se encuentra disuelto en el agua y proviene principalmente de los feldespatos cálcicos que forman las rocas volcánicas. El magnesio en solución se origina de los basaltos constituidos por minerales ferromagnésicos, como los piroxenos y las anfíbolos, los cuales son disueltos por el agua. El bicarbonato se produce a consecuencia de reacciones químicas debidas a la interacción entre el agua, los gases y las rocas (Lesser *et al.*, 1986; Can *et al.*, 2008).

**Figura 3.5** Diagrama de Piper



### 3.3 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, el agua del SH Lerma-Chapala-Santiago, se considera de baja concentración electrolítica del tipo bicarbonatada sódica.

En cuanto a la RAS-CE no representa problema para su uso en la agricultura, ya que se clasifica como C2S1 y C1S1, con pocas probabilidades de alcanzar grados peligrosos de sodio intercambiable en el suelo.

Con respecto al CSR residual los valores encontrados son menores a  $2.5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ , por lo que puede utilizarse para riego agrícola sin ningún grado de restricción.



### 3.4 Referencias

American Public Health Association (APHA). 1995. *Standard methods for examination of water and wastewater*. APHA (American Public Health Association), WWA (American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation), Washington D.C., USA. 1035 pp.

Anku, Y.S. Banoeng Y. B., Asiedu, D.K. Asiedu, S.M. 2009. Water quality analysis of groundwater in crystalline basement rocks, northern Ghana. *Environmental Geology*, 58. 989-997.

Appelo C.A.J., Postma D. 2005. *Geochemistry, groundwater and pollution*. 2nd edn. A.A. Balkema, Rotherdam.

Ayers, R. y D. Wescot. 1987. La calidad del agua en la agricultura. *Estudio FAO riego y drenaje 29.1*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma. 174 p.

Bogar E. 2006. *La cuenca Lerma-Chapala: El agua de la discordia*. Gestión y Política Pública. Vol. XV Núm. 2: 369-32.

Can, C. A., C. Ramírez., H.M. Ortega E., C. Trejo L., y J. Cruz D. 2008. *Evaluación de la relación de adsorción de sodio en las aguas del río Tulancingo, Estado de México*, México. Terra Latinoamericana. 26: 243-252.

Choudhary O.P., B.S. Ghuman., Bijay-Singh., N. Thuy., R.J. Buresh. 2010. *Effects of long-term use of sodic water irrigation, amendments and crop residues on soil properties and crop yields in rice-wheat cropping system in a calcareous soil*. Field Crops Research 121: 363-372.

Cotler, A.H., Manzani H.M. y De Anda S.J. 2006. *Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala: Construyendo una visión conjunta*. INE. SEMARNAT. México, D.F. p 7-196.

Demant A. 1979. *Vulcanología y Petrografía del Sector Occidental del Eje Neovolcánico*. Univ. Nal. Auton. México. Isnt. Geología, Revista, Vol. 3, núm. 1 (1979): 39-57.

Dhirendra M.J., Alok K. and Namita A. 2009. *Assessment of the irrigation water quality of river Ganga in haridwar district*. Rasayan J.Chem. Vol. 2 No. 2. 285-292.

Edet A., and Okereke C. 2005. *Hydrogeological and Hydrochemical carácter of the regolith aquifer, northern Obudu Plateau, southern Nigeria*. Hydrogeol J. 13: 391-415.

Glover, C. R. 1993. *Irrigation water classification systems*. Cooperative Extension Service. New Mexico State University. Guide A-116.

Gapon, E.N. 1933. *Ion Exchange reactions of soils* (Russian). Pochvovedenie 2: 190.

Gupta, I. C. 1983. *Concept of Residual Sodium Carbonate in Irrigation Waters in Relation to Sodic Hazard in Irrigated Soils*. Curr. Agric., 7(3,4): 97-113.

Hansen A.M., y M. van Afferden. 2006. El Lago Chapala: Destino final del Río Lerma. *El agua en México visto desde la academia*, vol 1: 117-135.

- Heidarpour, M., Mostafazadeh-Fard B., Koupaiand, J.A., Malekian, R. 2007. *The effects of treated wastewater on soil chemical properties using subsurface and surface irrigation methods*. Agricultural Water Management, Amsterdam, n. 90: 87– 94.
- Hem, J.D. 1989. *Study and interpretación of chemical characteristics of natural waters*. 3rd Edn. Us geological survey wáter supply paper 2254.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2003. *Diagnostico bio-físico y socio-económico de la cuenca Lerma-Chapala*. México.p 13-66.
- Lesser, J. M. 1987. Geohidrología. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Lauchli, A., Epstein, E. 1990. *Plant response to saline and sodic conditions*. In: Tanji, K.K., (Ed), *Agricultural Salinity Assessment and Management*. ASCE, New York, p 113-137.
- Letey, J., Sojka E. R., Upchurch R. D., Cassel K. D., Olson R. K., Payne A. W., Petrie E. S., Price H. G., Reginato J. R., Scott D. H., Smethurst J.P. and Triplett B. G. 2003. *Deficiencias in the soil quality concept and its application*. Journal of Soil and Water Conservation 58(4): 180-18.
- López H.M., M.G. Ramos E. y J. Carranza F. 2007. *Análisis multimétrico para evaluar contaminación en el río Lerma y lago de Chapala, México*. Hidrobiológica 17 (1 Suplemento): 17-30.
- Muyen, Z., Moore, G. A., & Wrigley, R. J. (2011). *Soil salinity and sodicity effects of water irrigation in South East Australia*. Agric. Water Manage., 99: 33-41.
- Naidu, R., Rengasamy, P. 1993. *Ion interaction and constraints to plant nutrition in Australian sodic soil*. Aust. J. Soil Sci. 31: 801-819.
- McNeal, B. L., D. A. Layfield, W. A. Norvell, and J. D. Rhoades. 1968. *Factors influencing hydraulic conductivity of soils inpresence of mixed-salt solutions*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32:187-193.
- NMX-AA-034-SCFI-2001, *Análisis de agua- Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas*. CONAGUA, México D.F. 13 p.
- Ortiz, O. M. 1997. *La calidad de las aguas de riego*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 53 p.
- Oster, J. D. and F. W. Schroer. 1979. *Infiltration as influenced by irrigation water quality*. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 444-447.
- Oinam, J. D., Ramanathan, A., & Singh, G. (2012). *Geochemical and statistical evaluation of groundwater in Imphal and Thoubal district of Manipur, India*. Journal of Asian Earth Sciences, 48: 136–149. doi:10.1016/j.jseaes.2011.11.017
- Pérez, D.J.P., H.M. Ortega E., A. Can C., E.I. Sánchez B., C. Ramírez A., E. Uscanga M. 2015. *Hydrochemical composition and irrigation wáter quality of Lerma-Chapala river system, México*. IJRRAS 22(1).

- Pipper, A.M. 1944. *A graphic procedure in the geochemical interpretation of wáter-analyses*. Transactios, American Geophysical Union 25: 914-928.
- Prasad, A., D. Kumar, and D.V. Singh. 2001. *Effect of residual sodium carbonate in irrigation wáter on the soil sodification and yield of palmarosa (Cymbopogon Martini) and lemongrass (Cymbopogon flexuosus)*. Agricultural Water Management 50: 161-172.
- Porceli, A.C., Boem, F.H.G., Lavado, R.S. 1995. *The K/Na and Ca/Na ratios and rapseed yield, under soil salinity and sodicity*. Plant Soil 175: 251-255.
- Pizarro F. 1985. *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*. 2da Edición. Editorial Agrícola Española. Madrid. España.
- Richards L.A. 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos: *manual No. 60*. Departamento de agricultura de los EE. UU., Laboratorio de salinidad.
- Sposito, G., & Mattigod, S. V. (1977). *On the Chemical Foundation of the Sodium Adsorption Ratio*. Soil Sci. Soc. Am. J., 41: 323-329.
- Sánchez B.E.I., G. Sandoval O., M.A, Camacho E., F. Valdez M., A. Rodríguez L., y H.M. Ortega E. 2014. *Calidad Hidrogeoquímica de las aguas del río Copalita, Oaxaca, México*. Revista Internacional de Ciencia y Sociedad. ¡(2): 27-41.
- Suarez, D.L.1981. *Relation between pHc and sodium adsorption ratio (SAR) and alternative method of estimating SAR of soil or drainage water*. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:469-475.
- Suarez, D.L., Wood, J., Lesch, S., 2006. *Effect of SAR on wáter infiltration under a sequential raineirrigation management system*. Agricultural Water Management 86 (1-2), 150-164.
- Suarez, D.L. 2011. Irrigation wáter quality assessments. *Agricultural Salinity Assessment and Management*. p 343-370.
- Subramani T, Elango L, Damodarasamy (2005) *Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar river basin, Tamil Nadu, India*. Environ Geol 47:1099–1110.
- Velázquez M.M.A., M. Ortega E., A. Martínez G., J. Kohashi S. y N. García C. 2002. *Relación funcional PSI-RAS en las aguas residuales y suelos del valle del Mezquital, Hidalgo, México*. Terra Latinoamericana 20: 459-464.
- Wilcox, L.V., G. Y. Blair and C. A. Bower. 1954. *Effect of bicarbonate on suitability of water irrigation*. Soil Sci. 77(4): 259-266.
- Yidana S.M., Ophori D., Banoeng Y.B. 2008. *Hydrogeological and hydrochemical characterization of the Voltain Basin: the Afram Plains área*. Environ Geol 53:1213-1223.

## **Tasas de crecimiento y tiempo de duplicación de 17 Ecotipos de Azolla, colectadas en México**

ELVIRA-ESPINOSA, Antonio, QUINTERO-LIZAOLA, Roberto, TRINIDAD-SANTOS, Antonio y LEYVA-RUELAS, Gabriel

A. Elvira, R. Quintero, A. Trinidad y G. Leyva

^ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo Km 36.5 carretera México-Texcoco 56230 Montecillo, Estado de México.

antonio.elvira@colpos.mx

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## Abstract

This research underwent seventeen *Azolla* ecotypes collected in the Mexican Republic to observe the increase in biomass under the same conditions, were measured variables, average absolute growth rate (AAGR), average rate of crop growth (ARCG), average relative growth rate (ARGR), and doubling time (DT). The biomass increase, as to the AAGR and ARCG, It was better in the ecotype Jiutepec (Ji), with  $1.2 \text{ g días}^{-1}$  and  $76 \text{ gm}^{-2}\text{día}^{-1}$  respectively ARCG and DT, ecotype was the most outstanding Chignahuapan (Ch), with  $0.175 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$  and 3 days in the DT, the range was from 3 days to 6 days in all species.

## 4 Introducción

*Azolla* Lam. Es un helecho flotante de agua dulce, que en la actualidad se encuentra en climas templados y tropicales alrededor de todo el mundo, este helecho es utilizado principalmente en agriculturas tropicales como biofertilizante en los arrozales, como es el caso del sudeste de Asia (IRRI, 1992), también es empleado para la alimentación de animales de corral, como aves, vacas, cerdos y peces, así como para mejorar las condiciones de suelo pobres de nutrientes (Kiguli, 2000).

Debido al alto contenido de proteína de *Azolla* que puede ir desde 13 a 30 % dependiendo la especie, junto con su alta palatabilidad y su facilidad de suministro, hace ideal para alimentación animal (Quintero, 2000). Por hectárea de *Azolla* es capaz de producir de 1 a 2 toneladas de forraje fresco por día, equivalente a 10 – 30 Kg de proteína por día, por su alta capacidad de crecer en forma simbiótica con la cianobacteria *Anabaena azollae* (Peters, *et al.*, 1989). El hospedero *Azolla*, este contiene los pigmentos fotosintéticos clorofila a, clorofila b y carotenoides asociados a los cloroplastos; mientras que los filamentos de *Anabaena* presentan clorofila a, ficobiliproteínas y carotenoides (Mosquera y calderón, 2002). La suma de estos pigmentos fotosintéticos principales y accesiones, permite al organismo simbiótico aprovechar más la energía luminosa. Esta característica es una de las responsables del rápido crecimiento y la acumulación de biomasa en poco tiempo.

Este helecho puede tener un tiempo de duplicación de aproximadamente de cinco días, bajo condiciones favorables como radiación, temperatura, pH, conductividad eléctrica, porcentajes bajos de nitrógeno y altos en fosforo, por lo general es el elemento que obstaculiza su crecimiento. Peters (1980), menciona que como planta acuática de flotación libre, se reproduce vegetativamente por fragmentación y tiene la capacidad de mantener una tasa de crecimiento exponencial y TMCR de  $0.355$  a  $0.390 \text{ g g día}^{-1}$ . Productividad de la biomasa depende del tiempo de duplicación así como la tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento del cultivo y tasa de crecimiento relativo y para su eficiencia biofertilizante.

Por otro lado la cianobacteria tiene la facultad de fijar nitrógeno para sí misma y para el helecho, mientras que *Azolla* le proporciona protección y una fuente segura de carbono (Wagner, 1997). La fijación de nitrógeno atmosférico, puede llegar a  $0.25$  kilogramos de nitrógeno por  $\text{m}^2 \text{ día}^{-1}$  ( $91.25 \text{ kg año}^{-1}$ ), lo cual implica una reducción anual de  $1,5 \text{ kg m}^2$  de carbono (Belnap, 2002).

En este contexto se enmarca la utilización y potenciación del helecho acuático *Azolla* como biofertilizante en la agricultura para conservar y mejorar la fertilidad del suelo, así como para alimentación animal debido al incremento desmedido de la población mundial y la escasez más frecuente de combustibles fósiles para fabricar fertilizantes nitrogenados hacen necesario voltear nuestra mirada hacia estas alternativas biológicas de bajo costo y nada contaminantes por ello es necesario investigar más sobre el helecho que nos permita aprovechar los ecotipos que se encuentran en nuestro país y aprovecharlos eficientemente de acuerdo al uso que se les pretenda dar con fines productivos ya sean agrícolas o pecuarios.

#### 4.1 Materiales y métodos

El trabajo de investigación fue realizado en las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo en el Postgrado de Edafología. Los 17 ecotipos de *Azolla* (cuadro 1), provinieron de la colección de Germoplasma (*Azollatum* Alfredo Echegary Aleman), con réplica de la colección de Germoplasmas de biofertilizantes en IRRI (International Rice Research Institute), en los Baños-Manila Filipinas.

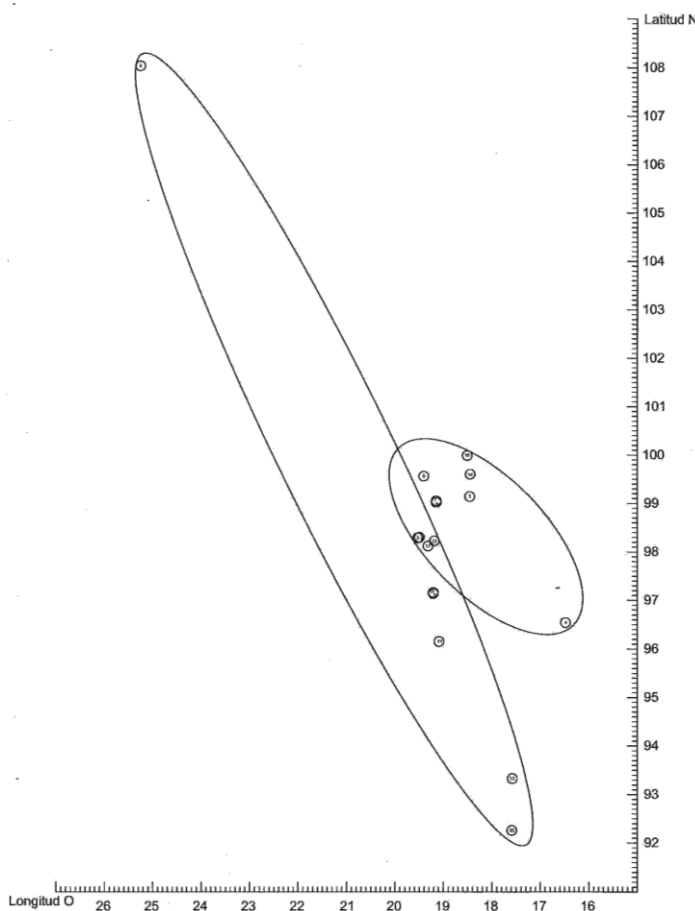
**Tabla 4** Clasificación de *Azolla*, lugar de colecta, altitud y número de assección en el IRRI de los 17 Ecotipos

Especie	Lugar de colecta	17 Ecotipos		Altitud (m)	No. IRRI	Colecta
		Latitud Norte	Longitud oeste			
FI	Chignaguapan (CH)	19°50'16"	98°00'57"	2320		-
	Tecocomulco (HI)	19°53'20"	98°29'54"	2520		1510
	Atlacamulco (MO)	18°46'28"	99°14'47"	1350		-
	Zimatlan (OA)	16°48'50"	96°54'12"	1500		8028
	Toshi (TO)	19°51'44"	99°56'20"	2550		-
	Tláhuac (TL)	19°15'25"	99°02'38"	2240		-
	Xochimilco (XO)	19°15'10"	99°05'10"	2240		8032
CA/ME	Cerro gordo (JA)	19.22'29"	96°14'45"	635		8027
	Guamúchil (SI)	25°26'00"	108°04'32"	50		4506
	Mazatiupan (TA)	17°59'30"	92°26'54"	10		4139
	Altamirano (VEJ)	19°09'50"	96°15'45"	18		3511
	Texmelucan (TE)	19°17'30"	98°25'45"	2300		8030
TI- FI	Cardenas (CE)	17°58'35"	93°23'12"	30		-
TI- CA/ME	Ticuman (TI)	18°45'59"	99°06'47"	970		-
TI-CA/ME	Veracruz (VEII)	19°21'55"	97°16'10"	18		8026
TI-FI	Jiutepec (JI)	18°51'21"	99°09'36"	1296		-
TI-CA/ME-FI	Atlangatepec (AT)	19°33'0.5"	98°10'32"	2500		-

Fuente: International Rice Research Institute (1987).

La colecta de *Azolla* fue hecha desde Huamúchil, Sinaloa hasta Cárdenas Tabasco, encontrando tres especies, siete *Azolla filiculiodes* (FI), cinco mezclas de *Azolla carolinina* y *Azolla mexicana* (CA/ME), la clasificación y número de 13 Ecotipos (Cuadro, 1) fueron obtenidas desde el International Rice Research Institute (IRRI), el resto fue identificada tentativamente (IT) por su latitud, longitud y altitud como se muestra en la figura 1.

**Figura 4** Distribución geográfica de los 17 ecotipos colectados en la república Mexicana.



El trabajo de investigación, se realizó con un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones por cada tratamiento, con un total de 51 unidades experimentales, el establecimiento se inició pesando 1g de *Azolla* fresca de cada uno de los ecotipos y posteriormente se colocó en recipientes de plástico ( $10 \times 6 \times 5$  cm) con una área de  $0.01566\text{m}^2$  conteniendo solución nutritiva Yoshida (solución nutritiva sin nitrógeno SN). La SN fue removida cada tres días para evitar la proliferación de algas que impiden el crecimiento de helecho, después de los 26 días. El incremento del peso fresco de la biomasa fue tomado cada veintiséis días después de la siembra para lo cual se utilizó una malla plástica para el filtrado del material. Luego las fondas de *Azolla* eran lavadas con agua de chorro y posteriormente con agua destilada, secadas al aire por media hora, en seguida la muestra fue secada en una estufa a  $90^\circ\text{C}$  hasta alcanzar el peso constante, por diferencia de peso se determinó el contenido de humedad de las muestras.

Las variables que se tomaron fueron para determinar el crecimiento de la biomasa fueron, Tasa media de crecimiento absoluto (TMCA), Tasa media de crecimiento del cultivo (TMCC), Tasa media de crecimiento relativo (TMCR) y tiempo de duplicación, donde  $P_1$  y  $P_2$  son el peso inicial y final, respectivamente, y T es el tiempo de la colecta.

$$= \frac{P_2 - P_1}{T} = \text{gdía}^{-1} \qquad = \frac{P_2 - P_1}{\text{Área}} = \text{gm}^2\text{día}^{-1}$$

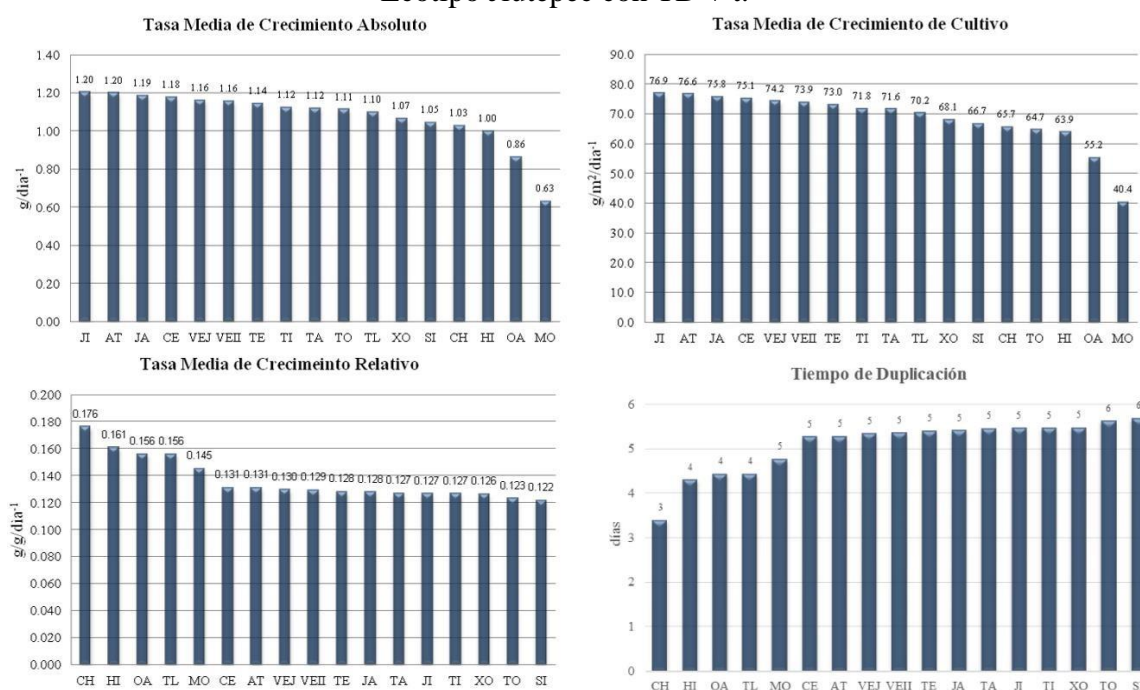
$$= \frac{\log_{(e)}(P_2) - \log_{(e)}(P_1)}{T} = \text{ggdía}^{-1} \quad = \frac{\ln_2}{\text{TMCR}} = \text{días}$$

Se realizaron análisis de varianza y las comparaciones de medias con DMS ( $\alpha= 0.05$ ) utilizando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS, versión 1998). Los análisis estadísticos se procesaron con el Sistema de Análisis Estadístico (SAS)

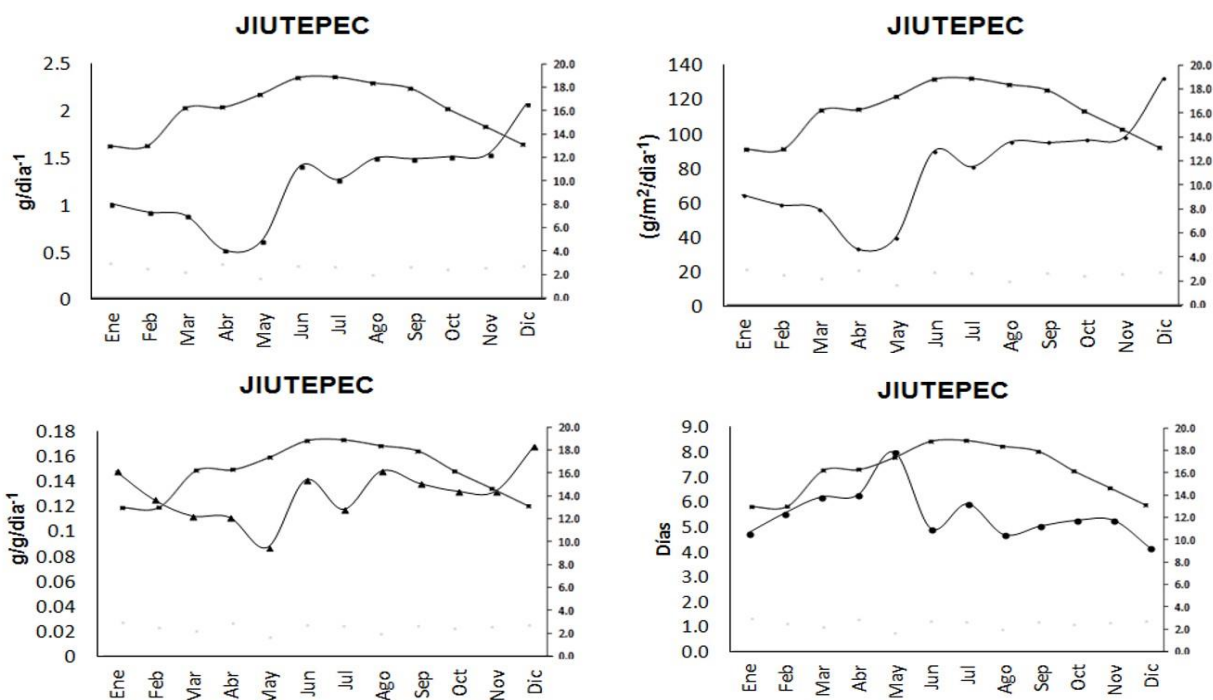
## 4.2 Resultados y discusión

El crecimiento que se observó en cada uno de los ecotipos no fue limitado por las condiciones distintas a los lugares de orígenes, como lo menciona Payawal y De Macale que es importancia de conocer las diferencias entre las accesiones de la especie de *Azolla*. De acuerdo a estos autores las condiciones donde se desarrolla la especie puede limitar su capacidad de ser usado como biofertilizante, ya que puede afectar su capacidad de producir biomasa y su fijación biológica de nitrógeno. En general, todos los ecotipos de *Azolla* utilizadas en el experimento presentaron un crecimiento satisfactorio en el medio de cultivo utilizado, sin embargo si se presentaron diferencias significativas entra cada uno de ellos. Desde el punto de vista de aumento de peso por unidad de tiempo, la TMCA incremento su biomasa por día, encontrando que los ecotipos JI, AT, y JA, fueron los más sobresalientes de los diecisiete, obteniendo valores de 1.2  $\text{gdía}^{-1}$ , al igual que la TMCC, en cuanto en crecimiento que te tuvo en un metro cuadrado por día, consiguiendo 76  $\text{gm}^{-2}\text{día}^{-1}$ , como se observa en la figura 2. Estos resultados sugieren que estos ecotipos son altamente eficiente en la producción de biomasa en corto tiempo requiriendo una baja cantidad de nitrógeno. De acuerdo a Quintero y Ferrera-Cerrato (1992), se perfilan como una fuente importante de materia orgánica para el suelo debido a su rápida multiplicación, utilizando nitrógeno atmosférico como fuente de N.

**Figura 4.1** TMCA (A), TMCC (B), TMCR (C) TD (D), Ecotipo Jiutepec con TMCA y temperatura (E) Ecotipo Jiutepec con TMCC y temperatura (t) (F), Ecotipo Jiutepec con TMCR + t (G) y Ecotipo Jiutepec con TD + t.







La TMCR, donde el crecimiento es de cada gramo cuantos gramos crece por día, se obtuvo en el ecotipo CH valores de  $0.175\text{ gg}^{-1}\text{día}^{-1}$ . En regiones central costera del Estado de Veracruz, Pérez (1986); Quintero (1988), obtuvo la máxima tasa relativa de crecimiento medio de una combinación de  $50\text{ kg de P}_2\text{O}_5/\text{ha}^{-1}$  y 100% de radiación solar ( $0.120\text{ gg}^{-1}\text{día}^{-1}$ ).

Mientras que el tiempo de duplicación se obtuvieron rangos desde tres días hasta seis días, lo que es el doble de tiempo de multiplicación. Espinoza (2003), encontró tiempos de duplicación que van de 2.8 hasta 4.8 días, en accesiones de *Azolla filiculoides* colectadas en Venezuela.

### 4.3 Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que los ecotipos colectados en la República Mexicana, presentaron diferencias en cuanto a las tasas de crecimiento y tiempo de duplicación.

Los ecotipos Jiutepec, Atlangatepec y Cerro Gordo presentaron una similitud en cuanto a la tasa media de crecimiento absoluto y tasa media de crecimiento del cultivo, a diferencia de los ecotipos Chignahuapan, Tecocomulco y Zimatlan, fueron semejantes en la tasa media de crecimiento relativo y tiempo de duplicación.

### 4.4 Referencias

Azolla Utilization - Proceedings of the Work shop on *Azolla* Use. International Rice Research Institute, 1987

Belnap, J. 2002. Nitrogen fixation in biological soil crusts from southeast Biology and Fertility of Soils Utah, USA. 35 (2): pp. 128-135.

Espinoza Y. y Gutiérrez R. 2003. Variabilidad intraespecifica de *Azolla filiculoides*, colectadas en la zona centro-occidental de Venezuela. Instituto de Investigaciones en Recursos Agroecológicos.

International Rice Research Institute, 1992, Biofertilizer Germplasm Collections at IRRI, Los baños, Manila, Philippines. 74p.

Kiguli LN. The utilization of *Azolla filiculoides* Lam. as a biofertilizers under dry land conditions. MSc thesis, Rhodes University, 2000.

Mosquera, L. J. y Calderon, R. A. (2002). Evaluación de parámetros bioquímicos y morfogenéticos en la simbiosis *azolla filiculoides* – *anabaena azollae* como respuesta a la interacción de la calidad de luz y dos niveles de nitrógeno. *Ecología aplicada*. UNALM. 1. 1:89-94

Payawal, P. C. y M. A. De Macale. (1990). Population growth of selected *Azolla* hybrids grown on lahar-contaminated soil. *The Phil. Agri*. 74. 4:499-501.

Peters, G. A., R. E. Toia Jr., W. R. Evans, D. K. Christ, B. C. Mayne y R. E. Poole. "Characterization and comparisons of five N<sub>2</sub>-fixing *Azolla anabaena* association. I. Optimazation on growth conditions for biomass increase and N content in a controlled environmental", *Plant cell Env*. 3:261-269, 1980b.

Quintero, L. R. 1988, Evaluacion de uso de biofertilizante *Azolla*, en Arroz (*Oriza sativa* L.) bajo condiciones de invernadero. Colegio de Postgraduados. México. p. 226.

Peters, G. A. y Meeks, J. C. (1989). "The *Azolla-Anabaena* Symbiosis: Basic Biology". *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 40: pp. 193-210. doi :10.1146.

Quintero, L. R. y R. Ferrera-Cerrato. 1992. *Azollatum* "Alfredo Echegaray Alemán". En: J. L. Tovar y R. Quintero (eds). *La investigación edafológica en México*. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. p 242.

Quintero, L.R., R. Ferrera-Cerrato. 2000. *Azolla* helecho fijador de nitrógeno y su potencial en México, en J. J. Peña Cabriales (Ed.), *La fijación biológica de nitrógeno en América Latina: El aporte de las técnicas isotópicas*, Irapuato, México.

Wagner, G. M. (1997). "*Azolla: a review of its biology and utilization*". *The Botanical Review* 63: pp. 1-26.

## **Estudio comparativo de los recursos hidrológico-forestales de la Microcuenca de la Laguna de Epatlan, Pue. (1993-2014)**

SÁNCHEZ-VÉLEZ, Alejandro, NAVARRO-SANDOVAL, Leticia y GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María

A. Sánchez, L. Navarro y R. García

Universidad Autónoma Chapingo  
cienfuegos9@hotmail.com

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## **Abstract**

In 1993 Hernandez and Ortiz, conducted an initial investigation into the situation that kept the water and forest resources of the watershed that provides water to the Epatlán lagoon, establishing some indicative guidelines for land use planning and forest conservation and biodiversity.

Based on this research in 2014, a study allowed us to compare what happened with the basin and its lagoon in the last twenty years, particularly with vegetation cover, water use and fish study of the Epatlán lagoon was conducted. In this respect what is striking is that although the vegetation cover has decreased in certain enclaves, the water body maintains its limnological conditions, not its fish fauna has undergone a substantial change in composition and have appeared plant species before they were not recorded.

## **5 Introducción**

Considerando que el cambio climático es una realidad innegable y sus efectos amenazan de manera particular a los cuerpos de agua de las zonas donde los rasgos climáticos imponen altas tasas de evapotranspiración, consecuentemente se requiere de un manejo inteligente y racional de los recursos hídricos. Para mantener los hábitats y dar continuidad al rendimiento de los sistemas productivos es indispensables conocer el estado que guardan los recursos de base de la microcuenca, sentando los límites al aprovechamiento y moderando la extracción, por ello, el presente documento es una contribución al conocimiento de los recursos agua y biodiversidad de la Laguna de Epatlán, que concluye con una serie de iniciativas para la restauración ecológica de los ecosistemas forestales y dulceacuícolas.

El trabajo, tiene como propósito central conocer los cambios que han tenido lugar en las dos últimas décadas en la microcuenca; su laguna y la biodiversidad, considerando las medidas que deben seguirse para lograr la continuidad del ecosistema en beneficio de los pobladores de la zona.

Hay que ponderar que los ecosistemas acuáticos son altamente sensibles a los procesos de contaminación de las diferentes actividades de los sectores productivos, por lo que de no conservarse, estos potenciales medios de desarrollo económico, se convierten en un vehículo para la transmisión de enfermedades por la disposición ilegal de residuos tóxicos. Aunque estos ecosistemas también tienen la capacidad de autodepurarse, las aguas que contiene descargas de origen orgánico en cantidades superiores a la capacidad de recuperación, finalmente se convertirán en eriales improductivos y los cuerpos de agua, debido a los procesos de eutrofización serán desiertos sin vida.

En suma, el trabajo muestra que los recursos hidrológico-forestales de la microcuenca y la laguna, se encuentran en una condición declinante debido a factores de la más diversa índole, como es la deforestación del bosque tropical caducifolio por la extracción de leña y el sobrepastoreo, la contaminación de las aguas por las descargas de aguas negras de los poblados ribereños, el uso de las barrancas y cauces como tiraderos clandestinos de basura, la introducción de especies exóticas y las alteraciones del régimen hidrológico inducidos por el cambio climático global. Los objetivos son:

1) Realizar un análisis comparativo del estado que guardan los recursos hidrológico-forestales de la microcuenca de Epatlán y su laguna, para contar con elementos de juicio que permitan sustentar alternativas técnicas y normativas tendientes al ordenamiento ecológico del territorio y mantener la calidad del hábitat dulceacuícola, 2) Realizar un reconocimiento de la flora y fauna del área de influencia de la Laguna para identificar los elementos que continúan, los que han sido eliminados y las especies que ahora aparecen, observando los procesos de sustitución y 3) Proponer un esquema integral de restauración y conservación de los recursos agua, suelo y biodiversidad en la cuenca de la laguna de Epatlán.

## 5.1 Metodología

**Área de estudio.** La cuenca se ubica al Oeste del estado de Puebla, abarca parte de los municipios de San Juan Epatlán, San Martín Totoltepec, Xochiltepec, Teopantlan, Ahuatlán y una pequeña parte del municipio San Diego la Mesa Tochimiltzingo. La microcuenca tiene una superficie de 7,015 has, y una altitud media de 1,499.5 msnm (Figura 1).

**Figura 5** Ubicación de la microcuenca de la Laguna de Epatlán, Pue.



El clima predominante es el cálido subhúmedo con lluvias en verano y semicálido subhúmedo con lluvias en verano (Awo; el más seco de los climas tropicales). De acuerdo con la carta Edafológica escala 1:1,000,000 de INEGI, dentro de la cuenca se presentan cuatro tipos de suelos (INEGI, 2013), que de acuerdo al sistema FAO-UNESCO son Litosol, Vertisol, Feozem y Rendzina.

**Cartografía y delimitación del área de estudio.** Para efectos de este trabajo se utilizaron el programa Google Earth, la carta topográfica de Izúcar de Matamoros E14B62 y la de Coatzingo E14B63, además de las cartas de uso de suelo, geología y orográfica, así como los Modelos Digitales de Elevación E14B62 y E14B63 ya que la cuenca abarca estos dos municipios.

Con este soporte cartográfico se aplicó el software ArcGis 10.2, con los materiales anteriores se obtuvo la delimitación de la cuenca, uso y tipos de suelo, climas, cuerpos de agua, vías de comunicación, poblados y la generación de un mapa base en que se presentan los patrones geográficos de la zona. También se digitalizaron las corrientes y se llevó a cabo la rodalización generando un mapa de erosión de la zona.

**Recorridos de campo.** Teniendo como soporte las imágenes de Google Earth y otras herramientas cartográficas se realizaron recorridos para observar las actividades económicas que se llevan a cabo en el área, identificando los rodales de vegetación mejor conservados, así como los cultivos de mayor importancia. Usando el GPS se ubicaron los sitios de mayor interés para luego ubicarlos en las imágenes. Fue tomada la temperatura ambiente y de la parte superficial en la columna de agua.

**Colecta de especies vegetales.** Se realizó una colecta de plantas acuáticas y ribereñas con la finalidad de identificar las especies que han desaparecido al paso del tiempo y aquellas que han ingresado al área, con la finalidad de herborizarlas para su identificación.

**Entrevistas a pescadores.** Se entrevistó a los pescadores con la finalidad de saber que especies de peces de los reportados en 1993 persisten todavía, y aquellas que han desaparecido, para luego realizar una comparación y saber cuáles fueron sus posibles causas.

**Fase de gabinete.** Se identificó el material colectado. Se analizaron e interpretaron los resultados que se obtuvieron del análisis de agua. Por último con la información conjuntada se procedió a elaborar una serie de propuestas y alternativa de solución.

## 5.2 Resultados y Discusión

Los resultados de la presente investigación se presentan en diferentes rubros. Primero la generación de once mapas temáticos que por falta de espacio no es posible exhibir en este artículo, por lo que sólo se presentan dos de ellos.

Otro asunto clave de esta investigación fue definir las causas motoras del deterioro de los recursos, comparar lo que había en 1993 con relación a los encontrados ahora en el 2014, y posteriormente con esta información generar una serie de recomendaciones para mitigar los impactos generados por la actividad humana.

**Reducción de la cobertura vegetal.** La disminución de la cubierta forestal de la microcuenca es multifactorial, sin embargo, la pobreza y marginación aunados a una escasa educación ambiental, constituyen un ingrediente negativo si a esto se suma el libre acceso de los terrenos de uso común. Es decir, la indiferencia de los comuneros respecto a la protección de las tierras forestales marginales cuyos derechos de propiedad no son defendidos y cualquier persona perteneciente al grupo de poseedores, pueden introducir ganado vacuno o caprino para usar al bosque tropical caducifolio como agostaderos, sin considerar ninguna restricción técnica como es la capacidad de carga. Los bosques comunitarios, pertenecientes a los ejidos en resumidas cuentas se observan como stocks dendroenergéticas de donde se toman irrestrictamente grandes volúmenes de leña. La reducción selectiva de árboles nativos tiene evidentes consecuencias al incrementar el potencial erosivo de la lluvia en terrenos abiertos y de fuerte pendiente, conduciendo a la tierra hacia la desertificación.

Otro problema grave para la Laguna de Epatlán, lo constituyen las descargas de aguas residuales de las comunidades aguas arriba, principalmente de Xochiltepec, Totoltepec y la Vista, además de los asentamientos irregulares ubicados en las riberas donde ahora se instalan pequeños restaurantes. La laguna en muchos sitios sufre de la acumulación de grandes volúmenes de envolturas de plástico, envases de pet, botellas, y un sinnúmero de materiales de desecho afea el paisaje acuático.

En el mismo tenor de consideraciones la deforestación y los incendios agotan los montes, e incluso la vegetación de tulares y carrizales, con la intención de ganarle tierra a la laguna están siendo erradicados en algunos márgenes. Aunque no se tienen elementos concretos resultado de análisis químico de las aguas es evidente que a la laguna llegan trazas de los agrotóxicos utilizados en la agricultura de los lomeríos y valles ubicados pendiente arriba de la Laguna y que por lixiviación la gravedad las conduce vía subterránea hasta este cuerpo de agua, con las consabidas consecuencias para la biota y la propia salud humana. Por ejemplo, para el año de 1993 sólo existía un pequeño puesto de comida en la ribera, ahora hay una competencia por este servicio y existen más de 20 restaurantes.

Ahora bien, con relación a los recursos hidrológico-forestales tenemos que la reducción de la densidad de la cobertura es un signo clave del deterioro de la microcuenca, sin embargo, se consideraron otras evidencias como las que a continuación se presentan.

**Ictiofauna.** Para el año de 1993 existían otras especies de peces en la laguna. Se identificaron con ayuda de los pescadores las especies de peces que ahora se tienen según se presenta en el siguiente cuadro.

**Tabla 5** Comparativo de los peces citados por Hernández y Ortiz (1993) y los identificados en el 2014 en la laguna de Epatlán, Pue.

Nombre científico Especies en 1993	Nombre científico Especies en 2014	Nombre común
<i>Oreochromis aeneus</i>	<i>Oreochromis aeneus</i>	Tilapia
<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común
<i>Poeciliopsis balsas</i> (Poecilido)	<i>Micropterus salmoides</i> (lobina)	Lobina
<i>Astyanax fasciatus</i> (Sardinita)		Sardinita o anchuela

Como se puede observar prevalecen ahora las especies exóticas, introducidas a la Laguna en detrimento de los peces autóctonos, destacando la presencia de la lobina. De hecho casi todas las especies mencionadas son especies exóticas para México y fueron introducidas por su alta capacidad de adaptación, además de mostrar un rápido crecimiento.

**Flora acuática.** Para este apartado se colectaron especies de flora acuática, que son importantes para la caracterización biológica de la laguna. A continuación se mencionan las familias encontradas y especies para cada una de ellas.

**Tabla 5.1** Lista florística preliminar de las especies existentes en la Laguna de Epatlán. 2014.

Familia	Nombre científico	Nombre local	Forma de vida
<b>Plantas Acuáticas</b>			
Alismataceae	<i>Sagittaria longiloba</i>	Sagitaria	Hierba
Brassicaceae	<i>Nasturtium officinale</i>	Berro de agua	Hierba
Cyperaceae	<i>Cyperus articulatus</i>	Tule chico	Hierba
Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i>	Tuxpata	Hierba
Cyperaceae	<i>Eleocharis acicularis</i>	Junco de espiga	Hierba
Cyperaceae	<i>Eleocharis interstincta</i>	Junquillo	Hierba
Cyperaceae	<i>Eleocharis macostachya</i>	Junquillo	Hierba
Cyperaceae	<i>Fuirena umbellata</i>	Navajilla	Hierba
Cyperaceae	<i>Scirpus californicus</i>	Junco	Hierba
Fabaceae	<i>Aeschynomene americana</i>	Dormilona	Hierba
Fabaceae	<i>Sesbania herbácea</i>	Sesbania	Hierba
Onagraceae	<i>Ludwigia peploides</i>	Duraznillo	Hierba
Poaceae	<i>Phragmites communis</i>	Carricillo	Hierba
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	Lirio acuático	Hierba
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i>	Tule	Hierba
Umbelliferae	<i>Hydrocotyle verticillata</i>	Ombligo de venus	Hierba
<b>Terrestres ribereñas</b>			
Amaranthaceae	<i>Alternanthera phyloxeroides</i>		Hierba
Amaryllideae	<i>Crinum americanum</i>	Crinum	Hierba
Annonaceae	<i>Annona cherimola</i>	Anona	Árbol
Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i>	Soldaditos	Hierba
Asteraceae	<i>Aster subulatus</i>	Estrellita	Hierba
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	Árbol
Fabaceae	<i>Erythrina Americana</i>	Colorín	Árbol
Fabaceae	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Palo verde	Árbol
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil	Árbol
Fabaceae	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Árbol
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Cuahulote	Árbol
Malvaceae	<i>Sida acuta</i>	Escobilla	Hierba
Moraceae	<i>Ficus pertusa</i>	Ficus	Árbol
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Salix	Árbol
Taxodiaceae	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehuate	Árbol
<b>Pastos</b>			
Gramineae	<i>Andropogon liebmanni</i>	Pasto	Hierba
Gramineae	<i>Brachiaria plantaginea</i>	Pasto	Hierba
Gramineae	<i>Brachiaria mutica</i>	Pasto	Hierba
Gramineae	<i>Digitaria ternata</i>	Pasto	Hierba
Gramineae	<i>Paspalum notatum</i>	Pasto	Hierba
Gramineae	<i>Paspalum texanum</i>	Pasto	Hierba

Cabe mencionar que el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y la lechuga de agua (*Pistia estratiotes*), plantas acuáticas que antes ocupaban buena parte del espejo del agua, han sido controladas en la Laguna, pues en 1993 impedían el paso de luz, además de tener altas tasas de evapotranspiración.



Adicional a la colecta de las plantas acuáticas de identificaron los diferentes pastos que se encuentran en las riberas del lago y se clasificaron de acuerdo a su estatus en México y que en 1993 no eran notables y ahora aparecen por toda la ribera de la Laguna.

La introducción de pastos exóticos para esta región ha sido de manera accidental o para alimentar al ganado, pero ahora algunos son malezas de importancia económica negativa debido a su diseminación compitiendo con los cultivos agrícolas, lo cual conlleva a mayores problemas de dispersión a diferentes áreas del país.

**Fauna.** Se realizaron varias visitas al área de estudio con la finalidad de registrar las especies faunísticas (ver Cuadro 3), que tienen su hábitat en la laguna o que en alguna parte de su desarrollo necesitan de esta. Es de destacar la presencia una especie de tortuga, (*Kinosternon scorpioides*), que presenta una notable uña en la cola, desafortunadamente no se tiene seguridad si el reptil fue introducido artificialmente a la laguna de Epatlán o si se ha desarrollado allí, pues los lugareños dijeron no haberla visto antes, aunque dieron fe de la existencia de otra tortuga que no se pudo observar allí. Por su parte la rana toro (*Rana catesbeiana*), cuyo croar fue escuchado, se constituye como un potencial invasor, para perjuicio de las ranas y sapos nativos que se observaron, aunque todavía están en proceso de identificación.

**Tabla 5.2** Listado preliminar de las especies faunísticas avistadas en la Laguna de Epatlán, Pue. 2014.

Familia	Nombre científico	Nombre común
<b>Aves</b>		
Ardeidae	<i>Butorides striatus</i>	Garcita oscura
Ardeidae	<i>Casmerodius albus</i>	Garzón blanco
Ardeidae	<i>Egretta tricolor</i>	Garza ventriblanca
Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	Garza dedos dorados
Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín pescador menor
Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy
Icterinae	<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento
Icterinae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano
Icterinae	<i>Icterus parisorum</i>	Bolsero parisino
Podicipedidae	<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor piquigruoso
Rallidae	<i>Fulica americana</i>	Gallareta americana
Rallidae	<i>Gallinula chloropus</i>	Gallareta frentirroja
Trochilidae	<i>Amazilia viridifrons</i>	Amazilia
Tyrannidae	<i>Sayornis saya</i>	Mosquero llanero
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo
Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenalito
Tyrannidae	<i>Myarchus tyrannulus</i>	Papamoscas
<b>Peces</b>		
Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>	Lobina
Cichlidae	<i>Oreochromis aeneus</i>	Tilapia
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa Común

Como se puede observar la Laguna de Epatlán permite todavía a muchas aves acuáticas satisfacer todos o una parte de sus requerimientos básicos: alimentación, lugares adecuados para el reposo, defensa ante predadores o inclemencias meteorológicas, y lugares para la nidificación. Algunos pájaros aquí citados no están estrictamente confederados a las aguas, pero si a la vegetación ribereña, hábitat que utilizan en alguna fase de su ciclo vital, mientras que ciertas aves terrestres encuentran en este cuerpo de agua un medio para saciar su sed.

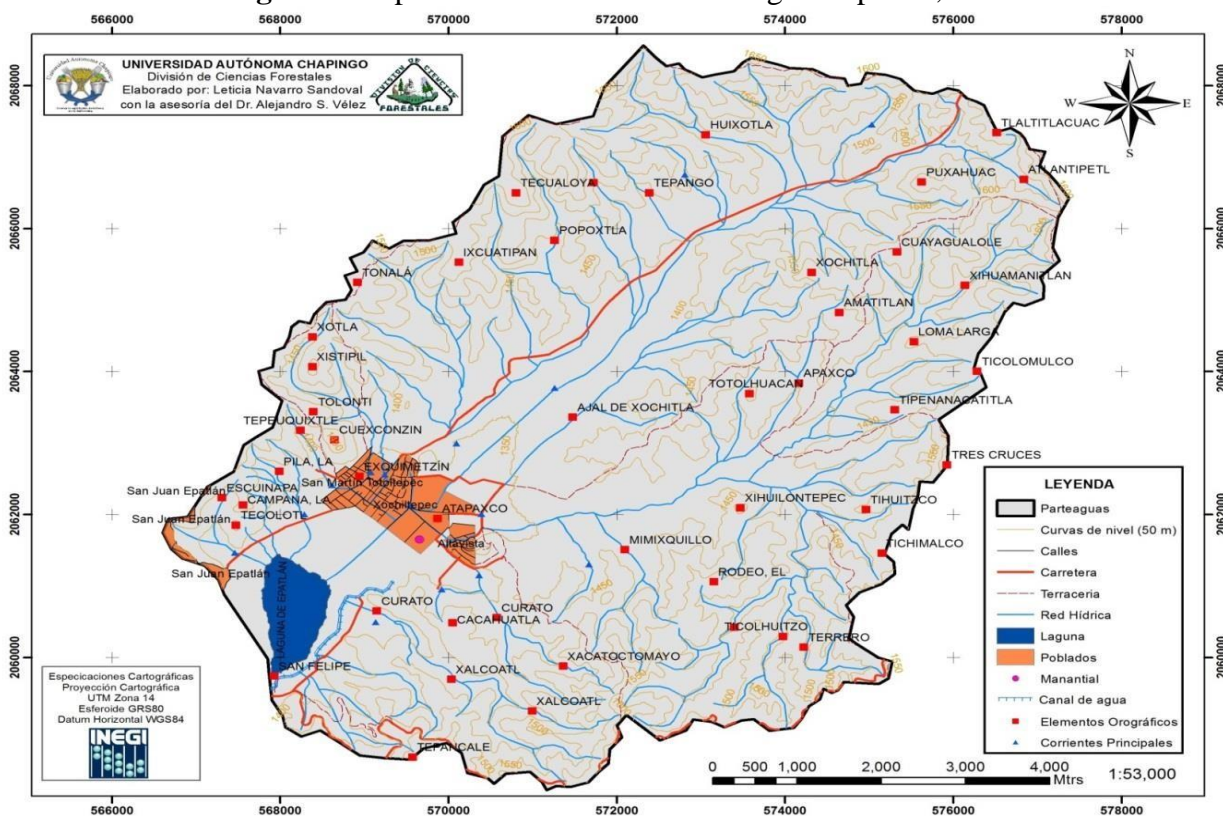
**Morfometría comparativa de la microcuenca.** Los parámetros morfométricos aportan elementos para conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico. En la actualidad se utilizan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para caracterizar morfológicamente a las mismas. El proceso de cuantificación de los parámetros geométricos y topológicos de la red de drenaje de una cuenca hidrográfica, es el primer paso en la búsqueda de las relaciones entre estos y las condiciones climáticas, geológicas e hidrológicas que determinaron su evolución.

**Tabla 5.3** Parámetros morfométricos de la microcuenca de Epatlán, Pue.

Datos	Unidades	Cantidad
Área cuenca	km <sup>2</sup>	70.15
Perímetro	km	39
Elevación media	msnm	1451
Longitud del cauce principal	km	11.88
Orden del cauce principal	Adimensional	4
Cota máxima del cauce principal	Msnm	1579
Cota mínima del cauce principal	Msnm	1324
Pendiente del cauce principal	%	2.15
Tiempo de concentración	Horas	1 hora 54.9 min
Coefficiente de compacidad	Adimensional	1.31
Densidad de drenaje	Corrientes por kilómetro	2.46
Cobertura vegetal dominante	Bosque tropical caducifolio	

A continuación se muestran el mapa base donde se pueden observar la red de drenaje, las poblaciones contenidas en la microcuenca y la Laguna de Epatlán como área clave para el desarrollo económico de las poblaciones cercanas.

**Figura 5** Mapa base de la cuenca de la Laguna Epatlán, Pue.



La vegetación dominante es el bosque tropical caducifolio, el cual se ubica en todas las partes altas de la microcuenca bajo diferentes grados de perturbación. La agricultura de temporal domina todos los valles submontanos que son alimentados por los escurrimientos superficiales donde se cultiva principalmente sorgo y maíz. Sólo una pequeña superficie adjunta a la Laguna de Epatlán es posible la agricultura de riego donde eventualmente la caña de azúcar, el maíz y la cebolla son los principales cultivos.

### 5.3 Conclusiones y Recomendaciones

La microcuenca de la Laguna de Epatlán ha sufrido de una disminución sensible de la densidad de la cobertura vegetal donde el bosque tropical caducifolio apenas subsiste. Hay que recalcar que, aunque la frontera agrícola ha crecido muy poco a costa de los bosques, los rodales que quedan se van abriendo debido a una intensiva extracción de leña y sobre todo a la sobrecarga de ganado vacuno y cabrío en estas montañas bajas eminentemente de vocación forestal.

La descarga de aguas residuales de las comunidades, así como de los emplazamientos de servicios ubicados a la orilla de la laguna que no reciben ningún tratamiento, las descargas cloacales junto con los residuos de la cocina como los aceites son dispuestos irresponsablemente, sumados a residuos sólidos de todo tipo, desechos que son las principales fuentes de deterioro de las aguas de la laguna.

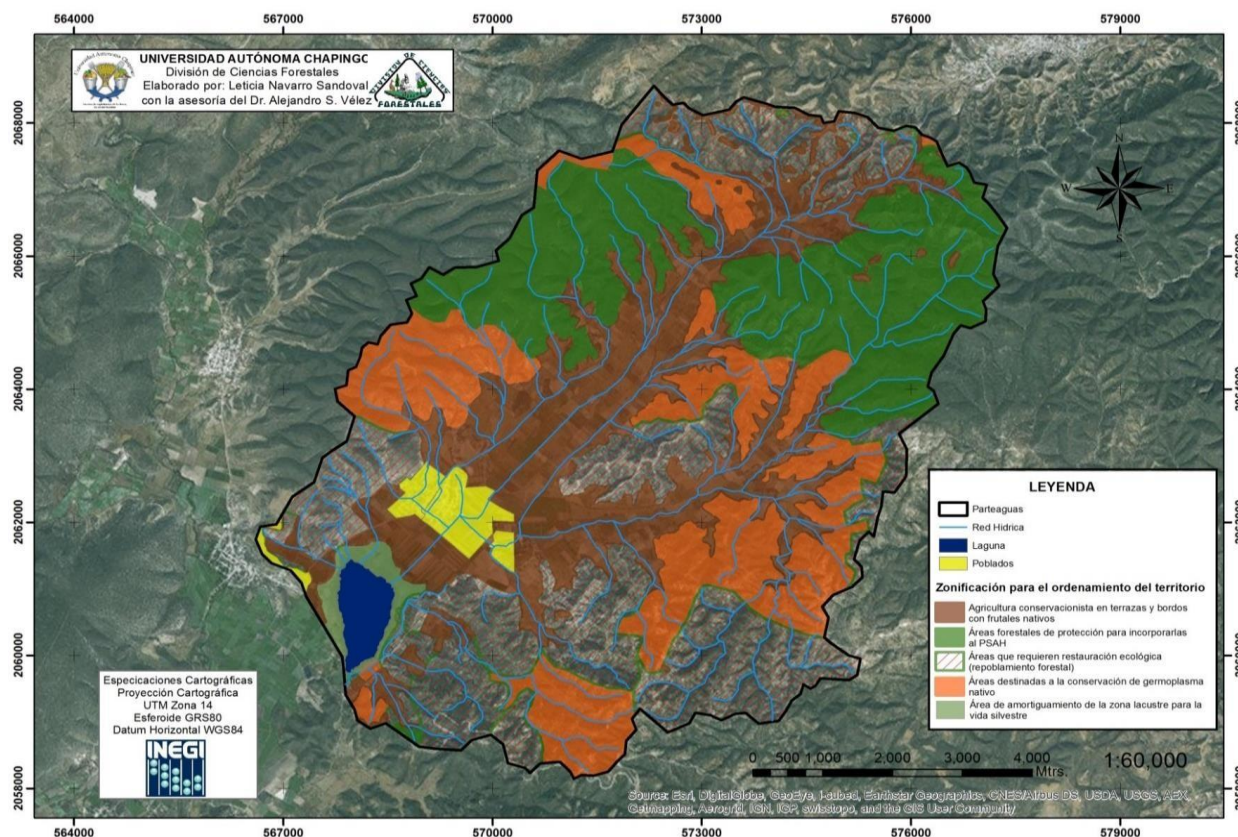
Sin embargo, aun con el enorme deterioro de que sufre la laguna, existe una gama de especies de flora y fauna dignas de ser destacadas restaurando la microcuenca y saneando la Laguna. Destacan las aves acuáticas que aún persisten y que se enlistan en este trabajo, no obstante, los habitantes aseguran haber observado en años anteriores un mayor número de patos migratorios del Canadá, garzas, gansos y hasta pelícanos que ahora no pudimos avistar.

La situación de la Ictiofauna en Laguna de San Juan presenta una notable dominancia de especies introducidas, caracterizadas por adaptarse a condiciones cambiantes del medio con mayor eficacia que las nativas, provocando la extinción de éstas en el cuerpo de agua. Entre los cambios se encuentra los excesivos aportes de materia orgánica propiciado el crecimiento de especies macrófitas acuáticas litorales introducidas y locales, llevando al ecosistema a la eutrofización, al deterioro la calidad del agua, hechos que amplían los problemas al plano social ya que la laguna es una fuente de alimentos y sustento económico para los habitantes que viven en su entorno.

El recurso forestal por formar parte de los bienes de consumo múltiple existentes en la cuenca ante una falta de cultura ambiental para el aprovechamiento racional y dada la apremiante situación socioeconómica, se encuentra en una situación desfavorable con respecto a otro tipo de cubierta vegetal, lo que aunado a un mal manejo del suelo, ha generado severos problemas de erosión. Por tanto, la vegetación arbórea por estrategia de conservación requiere urgentemente de acciones de restauración ecológica, particularmente en las partes altas.

Para mitigar los efectos de la degradación de los recursos hidrológico-forestales de la cuenca se requiere tomar una serie de acciones que van del plano técnico al normativo, de la intervención gubernamental al través de los programas de la CONAFOR, para otorgar incentivos y financiamiento, hasta aspectos de organizacionales para la participación decidida de las comunidades en los trabajos que se requiere emprender. En el mapa que a continuación se presenta se da una idea general del ordenamiento del territorio que se requiere impulsar en la microcuenca y su insigne laguna.

**Figura 5.1** Propuesta para la restauración ecológica de la microcuenca y ordenamiento del territorio.



Finalmente, hay que recalcar que la Laguna de Epatlán como hábitat para diferentes especies de flora y fauna no ha recibido la atención que merece. Por lo anterior es necesario considerar la creación de plantas de tratamiento de aguas residuales que funcionen eficientemente, y con esto contribuir al saneamiento de la Laguna de Epatlán, tanto en su belleza natural, como a las diferentes especies que alberga.

#### 5.4 Referencias

- Gould, B. R. y Shaw, B. R. (1992). *Gramíneas: Clasificación Sistemática*. México. p. 150.
- Hernández, P.M y Ortiz, C.A (1993). *"Caracterización Biológica de La Laguna de Epatlán, Pue., Alternativas para su Ordenación Hidrológico-Forestal."* Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 130 p.
- Heywood, H. B. (1985). *Las Plantas con Flores*. Barcelona, omega. 341 p.
- Muñoz F., J. L. (2010). *Propuesta de Declaratoria de la Cuenca Alta del Río Zahuapan como Zona de Conservación Ecológica*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 101 p.
- Novelo., R. A. (2008). *Plantas Acuáticas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla*. Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable A.C.México.262 p.
- Ramos, D., F. *et al.* (2004). *Manual de Hidrobotánica: Muestreo y análisis de la vegetación acuática*. UNAM. México, .158 p.

## **Comportamiento agronómico de híbridos de maíz formados con líneas tropicales sobresalientes**

PALAFIX-CABALLERO, Artemio, RODRÍGUEZ-MONTALVO, Flavio A., SIERRA-MACÍAS, Mauro, MEZA-PABLO, Andrés y TEHUACATL-SÁNCHEZ, Leticia

A. Palafox, F. Rodríguez, M. Sierra, A. Meza y L. Tehuacatl

^Investigador del Programa de Maíz, INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla

``Profesor Investigador Universidad Veracruzana campus Córdoba

``Estudiante de Licenciatura Universidad Veracruzana campus Córdoba.

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## Abstract

Corn in Mexico, reports an average yield of 3.2 t ha<sup>-1</sup>. The corn yield could be increased using single or three way crosses formed with productive inbred lines. Thus, during the spring summer season in 2014, in Cotaxtla experimental station, INIFAP, there were evaluated 45 new maize hybrids, which of them, 39 were three way crosses, six were double crosses, and four commercial hybrids used as checks. These hybrids were planted in alpha lattice design 7x7, three replications, in plant density with 62500 plants per hectare. There was found high significant differences for grain yield, harvesting index, days to tassel and silking, plant and ear aspect and sanity.

## 6 Introducción

En México cada año se siembran con maíz 8.5 millones de hectáreas, las cuales aportan el 18% del valor de la producción del sector agrícola, particularmente durante 2013 la producción alcanzó 22.6 millones de toneladas (SIAP, 2014). En los países en desarrollo como México, aproximadamente cerca del 44% de la superficie es sembrada con semilla híbrida, 14% con variedades mejoradas de polinización libre (VPL) y 42% con variedades nativas. Los híbridos aumentan la producción y la productividad y garantizan la calidad de las cosechas, obteniendo mayores rendimientos al agricultor, haciéndolas más competitivas, comparadas con el uso de variedades de polinización libre y con variedades nativas. Este cultivo constituye el alimento básico de millones de habitantes en todo el mundo. Aporta entre el 15 y 56% de todas las calorías ingeridas por los seres humanos (Prasanna *et al.*, 2001). En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y para la producción de etanol; mientras que en la mayoría de los países de América Latina y cada vez más en países africanos, un gran porcentaje del maíz que se produce o se importa se destina al consumo humano. En este sentido, el maíz ha sido y sigue siendo un factor de sobrevivencia para los campesinos e indígenas que habitan en la mayoría de los países (Serratos, 2009). El uso de maíz ensilado se convierte en una reserva alimenticia para épocas de sequía o de limitada producción de forraje, lo que contribuye a equilibrar el contenido de nutrientes de la dieta y la variación en la producción animal; sin embargo, la utilización de ensilajes debe ser rentable para ser incluido en los sistemas de producción y alimentación (Cowan, 2001). A pesar del incremento en la producción de maíz en México, la dependencia en sus importaciones aumentó de 7% en 1990, hasta 34% durante 2008, como parte de la creciente importación generalizada de granos estratégicos provenientes de Estados Unidos. El rendimiento nacional alcanza en promedio 3.2 t ha<sup>-1</sup>, siendo de 2.2 t ha<sup>-1</sup> de temporal y el de riego de 7.5 t ha<sup>-1</sup>. Todas las entidades del país presentan algún nivel de producción, pero en el 2013 los principales fueron Chiapas con 14%, Jalisco (11%), Veracruz (11%), Puebla (11%), México (10%), Oaxaca (10%), Michoacán (9%), Sinaloa (8%), Guerrero (8%) y Guanajuato (8%), respectivamente (SIAP, 2014).

Uno de los principales problemas en el cultivo de maíz en México es la dualidad en la producción: por un lado, una sexta parte de la superficie se encuentra concentrada en el norte del país, en regiones altamente tecnificadas y cultivadas bajo condiciones de riego, donde los productores de este cultivo obtiene altos rendimientos, cercanos a sus homólogos de Estados Unidos; por otro lado, la mayor parte de la producción es de temporal y está dispersa por todo el país, en pequeñas unidades de producción y rendimientos muy bajos.

De 1940 a 1996 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha contribuido con la generación de 189 maíces mejorados, que consisten en híbridos, variedades de polinización libre y variedades sintéticas.

Bejarano (2003), indicó que el rendimiento de maíz se podría incrementar utilizando híbridos simples mediante el desarrollo de líneas endogámicas más vigorosas y productivas. No obstante, se debe tener en cuenta que la producción de semilla híbrida es más costosa que la multiplicación de cultivares de polinización abierta; por lo tanto, el comportamiento de un híbrido debe ser superior al de otros tipos de cultivares disponibles, para que se justifique su costo.

Uno de los retos a que se enfrentan los agricultores y las instituciones del sector agropecuario es la necesidad de incrementar la producción de maíz; pero esto no se logrará con la siembra de una mayor superficie del cultivo, sino con el aumento de la productividad. En México se están haciendo grandes esfuerzos para aumentar el rendimiento de grano de maíz, atendiendo a la importancia que tiene como alimento, como forraje y como materia prima para la industria. (Silva, 2014; Martínez *et al.*, 2005). La siembra de variedades mejoradas e híbridos ofrece la perspectiva de un rápido y considerable aumento en la productividad de este cereal.

En respuesta a lo anterior, se planteó la presente investigación, la cual se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano de 2014, en el Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El objetivo de este trabajo fue conocer la capacidad productiva y las características agronómicas de nuevos híbridos de maíz de grano blanco y amarillo. Se evaluaron 45 nuevos híbridos de maíz, de los cuales 39 fueron cruza trilineales y seis cruza dobles, con cuatro testigos.

## 6.1 Metodología

**Localización.** La investigación se condujo en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, en el estado de Veracruz, bajo condiciones de temporal correspondientes al ciclo primavera-verano 2014. Esta localidad se ubica geográficamente a los 18°56' LN y 96°11' LO, a una altitud de 14 msnm; en el km 34.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, del municipio de Medellín de Bravo, Veracruz.

**Material genético.** El experimento estuvo constituido por 45 nuevos híbridos de maíz, de los cuales 39 son cruza trilineales y 6 cruza dobles formados a partir de la cruza de tres y cuatro líneas de grano blanco y amarillo; así como cuatro híbridos comerciales que se utilizaron como testigos: H-564C, H-520, Monsanto 1 x HS-55 y Monsanto 2 x HS-23; según se muestra en el Cuadro 1. H-564C y H-520 generados por el INIFAP, así como dos cruza de materiales de empresas comerciales Monsanto 1 x HS-55 y Monsanto 2 x HS-23.

**Diseño experimental.** El diseño experimental empleado fue un alpha lattice 7 x 7 (Barreto, 1999), con tres repeticiones. Se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables en estudio. La parcela experimental constó de un surco de 5 metros de largo por 0.8 metros de ancho. Las variables que resultaron significativas se analizaron mediante la prueba de Duncan, para comparar las medias a un nivel de significancia de 1% y 5%.

**Principales variables.** Durante el desarrollo del cultivo y la cosecha se midieron y registraron las siguientes variables: 1. Rendimiento de Grano, a humedad constante del 14%; 2. Días a floración masculina, contados de la fecha de siembra hasta que el 50% de las plantas emitieron espiga; 3. Días a Floración Femenina, contados desde la fecha de siembra hasta que el 50% de las plantas habían expuesto los estigmas; 4. Altura de Planta, desde la base del tallo hasta el nacimiento de la hoja bandera; 5. Altura de Mazorca, de la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior principal; 6. Sanidad de Planta, 7. Sanidad de Mazorca, 8. Aspecto de Planta, 9.

Aspecto de mazorca, tomando en cuenta uniformidad, tamaño, color y textura de grano; las variables de la 6 a la 9 se registraron con base a la apreciación visual, mediante una escala de 1 a 5, donde 1 fue excelente y 5 deficiente. 10. Acame de raíz, plantas con una inclinación de 30° o más; 11. Acame de tallo, plantas con tallos rotos debajo de la mazorca principal, 12. Plantas Enfermas, principalmente con síntomas de achaparramiento; 13. Plantas con Mala Cobertura, con protección deficiente del totemoxtle; 14. Mazorcas Podridas. 15. Rendimiento de forraje, el cual se midió tomando una planta por parcela a los 76 DDS multiplicando por el número de plantas por parcela y se extrapoló para estimar el rendimiento de forraje por hectárea; 16. Índice de área foliar, tomado con base en el largo y ancho de la hoja de la inserción de la mazorca y multiplicado por el número de hojas de la planta; 17. Índice de cosecha, el cual se obtuvo dividiendo el peso de la mazorca entre el peso de la planta seca.

**Tabla 6** Relación de híbridos evaluados durante 2014, Campo Experimental Cotaxtla

Tratamiento	Genealogía
1	LT-158 X LT-159) X CLWN345
2	(LT-154 X LT-155) X CLWN345
3	(CLWN218 X CLRCW-105) X (LT-154 X LT-155)
4	(LT-158 X LT-159) X D2 (CO2)
5	(CLWN218 X CLRCW-105) X D2 (CO2)
6	(LT-154 X LT-155) X LT-155
7	(CLWN218 X CLRCW-105) X LT-156
8	(CLWN218 X CLRCW-105) X (LT-164 X LT-165)
9	(LT-158 X LT-159) X LT-156
10	(LT-154 X LT-155) X LT-160
11	(LT-162 X LT-161) X LT-163
12	(CLWN218 X CLRCW-105) X CLWN247
13	(CLRCW-105 X CLWN218) X CLWN247
14	(LT-169 X LT-170) X CLWN306
15	(LT-171 X LT-172) X CLWN306
16	(LT-164 X LT-165) X CLWN306
17	(LT-169 X LT-170) X CLWN345
18	(LT-171 X LT-172)XCLWN345
19	(CLRCW-105 X CLWN218) X CLWN345
20	(LT-164 X LT-165) X CLWN345
21	(LT-154 X LT-155) X D2 (CO2)
22	(LT-164 X LT-165) X LT-155
23	(LT-169 X LT-170) X LT-155
24	(CLRCW-105 X CLWN218) X LT-155
25	(LT-164 X LT-165) X LT-156
26	(LT-164 X LT-165) X LT-160
27	(CLRCW-105 X CLWN218) X LT-160
28	(LT-169 X LT-170) X LT-160
29	(LT-171 X LT-172)XLT-160
30	(LT-171 X LT-172) X LT-166
31	(CLRCW-105 X CLWN218) X LT-166
32	(LT-164 X LT-165) X LT-166
33	(LT-169 X LT-170) X LT-166
34	(LT-164 X LT-165) X T12 RC522 (T-48)
35	(LT-164 X LT-165) X LT-154 X CML-144)RC2 X LT-154RC2-1-1
36	(LT-164 X LT-165) X LT-158 X LT-159
37	(LT-164 X LT-165) X LT-154 X LT-155
38	(LT-164 X LT-165) X CLWN218 X CLRCW105
39	(LT-154 X LT-155) X (LT-164 X LT-165)
40	(LT-158 X LT-159) X (LT-164 X LT-165)
41	(LT-154 X LT-155) X CLWN218 X CLRCW105
42	(LT-154 X LT-155) X LT-158 X LT-159
43	HE-1B
44	HE-3B
45	HE-5B
46	H-564C
47	H-520
48	MONSANTO 1 X HS-55



**Manejo agronómico.** El manejo del cultivo se llevó a cabo mediante las recomendaciones generadas por el INIFAP para la región central de Veracruz (Tinoco et al, 2002). La preparación del terreno se realizó en forma mecanizada y consistió en un paso de barbecho con un arado de discos, una rastra y posteriormente el surcado. La siembra se realizó el día 15 de agosto de 2014, a tapa pie, depositando dos semillas por mata cada 20 cm y posteriormente se realizó un aclareo a los 20 días después de la siembra, dejando una planta por mata, para obtener una densidad de 62,500 plantas por hectárea. Para el control de malezas se efectuaron dos aplicaciones de herbicidas, la primera un día después de la siembra, utilizando la mezcla de Glifosato más Atrazina 37%, y una segunda con Nicosulfuron, a los 48 DDS. Se controlaron las principales plagas que afectaron al cultivo como: gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) con aplicaciones directas a la planta del insecticida Permetrina, para el caso de infestaciones por diabrotica (*Diabrotica speciosa*) se aplicó Cipermetrina. La fertilización se dio mediante la fórmula 207N-69P-30K, en dos aplicaciones: la primera a los 13 DDS, aplicando la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y todo el potasio; la segunda a los 36 DDS, aplicando el resto del nitrógeno. La cosecha se realizó el 01 de diciembre de 2014, a los 107 DDS.

## 6.2 Resultados

Durante el desarrollo del cultivo, en el momento oportuno para cada etapa fenológica del cultivo se tomaron los datos para las diferentes variables. La cosecha se realizó el 01 de diciembre de 2014, a los 107 DDS; cosechando todas las unidades experimentales en donde se contabilizó el número de mazorcas totales. Para medir las variables relacionadas con el rendimiento de forraje, se cortó una planta por parcela al llegar los 76 DDS, registrando el peso en verde. Posteriormente con el número total de plantas de la parcela se calculó el peso total de cada unidad experimental. El análisis de varianza (ANOVA), para el factor de variación híbridos, se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para rendimiento de grano, índice de cosecha, días a floración masculina, días a floración femenina, calificación de planta, calificación de mazorca, sanidad de planta y sanidad de mazorca. El haber encontrado diferencias, indica la existencia de diversidad genética en los híbridos evaluados y que estas responden de manera diferente al ambiente y manejo agronómico.

**Tabla 6.1** Cuadrados medios y coeficiente de variación de las variables agronómicas evaluadas en 49 híbridos de maíz. Campo Experimental Cotaxtla. Ciclo P-V 2014

Fuente de Variac.	G.L	RG (Kg ha <sup>-1</sup> )	IC	DFM	CPT	CMZ	SPT	SMZ
Híbridos	48	2752028**	0.02**	5.0**	0.3**	0.3**	0.2**	0.3**
Bloques	2	4221669ns	0.01ns	0.4ns	0.1*	0.4*	0.3ns	0.1ns
Error	96	1667	0.01	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1
C.V. (%)		23.2	27.38	1.8	14.0	14.0	14.1	12.8
Promedio		5692	0.3	53	2.3	2.4	2.2	2.4

\* $P \leq 0.05$ , \*\*0.01 de probabilidad; ns=no significativa; RG=rendimiento de grano; IC= índice de cosecha; DFM=días a floración masculina; DFF=días a floración femenina; CPT= calificación de planta; CMZ=calificación de mazorca; SPT=sanidad de planta; SMZ= sanidad de mazorca.

**Características agronómicas y potencial de rendimiento para grano.** Con relación al rendimiento de grano el mejor desempeño lo obtuvieron las cruzas trilineales 32 (LT-164 X LT-165) X LT-166, 9 (LT-158 X LT-159) X LT-156, y 24 (CLRCW-105 X CLWN218) X LT-155 con 7601, 7008, 6940 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente; no obstante, existió un grupo de 23 cruzas que presentaron rendimientos arriba de la media general (5700 kg ha<sup>-1</sup>). Estas similitudes entre el grupo superior puede adjudicarse a que hay coincidencia en una o dos líneas que integran su estructura como híbridos. La cruz 32 superó en 35% al promedio obtenido por los testigos H-564C, H-520, Monsanto 1 X HS-55 y Monsanto 2 X HS-23, lo que refleja la mejor adaptación de estos genotipos a las condiciones de la región de estudio; es decir, existen nuevos híbridos que poseen mejores características en términos de comportamiento agronómico y adaptación al ambiente, debido a la alta capacidad productiva de las líneas que la integran. Resultados similares son informados por Sierra (1993), en un grupo de híbridos de maíz de cruz 24. Al igual que los obtenidos por Tosquy y colaboradores (1995), en la cruz 24 y Guerra y colaboradores (2003), en un grupo de híbridos. La adaptabilidad de los genotipos es importante porque permite conocer la respuesta a los diferentes ambientes definidos por el clima, el suelo y el manejo agronómico (Eberhart y Russell, 1966). Al realizar una comparación de las cruzas más sobresalientes en rendimiento de grano con tres testigos comerciales y uno próximo a liberarse, queda confirmado que las combinaciones trilineales son una buena opción. Ya que además de su productividad de grano, presenta ventajas en la producción de semilla, al ser menos complicada su conformación y más sencillo mantener su calidad genética (Espinosa *et al.*, 1999).

Las diferencias estadísticas entre genotipos, indican diferentes comportamientos entre ellos. Al comparar el promedio de la floración se observó que la floración masculina y femenina ocurrió en promedio a los 53 y 54 días, respectivamente. Se observó que algunos materiales que mostraron un comportamiento ciclo precoz como las cruzas 6, 7, 22, 24, 25, 32 y 35 debido a cruzamiento con las líneas de ciclo precoz LT-155 y LT-156. Vargas y colaboradores (2014), mencionan que los días a floración son influenciados por el ambiente en función de la altura sobre el nivel del mar y la temperatura, existen materiales que por su origen tropical, reducen sus días a floración en lugares cálidos y en lugares con mayor altura sobre el nivel y menor temperatura aumentan los días a floración. Las floraciones observadas muestran una ventaja importante para los productores que siembran en fechas retrasadas (Espinosa *et al.*, 2010). De acuerdo con Barrales y colaboradores (1984), los maíces precoces generalmente alcanzan evadir los periodos de deficiencias de agua que se manifiestan cuando hay baja precipitación pluvial.

En cuanto al cruzamiento con las líneas de ciclo precoz LT-155 y LT-156. Vargas y colaboradores (2014), mencionan que los días a floración son influenciados por el ambiente en función de la altura sobre el nivel del mar y la temperatura, existen materiales que por su origen tropical, reducen sus días a floración en lugares cálidos y en lugares con mayor altura sobre el nivel del mar y menor temperatura aumentan los días a floración. Las floraciones observadas representan una ventaja importante para los productores que siembran en fechas retrasadas (Espinosa *et al.*, 2010). De acuerdo con Barrales y colaboradores (1984), los maíces precoces generalmente alcanzan evadir los periodos de deficiencias de agua.

Con respecto a las calificaciones visuales de planta y mazorca, la cruz 13 (CLRCW-105 X CLWN218) X CLWN247, resultó ser la mejor, con una calificación de mazorca de 1.7 y una calificación de planta de 1.8. Por otro lado, las cruzas con mayor rendimiento (LT-164 X LT-165) X LT-166 y (LT-158 X LT-159) X LT-156, obtuvieron buena calificación de planta y de mazorca. También en la variable de sanidad de planta resultaron las cruzas 41, 13, 12, 47, 35, 18 con una buena calificación con valores menores a 2.2 en sanidad de planta y mazorca.

**Características vegetativas y rendimiento e índice de área foliar para forraje.** En los resultados de análisis de varianza, para el factor de variación híbridos, se muestran diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.01$ ), en todas las variables bajo estudio. Así mismo, se detectaron bajos coeficientes de variación, lo que sugiere un buen manejo y conducción del experimento (Cuadro 6.2).

**Tabla 6.2** Cuadrados medios y coeficientes de variación de las características vegetativas, rendimiento e índice de área foliar para forraje, evaluadas en 49 híbridos de maíz. Campo Experimental Cotaxtla. Ciclo P-V 2014

Fuente de variación	G.L	APT (cm)	AMZ (cm)	AMZ/PTA	RF (kg ha <sup>-1</sup> )	IAF (cm <sup>2</sup> )
Híbridos	48	341.5**	182.9**	0.002**	168196083**	342.8*
Bloques	2	383.8ns	246.8*	0.001ns	14411895ns	174.9ns
Error	96	137.6	64.8	0.001	74736	227.9
C.V. (%)	1.8	6.1	8.7	5.4	23.3	20.4
Promedio		192	93	0.5	37112	74.04

\* $P \leq 0.05$ , \*\*0.01 de probabilidad; NS=no significativa; APT= altura de planta; AMZ=altura de mazorca; AMZ/PTA=relación altura de mazorca/altura de planta; RF=rendimiento de forraje fresco; IAF=índice de área foliar.

La altura de planta es importante para definir genotipos con menor altura, tolerantes al acame y poder disminuir riesgos en la producción. Los resultados indican como mayor altura a las cruza 9, 12, 13, 14, 18, 23, 24, 29, 30, 31, 33, 35, 41, 44, 49 que se registró con una altura por arriba de 200 cm., los de menor altura fueron los tratamientos 1, 3, 6, 11, 16, 22, 36 y 40; el resto se consideran de altura intermedia. Tosquy y colaboradores (2005), mencionan que los valores medios de la mayoría de los híbridos, sugieren un porte y posición de mazorca intermedia (menor de 240 y de 140 cm para mazorca). De la Cruz y colaboradores (2009) y Sierra y colaboradores (2008), sugieren la importancia de obtener materiales de porte bajo y reducir los problemas de acame, debido a la presencia de vientos “nortes” en la región costera principalmente durante los meses de octubre a marzo. La selección de plantas de mazorca baja ha resultado efectiva tal como lo sustentan los trabajos de Vera y Crane (1970).

Actualmente los programas de mejoramiento genético buscan genotipos con una relación entre la altura de mazorca y la altura de planta inferiores o cercanos a 0.5, puesto que con una relación por arriba de 0.5 pueden presentar problemas de acame por tener la posición de la mazorca de la mitad de la altura total de la planta. Los genotipos que presentaron valores superiores de 0.5 fueron las cruza 1, 6, 7, 13, 15, 16, 22, 23, 29, 30, 32, 35, 43 y 49, y los restantes fueron inferiores a 0.5.

En lo que se refiere a la producción de forraje en base a materia verde, los valores medios de los genotipos variaron de 12 a 59 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El híbrido con mayor capacidad forrajera fue la cruza trilineal 18 (LT-171 X LT172) X CLWN345 con 59 t ha<sup>-1</sup>, muy superior a la media general (37.1 t ha<sup>-1</sup>), seguido por la cruza trilineal 9 (LT-158 X LT-159) X LT-159, que en comparación con el rendimiento de grano este fue el más sobresaliente. Según Peña y colaboradores (2003), los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje. Los resultados obtenidos son similares al reportado por Núñez y colaboradores (2001), en maíces precoces e intermedios de origen tropical y templado bajo condiciones de riego, encontrando producciones de forraje verde de 52.8 a 75.6 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 6.3** Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en 49 híbridos de maíz.  
Campo Experimental Cotaxtla, ciclo P-V 2014

TRAT	RG	IC	DFM	APT	AMZ	RF	IAF
1	5734abcd	0.5a	53abcde	181eghi	90bcdefghijk	35293bcde	65.8bcde
2	5066abcd	0.3abcdef	53bcdefg	191bcdegh	95abcdefghijk	40452bcde	80.1abcde
3	5546abcd	0.2def	54abc	181deghi	82jk	27063def	55.2de
4	4769bcd	0.2def	55a	192bcdegh	86fghijk	31255bcde	68.6bcde
5	5239abcd	0.2ef	54ab	198abcdeg	92abcdefghijk	36088bcde	59.5cde
6	5673abcd	0.4abcde	50i	165i	86efghijk	25848ef	58.6cde
7	4821bcd	0.3cdef	51ghi	196abcdegh	106ab	28853cde	61.6bcde
8	5079abcd	0.3cdef	54abc	191bcdegh	82jk	33713bcde	72.0bcde
9	7008ab	0.4abcd	52efghi	204abcde	94abcdefghijk	47475ab	91.0ab
10	6678abcd	0.4abcdef	52cdefgh	189bcdeghi	92abcdefghijk	39227bcde	57.4cde
11	1765e	0.3cdef	54ab	180eghi	82jk	11616f	76.2abcde
12	5850abcd	0.4abc	52cdefgh	203abcde	98abcdefghij	39368bcde	76.1abcde
13	5830abcd	0.4abc	52defghi	208abc	106a	40153bcde	78.1abcde
14	6113abcd	0.4abcdef	54abc	205abcd	100abcdefgh	47403ab	83.7abcd
15	6268abcd	0.3cdef	54abc	192bcdegh	102abcde	38997bcde	78.1abcde
16	6144abcd	0.4abcdef	53abcdef	176ghi	89defghijk	35508bcde	70.2bcde
17	6756abcd	0.3cdef	55a	189bcdeghi	85ghijk	30485bcde	84.8abcd
18	6274abcd	0.4abcdef	54abcd	202abcde	100abcdefghi	59433 <sup>a</sup>	105.2a
19	6368abcd	0.4abcde	54abc	195abcdegh	96abcdefghijk	34622bcde	69.9bcde
20	6699abcd	0.4abcdef	53abcde	184cdeghi	88defghijk	43455abcde	87.4abc
21	5553abcd	0.4abcdef	52cdefgh	188bcdeghi	89cdefghijk	31590bcde	59.4cde
22	4227d	0.5ab	51hi	173hi	90abcdefghijk	27062def	50.7e
23	5205abcd	0.2def	51fghi	202abcde	100abcdefgh	42512bcde	69.1bcde
24	6940abc	0.3abcdef	51hi	208abc	102abcdef	37606bcde	70.2bcde
25	5550abcd	0.3cdef	50i	199abcde	99abcdefghi	27148def	68.9bcde
26	6050abcd	0.3cdef	52cdefgh	186bcdeghi	91abcdefghijk	43426abcde	72.4bcde
27	6176abcd	0.3cdef	54abcd	182deghi	86efghijk	31390bcde	70.0bcde
28	4337cd	0.3cdef	54ab	191bcdegh	90abcdefghijk	34797bcde	75.0abcde
29	4757bcd	0.2def	55a	202abcde	102abcdefg	45794abc	91.4ab
30	5346abcd	0.3bcdef	53abcde	205abcd	106abc	34178bcde	85.3abcd
31	6549abcd	0.3bcdef	52defghi	200abcde	98abcdefghij	36311bcde	82.9abcd
32	7601a	0.4abcdef	51ghi	197abcdeg	100abcdefghi	41599bcde	83.9abcd
33	6630abcd	0.4abcdef	53abcde	209ab	102abcdefg	33618bcde	81.9abcd
34	5389abcd	0.3cdef	54ab	187bcdeghi	82jk	45822abc	83.5abcd
35	6872abcd	0.3abcdef	51hi	200abcde	102abcde	46475abc	85.0abcd
36	5367abcd	0.4abcdef	52defghi	180eghi	83ijk	37895bcde	70.9bcde
37	5757abcd	0.3abcdef	52defghi	184cdeghi	88efghijk	43882abcd	73.8bcde
38	6018abcd	0.3bcdef	53abcde	184cdeghi	80k	36446bcde	68.1bcde
39	5316abcd	0.3abcdef	52defghi	191bcdegh	94abcdefghijk	43377abcde	67.2bcde
40	4218d	0.3abcdef	53bcdefg	174ghi	80k	37288bcde	66.6bcde
41	6029abcd	0.2f	52efghi	201abcde	98abcdefghij	43993abcd	82.2abcd
42	5383abcd	0.4abcdef	52defghi	185cdeghi	85hijk	40293bcde	78.5abcde
43	6475abcd	0.2def	53bcdefg	188bcdeghi	93abcdefghijk	37180bcde	75.0abcde
44	6309abcd	0.4abcdef	54abc	217a	105abcd	40446bcde	83.4abcd

45	4740bcd	0.3cdef	54ab	186bcdeghi	87efghijk	29765bcde	64.5bcde
46	5419abcd	0.3cdef	54abc	187bcdeghi	89cdefghijk	38636bcde	82.7abcd
47	6309abcd	0.4abcde	52defghi	198abcdeg	94abcdefghijk	34563bcde	74.9abcde
48	5790abcd	0.3cdef	53abcde	190bcdegh	86fghijk	32610bcde	61.1bcde
49	4928bcd	0.3cdef	54abc	201abcde	106ab	36478bcde	70.2bcde

El menor rendimiento de forraje lo tuvo la cruza trilineal 11 (LT-162 X LT161) X LT-163 con tan solo 11616 kg ha<sup>-1</sup>, con una altura de planta de 180 cm categorizado como de porte bajo. Al analizar el índice de área foliar, se encontró que éste vario de 50.7 a 105.1 cm<sup>2</sup>. El híbrido 18 (LT-171 X LT-172) X CLWN345 acumuló la mayor área foliar con 105.1 cm<sup>2</sup>, en tanto que el híbrido 22 (LT-164 X LT165) X LT-155 acumuló la menor área foliar, muy inferior a la media general (74.04 cm<sup>2</sup>), atribuido a que tuvo baja altura de planta. Comparando el de mejor rendimiento con respecto índice de área foliar se obtuvieron buenos resultados. Peña y colaboradores (2006), aseguraron que el menor rendimiento de algunos híbridos de maíz forrajero, se explica por su menor porte y su reducida área foliar.

### 6.3 Conclusiones

Existen híbridos trilineales con buen rendimiento y características agronómicas como las cruzas 32 (LT-164 X LT-165) X LT-166, 9 (LT-158 X LT-159) X LT-156, 24 (CLRCW-105 X CLWN218) X LT-155.

Se determinaron genotipos precoces como los tratamientos 25 (LT-164 X LT-165) X LT-156 y 6 (LT-154 X LT-155) X LT-155.

Las mejores calificaciones de planta y mazorca concordaron con los genotipos de mayor rendimiento que fueron los tratamientos 32 (LT-164 X LT-165) X LT-166 y 9 (LT-158 X LT-159) X LT-156.

Los genotipos con mayor altura de planta fueron los tratamientos 9, 12, 13, 14, 18, 23, 24, 29, 30, 31, 33, 35, 41, 44, 49.

El índice de cosecha no tuvo una relación estable entre materia seca total y el rendimiento de grano.

El genotipo 34 (LT-164 X LT-165) X T12RC522 (T-48) presentó el mayor número de hileras con un promedio de 18 hileras.

El mejor genotipo con mayor longitud, ancho y grosor de grano que está por arriba de la media fue el tratamiento 25 (LT-164 X LT-165) X LT-156.

Para la producción de forraje en base a materia verde la mejor fue la cruza 18 (LT-171 X LT-172) X CLWN345, seguido por la cruza 9 (LT-158 X LT-159) X LT-156, que en comparación con el rendimiento de grano este fue el más sobresaliente.

El mayor genotipo con mayor índice de área foliar fue el tratamiento 18 (LT-171 X LT-172 X CLWN345 con 105.5 cm.

## 6.4 Referencias

- Barrales D. S., A. Muñoz O., D. Sotres R. 1984. Relaciones termopluviométricas en familias de maíz bajo condiciones de temporal. *Agrociencia* 58: 127-139 pp.
- Barreto H. J. 1999. Programa para crear y analizar diseños Alpha látice. En el programa de maíz del CIMMYT, manual de usuarios para Fieldbook 5.1/7.1 y alpha México. D.F. CIMMYT. 38-48 pp.
- Bejarano A. 2003. Descripción y prueba del híbrido simple de maíz amarillo FONAIAP 1. *Agronomía Tropical* 53: 61-69 pp.
- Cowan T. 2001. Uso de forrajes ensilados en sistemas de producción animal en gran escala. En: *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos.* Roma, Italia.
- De la Cruz L. E., H. Córdova O., M. A. Estrada B., J. D. Mendoza P., A. Gómez V., N. P. Brito M. 2009. Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. *Universidad y Ciencia* 25: 93-98 pp.
- Eberhart S. A., A. Russell W. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *CropSci* 6: 36-40 pp.
- Espinosa C. A., M. Tadeo R., A. Tapia N. 1999. Variedades mejoradas no convencionales de maíz para agrosistemas de mediana productividad. *Agricultura Técnica en México* 25: 83-87 pp.
- Espinosa C. A., M. Tadeo R., M. Sierra M., F. Caballero H., R. Valdivia B., N. O. Gómez M. 2010. Despanojado y densidad de población en una cruce simple androesteril y fértil de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 21: 159-165 pp.
- Escorcia G. N., J. D. Molina G., F. Castillo G., J. A. Mejía C. 2010. Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruces simples de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33: 271-279 pp.
- Guerra F., M. Fuentes, O. Cruz, A. Espinoza, L. Pixley, I. Camargo, S. Castellanos. 2003. Evaluación de híbridos experimentales de maíz del PRM en Centroamérica. *Agronomía Mesoamericana* 14: 21-25 pp.
- Martínez L. C., L. E. 2005. Mendoza O., G. García S., M. C Mendoza C., A. Martínez G. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androesteriles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Revista fitotecnia Mexicana* 28: 127-133 pp.
- Peña R. A., F González C., G. Núñez H., M. R. Tovar G., R. E. Preciado O., A. Terrón I., N. Gómez M., A. Ortega C. 2006. Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 109-114 pp.
- Prasanna B. M., S. K. Vasal, B. Kassahun, N. N. Singh. 2001 Quality Protein maize. *Current Science* 81: 1308-1319.
- Ramírez D. J. L., M. Chuela B., V. A. Vidal M., J. R. Parra, F. Caballero H. 2007. Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. *Revista fitotecnia mexicana* 30: 453-461 pp.

- Reyes C. P. 1990. El Maíz y su Cultivo. AGT Editor. México, D. F. 460 p.
- Serratos H. J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Primera Edición. Greenpeace México. pp. 36.
- Serratos H. J. A. 2012. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. México. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Segunda Edición Greenpeace México. Pp. 36.
- Sierra M. M. 1993. H-512 Híbrido de Maíz de Cruza Doble para el Trópico Húmedo de México. Folleto Técnico Núm. 3. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México. 11 p.
- Sierra M. M., A. Palafox C., A. Espinosa C., F. Caballero H., F. Rodríguez M., S. Barrón F., R. Valdivia B. 2005. Adaptabilidad de híbridos triples de maíz y de sus progenitores para la región tropical del Sureste de México. *Agronomía Mesoamericana* 16: 13-18 pp.
- Sierra M. M., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinosa C., N. Gómez M., F. Caballero H., S. Barrón F., A. Zambada M., G. Vázquez C. 2008. H-520, Híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agricultura Técnica en México* 34: 119-122 pp.
- SIAP. 2014. Maíz forrajero. (Disponible en línea en <http://www.siap.gob.mx/maiz-forrajero/>) (Consulta: 19 de febrero de 2015).
- SIAP. 2014. Principales estados productores de maíz a nivel nacional. (Disponible en línea en <http://www.siap.gob.mx/>) (Consulta: 26 de febrero de 2015).
- Silva A. 2014. Potencial de híbridos en la producción del maíz en México. *La revista de la agricultura de conservación. CIMMYT. Año V. No.20* 15-16 pp.
- Tinoco, A. C. A.; Rodríguez, M. F. A.; Sandoval, R. A.; Brarrón, F. S.; Palafox, C. A.; Esqueda, E. V. A.; Sierra, M. M. y Romero, M. J. 2002. Manual de producción de maíz para los estados de Veracruz y tabasco. INIFAP.CIRGOC. Camp Experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm. 9. Veracruz, México 113 p.
- Tosquy O., M. Sierra, F. Rodríguez M., R. Castillo, J. Ortiz, C. Tinoco, A. Sandoval, S. Uribe. 1995. Validación del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) de cruza doble H-512 en el estado de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 6: 93-97 pp.
- Tosquy V. O. H., A. Palafox C., M. Sierra M., A. Zambada M., R. Martínez M., G. Granados R. 2005. Comportamiento agronómico de híbridos de maíz en dos municipios de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 16: 7-12 pp.
- Vargas J. V., R. Zepeda B., M. A. Ávila P., A. Espinosa C., J. L. Arellano V., A. J. Gámez V. 2014. Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agronomía Mesoamericana* 25: 323-335 pp.
- Vera G. A. y L. Crane P. 1970. Effects of selection for lower ear height in synthetic populations of maize *Crop Sci* 10: 286-288 pp.

## **Calidad de grano de los maíces criollos sobresalientes de la raza Zapalote Chico**

CABRERA-TOLEDO, José Manuel, CARBALLO-CARBALLO, Aquiles, MEJÍA-CONTRERAS, J. Apolinar, GARCÍA-DE LOS SANTOS, Gabino y VAQUERA-HUERTA, Humberto

J. Cabrera, A. Carballo, A. Mejía, G. García y H. Vaquera

Instituto Tecnológico de Comitancillo, carretera Ixtaltepec-Comitancillo km 7.5, San Pedro Comitancillo, Oax.,  
cabrera.josé@colpos.mx;

Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, carretera México-Texcoco km 36.5 Texcoco, Estado de México  
cabrera.josé@colpos.mx

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez (eds.) Producción, Comercialización y Medio Ambiente. Handbook T-I. -  
©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.



## Abstract

In Mexico is the greatest genetic diversity of maize. The quality of grain is mainly determined by their physical characteristics and structural composition. The physical ear properties to associated with quality dough, mass, tortilla and totopo the 18 outstanding of Zapalote chico race. Grain length ranged from 9.48 to 11.66 mm; and hardness is identified as mild to medium. For test weight and percent reflectance percentage, the 18 landraces meet the requirements of the quality standard. Of the 18 landraces tested, 61% were above the recommended germ rate; all had values of floury endosperm above the standard values. The grains were lower weight but have many attributes that can be exploited in food production.

## 7 Introducción

En México predomina un fuerte arraigo en el consumo de maíz, que lo distingue al poseer una gran tradición en este cultivo, constituyéndose en uno de los países más importantes en su cultivo, uso y aprovechamiento. En este contexto, sus razas nativas cumplen una función relevante al formar la materia prima para la elaboración de los diferentes preparados para el consumo humano.

Los maíces nativos, además de ser parte del patrimonio biocultural que México ha regalado al mundo, son el sustento de miles de familias en zonas rurales. Los usos especiales de las razas nativas de maíz en la alimentación, están relacionadas con características únicas que las hacen insustituibles para preparar una gran variedad de platillos tradicionales (Fernández *et al.*, 2013).

Predomina en México una gran diversidad de productos nixtamalizados, que forman parte de la alimentación humana, como: tortilla, pinole, atole, tostada, totopo, tamal y elote; de estos, la tortilla constituye el principal producto, cuyo consumo diario *per cápita* es de 155.4 g en zonas urbanas y 217.9 g en las zonas rurales, constituyendo de esa manera el segundo producto más importante en la canasta básica (SE.DGIB, 2012). Las razas nativas de maíz en México siguen siendo procesadas mediante la nixtamalización, lo cual conlleva a numerosos efectos positivos en la liberación de componentes nutraceuticos, pero también a la degradación y modificación química de otros (Serna *et al.*, 2013).

Entre los factores más importantes para que una tortilla sea aceptada por los consumidores esta la textura, ya que entre más blanda y suave sea una tortilla, el trabajo necesario para su masticación será menor (Gasga y Casas, 2007). Al respecto Antuna *et al.* (2008) citan que los atributos de una tortilla de buena calidad puede considerarse los siguientes: fácil enrollado, suavidad al tacto, olor, sabor, textura y plasticidad; tales atributos se obtienen mediante un procesamiento que considera concentraciones adecuadas de cal y tiempos apropiados de cocimiento. En la elaboración de tortillas se requiere un grano que produzca masa con alta humedad, buena extensibilidad y resistencia, entre otras características (Arámbula *et al.*, 2001).

Según Mauricio *et al.* (2004), entre las propiedades importantes para la clasificación del uso alimentario del maíz en México están el tamaño del grano, su gravedad específica y su dureza, así como su capacidad de absorción de agua y rendimiento de masa, rendimiento de tortilla, la pérdida de peso durante la cocción de la tortilla y la resistencia al corte de la tortilla. El color del grano de maíz varía ampliamente entre genotipos, y aunque no se considera una propiedad importante para su uso alimentario, influye considerablemente en la preferencia del consumidor (Aragón *et al.*, 2012).

La dureza del grano está relacionada con el peso hectolítrico e índice de flotación. Ambas se correlacionan de manera inversa, mientras mayor peso hectolítrico tenga un maíz, más duro será y su índice de flotación será menor (Salinas *et al.*, 2010). Figueroa *et al.* (2013) puntualizan que el endospermo es el componente principal del grano que contribuye de manera importante en la dureza del grano.

El estado de Oaxaca posee una alta variación genética en el cultivo del maíz, por su situación geográfica, abundante variación climática, topografía variada, diferentes tipos de suelos, facilidad de entrecruzamiento de esta especie y principalmente al gran número de grupos étnicos que han formado diferentes variedades criollas mediante selección a través de miles de años (Aragón *et al.*, 2006). El maíz Zapalote chico que cubre una extensa área de la planicie costera del Istmo de Tehuantepec, es de las razas que mejor definida tienen su área geográfica de distribución.

En el presente trabajo se compararon las propiedades físicas del grano de maíz de la raza Zapalote chico y la calidad de nixtamal, masa, tortilla y totopo de 18 criollos, bajo el supuesto que entre ellos existen diferencias en las propiedades evaluadas.

## 7.1 Metodología

### Germoplasma

Las muestras en estudio (Tabla 2.1) se produjeron en el ciclo de cultivo primavera-verano 2012, en los terrenos experimentales del Instituto Tecnológico de Comitancillo Oax. En parcelas de 19 surcos de 7.5 m de largo y separados a 0.55 m, con un arreglo de 2 semillas por mata, cuya distancia fue de 0.5 m, con una densidad de población aproximada de 72 700 plantas por hectárea. La siembra se realizó el 13 de julio de 2012. La fertilización fue 92N-46P-00K (200 kg de urea y 100 kg de superfosfato de calcio triple); aplicando en la siembra la mitad del nitrógeno y todo el fósforo; el resto del nitrógeno se suministró en el aporque. El clima de este sitio es cálido sub-húmedo, el más seco de los sub-húmedos, temperatura media anual de 27 °C, precipitación media anual de 600 mm.

### Toma de datos y variables

Las determinaciones y análisis de las características de calidad del grano y totopos se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Texcoco, Estado de México.

### Caracterización física del grano

1. Índice de flotación (IF). Número de granos flotantes de un total de 100, colocados en una solución de nitrato de sodio ( $IF = Nf/100$ ) a una densidad de 1.25 g ml<sup>-1</sup> (Salinas *et al.*, 1992).
2. Peso hectolítrico (densidad aparente). La prueba se desarrolló de acuerdo al método 84 -10 AACC (1976), empleando una balanza para peso hectolítrico. El resultado se expresa en kg hL<sup>-1</sup>.
3. Tamaño de grano. La prueba se desarrolló de acuerdo al método descrito por Salinas y Vázquez (2006). De cada colecta se eligieron 10 granos al azar de una muestra homogenizada a los cuales se les midió el largo, ancho y espesor con la ayuda de un vernier milimétrico. Los resultados se expresaron en mm.

4. Color de grano, color de masa, color de tortilla y color de totopo. Se midió usando el colorímetro Mini Scan XE plus (Hunter Lab, modelo 45/0-L), que descompone el color en tres variables:  $L^*$  que representa la luminosidad y cuyos valores van del 100, que corresponde al blanco, hasta cero para el negro; la escala  $a^*$  que registra valores positivos cuando están presentes los tonos rojos y adquiere valores negativos cuando registra tonos verdes. La variable  $b^*$  califica los colores amarillos (+) a azul (-). Con las variables  $a^*$  y  $b^*$  se calculó el ángulo del tono hue o tinte ( $\text{hue} = \arctan a/b$ ), que es un valor angular, el cual indica el cuadrante correspondiente al color de la muestra en un sistema cartesiano, donde el eje X corresponde a los valores de  $a$  y el eje Y a los de  $b$ , donde  $0^\circ$  = color rojo-púrpura;  $90^\circ$  = amarillo;  $180^\circ$  = verde; y  $270^\circ$  = azul (Mc Guire 1992).

Componentes estructurales del grano. Se llevó a cabo de acuerdo a lo descrito por Salinas y Vázquez (2006). Se eligieron 25 granos al azar para cada una de la colectas, los cuales se remojaron en agua ( $70-80^\circ \text{C}$ ) durante 15 minutos y con la ayuda de un bisturí se separaron cada uno de los componentes del grano (pedicelo, pericarpio, germen y endospermo), las cuales se colocaron en cajas de aluminio previamente llevadas a peso constante. Se tomó el peso de cada una de las fracciones y se registró. Las muestras se colocaron en una estufa a  $130^\circ \text{C}$  por una hora para determinar la humedad. Posteriormente se calcularon las fracciones, los resultados se expresan en porcentaje.

Proceso de nixtamalización. La nixtamalización consistió en la cocción de 100 g de maíz con 0.7 g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y 200 mL de agua. Los granos de maíz y los solventes se mezclaron en un vaso de precipitados de 600 ml, se calentó en una parrilla para nixtamalización hasta alcanzar el punto de ebullición. El tiempo de nixtamalización se asignó de acuerdo con el IF: IF = 0-12 % 45 min, IF = 13-38 % 40 min, IF = 39-62 % 35 min, IF = 63-87 % 30 min, IF=88-100 % 25 min. Al finalizar el cocimiento el grano reposó 16 h, luego se lavó con 200 mL de agua y se molió en un molino de piedra hasta obtener una masa de textura fina (Salinas y Arellano, 1989; Vázquez *et al.*, 2011). La elaboración de las tortillas, la evaluación del porcentaje de sólidos en nejayote (agua de cocción) y el pericarpio retenido en el nixtamal se realizó de acuerdo con los métodos descritos por Salinas y Vázquez (2006).

Caracteres de nixtamalización. Las características asociadas al proceso de nixtamalización aquí determinadas fueron:

1. Humedad del nixtamal (HN). Expresada como porcentaje de agua por 100 g de nixtamal.
2. Pérdida de sólidos (PS). Estimada a partir del peso seco de los residuos de la nixtamalización y lavado, y expresada en porcentaje con respecto al peso total del grano en base seca.

Rendimiento de maíz-tortilla. Se determinó a partir de una muestra de 100 g de grano nixtamalizado, se registró el peso total de las tortillas obtenidas, tanto en tortilla caliente (recién hechas) como en fría (después de que la tortilla alcanza la temperatura ambiente) y los productos correspondientes fueron expresados como porcentajes con respecto a 1 kg de grano.

Las tortillas se moldearon en una prensa manual y se cocieron sobre una plancha metálica. Una vez cocidas, las tortillas se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 min., tapadas con una manta de algodón. Después se empacaron en bloques de 20 tortillas por tratamiento, se colocaron en bolsas de polietileno tipo Ziploc, se envolvieron en una manta para evitar pérdidas de humedad y se almacenaron a  $25^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$  (ambiente).

Elaboración de totopos. Los totopos fueron hechos de manera artesanal en la población de San Pedro Comitancillo, Oax., por la señora Rosaura Toledo Santiago, edad 50 años, con una experiencia en elaboración y venta de totopos por más de 30 años. Se consideró un kilogramo de grano de cada variedad. Una vez elaborados los totopos se enviaron al laboratorio para su análisis físico. Las determinaciones fueron: rendimiento, peso, diámetro, humedad y color.

Análisis de datos. Las variables se analizaron bajo un diseño completamente al azar. Se realizó el análisis de varianza, pruebas de medias (Tukey 0.05) y con los datos promedio se hizo un análisis de componentes principales.

## 7.2 Resultados

Se observaron diferencias estadísticas significativas entre los 18 criollos (Tabla 3.1) en la mayoría de las características físicas de grano, nixtamalización, masa, tortilla y totopo; es decir, se presentó variabilidad genética entre ellos, por lo que se confirma, que esta variabilidad intraracial es un aspecto que se debe de valorar en las actividades de conservación in situ, con miras de implementar programas de mejoramiento genético para un mejor uso y aprovechamiento de estos recursos fitogenéticos.

### Características físicas del grano

Los granos de las 18 poblaciones en estudio mostraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en las características físicas (Tabla 3.2). El contenido de humedad inicial del grano de todos los maíces estuvo entre 11.4 y 12.8 %. El peso y tamaño de grano influyen en el contenido de humedad. Todas las variedades evaluadas cumplieron con el requerimiento mínimo de peso hectolítrico establecido en la norma de calidad (74 kg mL<sup>-1</sup>) para maíces destinados al proceso de nixtamalización. El índice de flotación que es un dato indirecto de la dureza del grano, determinada por la proporción de endospermo harinoso y córneo (Salinas y Vázquez, 2006), varió en los maíces en estudio desde 46.00 a 85.67 %, arrojando texturas, intermedias (50 %) y suaves (50 %). Estos valores son superiores a lo establecido en la norma NMX-034 (2002). Los granos duros presentan bajos índices de flotación, mientras que los maíces suaves presentan índices altos (Aragón et al., 2012). La dureza como una característica de la textura de los granos de maíz, debe ser considerada como resultado de varias características fisicoquímicas; las características físicas más importantes son densidad (gravedad específica), contenido de germen, porcentaje de endospermo y pericarpio, y tamaño del granulo de almidón (Figuerola et al., 2013).

Los granos de maíces evaluados al reportar porcentajes de reflectancia entre 70.41 y 74.05, se ubican por arriba de la norma de la industria (>55), determinándose como color blanco, tal como se reporta en los datos de origen (Tabla 2.1). Estos valores ofrecen la tendencia del color que se obtendrá en los productos posteriores (tortilla y totopo). En general, el color del grano tiende a ser más blanco a mayor proporción de endospermo harinoso (Salinas et al., 1992).

El procesamiento industrial del maíz para obtener sus diversos productos, requiere de materia prima con calidad específica de acuerdo con las características físicas y químicas del grano. En la industria de la molienda seca, la densidad del grano es importante debido a que una mayor densidad repercute en forma positiva en el rendimiento y calidad de las sémolas; la industria refinadora de almidón prefiere granos suaves o de baja densidad por requerir menor tiempo de remojo en la solución de dióxido de azufre, y presentar un mayor contenido de almidón y menor contenido de proteína, comparado con los de grano de textura vítrea (Serna, 1996).

Tamaño y componentes estructurales del grano

En las dimensiones de grano de los 18 criollos se detectaron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ). El largo, ancho y espesor presentaron una media general de 10.31, 8.88 y 4.86 mm, respectivamente (Tabla 3.3). Estos valores no concuerdan con lo reportado por Mauricio et al., (2004) y Figueroa et al., (2013), quienes reportan cifras de 10, 9.2 y 5.4 mm en forma respectiva para las fracciones referidas del grano.

#### Calidad de nixtamal, masa y tortilla

El contenido de humedad de la masa del maíz OAX-834 (57 %) fue superior al resto de los maíces que presentaron un comportamiento similar con una media general de 55 %. Al respecto, Arámbula et al., (2000) puntualizan que en una masa de maíz de buena calidad para la elaboración de tortilla, la humedad debe oscilar entre 50 y 58 %, los 18 criollos de la raza Zapalote chico en estudio se sitúan en este rango. La humedad de la tortilla osciló de 40.63 a 45.54 %, que se asemejan con los encontrados en las tortillas hechas con diversos tipos de maíz. La suavización rápida del pericarpio, facilita la penetración del agua, y su eliminación durante el lavado del nixtamal. La pérdida excesiva de pericarpio puede disminuir las propiedades texturales de la masa y las tortillas debido a la eliminación de las gomas naturales (Martínez et al., 2001).

Los maíces estudiados se recomiendan para la industria tradicional de la masa y la tortilla, debido a que se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma NMX-034 (2002). La menor absorción de agua durante la nixtamalización se asoció con los menores valores de humedad en las tortillas (Tabla 3.4). La capacidad de absorción de agua está relacionada con la dureza del endospermo, pues cuando es duro, los gránulos de almidón se agrupan en una red proteica que restringe la absorción de agua (Salinas et al., 1992). La pérdida de sólidos en nejayote, osciló entre 2.40 a 3.90 %. Salinas et al., (2007) señalan que un mayor tiempo de cocimiento favorece la desintegración del pericarpio y con ello su liberación durante el enjuague del nixtamal.

En el rendimiento de tortilla en los 18 criollos de la raza Zapalote chico, hubo una variación de 1.23 a 1.46 kg, cifra inferior a lo reportado por Figueroa et al., (2013) y Gaytán et al., (2013). Los maíces con alta capacidad de agua, muestran un alto rendimiento de masa; sin embargo, para obtener un alto rendimiento de tortilla se requiere que el agua absorbida sea retenida durante la cocción (Mauricio et al., 2004).

El color de la tortilla fue diferente entre las variedades, lo cual se debió a diferencias iniciales en el color del grano. La tortilla elaborada con la COL-62 presentó el mayor L (81.74 %), siendo la más cercana al color blanco. Las elaboradas con maíz COL-29, cuyo L fue de 71.05 %, es el más alejado del blanco. Todas las variedades evaluadas tuvieron una reflectancia superior a 70 %, y las tortillas elaboradas con ellas fueron más blancas (81.1 a 84.42 %). Esto obedece a que el color de la tortilla no solo está determinado por el color del grano, sino por factores relacionados con el proceso de nixtamalización, composición química del grano y factores ambientales (Salinas et al., 2007)

#### Propiedades de tortilla

Los valores de dureza y extensibilidad de las tortillas producidas con los maíces criollos de la raza Zapalote chico se presentan en el Gráfico 3.1. La fuerza de tensión de las tortillas, presentaron un rango de 142.67 a 273.33 g para la fuerza extensiva, en donde se ubicaron las variedades COL-32 y ZAP-MOR, respectivamente. La distancia de extensibilidad fue similar ( $P \leq 0.05$ ) para todas las variedades, no obstante se presentó una variación numérica de 5.65 a 12.24 mm.

Investigaciones realizadas por Vázquez et al., (2014) en genotipos de maíz con diferente contenido de aceite y diferente tiempo de almacenamiento de tortilla, mostraron valores de fuerza de ruptura en un rango de 300 a 720 g y distancia de ruptura de 2.5 a 8.4 mm.

En el presente estudio, las tortillas tuvieron menores fuerzas y mayor distancia de ruptura, indicando que son suaves y se extienden un poco más para romperse. Al respecto, Mauricio et al., (2004) apuntan que los maíces que poseen características para tortilla, deben tener valores altos de peso de grano, ancho de grano y rendimiento de tortilla, así como baja resistencia al corte de tortilla. La fuerza a la tensión y resistencia al corte son propiedades de textura de las tortillas, con que se evalúan la adhesividad y el grado de dureza del producto; la tortilla cuando más suave y blanda sea, requiere menos esfuerzo para su masticación y el producto obtenido será de mejor calidad (Antuna et al., 2008).

### Propiedades de totopo

El totopo es el producto principal con que se identifica el maíz de la raza Zapalote chico. El análisis de varianza se realizó para 4 de las variables (Tabla 3.1). REN y PET no presentaron repeticiones. La producción de totopos osciló de 11 a 14 unidades, con un promedio de 12 a partir de un kg de grano de maíz, el testigo reportó 10 unidades. El PET totopos fue superior en la variedad COL-64 con un valor de 643.3 g y OAX-830 fue el de menor peso con 510.68 g (Tabla 3.5).

Sin embargo, para la comercialización de este producto, el peso no es un factor determinante, debido a su fabricación artesanal, en donde predomina la ausencia de uniformidad para la producción de este bien alimenticio, siendo relevantes otros factores como el tamaño, textura crujiente, sabor, olor, etc.

Hubo diferencias estadísticas en PUN, HUM y CTO. El diámetro de totopo fue similar para todos los genotipos, esto obedece a que los productos fueron hechos por una sola persona de gran experiencia en la elaboración. Este razonamiento, no es aplicable para el PUN y HUM, en donde se presentaron diferencias ( $P \leq 0.05$ ). Un rango de 53.89 a 61.7 g fue para PUN y para HUM fue 6.28 a 9.45 %. Debido a lo crujiente que debe ser el totopo, con relación a la humedad de la tortilla, esta se reduce en forma general en un 36 %. Estudios realizados por León (1994) indican valores promedio de 21.6 cm en diámetro, 65.5 g en peso unitario y 5 a 6 % de humedad; datos que no concuerdan con lo reportado en este estudio.

Los totopos presentaron diferencias en los valores de reflectancia, los cuales fueron superiores a 77 %. Resultado del cocimiento que es objeto la masa de maíz en el “comezcal” (olla de barro sin tapa ni fondo), para la fabricación del totopo, así como la duración del proceso (8 a 12 minutos) y la adherencia al comezcal, el porcentaje de reflectancia de la masa es disminuida, por lo que los totopos tienden a ser menos blancos.

### Estudio de la diversidad en las características físicas

La caracterización física de grano, nixtamal, masa, tortilla y totopos de los 18 criollos, se analizaron en conjunto mediante el análisis de componentes principales, el cual tiene la función de reducir la dimensionalidad de datos e interpretar con un reducido número de variables la variación total acumulada (Johnson y Wichern, 1992). Los cuatros primeros componentes explican 64.37 % de la variación (Tabla 3.6). En estos componentes, las características más sobresalientes están relacionadas con índice de flotación, peso hectolítrico, espesor y color de grano, proporción del pedicelo, peso y diámetro de totopos, humedad de grano y en masa su humedad y color.

La Figura 3.1 precisa la dispersión de tres grupos de maíces comprendido por los primeros componentes principales, relacionando lo más cercano los valores altitudinales que distingue cada una de las poblaciones evaluadas (Tabla 2.1). Con esta agrupación, se promedió en forma respectiva el desempeño que registraron las variables en cuestión. El grupo I (maíces de baja altura), integrado por el 17 % de las variedades, presentaron valores altos en: índice de flotación, espesor de grano, color de grano, proporción de embrión, humedad de nixtamal, rendimiento de tortilla y totopo. Los granos de estos materiales fueron menor peso, longitud, proporción de pedicelo, pericarpio y endospermo; sus tortillas se distinguieron por ser más suaves al rompimiento y sus totopos de menos peso.

Los maíces de altura intermedia (28 %), integraron el grupo II. Estas poblaciones tuvieron características superiores en humedad de grano, peso hectolítrico, longitud y ancho de grano, proporción en pedicelo y endospermo; sus totopos fueron más pesados y más blancos. Del grupo III identificado como de altura mayor, formado por el 55.5 % de los maíces, sus granos sobresalieron en peso y espesor; proporción de endospermo, porcentaje de sólidos; la masa y tortilla fueron más blancas, no así en totopos, valores altos de humedad de nixtamal, tortilla y totopos. Rendimiento menor de tortillas y que presentaron mayor distancia de extensibilidad en el rompimiento.

### 7.3 Conclusiones

1. Existe variación genética intraracial en las características de calidad de grano.
2. La mayoría de los maíces evaluados presentan características de calidad adecuadas para la industria tradicional de la masa tortilla y totopo.
3. No obstante que los granos de esta raza de maíz son de menor peso y por lo consiguiente su rendimiento de tortilla, poseen muchos atributos que se pueden aprovechar, tales como el color, la suavidad de sus tortillas y la producción artesanal de totopos.
4. Las características estudiadas se relacionan con el uso alimenticio al cual se emplean los granos de esta raza de maíz y pueden ser utilizados para definir la calidad industrial del grano.

### 7.4 Referencias

American Association of Cereal Chemists. (1976). Approved methods of the AACC. The Association 7th. Edition. St. Paul MN.

Antuna O., Rodríguez S. Arámbula G., Palomo A., Gutiérrez E., Espinoza A., Navarro E y Andrio E. (2008). Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 31(3):23-27.

Aragón C F, J D C Figueroa, M Flores Z, M Gaytán M, M J J Véles. (2012). Calidad Industrial de Maíces Nativos de la Sierra Sur de Oaxaca. Libro Técnico No. 15. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Santo Domingo Barrio Bajo, Etila, Oaxaca, México. 249 p.

Aragón, C. F., Taba S., Hernández C. J.M., Figueroa C. J de D. y Serrano A. V. (2006). Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D. F.

Arámbula G., Mauricio R., Figueroa J.D; González J., Ordorica F.C. (2001). Physico chemical structural and textural properties of tortillas from extruded instant corn flour supplemented with various types of corn lipids. *J. Cereal Sci.* 33:245-252.

Arámbula V G, M Yáñez L, Y Vorobiev, J González H. (2000). Coeficiente efectivo de difusión de agua en masas de maíz nixtamalizado por extrusión. *Agrociencia* 34:717-727.

Fernández S. R., Morales C. L.A., y Amanda Gálvez M. A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 36:275-283.

Figueroa C., J., M. Acero G., N. Vasco M., A. Lozano G., M. Flores A. y J. González H. (2001). Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. *Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 51: 329-302.

Figueroa C.J.D., Narváez G. D.E., Mauricio S. A., Taba S., Gaytán M. M., Véles M. J.J, Rincón S. F. y Aragón C. F. (2013). Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 36: 305–314.

Gasca M. J. C., y N. B. Casas A. (2007). Adición de harina de maíz nixtamalizado a masa fresca de maíz nixtamalizado. Efecto en las propiedades texturales de masa y tortilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química.* Vol. 6: 317-328.

Gaytán M. M., Figueroa C. J. D., Reyes V.M L., Morales S. E. y Rincón S. F. (2013). Selección de maíces criollos para su aplicación en la industria con base en su valor agregado. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 36: 339 –346.

Johnson R A, and D W Wichern. (1992). *Applied Multivariate Statistical Analysis.* Third edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 642 p.

León T. J. E. (1994). Caracterización física, nutricional, sensorial y regional del totopo de la sociedad de solidaridad social “Tona Taati” del Istmo de Tehuantepec, Oax. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 88 p.

Martínez B. F., Martínez F. H. E., Sanmartin M. E., Sánchez S. F., Chang Y. K., Barrera A., and Ríos. E. (2001). Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalisation process. *J. Sci. Food Agric.* 81: 1455-1462.

Mauricio R A S, J D C Figueroa, S Taba, M L V Reyes, F S Rincón, A G Mendoza. (2004) Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:213-222.

McGuire, G. (1992). Reporting objective color measurements. *Hort. Sci.* (27):1254-1255.

Norma Mexicana para Maíces Destinados al Proceso de Nixtamalización, NMX-FF-034-2002-SCFI-PARTE-1. (2002). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereales-maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado. Especificaciones y métodos de prueba. Especificaciones y Métodos de Prueba. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Dirección General de Normas. México, D. F. 18 p.



Salinas M. Y., J. L. Arellano V., y F. Martínez B. (1992). Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para Valles Altos. *Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición* Vol. 42: 161-167.

Salinas M. Y., López R. J.J., González F.G.B. y Vázquez C. G. (2007). Compuestos fenólicos del grano de maíz y su relación con el oscurecimiento de masa y tortilla. *Agrociencia* 41: 295-305.

Salinas M. Y., y J. L. Arellano V. (1989). Calidad nixtamalera y tortillera de híbridos de maíz con diferente tipo de endospermo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 12: 129-135.

Salinas M., Y., N. O. Gómez M., J. E. Cervantes M., M. Sierra M., A. Palafox C., E. Betanzos M., y B. Coutiño E. (2010). Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1: 509-523

Salinas M., Y., y G. Vázquez C. (2006). Metodologías de análisis de calidad nixtamalera-tortillera en maíz. INIFAP. Campo Experimental Valle de México, Chapingo, México. Folleto Técnico No. 24. 91 p

SE-DGIB (Secretaría de Economía-Dirección General de Industrias Básicas). (2012). Análisis de la cadena de valor maíz-tortilla: situación actual y factores de competencia local. Secretaría de Economía-Dirección General de Industrias Básicas.  
[http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/20120411\\_analisis\\_cadena\\_valor\\_maiz-tortilla.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/20120411_analisis_cadena_valor_maiz-tortilla.pdf). (Consulta: julio, 2014).

Serna S. S.O., Gutiérrez U. J. A., Mora R. S., y García L. S. (2013). Potencial nutraceutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 36: 295-304.

Serna, S. S. O. (1996). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. Departamento tecnología de alimentos. ITESM-Campus Monterrey. AGT Editor S. A. México, D. F. 521 p.

Vázquez C. G., García L.S., Salinas M. Y., Bergvinson D.J. and Palacios R.N. (2011). Grain and tortilla quality in landraces and improved maize grown in the highlands of Mexico. *Plant Foods for Human Nutr.* 66: 203-208.

## **Utilización de microorganismos para incrementar la eficiencia de acumulación de cobre de las plantas**

CARRILLO-CASTAÑEDA, Guillermo

G. Carrillo

‘Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Km. 36.5 Carretera Federal Los Reyes-Texcoco. Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México. C. P. 56230. México.  
carrillo@colpos.mx

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## Abstract

Copper is both an essential and a toxic element since it participates in numerous physiological processes and as a cofactor for many metal proteins; although, excess copper inhibits and impairs photosynthetic electron transport. Microbial consortia for regulating trace-metal uptake are important factors in either limiting or present at toxic levels. It was isolated 18 isolates of fluorescent *Pseudomonas* which are able to grow and produce siderophores in the presence of  $10^{-4}$  up to  $2.5 \times 10^{-3}$  M  $\text{CuSO}_4$ . It was important to define the optimal growth condition of these cultures, using as criteria growth and pigment accumulation. For that reason the original BK medium was modified reducing: the amounts of casein hydrolysate (45%), and 67 and 33% of  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ . Out of the 18 isolates, 8 of them accumulated high amounts of siderophores and in the strains A7 and T16,  $2.5 \times 10^{-3}$  M  $\text{CuSO}_4$  induced the biosynthesis of siderophores.

## 8 Introducción

El cobre es un metal que ha sido ampliamente utilizado en agricultura como principio activo, de muchos compuestos para el control de hongos fitopatógenos y, por esta razón, está siendo acumulado en suelos a concentraciones que ya son tóxicas para los cultivos e incluso para la microflora del suelo que es tan importante para las plantas. Ciertos aislamientos bacterianos toleran la presencia de cobre y lo solubilizan (González-Chávez *et al.* 2009), otros regulan la asimilación cuando la cantidad es baja (Kloepper *et al.*, 1980) o es tóxica por altos niveles mientras que otros microorganismos son potencialmente útiles en sistemas de fitorremediación (Carrillo-Castañeda *et al.* 2011).

Existen ciertas plantas que pueden crecer en estos suelos contaminados y que, además, pueden acumular relativamente altas cantidades de metales como el cobre. Ciertos microorganismos de la rizosfera que se han detectado, estimulan o promueven la capacidad de acumulación de metales por ciertas plantas de *Phaseolus vulgaris* (Carrillo-Castañeda *et al.* 2005; Martínez y Carrillo-Castañeda, 1990) e incluso, promueven el desarrollo de estas plantas acumuladoras de metales (Carrillo-Castañeda *et al.* 2002). Algunos aislamientos de estos microorganismos cuando se encuentran desarrollándose en medios en los que el hierro es muy escaso, producen pigmentos fluorescentes que son en realidad sideróforos (Carrillo-Castañeda y Vázquez, 1992; Carrillo-Castañeda y Alvarado-Cano, 2000). Los sideróforos forman de manera selectiva complejos con Fe, Cu, Al, Ca y Cr (McKnight y Morel, 1980).

Posiblemente mediante estos compuestos, la planta modifica el transporte de metales de la raíz al tallo (Carrillo-Castañeda *et al.* 2003) pues el papel de los sideróforos en el proceso de la asimilación y translocación del cobre en las plantas no está plenamente conocido, tema que es muy importante pues toda esta información es de utilidad para incrementar la habilidad de las plantas para remover los metales de las tierras contaminadas. Por esta razón esta investigación, que es muy básica y elemental, se llevó a cabo para establecer condiciones más favorables en el proceso de selección de microorganismos capaces de producir sideróforos cuando se desarrollan en medios con relativa alta concentración de cobre.

Las células bacterianas asociadas a las raíces en la rizosfera, se nutren de las sustancias que exudan las plantas a la vez que son protegidas del estrés cuando el pH del suelo es extremo y de la presencia de metales tóxicos, etc. (Paulsen *et al.*, 2005). Las sustancias que más comúnmente se encuentran en los exudados de las raíces de las plantas de jitomate son carbohidratos de peso molecular bajo, ácidos orgánicos que participan promoviendo o facilitando la colonización de las raíces por las células bacterianas (Kravchenko *et al.*, 2003).

La acumulación de compuestos secundarios, en general, así como de otros como los sideróforos es específicamente regulado por la carencia de hierro en el medio, carencia que induce la producción de sideróforos en las células pero, también, la composición química del medio (da Silva y Amazonas de Almeida. 2006) o la presencia de magnesio (King *et al.*, 1948), modulan la biosíntesis y acumulación de pigmentos fluorescentes en las células desarrolladas en los medios G7c y CYE. Por estas razones la presente investigación fue llevada a cabo para establecer un medio de cultivo práctico y económico para el desarrollo óptimo de ciertas cepas de *Pseudomonas* fluorescentes.

## 8.1 Metodología

Material biológico. Las cepas bacterianas: A7, A9, A9m, Avm, E2, E5, E14, T1, T12, T16, T20, T47, Sv, Pf, Pp y Sm. Para el cultivo de estos microorganismos, el medio de cultivo base utilizado fue el BK, preparado en la condición sólida o líquida. Una serie de medios fue preparado con hidrolizado de caseína de la casa Fluka y, en presencia de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  ( $1.0 \times 10^{-4}$ ,  $5.0 \times 10^{-4}$ ,  $1.0 \times 10^{-3}$ ,  $2.5 \times 10^{-3}$  y  $5.0 \times 10^{-3}$  M). Los cultivos líquidos fueron incubados en un agitador a 100 rpm y los sólidos sobre la superficie del medio en cajas Petri a la temperatura de incubación 26-28 °C. Después del período de incubación, fue determinado el crecimiento bacteriano (turbidez a 660 nm) así como la acumulación de pigmentos fluorescentes en el sobrenadante de medio de cultivo gastado libre de células (absorbencia a 400 nm) de acuerdo a Carrillo-Castañeda y colaboradores (2005). En los cultivos sólidos también fue determinada la capacidad de producción de pigmentos fluorescentes. Tanto para la determinación espectrofotométrica de la turbidez como la de la acumulación de pigmentos fueron tomadas muestras alícuotas de 200  $\mu\text{L}$  del cultivo mezclados con 1800  $\mu\text{L}$  agua destilada o 200  $\mu\text{L}$  de sobrenadante de medio gastado libre de células mezclados con 1800  $\mu\text{L}$  agua destilada.

Debido a que este trabajo es elemental y los resultados que fueron analizados consistían en determinar presencia o ausencia de desarrollo o pigmentos fluorescentes en el medio, no se consideró esencial aplicar diseños y análisis estadísticos.

## 8.2 Resultados

El trabajo consistió en definir las condiciones de cultivo que pudieran mejorar tanto el desarrollo de los cultivos bacterianos como la acumulación de los pigmentos fluorescentes en el medio de cultivo y, para tal fin, la composición del medio de cultivo B de King (BK) fue modificada de manera arbitraria, cuya composición original y los cambios que fueron llevados a cabo se presentan en la Tabla 3.

En este trabajo fueron utilizadas 16 cepas bacterianas que rutinariamente habían sido desarrolladas en el medio BK sólido o líquido, de las cuales, 9 de ellas presentaban fluorescencia. En este trabajo, las 16 cepas fueron cultivadas en cada uno de los medios diseñados para determinar los patrones de desarrollo así como la presencia de pigmentos fluorescentes, pudiéndose presentarse el caso de que cultivos que no producen pigmentos fluorescentes cuando se cultivan en el medio BK, pudieran desarrollar pigmentos en alguno de los medios BK modificados.

1. Hidrolizado de caseína (Fluka). En primer término se trató de determinar la cantidad de hidrolizado de caseína requerida para el desarrollo óptimo de los cultivos, para lo cual, una serie de medios en condición sólida fue preparada que contenían 7, 9, 11, 13, 15, 17 y 20 g de hidrolizado de caseína por litro (de aquí en adelante, las cantidades de los componentes del medio de cultivo se expresan por litro de medio).

Las células fueron sembradas sobre la superficie del medio para incubarse durante 48 h. Después de la incubación el área de crecimiento bacteriano fue determinado. En los medios que contenían 9 a 20 g de hidrolizado de caseína el tamaño de las colonias fue tan similar que de aquí en adelante el medio fue preparado con únicamente 9 g de hidrolizado de caseína.

2.  $K_2HPO_4$ . En este caso, los cultivos fueron desarrollados en medios en condición sólida y contenían 1.5 ó 2.0 g de  $K_2HPO_4$ . El área de crecimiento bacteriano y la presencia de pigmentos fluorescentes difundidos en el medio sólido fueron determinados después de tres períodos de incubación. Como se muestra en los resultados (Tabla 1), se encontraron diferencias importantes en el patrón de producción de pigmentos, particularmente después de 72 h de incubación ya que en el medio con 1.5 g de  $K_2HPO_4$ , 11 cultivos desarrollaron pigmentos pero con 2.0 g únicamente 6 y 10 no lo presentaron. En el desarrollo de los 16 cultivos no grandes hubo diferencias.
3.  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ . En este caso los cultivos fueron desarrollados en medios líquidos que contenían 0.5, 1.0 y 1.5 g de  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$  y, después de 72 h de incubación, la turbidez de los cultivos fue determinada. A las 72 h de incubación fueron comparadas las lecturas de turbidez obtenidas en los tres medios de cultivo de cada cepa encontrándose que en el medio que contenía 0.5 g de  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ , 9 de los cultivos presentaron la máxima turbidez (Tabla 2), en el que contenía 1.0 g, únicamente 3 y con 1.5 g fueron 4. Resalta el hecho que el medio en que un mayor número de cultivos se desarrollaron mejor fue en el medio que contenía 0.5 g de  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ .

**Tabla 8** Determinación del desarrollo de los cultivos en medios sólidos que contienen 1.5 y 2.0 g de  $K_2HPO_4$  y de la presencia de pigmentos fluorescentes difundidos en el medio a los tiempos de incubación indicados (+ significa crecimiento o presencia de pigmentos, - ausencia de pigmentos).

Ce	24 h incubación		n KB		48 h incubación		KB		72 h incubación		KB	
	1.5 g	2.0	1.5	2.0	1.5 g	2.0	1.5	2.0	1.5 g	2.0	1.5	2.0
	Crecimiento		Pigmentos		Crecimiento		Pigmentos		Crecimiento		Pigmentos	
A7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++
A9	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
A9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++
Av	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
E3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+
E5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
E14	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
T1	+	++	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
T12	+	+	++	+	+	+	+	-	+	+	++	-
T16	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
T20	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
T47	+	+	++	+	+	+	+	-	+	+	++	-
Sv	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	++	-
Pf	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
Pp	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	++	-
Sm	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	++	-

**Tabla 8.1** Determinación de la turbidez de los cultivos en medios que contienen 0.5, 1.0 ó 1.5 g de  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$  a los tiempos de incubación indicados.

Cepa	24 h incubación			48 h incubación			72 h incubación		
	0.5 g	1.0 g	1.5 g	0.5 g	1.0 g	1.5 g	0.5 g	1.0 g	1.5 g
<b>A7</b>	.546	.340	.370	1.013	.460	.480	1.085	.578	.639
<b>A9</b>	.448	.344	.271	.559	.703	.667	1.045	.670	.765
<b>A9m</b>	.226	.440	.350	.282	.689	.545	.278	.893	.657
<b>Avm</b>	.145	.124	.064	.223	.221	.036	.227	.178	.083
<b>E2</b>	.570	.610	.499	.794	.721	.680	.820	.760	.870
<b>E5</b>	.357	.850	.442	.415	1.068	.556	.433	1.400	.633
<b>E14</b>	.544	.624	.704	.674	.996	1.056	.628	1.053	1.124
<b>T1</b>	.190	.374	.342	.267	.458	.413	.303	.458	.558
<b>T4</b>	.756	.390	.516	1.105	.649	.825	1.089	.645	.932
<b>T12</b>	.765	.470	.756	1.169	.712	1.069	1.234	.793	1.013
<b>T16</b>	.291	.310	.285	.479	.545	.483	.997	1.057	.894
<b>T20</b>	.199	.571	.687	.265	.909	1.052	.264	.944	.981
<b>T47</b>	.576	.434	.618	.958	.749	.816	.903	.801	1.012
<b>Sv</b>	.499	.700	.768	.690	.870	.900	1.050	.840	.921
<b>Pf</b>	.375	.328	.066	.791	.759	.109	.973	.908	.111
<b>Pp</b>	.770	.833	.650	.918	.864	.682	1.161	.943	.994
<b>Sm</b>	.340	.330	.297	.471	.450	.373	.699	.657	.423

En la Tabla 3 se muestra la composición del medio que reúne, de acuerdo a los resultados experimentales observados, las mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos bacterianos en estudio. En realidad se llegó a la conclusión de que este medio óptimo debe prepararse con tres cantidades de  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ , de acuerdo a las condiciones específicas de requerimiento de este compuesto de cada cepa: medio de cultivo BK que contiene 0.5 (BK.5), 1.0 (BK1) y 1.5 g (BK1.5) de  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ . El hidrolizado de caseína es un compuesto relativamente caro y desde el punto de vista económico, el medio de cultivo óptimo diseñado para el desarrollo de nuestros cultivos bacterianos contiene menos de la mitad de la cantidad estipulada en el medio BK.

**Tabla 8.2** Composición y modificaciones (1 a 4) realizadas al medio de cultivo para incrementar el desarrollo de los cultivos bacterianos y la producción de pigmentos. (Las cantidades están expresadas en gramos por litro).

<b>Componente</b>	<b>Composición del medio BK original</b>	<b>Cambios efectuados.</b>
<b>1. Proteosa peptona # 3 (Difco)</b>	20.0 g	Hidrolizado de caseína de la casa Fluka: 7, 9, 11, 13, 15, 17 y 20 g
<b>2. K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub></b>	1.5 g	1.5 y 2.0 g
<b>3. MgSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O</b>	1.5 g	0.5, 1.0 y 1.5 g
<b>Glicerol</b>	10.0 mL	
<b>H<sub>2</sub>O</b>	1000.0 mL	
<b>4. pH</b>	7.2	7.2 y 5.0

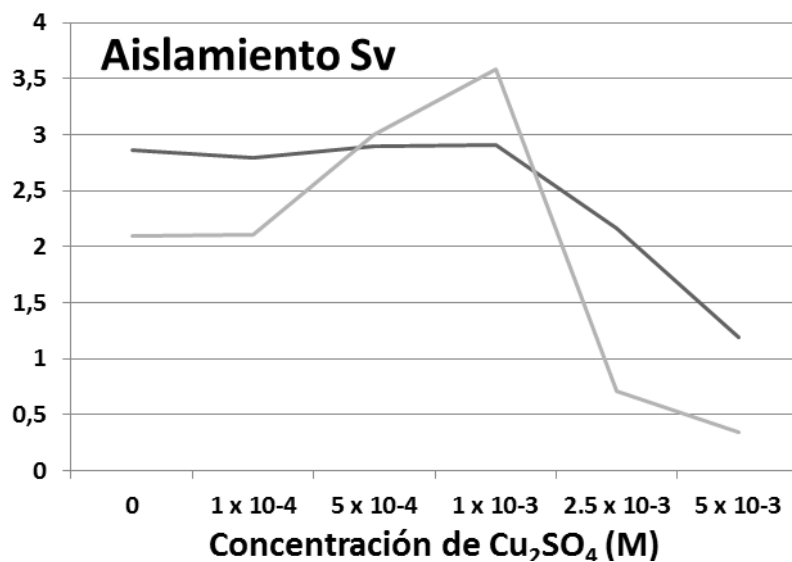
En esta investigación que se basa en un aspecto metodológico, fueron utilizados medios de cultivo en condición sólida y líquida para demostrar, que es posible, determinar y poder comparar entre todas las cepas en estudio tanto el desarrollo así como la acumulación de pigmentos fluorescentes por los cultivos.

El siguiente aspecto a explorar fue la determinación de la capacidad de desarrollo de cada una de las cepas bacterianas así como, el aspecto más importante de esta investigación, la capacidad de acumular los pigmentos fluorescentes cuando estas se desarrollan en presencia de altas concentraciones de cobre y, con tal finalidad las células bacterianas fueron cultivadas en medios que contenían CuSO<sub>4</sub>. En este caso fueron preparados los medios de cultivo con la cantidad específica de MgSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O requerida por cada cepa bacteriana. Los medios de cultivo en estado líquido fueron preparados con 1x10<sup>-4</sup>, 5x10<sup>-4</sup>, 1x10<sup>-3</sup>, 2.5x10<sup>-3</sup> y 5x10<sup>-3</sup> M de CuSO<sub>4</sub>. Después de incubar los cultivos hasta 48 h los patrones de turbidez así como de acumulación de pigmentos fluorescentes en los medios gastados libres de células fueron analizados.

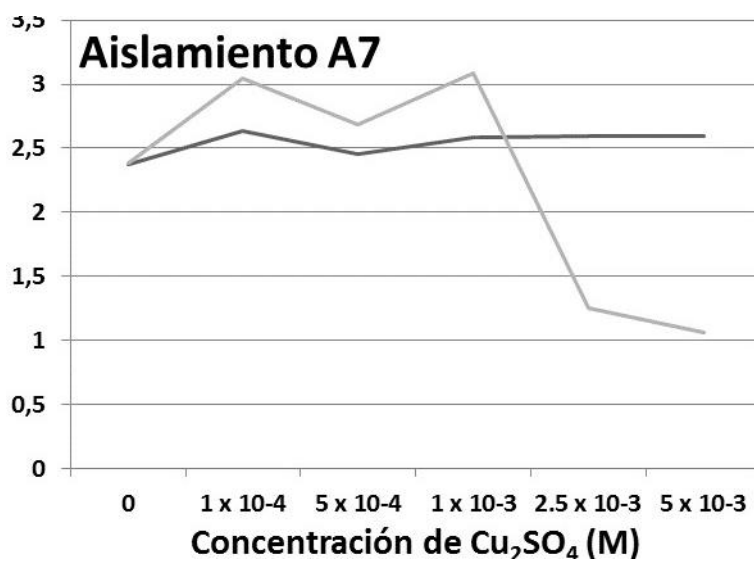
En la Figura 1 se muestran, como ejemplo, los patrones de crecimiento y acumulación de pigmentos por cultivos que fueron seleccionados por ser el número 1 y 2 en haber acumulado pigmentos fluorescentes. En ambos caso la máxima acumulación se presentó en los cultivos desarrollados con 10<sup>-3</sup> M de CuSO<sub>4</sub> y llama la atención que el cultivo A7 presenta dos picos de máxima absorción, una a la concentración de 10<sup>-4</sup> y otro a la concentración de 10<sup>-3</sup> M de CuSO<sub>4</sub> lo cual se interpreta como la capacidad de estas células de producir 2 tipos distintos de sideróforos. Se conoce que muchos microorganismos pueden sintetizar más de un tipo de sideróforo. El segundo aspecto muy importante es el hecho que, de acuerdo con los patrones de acumulación de pigmentos fluorescentes, pareciera que en las células la biosíntesis de estos sideróforos se induce con la presencia de cobre a las concentraciones indicadas y, por ello se ha encontrado la mayor acumulación de pigmentos fluorescentes en esas condiciones de cultivo.

**Figura 8** Ejemplo de los patrones de: crecimiento bacteriano a 660 nm (línea oscura) y acumulación de pigmentos fluorescentes a 400 nm (línea clara), de los cultivos de dos aislamientos (A y B) desarrollados durante 48 h en presencia de las concentraciones de  $\text{CuSO}_4$  indicadas.

A



B





**Tabla 8.3** Desarrollo (660 nm) y acumulación de pigmentos fluorescentes (400 nm) de los cultivos, desarrollados en presencia de cobre, a los tiempos de incubación indicados.

Cepa	Concentración	Incubación (24 h)		Incubación (48 h)		
	molar de	Turbidez (660 nm)	Pigmentos (400 nm)	Turbidez (660 nm)	Pigmentos (400 nm)	
<b>1. A7</b>	$1.0 \times 10^{-4}$		2.03	1.26	2.63	3.05
	$1.0 \times 10^{-3}$		1.91	1.56	2.58	3.09
<b>2. A9</b>	$1.0 \times 10^{-3}$		2.21	0.95	2.43	2.56
<b>3. A9m</b>	0.0		2.35	1.06	2.41	1.41
<b>4. Avm</b>	$1.0 \times 10^{-4}$		2.18	0.56	2.23	0.86
<b>5. E2</b>	$5.0 \times 10^{-4}$		2.21	0.76	2.58	1.62
<b>6. E5</b>	$2.5 \times 10^{-3}$		2.16	0.49	2.42	1.28
<b>7. E14</b>	$2.5 \times 10^{-3}$		2.40	0.12	2.59	0.18
<b>8. T1</b>	$5.0 \times 10^{-3}$		1.77	0.14	1.91	0.17
<b>9. T12</b>	$1.0 \times 10^{-4}$		2.27	0.37	2.60	0.77
<b>10. T16</b>	$5.0 \times 10^{-3}$		1.34	0.44	1.67	0.55
<b>11. T20</b>	0.0		2.01	0.10	2.42	0.25
<b>12. T47</b>	0.0		2.06	0.24	2.23	1.38
<b>13. Pf</b>	$1.0 \times 10^{-3}$		2.30	0.73	2.56	1.12
<b>14. Pp</b>	$1.0 \times 10^{-4}$		2.23	0.48	2.42	0.74
<b>15. Sm</b>	$1.0 \times 10^{-4}$		2.22	0.09	2.60	0.33
<b>16. Sv</b>	$1.0 \times 10^{-3}$		2.45	0.69	2.91	3.58

En la Tabla 4 se presentan los resultados de los valores de la máxima acumulación de pigmentos observados en cada uno de los cultivos desarrollados en presencia de las diferentes concentraciones de cobre los cultivos durante 48 h de incubación, y llama la atención que de las 16 cepas estudiadas, 8 acumulan pigmentos fluorescentes, 5 superando la lectura de 1.0, 1 la lectura de más de 2 y 2 superando la lectura de más de 3.

**Tabla 8.4** Desarrollo (660 nm) y acumulación de pigmentos fluorescentes (400 nm) por los cultivos desarrollados en medios de cultivo ajustados a pH de 5 y, a los tiempos de incubación indicados.

Cepa	48 h incubación		72 h incubación		7 días de incubación	
	400 nm	660 nm	400 nm	660 nm	400 nm	660 nm
<b>A7</b>	1.682	.789	2.036	.837	2.146	.577
<b>A9</b>	1.103	.728	1.275	.750	1.128	.358
<b>A9m</b>	.510	.680	.994	.761	1.097	.567
<b>Avm</b>	.218	.434	1.314	.628	1.943	.504
<b>E2</b>	.024	.900	.098	1.013	.250	.751
<b>E5</b>	.120	1.031	.224	1.335	.333	1.010
<b>E14</b>	.002	.840	.021	.750	.070	.690
<b>T1</b>	.002	.408	.009	.414	.031	.448
<b>T12</b>	.059	.789	.087	.800	.152	.578
<b>T16</b>	.050	.810	.067	.818	.387	.271
<b>T20</b>	.011	.658	.035	.745	.087	.770
<b>T47</b>	.042	.860	.082	.834	.091	.630
<b>Sv</b>	.522	.871	.532	.832	.640	.884
<b>Pf</b>	.136	.629	.422	.802	.697	.479
<b>Pp</b>	.089	.740	.198	.764	.354	.423
<b>Sm</b>	.004	.770	.022	.905	.141	.575

El otro aspecto importante es el pH del medio en el que se desarrollan los cultivos, que tiene repercusión en la capacidad de las células para colonizar la raíz de la planta (Nye, 1981), así como la capacidad de producción de pigmentos fluorescentes. Hayashi *et al.* (2005) estudiaron el pH de la rizosfera de plantas de arroz y trigo y, de acuerdo a su escala de pH, se observa que el pH de la rizosfera en ambos casos esta en torno al pH 5. Se conoce que las células de *P. fluorescens* viven a expensas de las sustancias que se encuentran en los exudados de las raíces de las plantas, que fundamentalmente son carbohidratos de bajo peso molecular y ácidos orgánicos (Kravchenko *et al.*, 2003). En realidad esta condición de la raíz es muy variable y depende de muchos factores ambientales pero, la presencia casi constante de ácidos orgánicos hace pensar que el pH de la rizosfera debe ser ácido. En este trabajo y, tomando en cuenta los resultados obtenidos por otros investigadores, la capacidad de los cultivos en estudio para desarrollarse en medios de cultivo ajustados a pH 5 fue analizada y, para lo cual, los cultivos fueron establecidos en los medios: BK.5 ajustado a pH5 (BK.5-5), BK1 ajustado a pH5 (BK1-5) y BK1.5 ajustado a pH5 (BK1.5-5).

Los resultados se muestran en la Tabla 5 y de las 16 cepas en estudio, 4 de ellas, la A7, A9, A9m y Avm desarrollándose en estas condiciones, tuvieron la capacidad de acumular relativamente, gran cantidad de pigmentos fluorescentes aunque el grado de desarrollo se encontró disminuido en relación al desarrollo que presentan a pH neutro. Es posible que la habilidad de los microorganismos para mantenerse asociados a las raíces de las plantas, en gran medida se deba a la capacidad que tengan de poder desarrollarse a pH en torno a 5.

Existe poca información acerca de microorganismos capaces de desarrollarse en medios con alto contenido de cobre (Teitzel *et al.*, 2006), de la inducción de la biosíntesis de sideróforos en relación con el cobre (Clarke *et al.*, 1987), a pesar de que estos microorganismos que presentan estas características son de gran utilidad para promover en las plantas la potencialidad para remover de manera eficiente metales pesados de suelos altamente contaminados (Macnair *et al.*, 2009; Rajkumar *et al.*, 2010). Finalmente, estamos iniciando el proceso de identificación y selección de microorganismos que promueven el desarrollo de las plantas en tierras contaminadas mediante nuevos mecanismos y de manera más eficiente (Ahemad y Kibret, 2014), con los medios de cultivo diseñados para ese propósito.

### 8.3 Conclusiones

Fue posible diseñar los medios de cultivo idóneos para el cultivo de cada una de las cepas bacterianas.

Un número de 8 cepas con las características requeridas 1. Capaces de desarrollarse y producir sideróforos en medios de cultivo que contenían altas concentraciones de cobre.

Demostramos que el pH del medio de cultivo es determinante tanto para el desarrollo de los cultivos bacterianos como para la producción de pigmentos fluorescentes por las bacterias en cultivo.

Estas condiciones óptimas de cultivo serán utilizadas para el aislamiento de nuevas cepas con alta capacidad de producir sideróforos.

### 8.4 Referencias

Ahemad, M y M. Kibret. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University-Science*. 26: 1-20.

Carrillo-Castañeda G. y Ma. E. Alvarado-Cano. 2000. Characterization of siderophore-mediated iron transport from *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli. *Journal of Plant Nutrition*. 23: (11) 150-156.

Carrillo-Castañeda, G, J. Juárez-Muñoz y J. Peralta-Videa. 2005. A spectrophotometric method to determine the siderophore production by strains of fluorescent *Pseudomonas* in the presence of copper and iron. *Microchemical Journal*. 81: 35-40.

Carrillo-Castañeda, G, J. Juárez-Muñoz, J. Peralta-Videa, E. Gomez, K. J. Tieman y J. L. Gardea-Torresdey. 2002. Alfalfa growth promotion by bacteria grown under iron limiting conditions. *Advances in Environmental Research*. 6: 391-399.

- Carrillo-Castañeda, G, J. Juárez-Muñoz, J. Peralta-Videa, E. Gomez, y J. L. Gardea-Torresdey. 2003. Plant growth-promoting bacteria promote copper and iron translocation from root to shoot in alfalfa seedlings. *Journal of Plant Nutrition*. 26 (9): 1801-1814.
- Carrillo-Castañeda, G, J. Juárez-Muñoz, J. Peralta-Videa, E. Gomez, y J.L. Gardea-Torresdey. 2005. Modulation of uptake and translocation of iron and copper from root to shoot in common bean by siderophore-producing microorganisms. *Journal of Plant Nutrition*. 28: 1853-1865.
- Carrillo-Castañeda, G., J. Juárez-Muñoz y G. Tijerina-Castro. 2011. Isolation of innocuous microorganisms able to produce siderophores useful in phytoremediation systems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems, North America*. 13: 501-509. Available at: <<http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1374>>. Date accessed: 28 Nov. 2011.
- Carrillo-Castañeda G. y Ma. del R. Vázquez-Gutiérrez. 1992. Comparative study of siderophore-like activity of *Rhizobium phaseoli* and *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Plant Nutrition*. 15 (5): 579-590.
- Clarke, S. E., J. Stuart y J. Sanders-Loehr. 1987. Induction of siderophore activity in *Anabaena* spp. and its moderation of copper toxicity. *Apply Environmental Microbiology*. 53 (5): 917-922.
- da Silva, G. A. y E. Amazonas de Almeida. 2006. Production of yellow-green fluorescent pigment by *Pseudomonas fluorescens*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 49 (3): 411-419.
- González-Chávez, M. del C., A. R. Argumedo-Delira, R. Carrillo-González, P. González-Ramírez, G. Carrillo-Castañeda, R. Rojas y J. Cruz-Díaz. 2009. Tolerancia y solubilización de cobre por rizobacterias aisladas de sitios contaminados con elementos potencialmente tóxicos. *Terra Latinoamericana*. 27: 17-25.
- Hayashi Y., K. Tanoi, H. Nishiyama, T. M. Nakanishi. 2005. Rhizosphere pH profile of rice plant influenced by Al treatment. *Soil Science and Plant Nutrition*. 51 (5): 729-731.
- King, J. V., J. R. Campbell y B. A. Eagles. 1948. The mineral requirements for fluorescein production. *Canadian Journal Research*. 26: 514-519.
- Kloepper, J. W., J. Leong, M. Teintze y M. N. Schroth. 1980. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature*. (London) 286: 885-886.
- Kravchenko L. V., T. S. Azarova, E. I. Leonova-Erko, A. I. Shaposhnikov, N. M. Makarova, I. A. Tikhonovich. 2003. Root exudates of tomato plants and their effect on the growth and antifungal activity of *Pseudomonas* strains. *Microbiology*. 72 (1): 37-41.
- Martínez, C. B. y G. Carrillo-Castañeda. 1990. Estudio sobre el efecto de *Pseudomonas fluorescens* en plantas de *Phaseolus vulgaris* L. *Agrociencia*. 3: 127-139.
- Macnair, M. R., G. H. Tilstone, S. E. Smith. 2000. The genetics of metal tolerance and accumulation in higher plants. In: Terry N., Banuelos G. (eds.). *Phytoremediation of contaminated soil and water*, pp. 235-250. CRC Press LLC.

McKnight, D. M. y F. M. M. Morel. 1980. Copper complexation by siderophores from filamentous blue-green algae. *Limnology and Oceanography*. 25(1): 62-71.

Nye, P. H. 1981. Changes of pH across the rhizosphere induced by roots. *Plant and Soil*. 61 (1) 7-26.

Paulsen, I. T., C. M. Press, J. Ravel, D. Y. Kobayashi, G. S. Myers, D. V. Mavrodi, R. T. DeBoy, R. Seshadri, Q. Ren, R. Madupu, R. J. Dodson, A. S. Durkin, L. M. Brinkac, S. C. Daugherty, S. A. Sullivan, M. J. Rosovitz, M. L. Gwinn, L. Zhou, D. J. Schneider, S. W. Cartinhour, W. C. Nelson, J. Weidman, K. Watkins, K. Tran, H. Khouri, L. S. Pierson, L. S. Thomashow, J. E. Loper. 2005. Complete genome sequence of the plant commensal *Pseudomonas fluorescens* Pf-5. *Nature Biotechnology*. 23: 873-878.

Rajkumar, M., N. Ae, M. N. V. Prasad, H. Freitas. 2010. Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. *Trends Biotechnology*. 28: 142–149.

Teitzel, G. M., A. Geddie, S. K. De Long, M. J. Kirisits, M. Whiteley, M. R. Parsek. 2006. Survival and growth in the presence of elevated copper: Transcriptional profiling of copper-stressed *Pseudomonas aeruginosa*†. *Journal of Bacteriology*. 188 (20): 7242-7256.

## **Comportamiento de semilla de jitomate envejecida y pre-acondicionada, sometida a la prueba de vigor**

PÉREZ-MENDOZA, Claudia, CARRILLO-CASTAÑEDA, Guillermo, JUÁREZ-MUÑOZ, Juana, ORTIZ-GARCÍA, Elizabeth y VIDAL-LEZAMA, Eloísa

C. Pérez<sup>1</sup>, G. Carrillo<sup>2</sup>, J. Juárez<sup>3</sup>, E. Ortiz<sup>3</sup> y E. Vidal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo. Carretera México- Texcoco Km. 36.6 Montecillo, Texcoco, Méx. C.P. 56230. Claudia Pérez Mendoza.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-ICAP.

<sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México  
cperez@colpos.mx

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016

## Abstract

High quality seed perform better in the processes of establishment in the field. That justifies the high precision that should have vigor tests to be reliable. To enhance the sensibility of a vigor test, tomato seeds var. Saladet, were subjected to priming treatment, 20 h with vigorous aeration at 18 °C, before challenging the seeds to a vigor test based on vacuum stress. Seeds were moistened and placed into glass desiccators for 12 days adjusted to 200, 400 and 600 mm Hg. As the vacuum increased, the germination decreased. Priming accentuated the responses of seeds. Comparing by Tukey, it was found that the variables: germination, viability, dead seeds clearly differentiated vacuum conditions. The vacuum condition of 600 mm are useful for determining the condition of seed vigor.

## 9 Introducción

La semilla es el insumo estratégico en la agricultura, tanto para el productor que utiliza alta tecnología en cultivos en grandes extensiones de tierra como para los agricultores que producen en superficies menores. Mediante el uso de semilla de alta calidad, genéticamente mejorada para altos rendimientos y resistente a plagas y enfermedades se consigue obtener la rentabilidad más alta que benefician a los agricultores. Así, las semillas de calidad deben tener atributos entre los que destacan: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria (Basra, 1995; Copeland y McDonald, 1995, Pérez *et al.*, 2006). La semilla de calidad es un componente básico para asegurar un óptimo establecimiento de la planta en campo para así obtener una mayor eficiencia productiva.

En ese contexto, el vigor también ha sido definido como la sumatoria total de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de éstas o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas. Las semillas de máximo potencial son consideradas de alto vigor, y aquellas que presentan un pobre comportamiento son de bajo vigor (ISTA, 2012).

El vigor de las semillas juega también un papel muy importante durante el almacenamiento. Las que son vigorosas poseen un mayor potencial de almacenamiento y se preservan bien por largos periodos, perdiendo su viabilidad muy lentamente, ya que la viabilidad tiende a reducirse gradualmente durante el almacenamiento. El vigor es un término usado para estimar la calidad de las semillas; cuando estas son vigorosas, producen plántulas uniformes, fuertes y sanas que tienen un buen establecimiento en campo y muestran relativamente mayor longevidad (Doijode, 2001).

El vigor de semillas generalmente es evaluado por las siguientes pruebas: crecimiento de plántulas, velocidad de germinación, determinación de solutos en semillas, consumo de oxígeno y liberación dióxido de carbono (actividad respiratoria), tetrazolio, prueba de la actividad del ácido glutámico descarboxilasa (GADA) y diferentes tipos de pruebas de estrés, entre otras (Doijode, 2001).

Por lo tanto con las nuevas tecnologías de producción agrícola así como la generación de variedades que se ajusten a diversas condiciones deben generarse, en las que debe tomarse en cuenta la fisiología de la germinación. Jamieson (2008) considera que las funciones importantes de la semilla se deben promover mediante el pre-acondicionamiento de la semilla, el encapsulamiento o el recubrimiento, para facilitar la siembra así como para proveer a la semilla de micronutrientes y agentes para la protección de la futura planta, con lo que el vigor y el desarrollo temprano de la plántula son promovidos.

Mediante el proceso de imbibición de la semilla en agua o en soluciones diversas es factible “incentivar” las potencialidades heredadas por la semilla, en particular, funciones que tienen que ver con la germinación así como con la velocidad de germinación (Artola *et al.*, 2003). Argerich y Bradford (1989) encontraron, al estudiar el comportamiento de la semilla de jitomate, que había sido pre-acondicionada durante 5 días a 20 °C en una solución que contenía 120 mol m<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> + 150 mol m<sup>-3</sup> de KNO<sub>3</sub> o envejecida durante 6 días con contenido de humedad de 13% (basado en la materia seca) a 50 °C, que el porcentaje de germinación (>98%) no fue afectado por el pre-acondicionamiento pero se redujo a 85% por el tratamiento de envejecimiento que había recibido la semilla. El pre-acondicionamiento incrementó el porcentaje de germinación cuando la semilla se hizo germinar a varias temperaturas mientras que el tratamiento de envejecimiento lo redujo. El desarrollo de la raíz después de la prueba de germinación y el desarrollo de las plántulas tanto en invernadero como en campo no se vieron afectados ni por el pre-acondicionamiento ni por el envejecimiento.

Por todo lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente estudio fue tratar de mejorar la sensibilidad de una prueba de vigor de semilla basado en estrés por vacío, con el fin de detectar con más precisión la condición vigor de las semillas, mediante la aplicación de un tratamiento pre-germinativo de imbibición de la semilla en agua (con la finalidad de “incentivar” las potencialidades heredadas en la semilla, en particular la germinación así como la velocidad de germinación), para posteriormente someterla a una prueba de vigor de la semilla basado en estrés por vacío (falta de oxígeno), para obtener resultados más precisos y confiables.

## 9.1 Metodología

### *Ubicación de la zona de estudio*

Este estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Genética Molecular del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo.

### *Material genético*

Semilla de un cultivar comercial de jitomate Saladet de la casa Hortaflores, envejecida naturalmente, con porcentaje de germinación de 60 %.

### *Tratamiento pre-germinativo de imbibición*

El tratamiento de imbibición consistió en la inmersión de una muestra de 5 gramos de semilla en un recipiente de polietileno de 2 L capacidad que contenía 1 L de agua destilada mantenido con aireación constante con una bomba de aire para acuario (ELITE® 802, Rolf C. Hagen Inc.) a temperatura ambiente (18-20 °C) durante 20 h. Después del tratamiento de imbibición, las semillas fueron secadas sobre papel absorbente con la ayuda de un ventilador, a temperatura ambiente (18-20 °C) durante 12 h. Otra muestra de semilla utilizada del mismo lote (semilla testigo) no fue sometida al tratamiento de imbibición.

### *Prueba de vigor basada en estrés por vacío (PV)*

De la semilla que había sido sometida al tratamiento pre-germinativo, muestras de 25 semillas fueron preparadas (en todos los casos, tres lotes de 25 semillas fueron considerados por condición experimental) y colocadas sobre dos hojas de papel filtro, en cajas Petri de plástico de 100 mm de diámetro.



Otra serie de semillas (testigo) que no recibió el tratamiento pre-germinativo fue preparada y colocada en las cajas Petri de manera cómo fue indicado. Toda la semilla fue sometida a un proceso de germinación (ISTA, 2012) de la forma siguiente: El papel filtro de todas las cajas fue humedecido con 3.5 ml de agua destilada, para finalmente colocarlas de inmediato (al humedecer el papel filtro de las cajas que serían colocadas en el primer desecador, de inmediato fueron colocadas en dicho desecador y, de ser el caso, de inmediato el vacío fue aplicado) en el desecado de vidrio. Cuatro desecadores fueron utilizados en este experimento. En uno de ellos fueron colocadas dos series de semillas (una serie es la semilla testigo y la otra serie las semillas que fueron sometidas al tratamiento pre-germinativo) pero el desecador fue conservado con la válvula abierta (sin vacío). En el segundo desecador fueron colocadas las dos series de semillas y el vacío fue ajustado a 200 mm para mantener la semilla en un ambiente de presión reducida. Para ajustar las condiciones de vacío requeridas fue utilizada una bomba de vacío eléctrica (Gast modelo 522 V4B G180DX). En cada caso, cuando el aparato indicaba la lectura respectiva (200, 400 ó 600 mm de Hg), la bomba de vacío se mantuvo funcionando durante un minuto antes de cerrar la llave del desecador y así mantener la condición de vacío requerida dentro del desecador durante los 12 días que duró este experimento. En el tercer desecador fueron colocadas otras dos series de semillas y ajustado a 400 mm y en el último desecador se colocaron las series de semillas y fue ajustado a 600 mm de Hg. La semilla fue conservada, en una mesa de laboratorio a la temperatura de  $25 \pm 1$  °C (en condiciones ambientales).

Cuando la semilla cumplió 12 días en las condiciones indicadas, las cajas Petri fueron sacadas de los desecadores para determinar: la germinación total (PG) con base en la proporción de semillas germinadas, porcentaje de viabilidad (VIA), porcentaje de semillas muertas (PSM) respecto, al número total de semillas por tratamiento; peso de materia seca expresada en microgramos, de la parte aérea (PSPA) y de la radícula (PSR), del total de plántulas obtenidas, después de haberlas secado a 70 °C durante 72 h.

### *Análisis estadístico*

Un diseño completamente al azar con arreglo factorial donde el factor A son los tratamientos de semillas con y sin pretratamiento de imbibición y el factor B son las condiciones de vacío (VAC 200, VAC 400 y VAC 600) con cuatro repeticiones. En todos los casos la unidad experimental consistió de 25 semillas.

Los resultados obtenidos de las variables respuesta se sometieron al análisis de varianza mediante el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2000) versión 9.0, y las diferencias entre tratamientos se estimaron con la prueba de comparación de medias Tukey con 5 % de probabilidad. Previo al análisis de varianza, la proporción de plántulas germinadas por día expresadas en porcentaje, se transformaron mediante la función de  $T = \arccoseno = \sqrt{y/100}$ , donde  $y$  es el valor a transformar y  $T$  el valor de la variable transformada.

## **9.2 Resultados**

Los resultados que aquí se presentan son importantes, ya que se explora un tema de suma relevancia como es la investigación de condiciones para establecer una prueba de vigor más confiable. En todos los parámetros de vigor estudiados, no se observaron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en las respuestas de las semillas hayan sido o no sometidas al tratamiento pre-germinativo de imbibición en agua destilada (EM) mientras que, para las condiciones de vacío (VAC), hubo diferencias ( $P < 0.001$ ) excepto en la característica de PSR.

En la interacción de semillas sometidas al tratamiento de imbibición (EM) por las condiciones de vacío (VAC), no se encontró significancia estadística en PG, VIA, PSM, PSPA y PSR. En la Tabla 9 se presenta el análisis de varianza para las variables de vigor.

**Tabla 9** Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de vigor indicadas, en semillas de jitomate

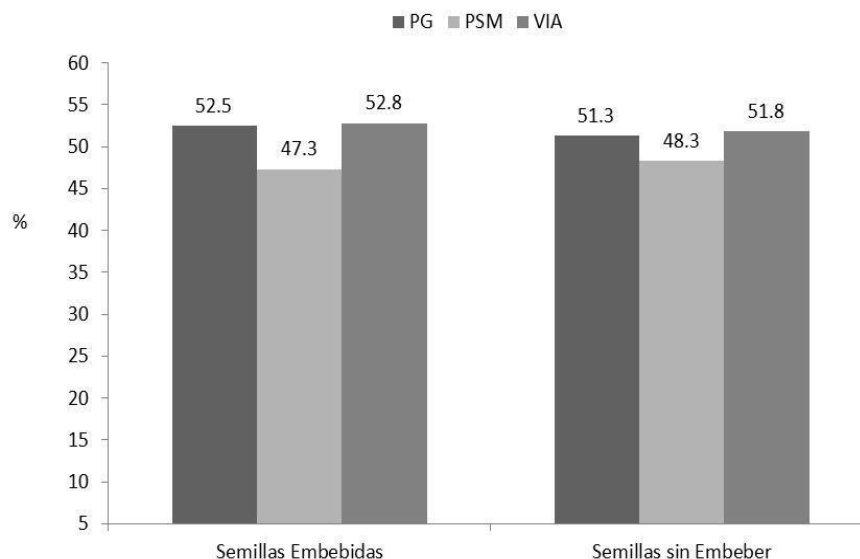
FV	GL	Variables <sup>±</sup>				
		‡PG (%)	‡VIA (%)	‡PSM (%)	PSPA (mg)	PSR (mg)
Con y Sin Embeber (EM)	1	2.70 ns	1.44 ns	1.44 ns	0.000023 ns	0.000010 ns
Condiciones de Vacío (VAC)	3	1099.23 **	1154.6 **	1154.6 **	0.00039 **	0.000009 ns
EM x VAC	3	64.7 ns	66.1 ns	66.1 ns	0.000011 ns	0.000001 ns
CV (%)		10.5	11.0	11.7	19.0	44.9

<sup>±</sup>PG= porcentaje de germinación total; VIA= porcentaje de viabilidad; PSM= porcentaje de semillas sin germinar; PSPA= peso seco de la parte aérea; PSR= peso seco de la radícula. \*\* = significancia estadística al 0.01 de probabilidad; ns = no significativo. CV= coeficiente de variación. ‡Dato transformado con arco seno.

En la comparación de medias de los resultados de semillas que habían recibido o no el tratamiento pre-germinativo, se observó que las primeras inician la germinación más rápidamente pero, los valores de vigor indicados en la Figura 1 fueron similares. Esto es, PG fue 52.5 % exhibido por las semillas embebidas mientras que 51.3 % por las semillas sin embeber; VIA 52.8 % en semillas embebidas y 51.8 % sin embeber; PSM 47.3 % para semillas embebidas y 48.3 % sin embeber.

Bewley (1997) también indica que, en las semillas embebidas en agua se presentan tres fases de la actividad respiratoria. En la Fase I, que es la más corta en tiempo, la semilla absorbe rápidamente agua, inicia la respiración, se lleva a cabo la reparación del material genético y de las mitocondrias e inicia la síntesis de proteínas a partir de mensajeros preformados. En otras palabras, la semilla restablece su actividad metabólica. Durante la Fase II, la síntesis de proteínas se lleva a cabo a partir de mensajeros que se transcriben en esa misma Fase II y se generan nuevas mitocondrias que funcionan gracias a la respiración de las células. Al final de la Fase II, la semilla completa el proceso de germinación y, en la Fase III, inicia el desarrollo de la plántula (fase post-germinativa). Por lo que es posible que con la metodología utilizada mediante el tratamiento de imbibición de las semillas sea factible diferenciar a las semillas que se encuentran en la fase I de las que ya están en la fase II y, con esto, se puedan identificar eventos celulares y metabólicos donde actúen estos compuestos utilizados en esta investigación.

**Figura 9** Comportamiento observado en semillas de jitomate que previamente fueron embebidas en comparación con las que no lo fueron, basado en los porcentajes de germinación (PG), semillas muertas (PSM) y viabilidad (VIA).

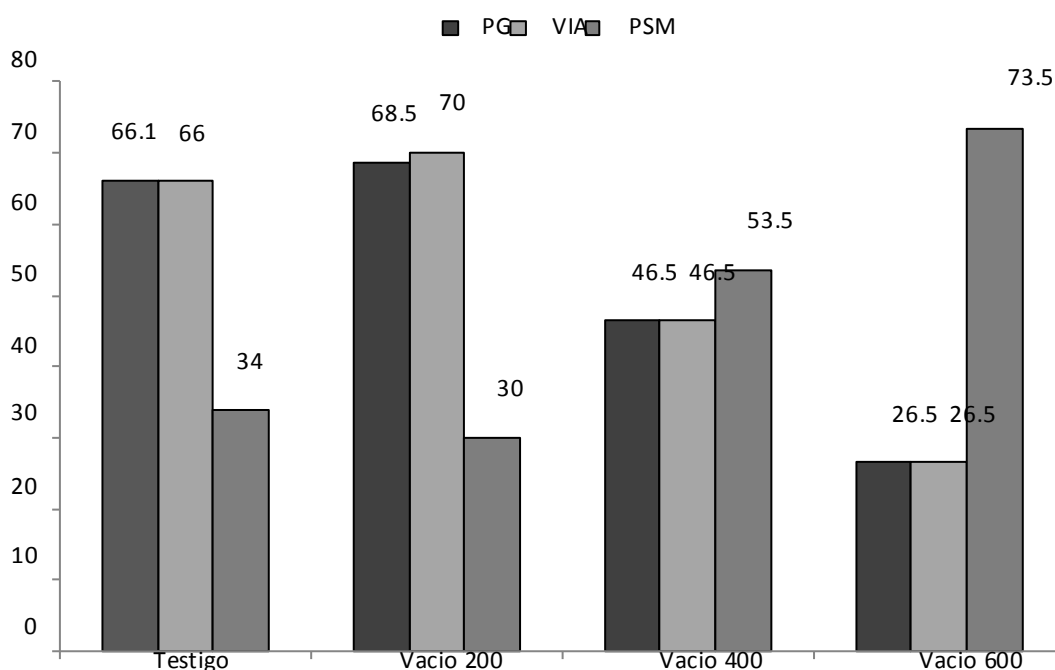


Estos resultados demuestran que el oxígeno es uno de los factores principales que afectan el proceso de germinación ya que durante el tiempo de imbibición, según Bewley (1997), se presenta un incremento muy importante en la intensidad de la actividad metabólica, siendo la respiración la primera actividad en ser detectada, apenas minutos después de iniciado el proceso de imbibición.

Para el caso de los PSPA y PSR, se registraron valores de 0.018 mg y 0.0050 mg respectivamente en las semillas sometidas al tratamiento pre-germinativo mientras que, en las semillas testigo estos valores fueron mayores: de 0.016 mg para el peso de materia seca de la parte aérea de la plántula (PSPA) y de 0.0039 mg de la raíz (PSR).

Por otra parte, al comparar mediante la prueba de Tukey las variables de vigor evaluadas en la variedad de jitomate Saladet en este estudio (Figura 2), se encontró que mediante las variables PG, VIA y PSM, al observar los promedios que se obtuvieron, únicamente se diferenciaron de manera clara las tres condiciones de vacío (VAC), mediante las cuales se detectaron condiciones de vigor contrastante.. El porcentaje de germinación (PG) y viabilidad (VIA) disminuyeron de manera gradual en la semilla sometida a la condición de VAC 200 a la sometida a la condición de VAC 600 (de PG 68.5 % y VIA 70 % a PG 26.5 % y VIA 26.5 %) (Figura 9.1).

**Figura 9.1** Comportamiento de semillas de jitomate sometidas a la prueba de vigor basado en los porcentajes de germinación (PG), viabilidad (VIA) y semillas muertas (PSM).



Estos resultados coinciden con lo que fue encontrado por Artola (2002) y Artola *et al.*, (2004) quienes demostraron que a medida que el vacío se incrementaba, disminuía el potencial de germinación de las semillas de *Lotus corniculatus* L.

La variación observada para el PSPA en las tres condiciones de vacío fue de 0.024 mg a 0.009 mg por lo que puede considerarse que la prueba de VAC 600 es la adecuada para establecer la condición de vigor de la semilla. Mediante la variable PSR no se logra identificar la condición de vigor de las semillas (Tabla 2).

Es importante el resultado y la comparación de las respuestas de las semillas que fueron sometidas al pre-acondicionamiento con las que no lo fueron (testigo) antes de aplicar la prueba de vacío. Las semillas pre-acondicionadas germinaron 10% más que las semillas testigo, únicamente cuando la germinación se llevó a cabo sin la condición de vacío. Cuando las semillas fueron sometidas a las tres condiciones de vacío, las diferencias fueron dependientes de la condición de vacío y, la ventaja en el porcentaje de germinación que exhibieron las semillas que fueron sometidas al pre-acondicionamiento en relación con las que no lo fueron (testigo) desapareció. En la condición de VAC 200, la germinación fue similar en las semillas pre-acondicionadas y las testigo pero, en la condición de vacío VAC 600 el potencial germinativo de la semilla se encontró limitado a menos de la mitad tanto en las semillas pre-acondicionadas como en las que no lo fueron, en relación a la condición de vacío VAC 200 (Tabla 3). Como ya se ha indicado y, de acuerdo con Bewley (1997), dichos resultados se pueden explicar considerando el papel importante que juega el oxígeno una vez que las semillas son remojadas en agua, durante todo el proceso pre-germinativo y de desarrollo. Finalmente se debe aclarar que, las semillas que se consideran en la categoría de semillas muertas (SM), en realidad, esa condición de la semilla no ha sido comprobada.

**Tabla 9.1** Comparación de medias para los tratamientos de condiciones de vacío (VAC) en las variables de vigor que exhibieron las semillas de jitomate

Tratamientos	Variables <sup>±</sup>	
	PSPA (mg)	PSR (mg)
Testigo	0.021 a	0.006 a
VAC 200	0.024 a	0.004 a
VAC 400	0.013 b	0.004 a
VAC 600	0.009 b	0.004 a
Media	0.020	0.004
DMSH	0.004	0.003

<sup>±</sup>PSPA= peso de materia seca de la parte aérea; PSR= peso de materia seca de la radícula. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey  $\alpha = 0.05$ ).

Christianson *et al.* (2009) han detectado que la viabilidad de la semilla de *Arabidopsis* se ve comprometida con tratamientos de reducción del oxígeno en el medio. Desde el momento en que la semilla es remojada, la respiración se re-inicia y no sorprende el impacto que el oxígeno tiene en la germinación. Bradford *et al.* (2009) indican que, la germinación de la semilla con limitado acceso al oxígeno es interferida. Por lo tanto, queremos indicar que independientemente de la ventaja que la semilla que previamente había sido remojada en los eventos que tienen que ocurrir para que la semilla germine (que se ve reflejado cuando la germinación se lleva a cabo sin la condición de vacío) la limitación del acceso al oxígeno interfiere la germinación tanto en la semilla testigo como en la semilla pre-acondicionada.

Este comportamiento, de igual forma, también podría presentarse en las semillas de óptima calidad pero, la condición de vigor de las semillas sería detectada cuando las semillas sean expuestas a la condición VAC 400 y VAC 600 pero no en la condición de vacío VAC 200. Por esta razón este trabajo es importante.

Es seguro que la condición metabólica de la semilla pre-acondicionada sea diferente a la de la semilla testigo (Yuan-Yuan *et al.*, 2010), por el estado relativo en que se encuentran a lo largo de las etapas del proceso pre-germinativo y por tanto, las reacciones bioquímicas que se están llevando a cabo en ambos tipos de semilla al momento de exponerlas a la prueba de vacío. El requerimiento de oxígeno en ambos tipos de semilla puede también ser diferente. Consideramos que el pre-acondicionamiento de la semilla debe mejorar las condiciones de germinación, tal y como fue encontrado en los resultados que se presentan y que coinciden con lo demostrado por otros autores (Yuan-Yuan *et al.*, 2010; Hamdollah y Kamyar. 2011). Argerich y Bradford (1989) encontraron en sus resultados que el porcentaje de germinación (>98%) no fue afectado por el pre-acondicionamiento pero sí ocurrió cuando la semilla fue expuesta a germinar a varias temperaturas.

**Tabla 9.2** Comparación de medias para las variables de vigor indicadas obtenidas de semillas de jitomate

Imbibición	Condiciones de Vacío	Variables <sup>±</sup>				
		PG (%)	VIA (%)	PSM (%)	PSPA (mg)	PSR (mg)
Sin Embeber	Sin vacío	61.0 a	61.0 a	39.0 c	0.021 ab	0.007 a
	VAC 200	68.0 a	69.0 a	31.0 c	0.024 a	0.005 a
	VAC 400	53.0 ab	53.0 ab	47.0 bc	0.014 bc	0.004 a
	VAC 600	28.0 c	28.0 c	72.0 a	0.011 c	0.004 a
Con Imbibición	Sin vacío	71.0 a	71.0 a	29.0 c	0.022 a	0.005 a
	VAC 200	69.0 a	71.0 a	29.0 c	0.023 a	0.003 a
	VAC 400	40.0 bc	40.0 bc	60.0 ab	0.011 c	0.004 a
	VAC 600	25.0 c	25.0 c	75.0 a	0.007 c	0.004 a
Media		51.9	52.3	47.8	0.017	0.004
DMSH		18.6	19.5	19.5	0.0075	0.0047

±PG= porcentaje de germinación total; VIA= porcentaje de viabilidad; PSM= porcentaje de semilla sin germinar; PSPA= peso de biomasa seca de la parte aérea; PSR= peso de biomasa seca de la radícula. DMSH= diferencia mínima significativa honesta (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ).

### 9.3 Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación preliminar permiten concluir lo siguiente:

La semilla sometida al pre-tratamiento de imbibición en agua germina más rápidamente que la semilla testigo, cuando el oxígeno no es limitante.

Mediante la prueba de vacío se encontró que a medida que el vacío se incrementa, el potencial de germinación de las semillas disminuye y, se diferenció la respuesta de la semilla entre la condición VAC200 de las condiciones VAC 400 y VAC 600. En la condición VAC 200 la respuesta de la semilla fue similar a la de la semilla testigo.

El pre-acondicionamiento acentúa las diferencias de la respuesta de la semilla. Se considera que la condición de vacío óptima para identificar la condición de vigor de la semilla dependerá de la condición de deterioro de la semilla. En esta investigación se demuestra que VAC 400 y VAC 600 son útiles para determinar la condición de vigor de la semilla utilizada.

### 9.4 Referencias

Argerich, C. A. y K. J. Bradford. (1989). The effects of priming and ageing on seed vigour in tomato. *Journal of Experimental Botany*, 40 (5): 599-607.

Artola, A. (2001). *Desarrollo de técnicas para estimar y mejorar el vigor de semilla en Lotus corniculatus L.* México: Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Tesis de Doctor en Ciencias.

Artola, A., G. Carrillo-Castañeda y G. García de los Santos. (2003). Hydropriming: a strategy to increase *Lotus corniculatus L.* seed vigor. *Seed Science and Technology*, 31: 455-463.

Artola, A., G. Carrillo-Castañeda, and G. García de los Santos. (2004). A seed vigor test for *Lotus corniculatus L.* based on vacuum stress. *Seed Science and Technology*, 32: 573-581.

- Basra, A. S. (1995). *Seed quality; basic mechanisms and agricultural implications*. Food. Products Press. New York, USA.
- Bewley, J.D. (1997). Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*, 9: 1055–1066.
- Bradford, K. J., D. Come and F. Corbineau. (2009). Quantifying the oxygen sensitivity of seed germination using a population-based threshold model. *Seed Science and Research*, 17: 33–43.
- Christianson, J. A., I. W. Wilson, D. J. Llewellyn, and E. S. Dennis. (2009). The low-oxygen-induced NAC domain transcription factor ANAC102 affects viability of Arabidopsis seeds following low-oxygen treatment. *Plant Physiology*, 149 (4): 1724–1738.
- Copeland, L.O. and McDonald, M.B. (1995). *Seed Science and Technology*. Chapman & Hall. New York.
- Doijode, S. D. (2001). *Seed storage of horticultural crops*. Food Products Press. Binghamton, NY. USA.
- Hamdollah, E., K. Kamyar. (2011). Effect of seed priming on germination properties and seedling establishment of Cowpea (*Vigna sinensis*). *Notulae Scientia Biologicae*. 3(4):113-116.
- International Seed Testing Association (ISTA). (2012). International Rules for Seed Testing. Rules 2012. *Seed Science & Technology*, (supplement).
- Jamieson, G. (2008). New perspectives on seed enhancement. *Acta Horticulturae*. (ISHS) 782:143-150.
- Pérez, M. C., L. A. Hernández, C. F. V. González, G. García de los Santos, A. C. Carballo, R. T. R. Vásquez, y G. M. del R. Tovar. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México*. 32 (3): 341-352.
- S.A.S. SAS/STAT. (2000). *Guide for personal computers*. Statistical Analysis System Institute. Inc. Cary, NC.USA.
- Yuan-Yuan, S., S. Yong-Jian, W. Ming-Tian, L. Xu-Yi, G. Xiang, H. Rong, M. Jun . (2010). Effects of seed priming on germination and seedling growth under water stress in rice. *Acta Agronomica Sinica*. 36 (11): 1931-1940.

## **Innovación en la agrotecnia de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Un estudio de caso**

HERNÁNDEZ-SOTO, José Antonio y SANDOVAL-MARTÍNEZ, Ma. Emma Irene

J. Hernández y M. Sandoval

' Área de Agronomía. Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Km.38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo; Estado de México.  
joseh@correo.chapingo.mx

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.



## Abstract

The cultivation of sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) is the sixth most important in Mexico, creates a million jobs, with a planted area representing 35 percent of the arable land. Agribusiness extracting sugar is made up of 55 private sugar mills and being privatized distributed in 225 municipalities in 15 states of the Mexican territory, they hope to produce 6 million tons, of which Mexico exported 1.3 million tons to the United States by agreement between the two countries. However the sugar sector faces a complicated situation that affects efficiency. The main purpose of this research is to answer the following question: What is the problem situation and agroindustrial cultivation of sugar cane in a town of the influence of Ingenio "La Margarita" state of Oaxaca? This requires a strategy analytic induction is adopted in a case study that can contribute empirical information to be inserted with other studies to explain the problem. The results show that the study area requires a technological change with participatory approach cane cultivation to increase productivity; as well as the industrialization that will improve the efficiency in sugar extraction and utilization of by-products with added value, preserving natural resources and improve the economic conditions of cane producers and entrepreneurs in a win-win.

## 10 Introducción

La perspectiva de la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en México de acuerdo a los planes trazados para el desarrollo de la misma por el Gobierno Federal a través del Proyecto Nacional de Alta Rentabilidad para el Reordenamiento y Transformación del Campo Cañero Mexicano (Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar-PRONAR 2009), el cual mediante diagnósticos de suelo y agua, utilizando nuevas variedades, aplicación de innovaciones y prácticas exitosas generadas en la investigación, conforman un crecimiento continuo en los rendimientos de campo, complementado esto con capacitación y actualización, a fin de promover el cambio de actitud y visión de los actores involucrados (productores y organizaciones cañeras, técnicos de campo y directivos) y con el apoyo de PROFERTIL de 2010 coordinado por los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), cuyo objetivo consistía en apoyar la compra de fertilizantes y su aplicación oportuna en los cultivos de caña; se basa fundamentalmente en el incremento constante de rendimientos (más caña por área sembrada) (Hernández, 2014, p.36-37).

Con esta estrategia de política agrícola se trata de aumentar la producción de caña mediante el incremento de la superficie sembrada y, no elevando la productividad. Bajo este esquema se orienta la producción cañera por la vía extensiva, desde la siembra hasta la recolección racional efectiva. Todo esto implica una constante capacitación del personal en todos los niveles de la producción de la caña de azúcar, en la adopción de innovaciones agrícolas y agroindustriales, desde la generación de variedades más productivas y mejor adaptadas a condiciones de suelo particulares y que soporten las variaciones del cambio climático presente. Con todo ello también salir adelante aprovechando las oportunidades de un entorno mundial de competitividad creciente.

El azúcar es uno de los sustentos de la economía nacional, a pesar de los intentos de Estados Unidos de imponer aranceles se colocan casi 1.3 millones de toneladas y nuestro país se ubica entre los cinco países principales productores a nivel mundial. En consecuencia resulta necesario un fuerte desarrollo tecnológico, tanto el ámbito agrícola como en el industrial para lograr una mejor competitividad y elevar el nivel de vida de los más de 2 millones de personas que dependen de esta fuente de trabajo en el medio rural (Gómez, et al. 2014, p.23).

En el devenir del pluralismo ideológico, el Gobierno Federal reprivatiza ingenios azucareros que han sido rescatados con recursos públicos; es decir, los mismos que en algún tiempo los presidentes Luis Echeverría Álvarez y José López Portillo los ingresaron al patrimonio del Estado. Sin embargo, los siguientes presidentes Miguel de la Madrid Hurtado y Carlos Salinas de Gortari, regresaron los ingenios azucareros al sector privado; para que posteriormente Ernesto Zedillo Ponce de León los rescate y subsidia y Vicente Fox Quezada también los incorpora al Estado, finalmente Felipe Calderón Hinojosa y Enrique Peña Nieto los retornan a particulares. Actualmente se ha informado que se reprivatizarán todos los ingenios, incluyendo los más productivos en cuanto a rendimientos que son superiores al promedio de América Latina. Con lo cual se pretende una mejor eficiencia en la administración de los ingenios azucareros, dada la situación financiera del sector y acceder con las mejores condiciones de competitividad en el mercado internacional. La historia muestra que no basta solamente con buenos deseos, solamente hay que trabajar de manera permanente para lograrlo.

Así también, es importante implementar una estrategia integral que abarque desde el proceso de trabajo agrícola de la caña de azúcar hasta la relación entre productores cañeros y la industria, incluyendo la organización de los productores, que haga posible que el sector azucarero (productores y empresarios), con apoyo de instituciones de investigación tengan posibilidades de competir en el mercado internacional y genere beneficios para todos los actores sociales involucrados.

El área de caña de azúcar actualmente requiere atención particular para que se mantenga este cultivo y sea redituable económicamente en las 15 entidades y en los 227 municipios de la República Mexicana donde se produce caña y para los 55 ingenios que existen en nuestro país, que genera una derrama económica para más de 2.2 millones de personas. Para seguir incrementado las exportaciones de este endulzante natural a nuestro principal cliente que es Estados Unidos, que han pasado de 1.389 mil toneladas en 2011 a 2.065 mil toneladas en 2013, con lo cual se han obtenido 1.2 mil millones de dólares en 2011 y 1.1 mil millones de dólares en 2013, de Acuerdo al Departamento de Comercio Internacional TRADE Administration 2014 (Gómez, 2014, p.22).

Se ha estimado que el cultivo de caña de azúcar es el sexto de mayor importancia en México con una superficie sembrada de aproximadamente 780.534 mil Ha, que representa más de 3.5 por ciento de la superficie cultivable del país, siendo el Estado de Veracruz el líder productor de azúcar con 310 mil Ha cosechadas y 20 ingenios azucareros activos con una producción de 2.620,194 millones de toneladas, lo que representa 30 por ciento de la producción nacional. Si bien es cierto que la producción de azúcar en México ha crecido de manera extensiva en los últimos años con una producción de 6.974,798 millones toneladas de azúcar para la zafra 2012/2013, se debe principalmente al incremento en la superficie cosechada de los ingenios azucareros, más que al aumento en rendimiento en campo, y muy poco al aumento de la eficiencia en la extracción del azúcar, García, citado por Hernández (2014, p.35-41).

También se considera que la industria azucarera es una actividad económica muy importante y de gran potencial para ser competitivo en México, solo que para lograrlo debe resolver muchos problemas tanto el ámbito de producción como de la transformación y comercialización. Para lo cual requiere una diagnóstico integral de la problemática para elaborar y poner en marcha políticas públicas oportunas y aplicación de innovaciones en la producción primaria, adopción de tecnologías nuevas de extracción de azúcar para incrementar la eficiencia, diversificación de productos y subproductos con agregación de valor en aquellos de potencial comercial, para beneficio de todos los participantes del sector azucarero de México, Hernández, 2014, p. 35-41.

El cultivo de la caña de azúcar está limitado fundamentalmente por dos componentes ecológicos: el clima y el suelo, comportándose el primero bastante irregular ante el cambio climático en todas las áreas cañeras del mundo y, el segundo puede ser variable, pero no en todos se obtienen producciones aceptables comercialmente. En seguida se mencionan brevemente algunos requerimientos de clima y suelo de la caña de azúcar. Esta planta requiere para su mejor desarrollo un clima cálido húmedo, con una temperatura media de 23° Celsius. Aunque crece bien en climas subtropicales, solo que las mejores cosechas se obtienen en zonas tropicales. En este cultivo el clima se presenta como factor determinante del rendimiento. Además de ejercer el calor una gran influencia sobre el crecimiento y desarrollo de la planta, una baja temperatura que se presente durante la época de recolección puede aumentar el contenido de azúcar en los jugos, por el contrario, altas temperaturas en dicha época, tienden a disminuir este contenido debido a que se estimula el crecimiento de la planta.

El crecimiento de la planta de la caña es estimulada tanto por una temperatura alta como por una humedad del suelo y de la atmósfera, pero es necesario que la planta atraviese un periodo de sequía y baja temperatura antes del corte para que la maduración se realice en las mejores condiciones y el contenido de azúcares se incremente. Debido a que la sequía unida a una baja temperatura paraliza el crecimiento y favorece la formación de azúcares. De lo anterior se explica las ventajas que para el cultivo de la caña de azúcar presentan los climas donde casi la totalidad de las lluvias se distribuyen durante los meses de más calor de Mayo a Octubre y coincide con la estación de seca con las temperaturas más frías.

En relación al suelo, debe considerarse como factor determinante en cuanto al logro de altos rendimientos para la caña de azúcar. Por esta razón se hace indispensable mejorar las condiciones del mismo. Como en otros cultivos, las mayores cosechas se obtienen en suelos profundos, ricos en materia orgánica, buen drenados, con una óptima capacidad de retención de humedad y un pH del suelo entre 6.0 y 8.0. Sin embargo, debe tenerse presente que las distintas variedades presentan diferencias de comportamiento productivo en cuanto a las condiciones y características del suelo requeridos para su mejor desarrollo y producción, lo que obliga al estudio cuidadoso del suelo y variedad al seleccionar el terreno de plantación.

A partir de los antecedentes citados hasta aquí, el propósito del presente estudio es responder las siguientes interrogantes estrechamente concatenadas: ¿cuál es la situación del manejo del cultivo en campo y agroindustrial de la caña de azúcar en la localidad de la Candelaria del área de influencia del Ingenio “La Margarita” del Estado de Oaxaca?, y ¿cuáles son las principales limitantes y posibilidades de la organización social de los productores de caña de azúcar pertenecientes a la zona del Ingenio “Las Margaritas”? Se parte del supuesto teórico que dada la diversidad de fuentes endulzantes, el sector azucarero requiere cambios sustanciales a nivel de cultivo en campo, agroindustrial y social para ser competitivo en el mercado nacional e internacional, con apoyo de investigación agrícola y tomando en cuenta la presencia del cambio climático que sin duda afecta la producción de la caña de azúcar.

Por otra parte, ante la sequía y otros problemas del suministro de agua que están haciendo daño financiero a algunas empresas de alimentos y bebidas más grandes del mundo, es indispensable que se introduzcan alternativas ecológicas en sus procesos industriales, dada la competencia actual por el acceso a este líquido vital, más aún con los efectos del cambio climático que se expresan en periodos de sequía cada vez más prolongados ante los cuales la caña de azúcar es muy sensible.

## 10.1 Metodología

El área de estudio se ubica en la localidad de La Candelaria del municipio de Tierra Blanca; Veracruz, dentro de la planicie costera del Golfo de México, en la influencia del Ingenio “La Margarita” de Vicente perteneciente al Estado de Oaxaca. La vegetación primaria es de Selva mediana subperenifolia. El tipo de clima es Aw2, que se identifica como cálido subhúmedo, dentro de los subhúmedos es el más húmedo. El suelo es plano, de tipo Cambisol eútrico, con texturas franco-arenosa de manera dominante.

En correspondencia a la situación problemática se adopta una metodología de carácter cualitativa con sus métodos, técnicas e instrumentos que posteriormente se detallan. La estrategia puede denominarse de inducción analítica que comienza con inquietudes particulares que se presentan en determinadas circunstancias y que buscan pasar de la comprensión de uno o varios casos a ideas teóricas potencialmente generalizables, capaces de explicar las características problemáticas de cada caso. Estas generalizaciones teóricas posteriormente son probadas en otros análisis de casos detallados. También es importante señalar que la importancia del estudio de caso práctico se deriva de que puede penetrar en las condiciones locales y proporcionar una explicación exhaustiva. Por ello se define al estudio de caso como la investigación empírica de un fenómeno contemporáneo dentro de un contexto social, particularmente cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no son claramente evidentes. En otras palabras, se estima conveniente emplear el método de estudio de caso si deliberadamente se quisiera abarcar las condiciones contextuales, por considerar que estos podrían ser muy relevantes del fenómeno estudiado. En síntesis, los estudios de caso son importantes para fortalecer y formular teorías, Pérez, 2010, p. 63-65.

En este trabajo se aplican los siguientes métodos, técnicas e instrumentos en correspondencia a los indicadores del problema de estudio:

1. Síntesis bibliográfica y sistematización con fichas bibliográfica.
2. Síntesis hemerográfica y sistematización de algunas noticias relevantes por medio de fichas de trabajo hemerográfico.
3. Síntesis de observación, a través de un recorrido agroecológico ordinario y participante, empleando guías de observación para captar información de interés, libretas de campo y cámara fotográfica.
4. Muestreo selectivo de informantes clave, aplicando entrevistas estructuradas y dirigidas, en base a una guía elaborada para registrar información de calidad y con libreta de campo y cámara fotográfica.

## 10.2 Análisis y discusión de resultados

El suelo constituye uno de los principales factores relacionados con el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar, de ahí que los factores edáficos que inciden en su producción y la acción que se lleve a cabo para superar el límite por ellos impuestos, es un paso imprescindible que se debe tener en cuenta para obtener mayores rendimientos y mejorar la calidad del producto y con ello hacer más rentable la producción de los predios. De hecho el estudio de los suelos es un elemento de gran importancia para conocer este componente agroecológico y en consecuencia elaborar recomendaciones pertinentes para un buen manejo del suelo y conlleve a su conservación en las mejores condiciones la fertilidad para las generaciones futuras.

El estudio de los suelos realizado en las parcelas de cultivo de caña de azúcar a 7 productores de las localidades de la “Candelaria” y del “Jobo”, arrojan los siguientes datos, que se observan en la Tabla 10: son suelos de tipo cambisol, medianamente profundos, bien drenados, ricos en materia orgánica (en promedio 3.83 % ), rico en fósforo, medianamente rico en potasio, la reacción del suelo es ácido y ligeramente ácido ( pH 5.0 a 6.0 ), poco erosionado en láminas, la textura es de franco a franco arenosa, sin pedregosidad superficial generalmente y pendiente ligera y plana. Lo que indica que el suelo reúne las características para el cultivo de caña de azúcar siguiendo algunas recomendaciones generales para mejorar su fertilidad y los rendimientos como: laboreo mínimo y surcos en contorno, mantener el suelo cubierto de vegetación lo más que se pueda para su protección. El laboreo debe ser en condiciones de humedad y aplicar materia orgánica de cachaza y/o composta, así como rotación de cultivos. Los fertilizantes inorgánicos deben aplicarse de acuerdo a las recomendaciones del personal técnico de Ingenio “La Margarita” y no aplicar aquellos que tengan en su composición química azufre y dosificar aquellos que contengan solamente nitrógeno para una mejor asimilación de éste por la planta. En términos generales se observa que los rendimientos obtenidos en la cosecha de caña tienden a ser bajos, por lo que es menester aplicar mejor el paquete tecnológico que propone el personal de campo del Ingenio “La Margarita”.

**Tabla 10** Características del suelo en las localidades de La Candelaria y el Jobo del municipio de Tierra Blanca, Veracruz

Productor	Características del suelo de la parcela								Rendimiento (Ton/HA)
	Tipo de tenencia de la tierra	Pendiente	Prof. Suelo (cm)	Presencia de piedras en la parcela	Erosión	Textura	Materia orgánica	pH del suelo	
1	Ejidal	Muy ligera	25	Nula	Nula	Franco arcillosa	Media	5.9	50
2	Ejidal	Muy ligera	60	Poca	Nula	Franco arenosa	Media	6.0	60
3	Ejidal	Muy ligera	30	Poca	Poca	Franco limosa	Media	5.0	80
4	Ejidal	Muy ligera	60	Poca	Poca	Franco arcillosa	Poca	6.5	65
5	Ejidal	Muy ligera	60	Nula	Nula	Franco arenosa	Media	5.5	70
6	Ejidal	Muy ligera	60	Nula	Poca	Franco arcillosa	Media	5.0	50
7	Ejidal	Muy ligera	60	Nula	Poca	Franco arcillosa	Media	5.0	50

En relación a la nutrición de la planta, el pH del suelo que requiere la caña de azúcar es de 6.0 a 8.0 para su crecimiento y desarrollo, el cual influye en la nutrición de la planta de manera fundamental, pero además también es muy importante que el suministro de los nutrientes se haga en forma balanceada y en el momento oportuno. Cuando el suministro de un determinado nutriente se hace a la planta en forma inadecuada o no es asimilable, su crecimiento se reduce y por consiguiente su rendimiento. En el área de estudio se aplican los fertilizantes compuestos 16-16-16 y 20-10-20 preferentemente. En la tabla 1, se observa que el factor principal que limita el rendimiento de la caña es el pH del suelo, por estar abajo del rango requerido por este cultivo. Ante lo cual se hace indispensable aplicar al suelo mejoradores del pH.

La caña de azúcar es muy sensible a periodos de sequía que se presentan cada vez más frecuente en la localidad, que está supeditada a la cantidad y distribución de la lluvia del temporal, más aún por la influencia del cambio climático que se hace presente. De ahí que se considere también como otro factor que limita su rendimiento. Así también, la genética y la producción de nuevas variedades de caña de azúcar ocupan un lugar fundamental dentro del desarrollo de este cultivo, puesto que cada día se acorta más el periodo de reemplazo de las variedades comerciales por nuevos clones para mejorar sustancialmente la cantidad de azúcar por unidad de superficie. En la agricultura moderna de este cultivo, la adaptación de variedades a determinados ambientes específicos, fundamentalmente teniendo presente el tipo de suelo y las condiciones climáticas. Esto hace necesario que en los trabajos de selección de variedades se intensifiquen.

En relación a plagas, los productores de caña de azúcar consideran que la mosca pinta o salivazo (*Aeneolomia* spp.) es el principal problema que se tiene en el área de estudio desde hace 15 años. Este insecto succiona la savia de las hojas introduciendo su estilete en los estomas, formando saliva que contiene un complejo de enzimas y aminoácidos que rompen la estructura molecular de la clorofila o savia, imposibilitando la asimilación de nutrientes y agua, provocando una apariencia de quemamiento del follaje. Al inyectar las toxinas se producen pequeñas manchas amarillentas en las hojas, que posteriormente se tornan de color café y finalmente se secan, con lo cual se reduce sensiblemente la actividad fotosintética de la caña de azúcar. El control de este insecto es complicado y solamente puede darse a través del Método Integrado de Plagas que difunde el personal técnico de campo de los ingenios “La Margarita”, “Tres Valles” y “Motzorongo”. Este insecto oviposita sus huevecillos sobre la superficie del suelo y muy cerca o entre las raíces de la caña, en la base de los tallos y en los residuos de la cosecha, inclusive algunas hembras pueden penetrar las grietas del suelo y ovipositarlos a mayor profundidad, reportando que a 4 cm de profundidad se encuentran los huevecillos en mayor proporción. De acuerdo a comunicación verbal de parte del personal técnico de campo de los ingenios citados, consideran que se requiere orientar esfuerzos en investigación tecnológica para desarrollar equipos de maquinaria con determinadas especificaciones que corten y mezclen las capas de suelo; de manera prioritaria es importante promover la organización social entre los productores para un mejor control de esta plaga en particular, que puede ocasionar pérdidas de 3 a 15 Ton/Ha

En otro ámbito, al analizar la edad de los productores de caña en la localidad de estudio, se observa que han terminado su edad productiva, probablemente por ello muy pocos se interesan por introducir innovaciones en el proceso de trabajo agrícola y dada la riqueza de experiencia acumulada en el manejo de los cultivos en campo. Es importante atraer con incentivos económicos a la población joven para perpetuar el cultivo en la zona de estudio, ya que se dedica la mayoría de esta población a otras actividades más redituables económicamente. En este sentido se comenta verbalmente por parte de los ejidatarios que algunos son representantes de otros para asistir a reuniones y asambleas, lo que permite solamente de esta manera tomar acuerdos importantes.

En otra parte, se informa en medios impresos, que “en el año 2015 las exportaciones mexicanas de azúcar a Estados Unidos decrecen en poco más de 500 mil toneladas, luego del acuerdo entre ambos países para evitar fuertes aranceles y cuotas compensatorias al producto nacional, además, por la baja en la producción en el actual ciclo, la cual se estima en será de 6 millones de toneladas, de acuerdo al Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica (USDA). El USDA menciona que este año México exportará un millón 300 mil toneladas, frente a un millón 500 mil toneladas del nuevo cupo autorizado, solo que prevé que en 2016 puede exportar 2.1 millones de toneladas. El acuerdo señala que el cupo –que se determina con base en el excedente de oferta de caña nacional- se ajustará en cada ciclo azucarero durante el mes de Marzo.

Al respecto el Presidente de la Unión Nacional de Productores de Caña de la Confederación Nacional de Productores Rurales (UNPCCNPR), comenta que se podrá tener cubierta la demanda interna –de cuatro millones de toneladas- y tendrá un inventario suficiente para iniciar la siguiente zafra en Octubre de este año. En relación a los precios comentó que se han recuperado paulatinamente, aunque se tiene un acumulado de 18 por ciento de Octubre de 2014 a Marzo de 2015. El comportamiento de los precios se encuentran dentro de la normalidad del ciclo azucarero; el bulto de azúcar en la Central de Abasto es de 450 pesos, en tanto el precio libre a bordo del Ingenio es de 435 pesos. Dice también que entre los productores hay ánimo, ya que el mercado es estable, se tiene oferta y producción suficiente, aunque esta última se estima que será de 6.1 millones de toneladas, es 150 mil toneladas menos que las calculadas. Así también el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA) hasta la fecha se registra una producción de 5.9 millones de toneladas de azúcar y se han molido 53.9 millones de toneladas de caña en los 47 Ingenios que concluyeron la zafra. Por otra parte, asienta Carlos Blackaller Ayala, el Presidente Nacional de la UNPCCNPR) que la venta de cuatro de los nueve Ingenios administrados por el Fondo de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero (FEESA) no ha alterado la producción cañera; los grupos que compraron las agroindustrias, ZUCARMEX y Beta San Miguel están comprometidas con el sector y aprovechan las ventajas de transformación de azúcar. Finalmente menciona que la molienda continuará aunque no se hayan vendido cinco de los ingenios”, La Jornada del 10 de Julio de 2015, p. 22.

En otro orden, el personal administrativo del Ingenio “La Margarita” que inicia sus actividades desde 1948, nos proporciona la siguiente información de la zafra 2014/2015:

Días de zafra: 182

Fecha de término de la zafra: 22 de Mayo de 2005

Caña molida diaria: 5,161.204 Toneladas

Caña molida total: 939,339.170 Toneladas

Superficie cosechada: 19,175.490 Has

Rendimiento en campo: 48.986 Ton/Ha

Se informa que este Ingenio tiene como principal cliente a FICO y algunas refresqueras como FEMSA de COCA-COLA. Además que tiene una producción de 1.2 mil sacos de azúcar de 50 kilogramos en cada hora.

De acuerdo a datos adicionales obtenida a través de informantes clave, en la zafra 2014-2015, el rendimiento medio de azúcar por cada tonelada de caña fue de 119.7 Kilogramos en el Ingenio y el rendimiento promedio de caña de azúcar por Hectárea resultó ser de 58 toneladas. Lo que indica que es pertinente realizar esfuerzos para elevar la productividad tanto en campo como en el proceso agroindustrial.

Cuando se modifica el decreto cañero de 1991, también se modifica el sistema de pago; para pagar la tonelada de caña por su calidad, sin importar el aprovechamiento que el Ingenio obtenga, se diseña una fórmula que mida esta calidad. A esta fórmula se le denomina KARBE, que significa: K (Kilogramo), A (Azúcar), R (Recuperable), B (Base), E (Estándar). Lo que quiere decir, la cantidad de kilos de azúcar estándar que el Ingenio podría obtener de esa caña, sin considerar ninguna otra variable. El Ingenio en cuestión obtuvo una KARBE final de 118.393, por lo que propone lo siguiente para incrementar este valor:

1. En campo, es importante realizar las labores culturales necesarias en tiempo y forma; en la cosecha hacer un buen despunte, cortar al ras del suelo, que se lleve lo menos posible restos de plantas y cuidar la frescura de la caña de azúcar.
2. En fábrica, se recomienda cuidar que los factores que puedan alterar sus resultados sean determinados con la mayor precisión, exactitud y certidumbre; que estos valores sean óptimos para obtener una azúcar de mejor calidad.

Los productores de caña de azúcar son representados por la “Asociación de Cañeros Propietarios Rurales, Ejidatarios y Comuneros del Ingenio La Margarita”, A.C. Vicente, Oaxaca, cuyos integrantes se eligen cada tres años que mantienen una relación muy estrecha con el personal del Ingenio referido. Sin embargo, es conveniente mencionar que algunos productores desconocen la manera como se les asigna el pago por la cosecha de caña en su parcela.

Con la finalidad de atender las necesidades principalmente de la producción de caña en campo, en coordinación con el personal administrativo del Ingenio “La Margarita” y el Tecnológico Superior de Tierra Nueva, del municipio del Estado de Veracruz, se ha puesto en marcha la licenciatura en Ingeniero en Innovación Agropecuaria, lo que se considera un gran acierto dado que se establece realmente una relación estrecha entre los sectores educativo, el productivo y el industrial, sobre todo en beneficio para los alumnos que tienen una alternativa para su formación profesional acorde a las prioridades de la región.

A la par es conveniente una estrategia de fomento a la producción de caña de azúcar con la participación activa de los 2.450 mil productores de caña que integra el ingenio, que incluya la generación y la facilitación de un paquete tecnológico a través de la capacitación organizada a cañeros. Para lo que se requiere elaborar un diagnóstico preciso, tomando en cuenta factores ambientales, culturales, la estructura social, barreras para el cambio social, forma de participación y política nacional vinculada a la producción de caña y la extracción de azúcar, entre otros factores que influyen en este sector azucarero. Con todo ello identificar áreas de mejora y se apliquen las medidas correspondientes. Así también buscar alternativas para la diversificación de productos de la caña de azúcar, que repercuta en la mejoría económica de los productores de caña y de las empresas extractoras del azúcar. De tal forma que el Ingenio “La Margarita” alcance su propósito de producir con el máximo nivel de calidad conservando el ambiente natural.

### **10.3 Conclusiones**

De acuerdo al análisis de los resultados, en este apartado se mencionan algunas conclusiones que pudieran considerarse para construir hipótesis de investigaciones futuras, con la posibilidad de explicar mejor el problema del sector azucarero y delinear de la misma manera alternativas viables.

1. El rendimiento del cultivo de la caña de azúcar en el área de estudio tiende a ser bajo debido a que el pH del suelo no es el adecuado, por lo que se requiere realizar un gran esfuerzo para mejorarse.
2. Es importante generar variedades de caña de azúcar resistentes a periodos de sequía que cada vez son más comunes en la zona de estudio, junto con un paquete tecnológico para incrementar los rendimientos y calidad del cultivo.
3. Se requiere un proceso de extensión-capacitación agrícola apropiada a los cañeros en el área de estudio; de manera que puedan por sí mismos descubrir y desarrollar nuevos conocimientos y habilidades para mejorar el cultivo de la caña, que reditúe en mayores rendimientos y se exprese en mejorar también el nivel de vida de los cañeros.



4. Es importante promover y estimular el compromiso y la organización colectiva, junto con el desarrollo de capacidades locales para la innovación tecnológica, por ejemplo en la conservación del suelo y en el control de la mosca pinta por medio del método integrado de plagas.
5. En cuanto al Ingenio de “La Margarita” enfrenta el reto de mejorar la eficiencia en la extracción del azúcar, para acceder a los mercados nacionales e internacionales con mayores ventajas competitivas.
6. Sin duda requiere el Ingenio referido adoptar tecnologías nuevas en el proceso de industrialización y en la administración, que permita aprovechar los subproductos con un valor agregado, que contribuyan a una saludable diversificación de productos, que tiendan a eliminar la dependencia económica de un solo producto y conservar el entorno ecológico.
7. Finalmente, si bien es cierto que se tienen avances, es urgente que los instrumentos de las políticas agrícolas y agrarias tengan como propósito la revalorización del medio rural, que permita la permanencia de los productores de caña de azúcar en particular y con mejores ingresos y fuentes de empleo atractivos económicamente para la población del área de estudio. De lo contrario el sector azucarero continuará en condiciones difíciles que pueden acentuarse más en las condiciones actuales de competitividad mundial.

#### **10.4 Referencias**

Gómez, C. et al. (2014). Necesidades de Innovación en la Producción de Caña de Azúcar (*Saccharum spp.*), En Revista de Agroproductividad Año 7, Volúmen 7, Número 2, de Marzo-Abril, 2014. México: Colegio de Postgraduados. 22-26 pp.

Hernández, S. (2014). La Agroindustria de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en México. En Revista de Agroproductividad Año 7, Volúmen 7, Número 2, de Marzo-Abril, 2014. Colegio de Postgraduados. México. 35-41 pp.

La Jornada, 10 de julio de 2015. México reducirá en poco más de 500 mil toneladas las ventas de azúcar a EU por Matilde Pérez U., p.22.

Pérez, A. (2010). Tenencia de la Tierra e Industria Azucarera. México: Editorial Porrúa. 65-63 pp.

## **Valoración ecológica con forestería análoga para producción orgánica en Jalisco**

ROMERO-LIMA, María del Rocío Leticia y VALDOVINOS-CHÁVEZ, Víctor Rafael

M. Romero y V. Valdovinos<sup>``</sup>

<sup>`</sup> Centro de Investigación en Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Chapingo.

<sup>``</sup> Colaborador CIAO-UACH  
rociorchapingo@gmail.com

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## Abstract

Ecological assessment of a degraded area at Tenamaxtlán, Jalisco was performed. The physiognomic formulas (RIFA, 2014) were obtained of a nearby deciduous tropical forest and the degraded land. The inventory of the tree and shrub vegetation of the site was developed to compare their status with the tropical deciduous forest region. The ecological assessment considered soil quality, biodiversity and ecosystem structure. In the degraded land there are tree species present in the surrounding natural ecosystems such as *Guazuma ulmifolia* Lam, *Hibiscus tiliaceus* L., *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.) and *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth.), but with a much lower height and density. The predominance of grass on the land is associated with the agricultural and livestock use is given, showing the poor development of ecological succession.

## 11 Introducción

En la producción agropecuaria se ha impulsado mayoritariamente el uso de agroquímicos para la obtención de satisfactores humanos, como son los alimentos, forrajes, condimentos, madera y demás productos de origen vegetal y animal. Estas prácticas han generado alteraciones en el funcionamiento de los ecosistemas, disminuyendo la diversidad de especies, modificando los ciclos biogeoquímicos, aumentando la contaminación ambiental y desplazando los conocimientos tradicionales del manejo de los recursos naturales locales.

La búsqueda de la sustentabilidad, como garantía de la manutención de la vida en el planeta Tierra, requiere repensar la agricultura y el desarrollo rural de forma sistémica, incorporando contextos sociales, económicos, ecológicos y tecnológicos de cada región. Aunque existe una preocupación permanente por esta situación, marginalmente se han desarrollado propuestas alternativas a la producción convencional con el fin de contribuir a un mejor uso de los recursos naturales para proveer a la sociedad de productos agropecuarios. Entre las estrategias de producción alternativa están diferentes enfoques de agricultura orgánica, agroecología y más recientemente de forestería análoga o bosques comestibles (Altieri y Nicholls, 2011; Nicholls y Altieri, 2012; Gliessman y Rosemeyer, Krishnamurthy *et al.*, 2003; 2009; Sarandon y Flores 2014; Murgueito, 1992; RIFA, 2014), buscando soluciones a la problemática compleja de la producción agropecuaria. Sin embargo, uno de los principales retos actuales de estos tipos de sistemas es lograr una adecuada disponibilidad energética y proteica para la alimentación familiar, en regiones donde el acceso al mercado es limitado y los ingresos son insuficientes (Márquez *et al.*, 2011).

La agricultura orgánica como sistema de producción, mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas; tiene por objetivo obtener alimentos sanos, libres de contaminación y de alta calidad nutritiva. Se basa fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. Esta forma de agricultura combina tradición, innovación y ciencia, y promueve relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella, basado en los principios de salud, ecología, precaución y equidad (IFOAM, 2010). Para lograr lo anterior, se promueve la rotación y asociación de cultivos, el uso de insumos de origen local, y se excluye tanto pesticidas, como insumos de síntesis química, organismos genéticamente modificados, así como aguas negras.

El mayor gasto que hacen las familias de escasos recursos se ubica en la compra de alimentos (INEGI, 2009; PESA-FAO, 2010), por lo que una opción para una alimentación sana, nutritiva de buena calidad y económica para las familias de los pequeños productores son las parcelas diversificadas donde estén presentes árboles y arbustos que les proporcionan frutas; diversos cultivos para verduras y cereales; y los animales les proporcionan carne y otros productos de origen animal, componentes muy importantes en la dieta familiar. Las parcelas orgánicas diversificadas pueden contribuir de manera directa a que las familias produzcan alimentos de buena calidad y a su alcance, logrando autosuficiencia y mejorando su calidad de vida (Romero, et. al 2013); al incluir la perspectiva de la forestería análoga adicionalmente se podría restaurar los ecosistemas naturales a través de etapas sucesionales durante la transición.

La forestería análoga busca restaurar los ecosistemas de vida del planeta, diseñando de acuerdo a las características locales, etapas de intervención para la transición identificando dificultades, soluciones y mejores prácticas que conduzcan al mejoramiento del suelo, aumento de la biodiversidad, incremento de ingresos (RIFA, 2014). En México se estima que cada año se deforestan 155 mil hectáreas, de las cuales el 80% son consecuencia del cambio de uso de suelos – para uso agropecuario, de turismo o por crecimiento urbano e industria, sin dejar de lado los incendios como un importante factor de degradación–, por lo que es importante el desarrollo y aplicación de programas encaminados a la sustentabilidad (CONAFOR, 2013).

En el Estado de Jalisco, ubicado en la zona occidental de México, están presentes diversos ecosistemas, entre ellos, el bosque tropical caducifolio. Este es uno de los bosques menos estudiados en México. La ganadería extensiva y el cambio de uso del suelo (de bosques a pastos) representan una presión importante para este bosque tropical, por lo que este está considerado entre los más amenazados de los bosques tropicales del mundo. (Sánchez, et al. 2002). En particular, México es un centro de endemismo de especies para ese tipo de bosque por lo cual se hace necesario buscar alternativas para revertir su deforestación (Sánchez y Pineda, 2008).

Tenamaxtlan, es un municipio que se ubica en la zona centro sur del Estado de Jalisco, presenta un clima semiseco, y ecosistemas tipo bosque tropical caducifolio y bosque de quercus, donde la producción agrícola es principalmente maíz de temporal y ganadería bovina para carne. En la cabecera municipal se encuentra un predio ejidal que se ha propuesto recuperar mediante forestería análoga, donde también se obtengan alimentos con criterios de producción orgánica.

El objetivo del presente trabajo es proporcionar una herramienta para la producción orgánica con enfoque de forestería análoga, que genere información para favorecer la restauración de ecosistemas tipo bosque tropical caducifolio, se conserve el recurso suelo y se obtengan alimentos sanos en Tenamaxtlan, Jalisco.

## 11.1 Metodología

**Área de estudio. El Municipio.** Tenamaxtlan se localiza en la zona centro sur del estado de Jalisco entre las coordenadas: 20° 11' 30" y 20° 18' 40" de latitud norte y los 104° 05' 55" a los 104 15' 50 de longitud oeste. A una altura promedio de 1,450 metros sobre el nivel del mar. Pertenece a la Región Sierra de Amula del Estado de Jalisco. La fundación legal del poblado de Tenamaxtlán se realizó en marzo de 1538. La mayor parte del municipio está constituido por zonas accidentadas, se presentan elevaciones entre 1,500 y 2,000 metros. Los terrenos del municipio presentan suelos aluviales, residuales y lacustres; provenientes de rocas ígneas extrusivas, riolita, andesita, basalto, toba, brecha volcánica y calizas. Los suelos dominantes pertenecen al tipo regosol eútrico y feozem háplico; y como suelo asociado se encuentra el tipo combisol crómico.

El clima del municipio es semiseco con invierno y primavera secos, y semicálido sin estación invernal definida. La temperatura media anual es de 21° C, y tiene una precipitación media anual de 906 milímetros con régimen de lluvias en los meses de junio y julio. Los vientos dominantes son en dirección norte. El promedio de días con heladas al año es de 29.9.

La flora del municipio está compuesta por pino, encino, ocote, oyamel, roble, madroño, guamúchil, mezquite, copalcojote, huizache, pastos, nopal y pitahayo. Respecto a fauna está representada por venado, zorrillo, tejón, mapache, lobo, zorro, coyote, armadillo, liebre, conejo, tuza, topo, ardilla, tlacuache, víbora de cascabel, culebra chirrión, codorniz, pato, gallareta, torcaza, güilota, jilguero y gorrión. (Jalisco, 2014).

**Formula fisionómica.** En octubre de 2014 y de enero a julio de 2015, se realizaron recorridos por el municipio para identificar áreas con vegetación poco perturbada y se determinó el lugar de bosque tropical caducifolio para hacer la descripción de la estructura y estado de la comunidad vegetal presente que sirviera como meta para obtener la formula fisionómica según los criterios de la RIFA (2014). En el predio de cultivo (con vegetación perturbada) se levantó el censo de plantas arbustivas y arbóreas presentes y se determinó también la formula fisionómica. Las claves de símbolos usados para la fórmula fisionómica fueron las siguientes:

#### Formas básicas de crecimiento

**Árboles:** Siempre verdes de hoja ancha (V); Desiduos-caducifolios de hoja ancha (D); Agujas siempre verdes (E); Agujas caducifolias (N); Siempre verdes de hoja compuesta (T); Caducifolias de hoja compuesta (W).

**Otras formas de crecimiento:** Trepadoras/Enredaderas (C); Suculentas (S); Bambú (B); Epífitas (X); Palmas (P) Plantas rizomatosas (R); plantas en roseta (K); Helechos (F); Líquenes y musgos (L); Arbustos (A); Gramíneas Pastos (G); Herbáceas anuales (H)

**Tabla 11** Variables y símbolos para altura y cobertura de copa para la fórmula fisionómica

Altura (m)	Clave	Cobertura de copa (%)	Clave
>35	8	Continua (< 75%)	c
20-35	7	Interrumpida (50 - 75%)	i
10-20	6	En parches (25 - 50%)	p
5-10	5	Raro (de 6 a 25%)	r
2-5	4	Esporádico (1 - 6%)	b
0.6-2	3	Casi ausente (> 1%)	a
0.1-0.5	2		
<0.1	1		

Fuente: RIFA (2014)

Como en la forestería análoga se pretende acelerar el desarrollo de las etapas seriales de pastos a bosques, se hace necesario conocer la estructura y apariencia de la comunidad vegetal tanto en la zona meta, como en el área degradada, así como definir el gradiente entre ambos denominado brecha. Se determinaron las fórmulas fisionómicas para las tres condiciones según metodología de RIFA (2014). Adicionalmente se realizó una valoración ecológica del área a intervenir del predio degradado y del área de bosque, donde se consideraron indicadores de: calidad del suelo (perfil, densidad aparente y descomposición de residuos orgánicos), biodiversidad (organismos del suelo, estructura vegetal y fauna), estructura del ecosistema (etapa serial y productividad ecológica); los valores para cada indicador variaron de 1 a 8, siendo el valor 1 el de menor valor o de condición más baja y el 8 el de mejor condición. (RIFA, 2014).

**Tabla 11.1** Valores para los indicadores de etapa serial de los ecosistemas de estudio

Valor	Estructura Serial del Ecosistema
1	Estadio 1- Pastizales
2	Vegetación baja, menos de 1 año
3	Árboles bajos y arbustos pequeños
4	Árboles diversos, sotobosque con arbustos y especies herbáceas
5	Bosque secundario joven, alta diversidad de especies
6	Bosque secundario con diversidad de doseles, presencia de epifitas, líquenes etc.
7	Bosque intervenido maduro
8	Bosque primario

Fuente: RIFA (2014)

Durante los recorridos se realizó un listado de vegetación principalmente arbórea, presente tanto en el bosque como en el área del predio de cultivo.

## 11.2 Resultados

**Análisis de la Vegetación.** Las plantas arbóreas y arbustivas encontradas tanto en el Bosque Tropical caducifolio (BTC) como en el predio se presentan en la Tabla 11.2, con su nombre científico agrupados por familia botánica e indicando la clave fisionómica asignada por RIFA, (2014).

**Tabla 11.2** Árboles y arbustos de la vegetación natural por familia botánica de Tenamaxtlan, Jal.

Nombre común	Nombre científico	Familia botánica	Clave fisionómica
Cabruto	<i>Stemmadenia palmeri</i>	Apocynaceae	D
Agave	<i>Agave L</i>	Asparagaceae	K
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Bignoniaceae	W
Copal	<i>Bursera cuneata</i>	Burceraceae	W
Nopal	<i>Opuntia sp</i>	Cactaceae	S
Pitaya	<i>Stenocereus sp</i>	Cactaceae	S
Ozote	<i>Ipomoea intrapilosa</i>	Convolvulaceae	D
Garruño	<i>Mimosa galeottii</i>	Fabaceae	W
Guaje	<i>Leucaena esculenta</i>	Fabaceae	W
Guamuchil	<i>Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.</i>	Fabaceae	W
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	Fabaceae	W
Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i>	Fabaceae	W
Palo cuate	<i>Eysenhardtia punctata</i>	Fabaceae	W
Palo dulce	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	W
Parota	<i>Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.</i>	Fabaceae	W
Tepame	<i>Acacia pennatula</i>	Fabaceae	W
Tepeguaje	<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Fabaceae	W
Tepemezquite	<i>Lysiloma microphyllum Benth</i>	Fabaceae	W
Majagua	<i>Hibiscus tiliaceus L.</i>	Malvaceae	D
Pochote	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	D
Camichin	<i>Ficus pertusa</i>	Moraceae	D
Morita	<i>Morus celtidifolia</i>	Moraceae	D
Tescalama	<i>Ficus petiolaris</i>	Moraceae	D
Zalate	<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae	D

Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	D
Palo perico	<i>Ruprechtia pallida</i>	Polygonaceae	D
Crucillo	<i>Randia blepharodes Standl.</i>	Rubiaceae	D
Palo blanco	<i>Calycophyllum multiflorum</i>	Rubiaceae	D
Zapote blanco	<i>Casimiroa edulis</i>	Rutaceae	D
Guacima	<i>Guazuma ulmifolia Lam</i>	Sterculiaceae	D

Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de la información y de RIFA (2014)

En las Tablas 11.3 y 11.4 se presenta la densidad, abundancia y altura promedio de plantas arbustivas y arbóreas de los sitios de estudio.

**Tabla 11.3** Densidad, abundancia y altura de vegetación en el Bosque Tropical Caducifolio.

Especie	Num. Individuos/ha	% abundancia	Altura promedio (m)
Guacima	75	18.75	10
Majagua	75	18.75	11.5
Palo blanco	25	6.25	5.5
Palo dulce	50	12.5	8
Pitaya	25	6.25	15
Pochote	25	6.25	8
Tepame	25	6.25	6
Tepeguaje	25	6.25	13.5
Tepemezquite	75	18.75	10

Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de la información

**Tabla 11.4** Densidad, abundancia y altura de vegetación en el predio de estudio

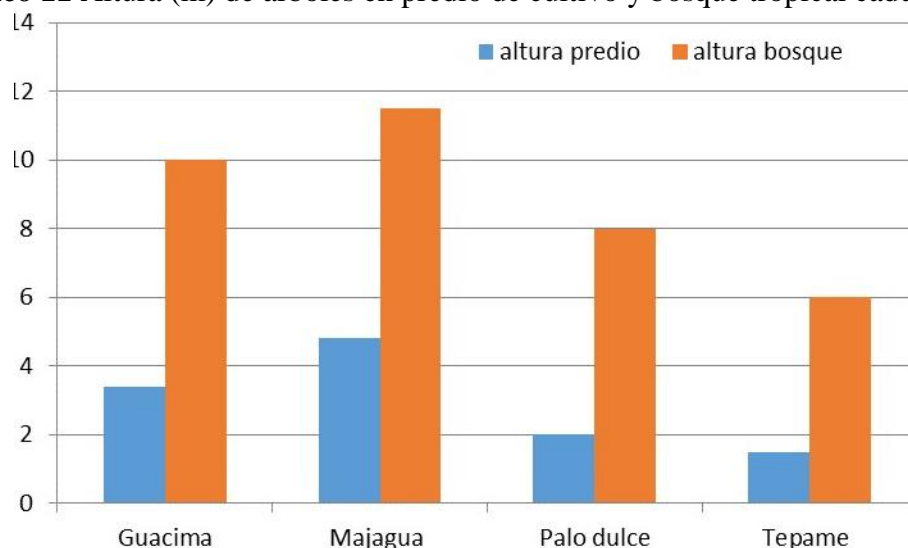
Especie	Num. Individuos/ha	% abundancia	Altura promedio (m)
Cabritos	0.31	1.7	5.0
Cuate-palo dulce	0.62	3.3	2.0
Guacima	1.24	6.7	3.4
Guayaba	0.93	5.0	3.0
Guamuchil	4.35	23.3	3.3
Majahua	1.24	6.7	4.8
Mezquite	0.62	3.3	8.0
Morita	1.24	6.7	2.0
Nopales	4.04	21.7	2.6
Ozotes	1.55	8.3	3.6
Paraíso	0.31	1.7	3.0
Tepame	0.62	3.3	1.5
Zapote blanco	1.55	8.3	8.4

Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de la información

Como se observa de las tablas anteriores la densidad de árboles, expresado en número de individuos por hectárea es mayor en el bosque tropical caducifolio, que en el predio de cultivo. Lo esporádico de la vegetación del predio se ha presentado desde hace más de cien años, ya que desde la dotación ejidal, el predio ha sido dedicado al cultivo de maíz de temporal y al pastoreo de ganado vacuno. Las especies del BTC tienen uso múltiple como forrajeras, alimenticias, combustible, cerco vivos, ornamental, etc. Entre las especies forrajeras del BTC que podrían usarse en sistemas agroforestales, o manejándolas dentro del predio en un sistema de rotación del ganado, están *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena esculenta*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Verbesina greenmanii*, y *Acacia riparia*, entre muchas otras. (Sánchez, 2002; Sánchez y Pineda, 2008, García y Sánchez, 2012).

Una comparación indirecta de la mayor acumulación de biomasa, captura de carbono y productividad primaria entre el predio y el BTC se puede apreciar al comparar la densidad de población de las plantas arbóreas (Cuadro 11.3 y 11.4), así como en la altura que tienen algunas especies comunes, como se aprecia en el Gráfico 11.

**Gráfico 11** Altura (m) de árboles en predio de cultivo y bosque tropical caducifolio



Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de la información

### Estructura Vegetal. Formulas fisionómicas

Para el bosque tropical caducifolio (BTC), se determinó la siguiente Fórmula Fisionómica o  $F_1$ :

$$F_1 = D_{6p}, D_{5i}; W_{6p}, W_{5r}; S_{5a}; C_{(1-5)b}; L_{1r}; A_{(1-3)c}; H_{(2-4)r}$$

Esta fórmula describe un bosque mixto caducifolio, con presencia de dos estratos (de 5 a 10 y de 10 a 20 m) de árboles caducifolios de hoja ancha y hoja compuesta, así como la presencia de pitaya, líquenes y musgos, así como arbustos con una cobertura menor a 25 % y presencia continua de hierbas anuales, sin pasto. La presencia de líquenes y musgos estuvo asociada a la época lluviosa donde se hizo la estimación.

Para el Predio dedicado a producción de maíz de temporal y ganadería de pastoreo, se determinó la fórmula fisionómica  $F_2$  siguiente:

$$F_2 = V_{6a}; D_{4b}; W_{5b}, W_{4r}; S_{4a}; G_{3c}, G_{2p}; H_{2b}$$

Esta fórmula señala la presencia de un solo árbol siempre verde (zapote blanco), así como la presencia de árboles caducifolios de hoja compuesta (mezquite, tepame, guamúchil) y caducifolios de hoja ancha (majagua, ozote, guacima), suculentas como el nopal, pastos y maíz. Los árboles caducifolios presentes, a pesar de su baja presencia, tiene relación con la actividad ganadera y como menciona Carranza, *et. al.* (2003), son especies con amplio potencial forrajero, ricas en proteína, que brindan además importantes servicios ambientales.

La diferencia entre el predio y el bosque tropical, es decir, la brecha para llegar a un bosque análogo sería la siguiente fórmula fisionómica:

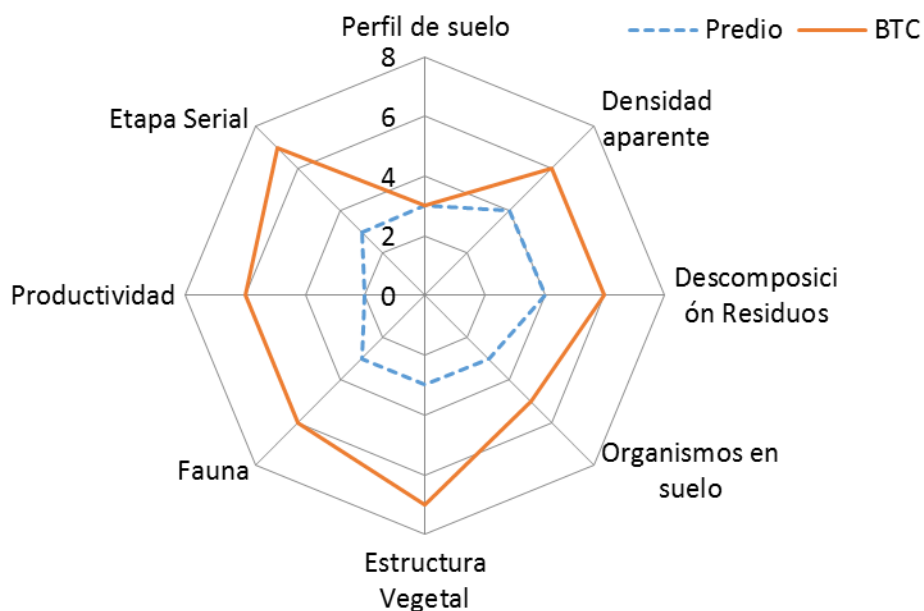
$$F_3 = D_{6p}, D_{5i}; W_{6p}, W_{5r}; S_{5a}; C_{(1-5)b}; A_{(1-3)c}$$



## Valoración Ecológica

Considerando los indicadores para la valoración ecológica propuestos por la RIFA (2014) y adaptados para este estudio, en el Gráfico 11.1 se muestra la comparación entre la valoración para el predio de cultivo y la zona de BTC.

**Gráfico 11.1** Valoración ecológica del Predio de estudio y del BTC



Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de la información

El predio de cultivo, al estar en una de las primeras etapas de sucesión ecológica, presenta una menor etapa serial, menor productividad, fauna, estructura vegetal. Las diferencias en perfil de suelo son pocas al estar ambas condiciones en terrenos con pendiente y de poca profundidad. La descomposición de residuos es alta en ambos lados, en el predio por el aporte del estiércol bovino da contenidos de materia orgánica alta. Si bien, la mayor cobertura vegetal hace que en el BTC se tenga una mejor densidad, menor compactación. En las siguientes figuras se muestra la vegetación del área del BTC de la zona aledaña a la cabecera municipal de Tenamaxtlan, Jalisco y del predio de cultivo.

**Figura 11** Vegetación del Bosque Tropical Caducifolio



Fuente: María del Rocío Romero

**Figura 11.1.** Vegetación del Predio

Fuente: María del Rocío Romero

### 11.3 Conclusiones

1. La valoración ecológica desde la metodología de la forestería análoga permite identificar especies vegetales que pueden ser pioneras para áreas degradadas y analizar los cambios pertinentes para la recuperación ecosistemas nativos.
2. Especies como guácima, majagua, tepame y palo dulce, se presentaron tanto en el Bosque tropical caducifolio y en predio de cultivo, las cuales están asociadas a uso forrajero.
3. La presencia de árboles y arbustos de potencial forrajero y uso múltiple, permiten valorar las especies presentes para la reforestación del predio, pero su baja cobertura indica que su transformación requerirá de un lapso amplio de tiempo.

### 11.4 Agradecimientos

Se agradece a la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo que a través de Centro de Investigación en Agricultura Orgánica financió el presente estudio.

### 11.5 Referencias

- Altieri M, A., C. Nicholls. (2011). *El potencial agroecológico de los sistemas agroforestales en América Latina*. Revista de Agroecología LEISA. Lima Perú 27 (32-35)
- Carranza M. M. A. et al. (2003). *Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la Sierra de Manantlán, México*. Agrociencia 37: 203-210
- CONAFOR (2013). *Boletín 105*. [En Línea]  
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/4724El%2082%20por%20ciento%20de%20a%20deforestaci%C3%B3n%20en%20M%C3%A9xico%20es%20por%20cambio%20de%20uso%20del%20suelo.pdf>
- García N. R. M. y A. Sánchez V. (2012). *Revalorización de Especies Nativas de Uso Múltiple en la Región del Bajío, Guanajuato*. Jornada de Difusión Científica, Tecnológica y Humanística y Primer Encuentro Nacional de Investigadores. Oaxtepec, Morelos. 27 y 28 de septiembre de 2012. UACH, Chapingo, Méx. En CD.
- Gliessman S. R. y Rosemeyer M. (Ed). (2009). *The Conversion to Sustainable Agriculture. Principles, Processes, and Practices*. Series Advances in Agroecology. Editor: Clive A. Edwards. Taylor and Francis Group. 370 p.

- Krishnamurthy *et al.* (2003). *Introducción a la Agroforestería para el desarrollo rural*. Semarnat. México. 105 p.
- RIFA. (2014). *Forestería Análoga. Una guía práctica para la restauración de la biodiversidad*. IAFN-RIFA. Costa Rica. 67 p.
- IFOAM. (2010). *Los principios de la agricultura orgánica*. [En Línea]  
[http://www.ifoam.org/sites/default/files/poa\\_folder\\_spanish.pdf](http://www.ifoam.org/sites/default/files/poa_folder_spanish.pdf)
- INEGI. (2009). *La alimentación en México: un estudio a partir de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares* [En Línea].  
<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/sociodemograficas/alimento03.pdf>
- Jalisco, Gobierno del Estado. (2014). [En Línea].  
<http://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/tenamaxtlan>
- Márquez M. S., F. Funes-Monzote, N. Valdés R. (2011). *Experiencias Agroecológicas locales en el municipio de La Palma como modelo para el sistema alimentario en Cuba*. Revista de Agroecología LEISA. Lima, Perú. 27: 16-17
- Murgueito E.R. (1992). *Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria para campesinos*. Revista Agroecología y Desarrollo (CLADES) Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo. Santiago Chile 3:108
- Nicholls C. y M. A. Altieri.(2012). *Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI*. Agroecología 6: 29-37.
- PESA-FAO. (2010). *Proyecto estratégico para la Seguridad alimentaria*. SAGARPA. FAO. 22 p.
- Romero L. M. R., *et al* (2013). *Estrategias de manejo de parcela orgánica diversificada para la alimentación familiar*. Memoria IV Congreso Latinoamericano de Agroecología. Universidad Nacional Agraria La Molina. SOCLA. Lima, Perú. P. 106.
- Sánchez V. L. R. *et al.* (2002). *Estructura arbórea del bosque tropical caducifolio usado para la ganadería extensiva en el norte de la sierra de Manantlán, México. Antagonismo de usos*. Polibotánica Num. 13: 25-46
- Sánchez V. L. R. y M. R. Pineda-López. (2008). *Vacas y bosques de la Sierra de Manantlán: estrategias de restauración y manejo*. En: Sánchez Velásquez Lázaro Rafael *et al.* Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña de México. CONABIO. Universidad Veracruzana. Mundiprensa. México. Pp. 201-210.
- Sarandón S. J. y Flores C. C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. 1ª. Edición. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

## **Árboles y arbustos de uso múltiple con potencial agroforestal en el Sureste de Guanajuato**

GARCÍA-NUÑEZ, Rosa María y SÁNCHEZ-VÉLEZ, Alejandro

R. García y A. Sánchez`

` Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 carretera México-Texcoco, Texcoco Estado de México CP 56230.  
blondynunez@gmail.com

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. -  
©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## Abstract

Description and identification of some of the multipurpose species most used and more preferably by farmers in the region of the state of Guanajuato in the municipality of Yuriria in deciduous tropical forests was performed. The objective is the integration into agroforestry systems proposals, based on participatory assessment. The recognition of the area of study was conducted through visits on the field, taking dates on sites in areas of vegetation moderately conserved where common name of the plant and botanical collection and characterization of the watershed study.

The two primary uses that are given to the species in the study area are firewood and fodder. Firewood is used for self-consumption and local sales. The species of fodder value most commonly used are: Mezquite, Palo Prieto, Tepame (*Acacia pennatula* Schldl.), Cachiripo, Huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) and Mezquitillo (*Acacia constricta* Benth.). The agroforestry species with greater potential and preferred by local farmers are Mezquite, Palo Dulce and Palo Prieto. An agroforestry proposal is presented.

## 12 Introducción

El manejo y conservación de los recursos naturales representa un reto inaplazable, ya que el impacto de la actividad humana sobre la naturaleza ha alcanzado proporciones de graves consecuencias, pues han alterado el hábitat de todo ser vivo. Esta crisis ambiental, en muchos de los casos, es consecuencia del egoísmo y la avaricia que el sistema económico actual impone y conlleva al agotamiento de la base natural del planeta indispensable para el desarrollo humano. Muchos son los efectos que se ocasionan, sin embargo, en nuestro país se pueden citar la contaminación, pérdida de biodiversidad, deforestación, desastres naturales, etc. (SER, 2004), además del cambio climático y deterioro de capa de ozono que impacta a todo el planeta.

México posee una gran diversidad de ecosistemas desde los de climas tropicales hasta los secos (Rzedowski, 2006, Rzedowski 1978,) algunos de ellos han sido muy poco estudiados como es el caso de la vegetación nativa de la región sureste de Guanajuato (García et al, 2014).

El estado de Guanajuato forma parte de lo que conocemos como el Bajío Mexicano, al igual que los estados de Querétaro, Aguascalientes, Jalisco y parte del norte de Michoacán. La región sureste de Guanajuato actualmente se encuentra sujeta a una gran cantidad de disturbios ecológicos y presiones sociales, ocasionando que gran parte de las comunidades vegetales como los pequeños bosques tropicales caducifolios, matorrales xerófitos y mezquiteras propios de los climas semiáridos que caracterizan la región, se encuentren inmersos en un alto grado de perturbación.

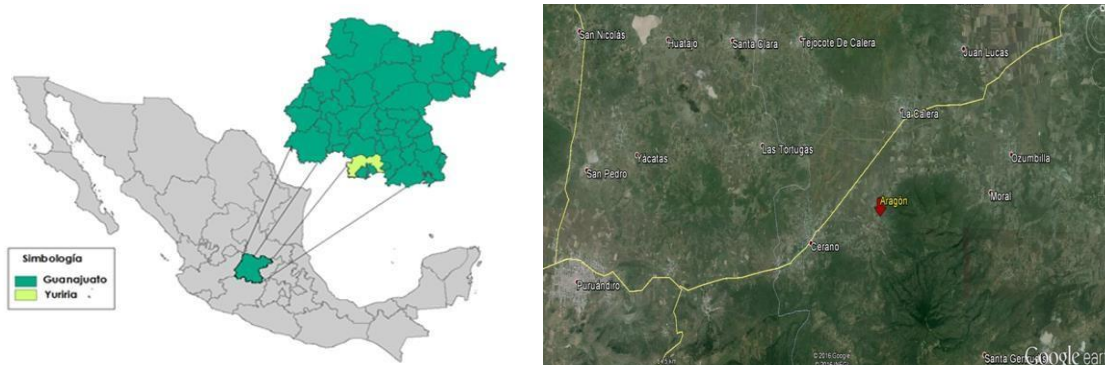
Este tipo de vegetación se ha venido considerando casi marginal (Ramírez y García, 2000), ya que la gran mayoría del usos que se les ha dado a algunas de las especies es para obtener productos no maderables como leña, carbón y la recolección de algunos frutos silvestres y productos medicinales, taninos, forrajes, ornamento y sobre todo su valor medicinal local (Terrones, 2006). Por lo que es un imperativo ofrecer algunas alternativas de manejo silvícola y conservación de especies que involucren estrategias de intervención que vayan más allá de los aspectos técnicos, donde se realicen diagnósticos participativos que involucren a la población local, a las instituciones de investigación y los ejecutores de las políticas públicas relacionadas con los recursos naturales.

La implementación de un sistema agroforestal podría ofrecer una buena opción como estrategia de intervención, ya que involucra aspectos interdisciplinarios a los sistemas de uso de la tierra, esto implica tener conocimiento sobre las interacciones entre el hombre y el ambiente, entre la demanda de recursos y su existencia en una determinada área, lo cual, bajo ciertas condiciones, requiere optimización y manejo sustancial, más que el incremento permanente de la explotación (Krishnamurthy y Ávila, 1999). Por lo que, este trabajo pretende centrar las bases para la selección de especies de estos ecosistemas para valorar sus oportunidades en los sistemas agroforestales en la región sureste de Guanajuato.

## 12.1 Metodología

La región de estudio se localiza al sureste del estado de Guanajuato en el municipio de Yuriria (Figura 12), el clima es A)C(w<sub>0</sub>)(w)b(e)g semiseco con lluvias en verano, temperatura promedio de 18.1°C y precipitación pluvial media anual de 663.3mm (García, 1981). La investigación se realizó en los meses de mayo a agosto del año 2014.

**Figura 12** Localización del área de estudio. Región SE de Guanajuato México.



Las etapas metodológicas fueron:

**Revisión de literatura.** Se realizó una revisión de literatura de diferentes fuentes para obtener información existente sobre la zona de estudio tanto de nivel local como regional. Con esta información se analizó la problemática y necesidades actuales relacionadas con el uso de los recursos naturales en la zona.

**Encuestas.** Se utilizaron como instrumento dentro del diagnóstico para conocer la percepción de los habitantes sobre su vegetación utilizando la metodología propuesta por Ramírez y García 2000.

**Fotointerpretación.** Con base en una cartografía preliminar se identificaron las áreas de interés para el proyecto, así como los puntos estratégicos a trabajar.

**Identificación, colecta y registro de especies.** Con base en el levantamiento florístico, y a estudios de la biodiversidad reportada en la zona así como a la información proporcionada en las encuestas por los habitantes de la región, se elaboró una lista de especies arbóreas y arbustivas de uso múltiple, las cuales se colectaron (Figura 12.1), identificaron y describieron botánicamente, y algunas fueron ingresadas en el herbario de la División de Ciencias Forestales.

**Figura 12.1** Colecta de especies en el área de estudio en el paraje del cerro de Guariaco



Elaboración de fichas técnicas. De las especies identificadas se seleccionaron las especies que podrían ser utilizadas como base para elaborar una propuesta de uso en un sistema agroforestal, de las que se elaboraron fichas técnicas, utilizando la revisión bibliográfica, la obtenida de las encuestas, el índice de importancia ecológica así como su desarrollo natural y sus interacciones con otras especies.

Cálculo del Índice de Valor de Importancia de las especies con potencial agroforestal (IVI). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calculó en 5 sitios de 100 m<sup>2</sup> (Figura 3), en los cuales se calculó dominancia, densidad y frecuencia y el IVI utilizando las siguientes fórmulas:

IVI = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100 \quad (12)$$

Donde:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Area basal de una especie}}{\text{Area muestreada}} \quad (12.1)$$

El área basal (AB) de los árboles se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$AB = \frac{\pi * D^2}{4} = 0.7854 * D^2 \quad (12.2)$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por cada especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}} \times 100 \quad (12.3)$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{total de individuos de todas las especies}} \times 100 \quad (12.4)$$

**Figura 12.2** Localización de los sitios de muestreo en el cerro de Guariaco

Las coordenadas de cada uno de los sitios muestreados se presentan en el siguiente Cuadro:

**Tabla 12** Coordenadas de los sitios de muestreo

Sitio	N	W	Elevación (msnm)
1	20°06'01''	101°22'51''	1992
2	20°05'56''	101°22'54''	2024
3	20°05'46''	101°22'49''	2036
4	20°05'45''	101°22'44''	2052
5	20°05'40''	101°22'38''	2103

## 12.2 Resultados y Discusión

### Diversidad y Usos Múltiples Locales

Se registraron 35 especies pertenecientes a 29 géneros y 18 familias. Las familias mejor representadas son la Fabaceae, Asteraceae, Cactaceae y Apocynaceae.

La información proporcionada por los pobladores locales entrevistados indica que las especies muestreadas presentan diversidad de usos dados por los entrevistados de las áreas rurales. Muchos fueron los usos reconocidos de las diferentes especies presentes entre los que destacan: elaboración de artesanías, colecta de frutos silvestres, especies melíferas, especies ornamentales, plantas medicinales, especies para elaborar mangos de herramientas, obtención de taninos, flores aromáticas para perfumería, obtención de gomas, y cercos vivos, entre otros. Sin embargo, los dos usos primarios prioritarios en la región son el uso de las especies como leña y forraje.

Las especies forrajeras más utilizadas son el mezquite, palo prieto, tepame, cachiripo, huizache y mezquitillo. Son especies muy apetecidas por los caprinos, aunque también su madera es utilizada como leña y la configuración morfológica del palo prieto lo hace más preferido, ya que en muchas de las ocasiones su tallo se ramifica en grosores aceptables para la leña lo que hace que ya no se tenga que partir. Sin embargo, estas especies tienen otros usos como los que se presentan en el Cuadro 12.1.



**Tabla 12.1** Usos múltiples de las especies forrajeras en el sureste de Guanajuato

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Descripción	Uso locales
Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i> Humb.	Fabaceae	Árbol de 2-7m de altura,	Forraje, carbón, leña, frutos y goma.
Palo prieto o quiebrahacha	<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) MacBride	Fabaceae	Presenta menos de 5m de altura	Con su madera se elaboran postes para cercas, medicinal, leña, aunque también se pueden obtener taninos.
Tepáme	<i>Acacia pennatula</i> Schldl.	Fabaceae	Árbol de 2 a 12m de altura	Forrajero, aunque se utiliza para leña y carbón, pegamento de las vainas verdes para la porcelana, flores para fabricar perfumes y pomadas, uso medicinal.
Cachiripo	<i>Mimosa lacerata</i> Rose	Fabaceae	Arbusto de 1 a 3m de altura,	Forrajero, aunque se utiliza para leña, cercas vivas, elaboración de mangos de herramientas.
Huizache o yondiro	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Fabaceae	Arbusto de uno a 3m de altura,	Follaje muy preferido por las cabras, su corteza contiene taninos, se extrae goma, flores apreciadas por el uso melífero, medicinal, flores fuentes de esencias aromáticas y colorantes, leña.
Mezquitillo	<i>Acacia constricta</i> Benth.	Fabaceae	Arbusto de uno a 3m de altura	Forrajero principalmente para cabras, cercos vivos y algunas artesanías.

La leña es utilizada para autoconsumo y venta local, y aunque la gran mayoría de especies presentes son utilizadas para la extracción de leña hay especies más apreciadas como el palo prieto, mezquite, palo dulce, cachiripo, uña de gato y cuáquil (Cuadro 12.1).

**Tabla 12.2** Especies de uso múltiple con valor para la extracción de leña en el sureste del estado de Guanajuato

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Descripción	Uso locales
Palo dulce	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Fabaceae	Árbol de 2 a 8m de altura	Madera dura para construcciones rurales, postes, cercos vivos, muy buena calidad de leña y carbón, uso melífero y medicinal, antibiótico natural para gallinas.
Uña de gato	<i>Mimosa fasciculata</i> Benth.	Fabaceae	Arbusto con menos de 2m de altura	Madera para mangos de herramientas, cercos vivos, y leña.
cuáquil	<i>Celtis caudata</i> Planch.	Ulmaceae	Árbol de 2 a 12m de altura	Leña de buena calidad, madera para construcciones rurales y hacer trompos, mangos de herramientas, medicinal, melífero.

El palo dulce, palo prieto, mezquite y tepame son de las especies más apreciadas en la región, ya que se encuentran entre las más utilizadas para extraer leña y forraje. Por otro lado, el palo dulce o palo azul y el tepame presentaron un muy buen número de individuos en la zona de estudio (García y Sánchez, 2014), por lo que, estas especies podrían ser propuestas para su integración en una propuesta de agroforestal.

### Índice de valor de Importancia de las especies

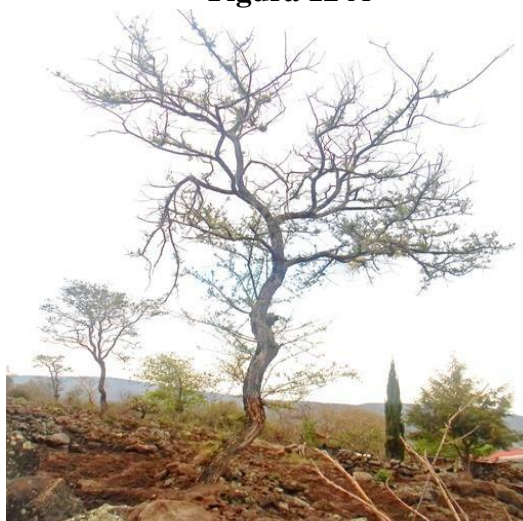
Los sitios mostraron variación en cuanto al número de especies presentes, siendo el palo dulce, la especie más frecuente en todos los sitios, aunque en el sitio 5 fue donde encontró su máximo desarrollo ya que se encontraron 17 de 21 árboles presentes.

La sumatoria de áreas basales de las especies fue diferente en cada uno de los sitios muestreados, los sitios 1 y 2 presentaron mayor área basal por arriba de  $.90 \text{ m}^2$  comparados con el sitio 3, 4 y 5 que presentaron un área basal por debajo de  $.08 \text{ m}^2$ , sin embargo ya que el objetivo es determinar el índice de importancia de las especies en el área de estudio, se presentan las especies encontradas en cada sitio y su IVI (Cuadro 12.3). El área basal define la dominancia relativa, entre más bajo es el área basal más bajo es el valor de dominancia relativa, por ende este valor tiene una influencia directa en el valor de índice de importancia al igual que el número de individuos y su frecuencia, esto explica porque el palo dulce a pesar de que obtiene áreas basales bajas siempre ocupa el primer lugar en IVI en todos los sitios.

**Tabla 12.3** Especies encontradas por sitio y su Índice de Valor de Importancia

Especies Sitio 1	IVI (%)	Especies Sitio 2	IVI (%)	Especies Sitio 3	IVI (%)	Especies Sitio 4	IVI (%)	Especies Sitio 5	IVI (%)
palo dulce	149.4	palo dulce	101.4	palo dulce	79.5	palo dulce	100.2	palo dulce	252.7
cazahuate	66.4	huizache	57.5	huizache	34.5	copal	44.9	cazahuate	24.5
huizache	27.7	copal	40.0	crucillo	23.0	crucillo	21.7	huizache	10.6
fresno	9.3	mezquitillo	26.8	cazahuate	25.7	granjeno prieto	23.6	tepame	12.0
granjeno prieto	10.8	mezquite	7.3	granjeno prieto	33.0	palo blanco	39.4		
Crucillo	8.0	tepame	19.2	Uña de gato	12.5	cazahuate	48.6		
Perimo	9.8	Uña de gato	7.0	palo blanco	35.8	lantrisco	21.3		
mezquitillo	8.8	cuáquil	8.4	mezquitillo	24.3				
Círculo	9.3	perimo	9.9	copal	31.2				
		cazahuate	22.0						

El palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) es la especie que presentó en todos los sitios el IVI más alto, además es una de las especies más apreciadas en la región por la diversidad de usos múltiples que proporciona a los campesinos de la región resaltando su madera dura muy utilizada para la elaboración de mangos de herramientas y la leña de buena calidad que les proporciona, por lo que en muchas ocasiones, cuando realizan la tumba de la vegetación para introducir cultivos agrícolas, los dejan como árboles dispersos (Figura 12).

**Figura 12 A**

Árboles dispersos de palo dulce en la parte baja del cerro de Guariaco

Con base en estas características de aprecio regional y a sus características ecológicas de crecimiento, a continuación se describen algunas de sus características más sobresalientes del palo dulce, como base para un sistema agroforestal.

### **El palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*)**

**Nombres comunes:** Cuate (Jal.); Coatillo (Pue.); Coatl (l. náhuatl); Cohuatli, Cuatle (Oax.); Lanaé (l. chontalpa, Oax.); Palo cuate, Rosilla (Sin.); Palo dulce (Sin., Mex., Hgo., Pue., Mich.); Taray (N.L., Dgo.); Tlapahuaxpatli; Ursa (l. otomí, Hgo.); Vara dulce, Varaduz (Dgo.). Otros nombres: Chontalpa, coatillo, cuate, lanae, palo cuate, rosilla, taray, vara dulce, varaduz (MX) (CONAFOR, 2007).

**Sinonimia:** *Dalea fruticosa* G. Don; *Eysenhardtia amorphoides* Kunth; *Eysenhardtia cobriformis* Pennell; *Eysenhardtia subcoriacea* Pennell; *Eysenhardtia reticulata* Pennell; *Eysenhardtia orthocarpa* S. Watson; *Psoralea fruticosa* Sessé & Moc.; *Psoralea stipularis* Sessé & Moc.; *Varennea polystachya* DC.; *Varenna polystachya* (Ortega) DC.; *Viborquia polystachya* Ortega.; *Wiborgia polystachya* (Ortega) Kuntze; *Wiborgia amorphodes* (Kunth) Kuntze (CONABIO, 2009).

**Distribución geográfica:** En nuestro país, *E. polystachya* se encuentra distribuida en los estados de Colima, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas. Actualmente la densidad de población de palo dulce es muy baja, por lo tanto, se ha considerado que su propagación es urgente y de gran importancia. Es más abundante en zonas semicálidas (A(C)w), además está presente en vegetación secundaria de selva baja caducifolia (Cervantes y Sotelo, 2002).

**Especies asociadas:** En la región de estudios se encuentra asociado con especies como el palo blanco (*Albizia occidentalis*), mezquite (*Prosopis laevigata*), Tepame (*Acacia pennatula*), Cazahuate (*Ipomoea murucoides*), Huizache (*Acacia* sp.), Acebuche (*Forestiera durangensis*), Copal (*Bursera* sp.), Cuáquil (*Celtis caudata*), Palo en cruz (*Randia blepharoides*), Lantrisco (*Rhus pachyrrhachis*). Aunque en la literatura se reportan otras asociaciones con *Acacia farnesiana*, *Ipomoea* spp., *Mimosa benthamii*, *Lysiloma divaricata*, *Opuntia atropes*, *Acacia pennatula*, *Agave kirchneriana*, *Bursera* spp., *Heliocarpus* spp., *Lysiloma acapulcense*, *Opuntia* spp., *Quercus* sp. (Cervantes *et al*, 2001. Reséndiz *et al*, 2012).

**Usos múltiples:** Madera dura de buena calidad para usos locales, aunque también se emplea como combustible por la leña y carbón de muy buena calidad, como especie melífera por el gran valor del néctar para los apicultores en la época de floración, forrajera ya que ayuda a disminuir enfermedades del sistema digestivo del animal, como postes y cercos vivos (CONAFOR, 2007). En la medicina tradicional mexicana se emplea como diurético, anticonceptivo, evacuar la orina, detiene el flujo de sangre, estriñe el vientre; el tallo para problemas urinarios, cálculos renales y abortos, y la flor para la diarrea como antibiótico natural y diurético (Pérez *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2002).

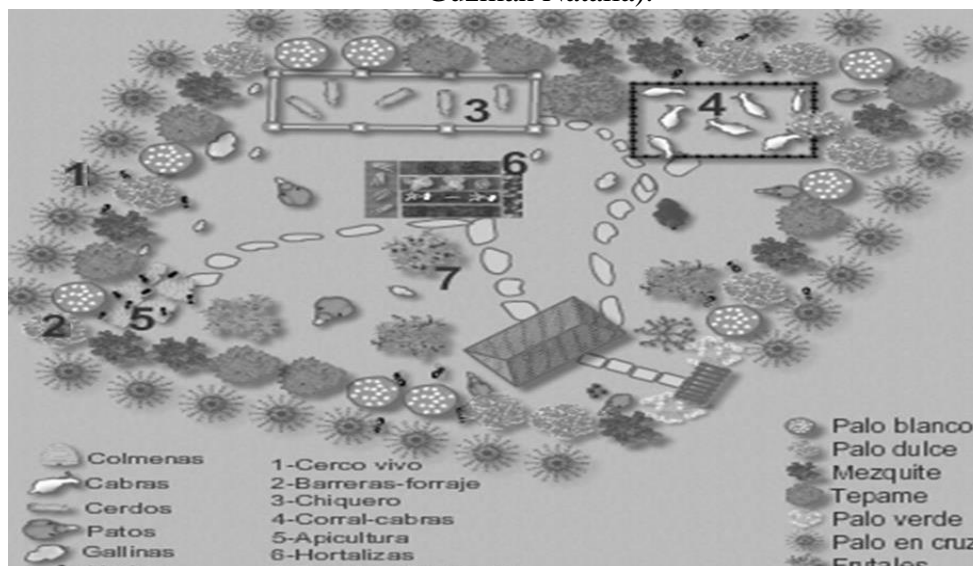
**Diseño agroforestal:** Ya que el área de crecimiento natural de la especie se encuentra cada vez más disminuido por el cambio de uso de suelo en la región de estudio, se propone el diseño de un huerto familiar, el cual constituye uno de los sistemas agroforestales más antiguos (Musalem, 2001). El objetivo fundamental será para proveer algunas de las necesidades básicas alimentarias a familias pequeñas y en algunas ocasiones les permitirá vender algunos excedentes de producción proporcionando ingresos en forma secuencial y conservará algunas de las especies de estos tipos de ecosistemas semiáridos. En el Cuadro 12.4 se presentan los componentes que se proponen para integrar el diseño agroforestal, los cuales estarán integrando la distribución vertical y horizontal.

**Tabla 12.4** Componentes agroforestales del huerto familiar propuesto

Componente	Características de las especies	Especie	Distancia plantas (m)	Distancia hileras (m)
Cerco vivo	Árbol o arbusto nativo espinoso, de porte bajo o medio	Palo en cruz	2 - 3	4 - 6
Barrera-forraje	Árbol o arbusto nativo, de porte medio. Palatable al ganado. Sombra densa. Buena asociación entre las especies	Palo blanco Palo dulce Mezquite Tepame Palo prieto	3-4	4-6
Chiqueros	Buen precio en la región	Cerdos	_____	_____
Corral	Buen precio en la región	Chivos, borregos, cabras	_____	
Apicultura	La miel es muy apreciada	Abejas Árboles melífera		
Verduras	Consumo familiar	Verduras o legumbres	Camellones	Variable
Frutales	Especie nativas	Naranjas, limas, capulines, zapotes	Dispersos en el patio	Variable
Ornamentales, medicinales, condimento	Agradable. Uso local para enfermedades y condimento.	Rosas, mirto, sábila, cilantro, mejorana, tomillo, etc.	Variable	Variable
Aves de traspatio	Consumo familiar	Gallinas, pollos, guajolotes, patos	Dispersos en el patio	_____

En la figura 12.4 se presenta el diseño espacial de los componentes agroforestales propuestos para el huerto familiar.

**Figura 12.4** Distribución espacial de los componentes del huerto familiar (elaborado por Mateo Guzmán Natalia).



### 12.3 Conclusiones

En la región sureste de Guanajuato aún se pueden encontrar especies nativas que representan un potencial para los campesinos de la región, la diversidad de productos no maderables que brindan a escala local para la economía campesina en esta región es muy amplia, destacando la producción de forraje y leña, sin dejar de lado los servicios ambientales que proporcionan.

La propuesta agroforestal utilizando como base el palo dulce proporcionara oportunidades económicas graduales a los campesinos de la región, principalmente a aquellos que poseen superficie en las colinas accidentadas del lugar.

### 12.4 Referencias

Cervantes, S.M.A. y Sotelo, B.M.E. 2002. Guías técnicas para la propagación de 10 especies latifoliadas de selva baja caducifolia en el estado de Morelos. SAGARPA. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Centro, Campo Experimental “Zacatepec”, Morelos, México. Publicación especial no. 30. 31 p.

Cervantes, G.V.; López, G.M.; Salas, N.N.; Hernández, C.G. 2001. Técnicas para establecer áreas de reforestación. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 174 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2009. *Eysenhardtia polystachya* (en formato pdf). Consultado 20 febrero 2016. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/28-legum18m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/28-legum18m.pdf)

De los Ángeles L. M. 2013. Propuesta de Restauración Ecológica en la Cuenca de Surutato Sin. Tesis Profesional de licenciatura. División de Ciencias Forestales. UACH. 70 p.

- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México 18. D.F. pp. 113.
- García, N. R.M. Sánchez, V. A. 2014. Estudio descriptivo de diversidad florística y usos de árboles y arbustos nativos del sureste de Guanajuato. Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México. Vol .2. No. 2
- Guizar, N.E. y Sánchez, V.A. 1991. Guía para el reconocimiento de los principales arboles del Alto Balsas. Dirección de difusión cultural. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, estado de México. 207 p
- Krishnamurthy L. y Ávila M. 1999. Agroforestería Básica. Serie textos básicos para la formación ambiental no.3. Programa Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México D.F. 340 p.
- Musálem M., A. 2001. Sistemas agrosilvopastoriles. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Texcoco, México. 120 p.
- Ramírez, G.A y García N.R. 2000. Caracterización de la Cuenca del Cerro Amoles en Cerano Guanajuato. Tesis Profesional de licenciatura. UACH. Chapingo México. 150 p.
- Pérez, R.; Vargas, R.; García, L.; Dávila, B. 2002. Efecto de isoflavonas aisladas de la corteza de *Eysenhardtia polystachya* sobre el crecimiento de cristales de oxalato y fosforo de calcio urinario. Boletín del Colegio Mexicano de Urología, 17:167-74
- Pérez, R. y Vargas, R. 2000. Antiuroliithiasic activity of 7-hidroxi-2', 4', 5'-trimetoxiisoflavone and 7-hidroxi-4'-etoxiisoflavone from *Eysenhardtia polystachya*. J Herbs Spices Med, 7: 134-9.
- Reséndiz, F. NS., García, N.R.M., Torres., C.F., Hernández, M.MA. Herrera, H.MG. Ortega, R.C. 2012. Goma de mezquite y huizache como alternativa de aprovechamiento en sistemas agroforestales. Resúmenes de la Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola Pesquera. INIFAP.
- Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Limusa, México. pp. 189-235.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1a. ed. Digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.
- Terrones, R. R., González S. C. Ríos, R. Santa. 2006. Arbustivas Nativas del Estado de Guanajuato 2012. Libro Técnico No.1 (versión electrónica). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. 200 p.
- Sánchez V., A. et al. 2005. Restauración Ecológica y Conservación de la Biodiversidad; Retos y Oportunidades. In: Uso de los Recursos Naturales y Medio Ambiente. Chapingo. pp. 291-317.
- SER, 2004. Principios del SER International sobre la Restauración Ecológica. Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. pp. 2-5.

## **Caracterización del agroecosistema cafetalero en la Sierra Sur de Oaxaca**

CRUZ Sergio y TORRES Guillermo

S. Cruz y G. Torres

` Profesor Investigador del área de Agronomía de la UACH y estudiante de la Maestría en Ciencias en Sociología Rural de la Universidad Autónoma Chapingo

``Profesor –Investigador del Departamento de Sociología Rural de la Universidad Autónoma Chapingo  
sergiocruzhdz@gmail.com

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## Abstract

This investigation described and analysed the coffee agroecosystem in the Sierra South of Oaxaca State. It was developed in social and economic context because the main activities practiced are: agricultural, forestry and handicrafts. The peasant families living in this ecosystem have implemented strategies for the use and management of natural resources, in order to meet the basic needs of food and shelter. In this investigation was analyzed the rural economics and the use of natural resources, which required to analyse the natural environment, rural society and sociocultural elements. The family labor force is classified as multi-occupational, because to survive is engaged in different sectors of the economy. The survival strategies are responses to the crisis of the regional peasant economy.

## 13 Introducción

La persistencia y necesaria capitalización de la economía campesina en México, fundamentalmente de origen indígena y la migración de pobladores rurales a las grandes ciudades, son dos de los nuevos retos a atender, como requisito para lograr el desarrollo rural en el tránsito hacia la sustentabilidad en la Sierra Sur de Oaxaca. El agroecosistema cafetalero que se practica en dicha región, ha permitido por décadas la subsistencia campesina (pero no es eterno); es decir, la economía campesina ha logrado girar entorno a dicho cultivo. Las Unidades de Producción Rural (UPR), se han mantenido básicamente por la biodiversidad vegetal, animal y cultural que se encuentra en dicho sistema de producción, sin dejar a un lado los diferentes programas federales y estatales que brindan oportunidades de desarrollo a la población.

En México y particularmente en Oaxaca, desde la época prehispánica; el agro se ha basado en la comprensión del ambiente y de sus elementos, que son manejados como recursos en los procesos agrícolas. Este conocimiento se ha denominado tradicional y es fundamental para la comprensión de los ecosistemas agrícolas mexicanos contemporáneos, desde su surgimiento, hasta los procesos de cambio o de conversión que han sufrido a través del tiempo, llegando al momento actual.

En la región conocida como Loxicha, estudiamos las comunidades de tres municipios: San Agustín Loxicha, San Bartolomé Loxicha, desde el punto de vista social, además de tomar en cuenta los componentes físicos, biológicos, geográficos y socioculturales, los recursos naturales y los procesos agrícolas que realizan las familias cafeticultoras campesinas de Oaxaca.

La economía campesina, es una economía que depende en alto grado de los recursos, ciclos y fenómenos de la naturaleza, lo cual provoca que la producción campesina se caracterice por la diversidad productiva, que es la única manera de amortiguar la impredecibilidad de buena parte de los fenómenos naturales y de evitar una dependencia excesiva de un mercado al que acuden en desventaja los campesinos; con este fundamento se caracteriza la economía campesina cafetalera de la Sierra Sur en la Selva Loxicha del estado de Oaxaca.

Los conocimientos que tienen los campesinos en la selva Loxicha, de la Sierra Sur, en la región Costa de Oaxaca, han sido obtenidos mediante la observación de los componentes de su medio, los cuales han permitido identificar los recursos naturales que utilizan en el proceso agrícola de la producción del café, estos conocimientos son transmitidos a partir de la observación, la experimentación y la práctica, manteniendo el contacto directo con los recursos naturales y observando cómo es su manejo.



Estos conocimientos tienen bases ecológicas, geográficas y ambientales, las cuales les permiten su manejo, como ha sucedido en los últimos años, en donde, las familias campesinas han implementado estrategias para el uso y manejo de los recursos naturales, con la finalidad de satisfacer las necesidades básicas de alimento y vivienda.

### **13.1 Materiales y Métodos**

Los municipios que se exploraron en el Distrito de Pochutla, son: (1) San Agustín Loxicha y, (2) San Bartolomé Loxicha. Esta región se ubica al suroeste del estado, sus coordenadas extremas son: Latitud N: 15° 40' 55" a 16° 29' 45" Longitud W: 95° 11' 41" a 97° 34' 57", a una altitud media de 1800 msnm, tiene una extensión de 15,493 km<sup>2</sup>, el estado de Oaxaca, para su administración económico- administrativa, se ha dividido en ocho regiones; (1) Mixteca, (2) Cañada, (3) Papaloapan, (4) Sierra Norte, (5) Valles Centrales, (6) Costa (en donde se realiza dicho estudio), (7) Istmo, y (8) Sierra Sur.

Para abordar la cuestión socio-cultural y explicar la relación de los diferentes grupos étnicos y su subsistencia a partir del agroecosistema cafetalero, el enfoque es cualitativo, con una comprensión global. Los métodos utilizados desde esta perspectiva son los basados en la observación y descripción de los fenómenos. Se diseñaron entrevistas, para rescatar el conocimiento de los productores, se realizó por grupos de edades; es decir, entrevista a adultos mayores, adultos y productores jóvenes.

De esta forma se caracterizó la economía familiar campesina cafetalera y el aprovechamiento de los recursos naturales, enmarcados en la vegetación de la región, así como su tipología ecológica -económica. En la presente investigación, respecto de la relación del aprovechamiento hombre-naturaleza, se aplicó el siguiente método.

#### **Enfoque del Método de la Ecología Cultural**

EL análisis entre el ambiente, la sociedad campesina y los componentes socioculturales se realizó a través del enfoque teórico y metodológico de la Ecología Cultural, la cual, es una herramienta metodológica para investigar y se puede analizar desde el punto de vista de la adaptación del hombre y su ambiente (Steward, 1972). El concepto básico es el de adaptación sociocultural al ambiente, considerando siempre a la cultura como un elemento decisivo, que permite a las sociedades saber cómo actuar ante ciertas circunstancias y manifestaciones de los componentes del ambiente para ajustarse a ellos, en este caso, la etnia de Zapotecos.

La Ecología Cultural, estudia las relaciones del hombre con su ambiente físico a través de niveles de integración, que van de la comunidad a lo regional, lo nacional o lo internacional. Afirma que, los patrones de comportamiento culturales permiten la adaptación del hombre al ambiente mediante una serie de interacciones dinámicas. Esta teoría pone especial atención en las reacciones y respuestas emitidas por los seres humanos a través de lo que se conoce como cultura, la cual nos permite comprender y explicar los procesos de cambio social y las diferentes adaptaciones.

#### **Enfoque Metodológico de la Etnometodología**

Garfinkel (Ritzer, 1993) propuso que la Etnometodología trata como sujeto de estudio empírico a las actividades prácticas, a las circunstancias prácticas, al razonamiento sociológico práctico. Es la investigación empírica de los métodos que utilizan los individuos para dar sentido y al mismo tiempo realizar, sus acciones cotidianas: comunicar, tomar decisiones, razonar, entre otras.

La premisa básica del enfoque etnometodológico es, que la realidad social se crea y recrea de forma constante en las interacciones sociales de los miembros de una sociedad y, por este motivo, para entender esa realidad social es preciso analizar en detalle los procedimientos que los individuos emplean en sus interacciones. Uno de estos procedimientos es el de describir el entorno social en el que participan de manera más o menos directa.

La Etnometodología, es interpretativa, debido a que estudia los métodos o procedimientos con los que los integrantes de las sociedades dan sentido a la vida cotidiana o actúan en ella; desde la consideración de que el orden social está determinado por los continuos actos interpretativos de los sujetos implicados. Se aplica fundamentalmente de manera interpretativa y regularmente apelan al uso de técnicas como la entrevista, la grabación y registro etnográfico, entre otros.

Se parte del supuesto de que el comportamiento humano es, en gran medida, racional. El interés no se halla en el análisis funcional de las normas sociales, sino en los procesos en los que la gente organiza sus actuaciones en la vida cotidiana. La Etnometodología, se interesa por preguntar cómo actúan, intentando entender como la vida cotidiana es producida y organizada, no está interesada en lo que piensan los sujetos si no en lo que estos hacen, llevando a una descripción explicatoria. Se intenta analizar el sentido del comportamiento y las relaciones socio-culturales de las expresiones, normas, reglas y códigos que emplea la sociedad.

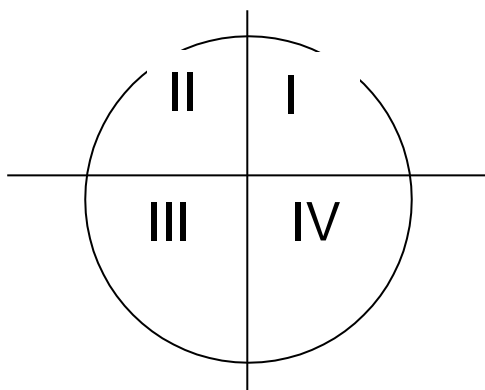
Con respecto a la biodiversidad vegetal arbórea del agroecosistema cafetalero, se aplicó el siguiente método.

### **Método de Evaluación de la Biodiversidad Arbórea del Agroecosistema Cafetalero**

La unidad de muestreo para contar especies de árboles de sombra es un punto al azar dentro del cafetal, la cual tiene un radio de 25 metros, en la cual todos los árboles más altos de los cafetos se contabilizaron.

- Seleccionamos un árbol representativo en altura, el cual quedó al centro del sitio de muestreo.
- Colocamos dos hilos (mecate, rafia) con una longitud de 50 metros; los hilos de preferencia orientados por los puntos cardinales.

Esto delimitó un círculo de 25 m de radio y los dos hilos permitiendo identificar cuatro cuadrantes, como se ilustra a continuación



Tomamos cuatro medidas por punto de referencia, es decir, el árbol se ubica al centro del punto de muestro, se contabilizaron todos los árboles que le dan cobertura al café:

- Ubicamos el área de sombreado de la copa, colocamos la espalda hacia el tronco del árbol y nos retiramos un paso afuera de la copa.
- Hicimos cuatro mediciones, considerando los puntos cardinales.

Registro de especies vegetales por sitio: con la información de los cuadrantes, obtuvimos el total de árboles y % de cada uno de ellos. En cada cafetal, con la ayuda de los productores, se realizó el conteo de todas las especies, rescatando de cada una de ellas sus diferentes usos: (a) comestible, (b) medicinal, (c) combustible, (d) otros. La información se procesó en el formato de inspección del SMBC.

## 13.2 Marco Teórico Conceptual

### Economía Campesina

La economía campesina, ha permitido el desarrollo del sector industrial. Esto es importante en México, puesto que este sector ha sido proveedor de medios de subsistencia baratos; materia prima, fuerza de trabajo, entre otros, aparte, dicha economía ha ido evolucionando para convertirse en un conjunto de clases (Lenin, 1974).

Es una economía que depende en alto grado de los recursos, ciclos y fenómenos de la naturaleza, lo cual provoca que su producción se caracterice por la diversidad productiva, que es la única manera de amortiguar la impredecibilidad de buena parte de los fenómenos naturales y de evitar una dependencia excesiva de un mercado al que acuden en desventaja los campesinos. Esa diversidad productiva provoca que la manipulación del espacio natural se realice con una estrategia múltiple para usar diferentes unidades eco-geográficas, que están constituidas por diversos elementos físicos y biológicos. Por tanto, observamos un uso múltiple del espacio y un uso de la diversidad biológica.

Al tratar la economía campesina, nos estamos refiriendo a una forma no capitalista, cuyo objetivo central es la satisfacción de sus necesidades básicas y al mismo tiempo fuente de acumulación de capital.

Así, (Cruz, 1977) menciona que las características fundamentales de la economía campesina, son:

- Se basa en el uso del trabajo familiar no asalariado.
- Producen fundamentalmente para autoconsumo, pero también para el mercado.
- La ganancia y el capital variable, forman una unidad, dado que el campesino no toma en cuenta el valor de su propia fuerza de trabajo y de los miembros de su familia y este hecho esconde el fenómeno que consiste en la fusión de la ganancia y el salario.
- La venta de fuerza de trabajo, tanto del jefe de la unidad familiar como de algunos de sus miembros, es una forma de complementar el ingreso.
- Como resultado de la polarización en el campo, una gran parte de la economía campesina vive un agudo proceso de descampesinización, que no lo desaparece completamente, pero sobreviven en peores condiciones (subconsumo), otra parte mínima, logra reproducirse de una manera más o menos ampliada, mientras que otra mantiene su status inalterable, es decir, se mantiene en una reproducción simple.
- La unidad familiar campesina y las actividades productivas y sus demandas, se hallan fusionadas, de tal manera que ésta aporta sólo una parte, o en ocasiones la única parte necesaria para la subsistencia de la familia y ésta, a su vez, proporciona la fuerza de trabajo necesaria para el desempeño de dichas actividades productivas.

- Una de las características fundamentales de esta forma particular no capitalista es su especial tipo de reproducción económica, considerando a este modo de producción como un todo.

Marx (1986), señala que el trabajo inmediato y el trabajo general, son las dos formas específicas que asume el trabajo productivo; el trabajo inmediato, se entiende como la energía vital aplicada directamente a la producción, y puede ser comparada como “el cuerpo del sistema”; el trabajo general puede representar como su “cerebro”, porque se orienta a materializar el conocimiento científico en tecnología, y a generar cada vez nuevo conocimiento que pueda tener aplicaciones productivas, como medio de incrementar la ganancia. En este sentido se puede señalar que tanto en su desenvolvimiento típico como en su modalidad subdesarrollada, la acumulación o reproducción del capital en escala ampliada implica la reproducción misma de la relación de capital: capitalistas en un extremo, trabajadores en el otro (incluyendo campesinos).

La economía campesina, se orienta en lo inmediato a procurarse, a través del aprovechamiento de los recursos naturales, a la obtención de los satisfactores necesarios para su sustento; y en lo mediano la economía campesina aspira a reproducir sus procesos productivos, regenerando esos procesos de trabajo donde se dan vínculos de producción específicos y que se sostiene en determinadas condiciones precarias. Se aspira, lograr su reproducción como pequeños productores.

**Figura 13** Aprovechamiento de los recursos naturales en la Economía Campesina de la Región Sierra Sur de Oaxaca



Fuente: Elaboración propia

### **Definición del Campesino**

Podemos considerar que, el campesino no forma parte del proletariado, puesto que el productor directo no se encuentra separado de sus medios de producción; sin embargo, dada su calidad de pequeño proveedor independiente, o participando eventualmente en el mercado como proveedor subsidiario, se puede incorporar al proceso de valorización del capital. Los lazos de colaboración mutua y de reciprocidad entre los miembros del núcleo familiar y las comunidades rurales, se organizan en base a una división elemental del trabajo, participan en la explotación de la tierra y aprovechan los recursos naturales; esta retribución, incluye un ingreso complementario, que se orienta a cubrir algunas de sus necesidades básicas, como son: vestido, salud, educación, patrimonio, entre otros.

El concepto de campesino de Skerritt, (1998) a partir del concepto que propone E. Wolf, es el siguiente: El campesino, es un pequeño productor agrícola que controla sus medios de producción, que son fundamentalmente la posesión de tierra, pero que incluye algunos aperos de orden rudimentario. Con estos medios, el campesino aplica su propia fuerza de trabajo junto con la de su familia. El producto del trabajo de la unidad familiar campesina tiene tres destinos: primero, se dedica a la reproducción de la fuerza de trabajo de ella misma (autoconsumo); segundo, un excedente se destina al pago de renta e impuestos y a otros gastos exigidos por la clase dominante, y tercero, el restante de la producción, se intercambia en el mercado para adquirir los bienes y servicios necesarios para garantizar la reproducción de la unidad, el fondo de reposición de aperos, por ejemplo.

Chayanov (1975), propone que, cualquiera que sea el factor determinante de la organización de La Unidad Económica Campesina que consideremos dominante, por mucho valor que atribuyamos a la influencia del mercado, a la extensión de la tierra utilizable o a la disponibilidad de los medios de producción y a la fertilidad natural, debemos reconocer que la mano de obra es el elemento técnicamente organizativo de cualquier proceso de producción.

El objetivo del pequeño campesino es lograr su reproducción simple, no busca una acumulación como en el régimen capitalista y parte de su producción se destina al consumo productivo, como lo señala Chayanov, (1975) la "dualidad" del comportamiento campesino en cuanto *unidad económica familiar de producción y consumo*, atribuye un carácter mercantil a la fuerza de trabajo en él incorporada y a la totalidad de producto.

El remanente de la producción, se orienta al intercambio; en este caso, se interesa el producto como portador del valor que genera el trabajo campesino; sin embargo, dicho remanente tiende a mermar en la misma proporción que aumenta el consumo familiar y se desgastan los recursos materiales y naturales. Las unidades de producción campesinas familiares, se caracterizan por estar rezagadas del desarrollo tecnológico que, promueve el desarrollo global de las fuerzas productivas y escasamente incorporan innovaciones.

La organización social política, forma parte de las estrategias de reproducción o subsistencias, el objetivo de la movilización campesina consiste en presionar para exigir al Estado, consideraciones especiales en el mercado de productos o de recursos económicos. Cabe hacer mención que, algunos campesinos, al experimentar otras ocupaciones, pierden de vista sus objetivos como campesinos, bien porque logran acceder por alguno de sus polos a la relación de capital, o porque se asimilan a otros estratos de la sociedad, transformada esa actividad estratégica en su fuente principal de ingresos.

La economía campesina, constituye una unidad productiva que opera individualmente bajo criterios ajenos al modo de producción que hoy predomina es el sistema capitalista, constituye una particular forma de organización del trabajo, y que su origen está vinculada al nacimiento mismo del capitalismo en condiciones de subdesarrollo.

El manejo, el cuidado y el aprovechamiento de los recursos naturales y la diversidad de actividades agrícolas sustentan la economía de las familias campesinas, y les permite subsistir en el contexto del mundo capitalista.

En este sentido, Marx (1974) plantea lo siguiente:..[Tal como ocurren las cosas, una parte considerable del producto agrícola viene a ser consumido directamente por sus productores, los campesinos, como medio directo de subsistencia, destinándose solamente el resto a servir de mercancía en el comercio con la ciudad. Cualquiera que sea el modo como se halle regulado aquí el precio medio del mercado de los productos agrícolas, es indudable que en estas condiciones deberá existir, lo mismo que bajo el régimen capitalista de producción, la renta diferencial, o sea, un remanente del precio de las mercancías en las tierras mejores o mejor situadas]

**Figura 13.1** Familia campesina cafetalera de la Selva Loxicha de la Sierra Sur de Oaxaca



Fuente: elaboración propia

Sin embargo, no todo el conocimiento considerado tradicional tiene estas bases, para ello requiere, haber estado sujeto a procesos de experimentación a través del tiempo (ensayo – error), en los cuales se ha adaptado a las condiciones ambientales y sociales. Así Concheiro y López (2006), señalan que los agroecosistemas se han combinado de distintas maneras, para conformar lo que ha sido genéricamente denominado modelo mexicano de agricultura.

Entre el uso del suelo, el conocimiento de los componentes del ambiente, por parte del campesino y los procesos agrícolas, existe una relación interdependiente, que permite la producción de alimentos para las familias campesinas. Los procesos agrícolas, representan el conjunto de técnicas asociadas al manejo de recursos naturales tanto renovables como no renovables; además, existen factores que condicionan o determinan las actividades agrícolas, por ejemplo: la altitud sobre el nivel del mar, el relieve, el clima y los rasgos socioculturales. Sin embargo, en ocasiones, los campesinos modifican o adaptan estos factores para adaptarlos a los procesos agrícolas. La agricultura campesina, continúa representando un sector agrícola muy importante, debido a que esta actividad es el soporte de gran parte de la población del país, debido a que los alimentos y materias primas que produce, constituyen una fuente básica para la subsistencia de las comunidades rurales, además de generar ingresos, empleos y alimentos para la población urbana y también porque amplían el consumo de productos industriales.

A través del tiempo, los campesinos en su reproducción social, han utilizado diferentes fuentes de conocimiento para manejar los recursos naturales y desafiar la problemática a la que se enfrentan con fines de producir alimentos.

En este proceso, las familias campesinas combinan saberes y prácticas tradicionales, para diseñar agroecosistemas adaptados a condiciones ambientales y socioeconómicas a nivel local. Actualmente, los campesinos cafetaleros, mediante prácticas tradicionales adecuadas a sus condiciones agroecológicas, producen cultivos diversos, adaptándolos a las condiciones del clima, el agua, el suelo y la vegetación local; como es el caso del café de altura.

### El Concepto de Agroecosistema

Respecto a la relación entre naturaleza y sociedad existen dos grandes corrientes; la ecocéntrica, que establece que los ecosistemas naturales tienen un valor intrínseco independientemente que éstos sean de utilidad al hombre; y la antropocéntrica, donde la naturaleza tiene importancia por el valor utilitario o beneficios que proporciona a la sociedad (Sans, 2007). Los ecosistemas se enfocan a aspectos físicos, ecológicos, biológicos y estéticos; en los agroecosistemas, los procesos productivos y sociales cobran relevancia por el rol que juega el hombre como ente controlador del sistema en relación a la producción de alimentos, bienes y servicios que demanda la sociedad (Vilaboa, 2011). En este contexto, Hernández (1977), definió a los agroecosistemas como un ecosistema modificado en menor o mayor grado por el hombre para la utilización de los recursos naturales en los procesos de producción agrícola.

### 13.3 Resultados

#### Características de los productores

Los campesinos cafetaleros de la selva Loxicha, de la región Costa de Oaxaca, tienen en promedio una edad de 60 a 70 años y la mayoría tiene primaria incompleta; la extensión del cafetal de los productores varía desde 1 a 6 has, el promedio de éstas es de 3 has. En promedio, estas unidades de producción tienen 3.5 integrantes. Estos productores cultivan café, además cultivan maíz, en sus casas tienen pequeños huertos familiares y cuentan con animales de traspatio. Para estas actividades productivas el salario regional es de \$100/día.

**Tabla 13** Perfil de los cafetaleros de la región Loxicha, Oaxaca.

Servicios con que cuenta en su casa							Actividades que realiza el productor			
Nº	Luz	Agua	Piso de tierra	TV.	Refrigerador	Estufa	Cafetal	Milpa	Traspatio	Venta fuerza de trabajo
1	Si	Si	Si	No	No	No	Si	No	No	Taxista
2	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	no	No
3	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	No	No	No
4	Si	Si	No	No	No	No	Si	No	No	No
5	Si	Si	No	No	No	Si	Si	No	No	No
6	Si	Si	No	No	No	No	Si	No	No	No
7	Si	No	Si	Si	No	No	Si	No	No	No
8	Si	Si	Si	No	No	No	Si	Si	No	No
9	Si	Si	No	No	No	No	Si	No	No	Vende leña
10	Si	Si	No	No	No	No	Si	No	No	No

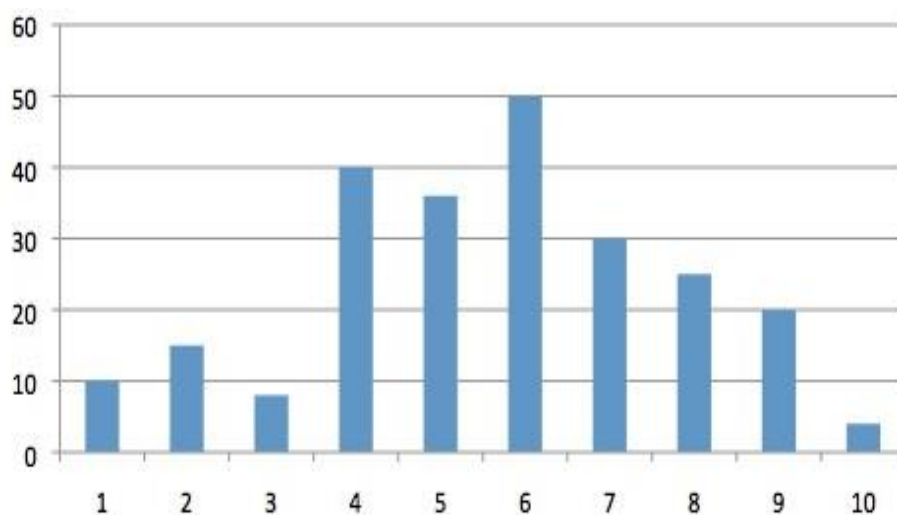
Fuente: elaboración propia con datos del trabajo de campo

En la región, se observa que la mayoría de las UPR, tienen luz y agua, además de que la mayoría utiliza leña, por no tener estufa y, todos dependen exclusivamente del cultivo de café, aunque pueden contar con otros medios de ingreso como la venta de leña u otros frutales como la guanábana.

### Características de los Cafetales Bajo Sombra

En promedio los predios tienen 43.6 años como cafetales habiéndose encontrado el caso donde los predios tienen entre 70 y 100 años como cafetal; es decir, son cafetales viejos, el arbolado que le da sombra al cafetal permitió identificar que las plantaciones del aromático tienen en promedio 58.8% de sombra encontrando cafetales hasta de 80% de sombra, lo cual permite el ataque de plagas y enfermedades, se recomienda realizar podas de saneamiento y de liberación. En el gráfico 13, se pueden observar los datos de la edad de los cafetales, destacando que hay predios muy antiguos, los cuales necesitan manejo agronómico para poder reestablecerse.

**Gráfico 13** Edad de los cafetales en los Loxicha



Fuente: elaboración propia con los datos de campo

En el arbolado de sombra se identifican dos estratos que dan sombra a los cafetos; en promedio la altura del dosel dominante es de 14 m, mientras que la altura de las especies emergentes es de 18.1 m. El suelo en un 55% está cubierto de hojarasca, 35% tiene cubierta viva y el restante 10% es de suelo visible, estos datos se aprecian en el Cuadro 13.1. Sin embargo, la descomposición y mineralización de la materia orgánica, no se lleva a cabo completamente, debido a que, la actividad microbiana en el suelo, es muy baja, esto, por el impacto y daños ocasionados por los huracanes Paulina y Carlota, causando lixiviación y lavado de nutrientes, así como erosión del suelo.



**Cuadro 13.1** Características de los cafetales.

Nº de	Años del predio como cafetal	% de la sombra	Número de estratos en el	Altura del dosel dominante (m)	Altura de las especies emergentes (m)
1	73	53.7	2	10	15
2	100	80	2	8	14
3	22	40	2	15	20
4	40	55	2	18	24
5	36	80.5	3	18	26
6	50	47.5	2	14	18
7	66	64.1	2	16	18
8	25	50	3	10	30
9	20	59	1	18	0
10	4	54.6	2	14	16
PROMEDIO	43.6	58.44	2.1	14.1	18.1

Fuente: elaboración propia con datos del trabajo de campo

### 13.4 Conclusiones

Con respecto al rendimiento del café, se han registrado mermas, en promedio se encontró que cosecharon 38.15 kilogramos de café pergamino por ha, es decir, 0.75 quintales por hectárea. Esta disminución en el rendimiento, se atribuye al impacto de los fuertes vientos en la región, dañando árboles de sombra, además todavía no han podido recuperar la fertilidad del suelo, después del desastre del huracán Paulina y el huracán Carlota. Además de sufrir la afectación de Roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), plagas, baja actividad nutrimental en el suelo, entre otras, lo anterior causa gran impacto en los cafecultores, lo cual está impactando negativamente a la economía familiar campesina de las comunidades

Es de consideración importante, tomar en cuenta que, la roya del cafeto como enfermedad, ha encontrado condiciones favorables para su desarrollo y establecimiento en las principales regiones cafecultoras, particularmente en Oaxaca, de no atender esta problemática, las UPR, dejaran de recibir casi la mitad de sus ingresos totales, coadyuvando al deterioro de la economía familiar campesina

El relieve regional de los Loxicha, se conforma especialmente de sierras, con pendientes escarpadas, donde se practica una agricultura de temporal, y la producción de café. El 80% de los productores agrícolas utilizan instrumentos manuales como el machete, hachas, coas, entre otros. En la zona, actualmente los productores no cuentan con capacitación en las actividades productivas ligada al campo, estos problemas técnicos y económicos; además del desastre causado por hidrometeoros como los huracanes mencionados, generan producciones muy bajas en grandes extensiones de terreno.

Los conocimientos que tienen los campesinos en la selva Loxicha, de la región Sur de Oaxaca, han sido obtenidos mediante su propia cosmovisión y la observación de los componentes de su medio, los cuales han permitido identificar los recursos naturales, que utilizan en el proceso agrícola de la producción del café.

Las familias campesinas han implementado diferentes estrategias para el uso y manejo de los recursos naturales, esto con la finalidad de satisfacer las necesidades básicas de alimento y vivienda. La fuerza de trabajo en la región se clasifica como multiocupacional, debido a que para poder subsistir se dedica a distintas actividades en los diferentes sectores de la economía y su movilidad es multidireccional, dado que se desplaza permanentemente, inclusive del campo a la ciudad de Oaxaca, incluyendo migración internacional; por ello las estrategias de sobrevivencia son respuestas a la crisis de la economía campesina regional.

Para los campesinos cafetaleros, en ocasiones, la agricultura ha dejado de ser la actividad central en torno a la cual se organizaban las demás actividades, ahora, su fuerza de trabajo de las unidades de producción rural, revalorizan la eficiencia del conjunto de actividades desarrolladas por la familia.

### 13.5 Referencias

Chayanov, A. (1975). La organización de la unidad económica campesina. Ed. Cultura Popular, México.

Concheiro, L. y F. López. (2006). Biodiversidad y conocimiento tradicional en la sociedad rural.

Cruz, H. A. (1977). Economía campesina y desarrollo rural en México. Tesis. UACH.

Hernández X., E. (1977). Agroecosistemas de México, Colegio de Postgraduados/ Escuela Nacional de Agricultura, México.

Lenin, V. I. (1974). El desarrollo del capitalismo en Rusia: el proceso de formación del mercado interior para la gran industria, Editorial Progreso, Moscú, Rusia.

Marx, C. (1986). *El capital*, México, Ed. S. XX

----- (1974). El capital tomo III, Editorial Fondo de Cultura Económica, México

Ritzer, G. (1993). Teoría sociológica contemporánea. Editorial Mc Graw-Hill. México

Sans F. X. (2007). Agroecología. Ecosistemas. 2007/1, consultado en:  
([http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=462&Id\\_Categoria=9&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=462&Id_Categoria=9&tipo=portada))

Skerritt. G. D. (1998). Campesinos: ¿de qué hablamos?. Cuaderno de trabajo n°5. Instituto de Investigaciones Histórico-Sociales. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz.

Steward, J. (1972). Theory of culture change. The methodology of multilineal evolution. University of Illinois Press. USA.

Vilaboa A. J. (2011). Agroecosistemas: una forma de entender la relación sociedad-naturaleza. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. México.

**Efecto de la infección con *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis*, en el vigor de las semillas de Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)**

GUERRA-R., Priscila, DELGADILLO-B., Claudia, HERNÁNDEZ-H., José Luis, GUERRA-R. Diana y SÁNCHEZ-C., Román

P. Guerra',', C. Delgadillo', J. Hernández', R. Guerra'' y R. Sanchez''

'Colegio de Postgraduados- Campus Montecillo  
' UACH-Departamento de Preparatoria Agrícola,  
''' UACH-Departamento de Fitotecnia.  
pris682000@yahoo.com.mx

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

## Abstract

The effect of infection with tomato seeds *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis* bacteria was determined on quantitative parameters to assess seed vigor. No statistically significant difference between treatments for emergency speed parameters, percentage of establishment, shoot length and root length was found. Percent viability parameter is statistically different in the treatment of variety saladette with bacteria, where the infection causes a decrease in seed viability. In the dry weight of stem significant difference between treatments ball without bacteria and saladette with bacteria was found. Increased production of biomass and root dry weight on the ball variety without infection was found; the largest amount of biomass produced by this variety, compared with saladette variety, is not affected by the infection of seeds, with statistically significant difference, which indicates greater vigor ball variety.

## 14 Introducción

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es una de las hortalizas (junto con la papa) más cultivadas a nivel mundial, representa una rica fuente de vitaminas y minerales así como proteínas, carbohidratos, fibra y ácido fólico, entre otros. Además, es rico en licopeno considerado un antioxidante muy potente (Jaramillo *et al.*, 2007).

El cancro bacteriano es uno de los principales problemas fitosanitarios que afecta al cultivo de tomate en el mundo. El agente causal de esta enfermedad es la bacteria gram positiva *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis* (*Cmm*). El diagnóstico oportuno de *Cmm* juega un papel fundamental en varias de las medidas que involucran el control de la enfermedad. Las semillas infectadas constituyen la fuente primaria de inóculo y son responsables de la ocurrencia de brotes severos de infección, aunque también puede diseminarse a través de suelo contaminado arrastrado por el viento, o de manera mecánica por las manos, herramientas de trabajo, poda y otras labores culturales (Sandoval, 2004). Se requieren niveles muy bajos de contaminación de la semilla para iniciar una epidemia importante. Por lo anterior, para el manejo del cultivo se recomienda la utilización de semillas certificadas y/o la selección y el trasplante de plántulas provenientes de semilla certificada y desarrollada en almacigos libre de la enfermedad.

Por otro lado, el “vigor” de las semillas ha sido por mucho tiempo tema de interés entre los productores y usuarios de las semillas agrícolas, ya que si bien la calidad de las semillas está determinada principalmente por la germinación y el establecimiento de las plántulas en el campo, éstas dependen en gran medida del vigor de la semilla. De ahí el interés por evaluar este parámetro de calidad mediante pruebas cuyos resultados estén altamente correlacionados con el comportamiento de las semillas en el campo (Moreno, 1984).

Después de diferentes intentos por definir el vigor de las semillas, en 1977, el Comité de pruebas de Vigor de la ISTA, lo definió como: “El vigor de la semilla es la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semilla durante su germinación y emergencia de la plántula. Las semillas que se comportan bien se llaman semillas de alto vigor y semillas que se comportan pobremente son denominadas semillas de bajo vigor”. Esta definición engloba aquéllos procesos que directamente han sido relacionados con las diferencias en el vigor de las semillas; estos son:

a) Proceso y reacciones bioquímicas durante la germinación, tales como reacciones enzimáticas y actividad respiratoria; b) Velocidad y uniformidad de la emergencia de la plántula en el campo, y c) Capacidad de emergencia de las plántulas bajo condiciones desfavorables del medio ambiente. Moreno (1984) menciona que entre las causas de la variabilidad del vigor en las semillas están las siguientes: el genotipo, medio ambiente y nutrición de la planta, estado de madurez al momento de la cosecha, tamaño, peso y peso volumétrico, daño físico, deterioro y envejecimiento y los patógenos. El presente estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la infección de semillas de jitomate con *Cmm*, sobre su velocidad de emergencia, porcentaje de establecimiento, viabilidad, porcentaje de plántulas normales y anormales, longitud del vástago, longitud de raíz, peso seco del vástago, y peso seco de raíz, como parámetros cuantitativos para la evaluación del vigor de las semillas.

### 14.1 Materiales y métodos

El experimento se realizó en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, bajo condiciones de invernadero utilizando cajas de plástico de 20 X 30 cm, con la mitad de su volumen con arena de río estéril. Se utilizaron dos genotipos de jitomate: jitomate tipo “Bola” variedad Floradade y jitomate “Saladette” variedad Río Grande, las semillas se obtuvieron a partir de los frutos.

**Preparación del inóculo.** El cultivo bacteriano de *Cmm* de 24h en caldo NBY (Caldo nutritivo 0.8%, extracto de levadura 0.2%,  $K_2HPO_4$  0.2%,  $KH_2PO_4$  0.025%), se centrifugó por 15 min a 3900 g y el precipitado se re suspendió en una solución salina a 0.85% estéril para eliminar los fragmentos del medio de cultivo; se centrifugó nuevamente y se ajustó el inóculo a una densidad óptica (OD) de 0.67 a 480nm para obtener  $10^8$  unidades formadoras de colonias (CFU) por mililitro (Hadas *et al.*, 2005).

**Infección de las semillas.** De cada una de los tipos de jitomate se utilizaron 100 semillas por repetición previamente desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio al 1.0% (v/v) por 5 minutos y posteriormente se enjuagaron con agua destilada estéril. A continuación fueron embebidas en 200mL de la suspensión bacteriana (preparada anteriormente) por 30 minutos (Figura 14).

**Figura 14** Infección de semillas de jitomate con *Cmm*



Posteriormente se sembraron en almácigo en sustrato estéril. Se realizaron 4 repeticiones de 100 semillas cada una por tratamiento (Figura 14.1).

**Figura 14.1** Siembra de semillas de jitomate infectadas y no infectadas en almácigos



Asimismo, 100 semillas se consideraron como testigo negativo al pasar por el mismo proceso pero con uso de agua destilada estéril en lugar de suspensión bacteriana (Borboa *et al.*, 2009)

El diseño experimental utilizado fue un Diseño de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones.

Modelo Estadístico:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + b_j + \varepsilon_{ij} \quad (14)$$

$$i = 1, 2, 3, 4. (T) \quad j = 1, 2, 3, 4. (B)$$

Donde:

$y_{ij}$  = Observación de la variable respuesta (viabilidad(% de plantas normales y anormales), longitud de la raíz, peso seco de vástago y peso seco de raíz) obtenida del tratamiento  $i$ -ésimo dentro del bloque  $j$ -ésimo.

$\mu$  = Media general de las variables respuestas.

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$b_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = Error asociado al tratamiento  $i$  en el bloque  $j$

Hipótesis a probar:

- $H_0$ : No hay diferencias entre las medias de los dos tipos de tomate infectados y no infectados.
- $H_a$ : Hay diferencias en al menos una de las medias de los dos tipos de tomate infectados y no infectados.

Nivel de significancia de 0.05.

Regla de decisión:

Rechazar  $H_0$  si el valor de  $F_c > F_t$ .

No rechazar  $H_0$  si el valor de  $F_c < F_t$

La unidad experimental constó de las 100 plantas por tratamiento por repetición.

Para cada tipo de jitomate (Bola y Saladette), se realizaron 4 repeticiones para cada tratamiento (con infección y sin infección) de 100 semillas cada una, de tal manera que se obtuvieron 4 tratamientos (Tabla 14).

**Tabla 14** Determinación de la ubicación de cada una de las repeticiones utilizando una tabla de distribuciones al azar

Tratamientos		Repeticiones (R)			
		I	II	III	IV
Tipo Bola (B)	Con infección (BC)	4(BC)	7(BC)	9(BC)	13(BC)
	Sin infección (BS)	1(BS)	5(BS)	12(BS)	15(BS)
Tipo Saladette (S)	Con infección (SC)	3(SC)	6(SC)	11(SC)	14(SC)
	Sin infección (SS)	2(SS)	8(SS)	10(SS)	16(SS)

Donde:

(BC) = semillas del tipo Bola con infección

(BS) = semillas del tipo variedad Bola sin infección

(SC) = semillas del tipo Saladette con infección

(SS) = semillas del tipo Saladette sin infección

**Prueba de vigor en arena.** En una caja de arena previamente esterilizada, se estableció el experimento teniendo como unidades experimentales 10 hileras de 14 cm de longitud a 2 cm de separación. En cada hilera se sembraron 10 semillas por tipo de jitomate a una distancia de 1.4 y a 0.5 cm de profundidad, usando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La cama de arena se cubrió con una capa de polietileno formando un micro túnel.

#### Variables evaluadas:

**a) Velocidad de emergencia (VE):** Una vez emergido el primer cotiledón se realizó el conteo inicial ( $X_i$ ), y a partir de este momento se efectuó un conteo diario, lo cual concluyó hasta el momento en que no se observó emergencia ( $N_i$ ). La VE se calculó con base a la expresión propuesta por Maguire (Copeland y McDonald, 1995):

$$VE = \sum_{i=1}^n [X_i/N_i] \quad (14.1)$$

Dónde:

VE= Velocidad de emergencia

$X_i$  = Número de semillas emergidas por día

$N_i$  = Número de días después de la siembra

**b) Porcentaje de establecimiento (PE):** Se evaluó a los 20 días de establecido del experimento, que fué el momento en que la emergencia permaneció constante (Figura 3). Para ello, se aplicó la expresión siguiente:

$$PE = \frac{NPN}{50} \times 100 \quad (14.2)$$

Dónde: NPN= Numero de plántulas normales al final de la prueba

**c) Viabilidad:** número de plantas normales más número de plantas anormales a los 20 días después de la siembra.

**Porcentaje de plántulas normales (PPN):** Se contabilizó el total de aquellas plántulas que presentaron todas sus estructuras esenciales como un hipocótilo, epicótilo, sistema radical bien definido, pecíolo, yema terminal y dos cotiledones.

**Porcentaje de plántulas anormales (PPA):** Se contabilizó el total de aquellas plántulas que presentaron alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, como son sin cotiledones, con fisuras o lesiones que dañen al tejido conductor del hipocótilo, epicótilo o raíz. Además, plántulas deformes con estructuras primordiales retorcidos en espiral y plántulas sin desarrollo después de haber salido de los cotiledones (Moreno, 1996).

**d) Longitud del vástago (LV):** Se midió la longitud promedio alcanzada por el vástago de la plántula a los 20 días desde el inicio de la germinación (Madueño-Molina *et al.*, 2006), en 10 plántulas por repetición.

**Figura 14.2** Algunos aspectos del proceso de evaluación de plántulas de jitomate para medición de los parámetros de estudio: a) plántulas a los 20 días desde inicio de germinación, b) eliminación de sustrato, c) medición de longitud de vástago y raíz, d) separación de vástago y raíz para medición de peso seco



**e) Longitud de raíz (LR):** En diez plántulas normales por repetición tomadas al azar, se midió la longitud de raíz en cm desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la misma, este parámetro se cuantificó a los 20 días después de la siembra.



**f) Peso seco del vástago (PSV):** Se tomaron los vástagos de las plantas que hayan sobrevivido, solo plántulas normales cosechadas a los 20 días después de la siembra. Se secaron dichos vástagos en estufa sometidos a 70°C durante 72 horas y se tomó el peso seco (Méndez- Natera *et al.*, 2007).

**g) Peso seco de raíz (PSR):** Se tomaron las raíces de las plántulas normales que se usaron para evaluar PSV, a los 20 días después de la siembra. Se secaron dichas raíces en estufa, sometidas a 70 °C durante 72 horas y se tomó el peso seco (Méndez- Natera *et al.*, 2007).

El análisis de los datos obtenidos para cada uno de los parámetros evaluados se realizó con el paquete estadístico InfoStat Software Estadístico, versión 2008.

## 14.2 Resultados y discusión

Los resultados de la prueba de Tukey realizada para los diferentes parámetros evaluados se muestran en la Tabla 2. En cuanto al PSV existe diferencia significativa entre los tratamientos BS y SC, aunque esto no tiene relación con las semillas infectadas, indica una mayor producción de biomasa en la variedad bola sin infección, tendencia que se repite para el parámetro PSR donde ésta variedad produce mas biomasa tanto sin bacterias como con bacterias en comparación con la variedad saladette, con diferencia estadísticamente significativa, lo cual nos da idea de un mayor vigor de la variedad bola en comparación con la variedad saladette, pero no hay diferencia estadísticamente significativa en relación a los tratamientos con y sin bacterias para ambas variedades en este parámetro. La infección de las semillas de jitomate con la bacteria *Cmm* influye claramente en el % de viabilidad lo cual se reflejaría en la producción de este cultivo.

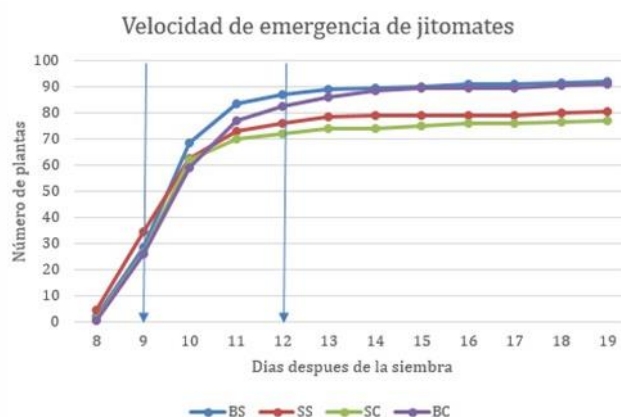
En relación al PSR, una menor producción de raíz podía afectar el buen desarrollo de las plantas al modificarse la absorción efectiva de nutrientes debido a un menor desarrollo radicular pero, de acuerdo a los resultados obtenidos esto no es atribuible a la infección de la plántula por *Cmm*, sino que es consecuencia de la diferencia en el % de viabilidad entre las variedades evaluadas.

**Tabla 14.1.** Resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey para los diferentes parámetros evaluados

	VE	%PE	%V	LV (cm)	LR (cm)	PSV (g)	PSR (g)
BS	9.21 A	92.50 A	93.00 A	4.36 A	9.09 A	0.35 A	0.86 A
BC	8.87 A	90.00 A	91.25 A	4.41 A	9.01 A	0.29 AB	0.86 A
SS	8.20 A	81.75 A	82.50 AB	4.52 A	9.29 A	0.27 AB	0.71 B
SC	7.72 A	61.25 A	62.75 B	4.59 A	10.31 A	0.26 B	0.63 B

BS= variedad Bola sin bacteria; BC=variedad Bola con bacteria; SS= variedad Saladette sin bacteria; SC= variedad Saladette con bacteria; VE= velocidad de emergencia; PE=porcentaje de establecimiento; V= porcentaje de viabilidad (%de plantas sanas + % de plantas anormales); LV= longitud del vástago; LR= longitud de raíz; PSV= peso seco del vástago; PSR= peso seco de raíz.

Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para el parámetro VE (Tabla 2), se observa que los jitomates tipo bola obtuvieron las medias más altas al igual que los de la variedad bola sin bacteria. En segundo lugar se agrupan los jitomates de la variedad saladette y muestran la misma tendencia de una mayor VE en los jitomates sin bacteria con respecto a los jitomates inoculados con bacteria (Gráfico14).

**Gráfico 14** Curva de crecimiento de dos tipos de jitomates inoculados con bacteria y sin bacteria

En el Gráfico 14 se observa la velocidad de crecimiento de jitomates, donde se muestra que la mayor cantidad de plantas emergidas se obtuvieron de los 9 a los 12 días después de la siembra, es decir en 4 días emergieron la mayoría de plántulas.

Es importante mencionar, que de manera frecuente, las plantas infectadas con *Cmm* pueden pasar por plantas sanas pues presentan una infección latente que no muestra síntomas o éstos son muy leves y los síntomas de la enfermedad solo son observables cuando la infección ya está avanzada y es muy difícil erradicar. Las plantas con infecciones de este tipo, constituyen una fuente de semillas contaminadas, y son la mayor causa de nuevos brotes de infección (Gartemann *et al.*, 2008), por lo que sería interesante realizar evaluaciones del efecto de la infección de las semillas de jitomate con *Cmm* en plantas con mayor edad o incluso, de ser posible evaluar los frutos.

En general, se considera que las semillas son la fuente primaria de inóculo, con un 0.25-100% de porcentaje de transmisión, por lo que es recomendable evitar que el patógeno llegue al área de cultivo para reducir las pérdidas por esta enfermedad. El patógeno también puede diseminarse a través de suelo contaminado arrastrado por el viento, o de manera mecánica por las manos, herramientas de trabajo, poda y otras labores culturales (Sandoval, 2004). La mayoría de las infecciones secundarias ocurren en condiciones de cultivo, generalmente por la penetración de la bacteria a través de heridas en las raíces, tallos, hojas, y frutos durante el trasplante. Una vez dentro de la planta, la bacteria invade el sistema vascular, se traslada y multiplica en los vasos del xilema, y sale de ellos por el floema, médula y corteza.

Se recomienda la selección y limpieza de la semilla y el trasplante de plántulas provenientes de semilla certificada y desarrollada en almácigos libres de la enfermedad. También la desinfección de la semilla con una solución de ácido acético al 0.6% durante 24h, o tratamiento con agua caliente a 55°C durante 25 minutos, luego tratar con formalina y secar rápidamente. La desinfección con ácido clorhídrico diluido o hipoclorito de calcio también disminuye la bacteria en forma eficiente (Gleason *et al.*, 1993).

### 14.3 Conclusión

Se determinó el efecto de la infección de semillas de Jitomate con *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, sobre su velocidad de emergencia (VE), porcentaje de establecimiento (PE), viabilidad, porcentaje de plántulas normales (PPN), porcentaje de plántulas anormales (PPA), longitud del vástago (LV), longitud de raíz (LR), peso seco del vástago (PSV), y peso seco de raíz (PSR), como parámetros cuantitativos para la evaluación del vigor de las semillas, obteniendo diferencia estadísticamente significativa en el % de viabilidad para la variedad saladette con bacterias. Las medias de los tratamientos de los jitomates de la variedad bola obtuvieron el mayor PSR con respecto a los jitomates de la variedad saladette, lo cual indica un mayor vigor de la variedad bola.

### 14.4 Referencias

- Borboa, F.J., Rueda, P. E. O., Acedo, F.E., Ponce, J.F., J. F., Cruz, M., Grimaldo, J. O., y García, O.A.M. (2009). Detección de *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis* en el tomate del estado de Sonora, México. Revista Fitotecnia Mexicana, Vol. 32. Núm. 4, octubre-diciembre, pp. 319-326.
- Copeland y M. B. McDonald (1995). Principles of seed science and technology. Third edition.
- Gartemann K. H., Abt B., Bekel T., Burger A., Engemann J., Flügel M., Gaigalat L., Goesmann A., Gräfen I., Kalinowski J., Kaup O., Kirchner O., Krause L., Linke B., McHardy A., Meyer F., Pohle S., Rückert C., Schneiker S., Zellermann E. M., Pühler A., Eichenlaub R., Kaiser O., and Bartels D. (2008). The genome sequence of the tomato-pathogenic actinomycete *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* NCPPB382 reveals a large island involved in pathogenicity. Journal of Bacteriology, Vol 190. No. 6, pp 2138-2149.
- Gleason M., Gitaitis R. D., Ricker M. (1993). Recent progress in understanding and controlling bacterial canker of tomato in Eastern North America Plant Disease, Vol. 77, 1069-1076.
- Hadas, R.,Kritzman, G., Klietman, F., Gefen, T., and Manulis, S. (2005). Comparison of extraction procedures and determination of the detection threshold for *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis* in tomato seeds. Plant Pathology 54, 643-649.
- Jaramillo, J.; Rodríguez, V.P.; Guzmán, M.; Zapata.M.; Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. FAO, Gobernación de Antioquía, Mana, Corpoica, Centro de Investigación “La Selva”.
- Madueño- Molina A., Garcia- Paredes D., Martinez- Hernandez J. y Rubio- Torres C. (2006). Germinación y desarrollo de plántulas de frijolillo (*Rhynchosia minima* L.) DC en condiciones de salinidad. TERRA Latinoamericana Vol. 24 Num 1. pp 47- 54.
- Mendez- Natarena J. R., Ysavit-Marcano L., Merazo- Pinto J. F. (2007). Efecto de inmersión de semillas de maíz (*zea mays* l.) en agua 100 °C sobre la germinación y crecimiento de plántulas bajo condiciones de laboratorio. Revista especializada en ciencias Químico-Biológicas Vol. 10, Núm. 2. pp. 56-64.
- Moreno, M. E. (1984). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas, Instituto de Biología, UNAM, México, 383p.

Moreno, M. E. (1996). Análisis, Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Ed. UNAM. México. 193p.

Sandoval, C. (2004). Manual Técnico. Manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos. Facultad de ciencias agrarias. Universidad de Talca, Chile.

**Apéndice A. Consejo Editor Universidad Autónoma Chapingo**

PORTILLO-VÁZQUEZ, Marcos, PhD.  
PÉREZ-SÁNCHEZ, Sandra Laura, PhD.  
SANTOS-MELGOZA, David Martín, PhD.  
*Universidad Autónoma Chapingo*

TAVERA-CORTÉS, María Elena, PhD.  
*Instituto Politécnico Nacional*

BRAVO-BENÍTEZ, Ernesto, PhD.  
*Instituto de Investigaciones Económicas -UNAM*

LUGO-ESPINOSA, Oziel, PhD.  
MENDOZA-ONTIVEROS, Martha Marivel, PhD  
*Universidad Autónoma del Estado de México*

GARZA-BUENO, Laura Elena, PhD.  
MARTÍNEZ-DAMIÁN, Miguel Ángel, PhD.  
*ISEI-Colegio de postgraduados*

**Apéndice B . Consejo Editor ECORFAN**

ANGELES-CASTRO, Gerardo PhD  
*Instituto Politecnico Nacional, México*

MANRIQUEZ-CAMPOS, Irma PhD  
*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

PERALTA-FERRIZ, Cecilia PhD  
*Washington University, EUA*

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*

AZIZ-POSWAL, Bilal PhD  
*University of the Punjab, Pakistan*

VILLASANTE, Sebastian PhD  
*Royal Swedish Academy of Sciences, Suecia*

PIRES-FERREIRA-MARÃO, José PhD  
*Federal University of Maranhão, Brasil*

RAÚL-CHAPARRO, Germán PhD  
*Universidad Central, Colombia*

QUINTANILLA-CÓNDOR, Cerapio PhD  
*Universidad Nacional de Huancavelica, Perú*

GARCÍA-ESPINOSA, Cecilia PhD  
*Universidad Península de Santa Elena, Ecuador*

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco PhD  
*University José Matías Delgado, El Salvador*

GUZMÁN-HURTADO, Juan PhD  
*Universidad Real y Pontifica de San Francisco Xavier, Bolivia*

NUÑEZ-SELLES, Alberto PhD  
*Universidad Evangelica Nacional, Republica Dominicana*

ESCOBEDO-BONILLA, Cesar Marcial PhD  
*Universidad de Gante, Belgica*

ARMADO-MATUTE, Arnaldo José PhD  
*Universidad de Carabobo, Venezuela*

GALICIA-PALACIOS, Alexander PhD  
*Instituto Politécnico Nacional, México*

NAVARRO-FRÓMETA, Enrique PhD  
*Instituto Azerbaidzhan de Petróleo y Química Azizbekov, Rusia*

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco PhD  
*University José Matías Delgado, El Salvador*

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe PhD  
*Universidad de Concepción, Chile, Chile*

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín PhD  
*Universidad de la Habana, Cuba.*

ARAUJO-BURGOS, Tania PhD  
*Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia*

HIRA, Anil PhD  
*Simon Fraser University, Canada*

MIRANDA-GARCÍA, Marta PhD  
*Universidad Complutense de Madrid, España*

LUFUNDISU- BADENGO, Patrick BsC  
*Institut Superieur de Techniques Appliquee, Republica Democratica del Congo*

DUARTE, Oscar Mauricio  
*Higher Institute of Economics "Karl Marx" in Sofia, Bulgaria*

OCAÑA, Ely MsC  
*Universidad de San Carlos de Guatemala, Republica de Guatemala*

CANTEROS, Cristina PhD  
*Instituto Nacional de Enfermedades Ifecciosas-ANLIS "Dr. Carlos G. Malbrán", Argentina*

NARVÁEZ-SOLÍS, Concepción MsC  
*Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Republica de Nicaragua*

ROJAS-BUSTAMANTE, Nataly BsC  
*Universidad de Medellín, Colombia*

CANDIDO-GONZALES, Bogarin BsC  
*Universidad Nacional de Asunción, Paraguay*

GANDICA-DE ROA, Elizabeth PhD  
*Universidad Católica del Uruguay, Uruguay*

BANERJEE, Bidisha MsC  
*Amity University, India*



**Apéndice C. Comité Arbitral ECORFAN**

HERNANDEZ MARTÍNEZ Rufina PhD  
*University of California, EUA*

DE AZEVEDO JUNIOR Wladimir Colman PhD  
*Federal University of Mato Grosso, Brasil*

VARGAS DELGADO Oscar-, PhD.  
*Universidad Centroamericana, Nicaragua*

MARTINEZ BRAVO, Oscar Mario PhD  
*Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica-UNAM*

GONZALEZ TORRIVILLA, Cesar Castor PhD  
*Universidad Central de Venezuela Venezuela*

TUTOR SÁNCHEZ, Joaquín PhD  
*Universidad de la Habana*

YAN TSAI, Jeng PhD  
*Tampkang University, Taiwan.*

POSADA GOMEZ, Ruben PhD  
*Institut National Polytechnique de la Lorraine, Francia*

SOTERO SOLIS, Victor Erasmo PhD  
*Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Perú*

GONZÁLEZ IBARRA, Miguel Rodrigo PhD  
*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

MONTERO PANTOJA Carlos PhD  
*Universidad de Valladolid, España*

RAMIREZ MARTINEZ, Ivonne PhD  
*Universidad Andina Simón Bolívar, Bolivia*

ARAUJO BURGOS, Tania PhD  
*Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia*

ALVAREZ ECHEVERRÍA Francisco PhD  
*Universidad José Matías Delgado, El Salvador*

SORIA FREIRE, Vladimir PhD  
*Universidad de Guayaquil, Ecuador*

