



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA QUEMA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES  
DEL SUELO EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSÍ**

Por:

**Montserrat Rojas Velázquez**

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniera Agroecóloga



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA QUEMA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES  
DEL SUELO EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSÍ**

Por:

**Montserrat Rojas Velázquez**

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniera Agroecóloga

Asesor:

**Dr. Ramón Jarquín Gálvez**

Revisores

**Dr. Juan Carlos Rodríguez Ortiz**

**Dr. Hugo Magdaleno Ramírez Tobías**

**El trabajo titulado “EFECTO DE LA QUEMA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSÍ.”**

Fue realizado por: Montserrath Rojas Velázquez como requisito parcial para obtener el título de “Ingeniera Agroecóloga” y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

**Dr. Ramón Jarquín Gálvez**

**Asesor**

---

**Dr. Juan Carlos Rodríguez Ortiz**

**Revisor**

---

**Dr. Hugo Magdaleno Ramírez Tobías**

**Revisor**

---

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. a los 12 días del mes de Marzo de 2012.

## **DEDICATORIAS**

A Mis Padres

Ma. Inés Velázquez García y Juvencio Rojas Cruz

*“El poder y la persona misma desaparecerán, pero la virtud de unos grandes padres vivirá por siempre” (anónimo)*

## AGRADECIMIENTOS

A La Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

A la Facultad de agronomía.

A Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, y por la familia que me dio.

A mis padres Ma. Inés Velázquez García y Juvencio Rojas Cruz, les agradezco lo que me han dado, gracias por su amor y apoyo que día a día me dan.

A mis hermanas Rebeka y Zobeida y a mis hermanos Ángel, Juvencio, y Rames, que siempre han estado para ayudarme, los quiero, a mis sobrinos Any, Angelito y Romy.

A mi tía Guadalupe Rojas Cruz que de una forma u otra siempre he recibido su apoyo.

A mis asesores.

Dr. Ramón Jarquín Gálvez.

Dr. Juan Carlos Rodríguez Ortiz.

Dr. Hugo Magdaleno Ramírez Tobías.

A los maestro de la Facultad de Agronomía, que me brindaron sus conocimientos y dedicaron su tiempo a la enseñanza de un nuevo conocimiento.

Al M.C. Luis Manuel Rodríguez Sánchez, por ayudarme en la interpretación de los análisis de cromatografía.

A los productores de Poytzen y Palmira viejo, a don Olegario Santiago Reyes que me permitió realizar el estudio en su parcela.

Al Ing. Arnulfo Arechiga, por ayudarme en la realización de los análisis de cromatografía.

A mis amigas y amigos, Caro, Enedina, Edgar, Lili, Ofe's, y Ricardo. Gracias por brindarme su amistad, acompañarme en esta etapa de nuestras vidas, por ayudarme cuando lo necesite, gracias por ser mis amigos, Elvis, gracias por tu amor, por estar con migo y apoyarme en todo momento.

A todos los que de alguna u otra forma me ayudaron para que este trabajo fuera posible.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>CONTENIDO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	viii
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>INDICE DE ANEXOS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>SUMMARY</b> .....	xii
<b>INTRODUCCION</b> .....	1
Hipótesis.....	2
Objetivo.....	2
<b>REVISION DE LITERATURA</b> .....	3
El Cultivo de la Caña de Azúcar.....	3
Taxonomía y Morfología.....	3
La Caña de Azúcar en el Mundo.....	4
La Caña de Azúcar en México.....	4
La Caña de Azúcar en San Luis Potosí.....	5
El uso del Fuego en la Caña de Azúcar.....	6
Impacto Sobre el Recurso Natural Suelo.....	7
Aprovechamiento y Conservación del Recurso Suelo.....	7
Calidad del Suelo.....	8
Características del Suelo.....	9
Tipo de Suelo.....	9
Propiedades de los Vertisoles.....	10
Manejo y uso de los vertisoles.....	10
Características físicas.....	11
Características químicas.....	11
Elementos Esenciales en los Suelos.....	12

Nitrógeno.....	12
Fósforo.....	13
Potasio.....	13
Aspectos Biológicos del Suelo.....	14
Materia orgánica.....	14
Microorganismos.....	15
Cromatografía Aplicada al Análisis de Suelos y Compost.....	16
Cosecha en Verde.....	17
Beneficios de la Cosecha en Verde.....	18
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
Localización del Área de Estudio.....	19
Edafología.....	19
Metodología.....	19
Selección de Parcelas.....	19
Toma de Muestras.....	19
Análisis Cuantitativo.....	20
Cuantificación de las Variables.....	20
Análisis Cualitativo.....	21
Cromatografía Aplicada al Análisis de Suelos.....	21
Tareas en el Campo.....	21
Tareas de Análisis de Laboratorio.....	21
Interpretación de Análisis Cuantitativos.....	24
Interpretación de Análisis Cualitativos.....	24
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
Análisis Cuantitativos.....	29
Características de los suelos estudiados antes de la cosecha.....	29
Características de los suelos estudiados después de la cosecha.....	30
Análisis Cualitativo.....	36

Cromatogramas de Suelos Con Antecedentes de Quema y Sin Antecedentes de Quema antes de la Cosecha.....	36
Cromatogramas Después de la Cosecha Con Antecedentes de Quema y Sin Quema.....	37
<b>CONCLUSIONES</b> .....	40
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	41
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	42
<b>ANEXOS</b> .....	47

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Características de los muestreos realizados en dos localidades cañeras del municipio de Tancanhuitz, San Luis Potosí.....	20
2	Descripción de las zonas que componen un cromatograma.....	26
3	Colores deseables y no deseables de un cromatograma.....	27
4	Descripción de la radiación (forma) de los cromatogramas.....	29
5	Características de los suelos analizados antes de la cosecha con y sin quema en diciembre 2011, los datos corresponden de una muestra compuesta de cinco submuestras.....	30
6	Características del suelo después de la cosecha de cinco parcelas sin antecedentes de quema y con antecedentes de quema (Abril de 2011).....	31
7	Atributos de dos suelos que soportan sistemas de producción de caña de azúcar, con quema y sin quema en el proceso de cosecha en verde. n=5.....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Marcado de papel filtro.....	22
2	Impregnación de nitrato de plata.....	22
3	Preparaciones de la mezcla de suelo.....	23
4	Visualización del espectro.....	23
5	Zonas que componen un cromatograma .....	25
6	Identificación esquemática de las principales zonas de un cromatograma.....	26
7	Patrón de colores para el análisis cromatografico de suelos.....	27
8	Desarrollo radial ideal y no ideal de la evolución de los análisis cromatograficos.....	28
9	Cromatogramas del primer análisis cualitativo (diciembre de 2010) sin antecedentes de quema del ejido Poytzen (a) y con antecedentes de quema del ejido Palmira viejo (b).....	37
10	Cromatogramas del segundo análisis cualitativo en Abril de 2011, Sin antecedentes de quema (a, b, c, d, e) y con antecedentes de quema (f, g, h, i, j) de productores con condiciones equivalentes.....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
1	Encuestas a productores de los ejidos Poytzen (sin antecedentes de quema y Palmira viejo (con antecedentes de quema).....	48
2	Resultados analíticos de cada una de las muestras tomada en parcelas sin antecedentes de quema y con quema.....	59
3	Parámetros de la escala de clasificación de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000.....	72
4	Ficha técnica de la caña de azúcar (condiciones climáticas y edáficas para el cultivo de la caña).....	74
5	Análisis de cromatografía de los suelos sin antecedentes de quema y con antecedentes de quema.....	76

## RESUMEN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es uno de los principales cultivos en las zonas tropicales y subtropicales del mundo debido a su amplia adaptabilidad a varias condiciones climáticas y edáficas y a su alta producción. En México, existen 58 ingenios azucareros, de los cuales cuatro están en San Luis Potosí, con un área cultivada de caña de aproximadamente 70 mil ha (61 mil para los ingenios y 9 mil para piloncillo) en 17 municipios. Los efectos que provoca la quema de la caña o el retiro de los residuos de la cosecha de las plantaciones de caña de azúcar afecta la fertilidad del suelo y puede disminuir su potencial productivo a largo plazo. Ante este debate entre utilizar la quema o no, se compararon en dos comunidades del municipio de Tancanhuitz, San Luis Potosí, el contenido de nutrientes, las características físicas, químicas y el contenido de materia orgánica de suelo mediante análisis cuantitativos y cualitativos, en parcelas de caña de azúcar bajo el sistema de cosecha en verde con parcelas que practican el sistema convencional quema de la caña de azúcar. No se encontraron diferencias significativas importantes de acuerdo a la prueba t de student, en los macro nutrientes del suelo en el sistema de cosecha en verde, en comparación con el sistema convencional con quema. Las pruebas de cromatografía demostraron la diferencia en cuanto a salud del suelo, ya que en contraste con las parcelas del sistema convencional, los suelos de parcelas con cosecha en verde presentaron una buena estabilidad de nutrientes así como de materia orgánica para el crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.

## SUMMARY

Sugar cane (*Saccharum officinarum*) is one of the main crops in tropical and subtropical areas of the world due to its wide adaptability to various climatic and edaphic conditions and its high production. In Mexico, there are 58 sugar mills, of which four are in San Luis Potosí, with a total area cultivated approximately 70 thousand cane has (61 thousand for the mills and 9 thousand for piloncillo) in 17 municipalities. The effects that causes the burning of cane or withdrawal of affects sugar cane plantations crop residues the fertility of the soil and can decrease its productive potential in the long term. Before this debate between use burning or not, they were compared in two communities of the municipality of Tancanhuitz, San Luis Potosí, nutrient content, physical, chemical characteristics and the organic matter content of soil by quantitative and qualitative analysis, in plots of sugar cane under the system of harvest in green with plots that practice the conventional system burning of sugar cane. We found no significant differences according to test student's t, in the macro nutrients of the soil in the system of harvest in green, in comparison with the conventional system with burning. Chromatography tests showed the difference in soil health, that in contrast to the conventional system plots, plots with harvest green soils presented a good stability of nutrients and organic matter for the growth and development of the cultivation of sugar cane.

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una gramínea tropical perenne con tallos gruesos y fibrosos que pueden crecer entre tres y cinco metros de altura. Éstos contienen una gran cantidad de sacarosa que se procesa para la obtención de azúcar. La caña de azúcar es uno de los cultivos agroindustriales más importantes en las regiones tropicales, originaria de la India, es una planta C4 con máxima capacidad de captar la energía solar llegando a producir más de 300 toneladas de biomasa verde  $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  y fija eficientemente el  $\text{CO}_2$  en la estructura de su biomasa en cantidades que superan los  $450 \text{ kg t}^{-1}$  (Suárez *et al.* 2001).

En México se dedican a la caña de azúcar cerca de 680 mil ha en 15 estados con un rendimiento promedio a  $75 \text{ ton ha}^{-1}$ , esta diferencia sugiere que las condiciones en las que se desarrolla el cultivo en México no son siempre las más adecuadas. No obstante, existen en México 58 ingenios azucareros, de los cuales cuatro están en San Luis Potosí. En este estado se tiene un área cultivada de caña de aproximadamente 70 mil ha (61 mil para los ingenios y 9 mil para piloncillo) en 17 municipios (Sánchez *et al.* 2008).

La situación presente hoy en la agricultura de la mayoría de las zonas cañeras carece de los fundamentos científicos y técnicos que sustenten una adecuada tecnología de producción y se caracteriza por los bajos rendimientos, falta de orientación para la aplicación de los químicos, desconocimiento de los factores edáficos limitantes y deterioro ambiental (principalmente del suelo), además de elevados gastos en insumos (Gómez *et al.* 2010).

No obstante la quema de la caña de azúcar es una práctica agronómica que se efectúa para eliminar residuos vegetales, malezas y otros organismos que interfieren en la cosecha de los tallos. La quema aumenta la eficiencia de la labor de recolección, ya que facilita el deshoje manual y consecuentemente disminuye el costo de la mano de obra (Velásquez, 2008).

Recientemente y consciente del marcado deterioro del suelo, se ha incrementado el interés por encontrar una medida para evaluar la calidad del suelo, los indicadores microbiológicos y la materia orgánica son variables de “calidad” establecida para suelos agrícolas.

Las propiedades bioquímicas y biológicas son candidatas a ofrecer una mejor herramienta para medir calidad del suelo (Ochoa *et al.* 2007).

La agricultura cañera manejada desde una perspectiva ecológica está cobrando especial atención a escala mundial. Esta tendencia afirma que cuando se realiza la cosecha de la caña de azúcar sin la quema, se logra una cobertura de residuos agrícolas que podría favorecer los rendimientos de los ciclos posteriores. Ante el debate del uso de la quema se considera importante un modelo alternativo de cosecha de la caña de azúcar en verde, y a partir de estas valoraciones establecer un sistema de producción viable, justo, rentable, sano y en armonía con la naturaleza (Toledo, 2008).

Lo anterior ha generado investigación para implementar alternativas, para reducir o evitar la quema de la caña, como es la cosecha de caña de azúcar en verde, la cual es una práctica muy favorable para los sistemas de producción de este cultivo (Jarquin *et al.* 2009).

Existen estudios en zonas cañeras de otros países como Colombia, Costa Rica, Brasil, así como en México en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas, sobre los efectos que provoca la quema de la caña o el retiro de los residuos de la cosecha de las plantaciones de caña de azúcar. Estos estudios señalan que se afecta la fertilidad del suelo y que puede disminuir el potencial productivo del sistema a largo plazo (Torres, 2006).

## **Hipótesis**

El sistema de cosecha en verde de la caña de azúcar mantiene las propiedades físicas, químicas y materia orgánica del suelo en mejor nivel en relación al sistema convencional quema de la caña de azúcar.

## **Objetivo**

Comparar el contenido de nutrientes, las características físicas, químicas y el contenido de materia orgánica de suelo mediante análisis cuantitativos y cualitativos en parcelas de caña de azúcar bajo el sistema alternativo de cosecha en verde y parcelas que practican el sistema convencional de quema de la caña de azúcar para la cosecha.

## REVISION DE LITERATURA

### El cultivo de la Caña de Azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una gramínea tropical perenne con tallos gruesos y fibrosos que pueden crecer entre 3 y 5 metros de altura. Éstos contienen una gran cantidad de sacarosa que se procesa para la obtención de azúcar. La caña de azúcar es uno de los cultivos agroindustriales más importantes en las regiones tropicales, originaria de la India, es una planta C4 con máxima capacidad de captar la energía solar llegando a producir más de 300 toneladas de biomasa verde ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y fija eficientemente CO<sub>2</sub> en la estructura de su biomasa en cantidades que superan los 450 kg t<sup>-1</sup> (Suárez *et al.* 2001).

Es un cultivo de zonas tropicales o subtropicales del mundo, requiere agua y suelos adecuados para crecer bien es una planta que asimila muy bien la radiación solar, con una eficiencia cercana a 2% en la conversión de la radiación solar incidente en biomasa, este cultivo fue introducido al continente americano por los conquistadores y logró establecerse en Sudamérica porque encontró condiciones ecológicas ideales para su crecimiento, desarrollo y maduración, aportando producciones de azúcar con alta rentabilidad, el azúcar y otros productos derivados del proceso industrial se utilizan en el todo el mundo estos poseen elevada demanda en el mercado internacional, en la actualidad se está considerando en algunos países, como una de las principales fuentes potenciales para la producción de biocombustibles (Argenbio, 2007).

### Taxonomía y Morfología

La caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas, género *Saccharum*. Las variedades cultivadas son híbridos de la especie *officinarum* y otras afines (*spontaneum*). Es un cultivo plurianual, se cosecha cada 12 meses y la plantación dura aproximadamente cinco años. Puede propagarse por estos rizomas y por trozos de tallo. Tiene un tallo macizo de dos a cinco metros de altura con cinco ó seis cm de diámetro, el sistema radicular lo compone un robusto rizoma subterráneo.

La caña tiene una riqueza de sacarosa del 14% aproximadamente, aunque varía a lo largo de toda la recolección (SIAP, 2010).

### **La caña de Azúcar en el Mundo**

La caña de azúcar es una planta proveniente del sureste asiático. La expansión musulmana supuso la introducción de la planta en territorios donde hasta entonces no se cultivaba. Así llegó al continente europeo, más en concreto a la zona costera entre las ciudades de Málaga y Motril, siendo esta franja la única zona de Europa donde arraigó. Posteriormente los españoles llevaron la planta, primero a las islas Canarias, y luego a América. Así este cultivo se desarrolló en países como Brasil, México, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela, que se encuentran entre los mayores productores de azúcar del mundo (Gómez *et al.* 2010).

### **La Caña de Azúcar en México**

La caña de azúcar *Saccharum spp.*, es una de las plantas de más altos rendimientos en biomasa por área y unidad de tiempo y produce el azúcar, que es el alimento energético de consumo humano más completo y difundido en el mundo, una parte de sus necesidades de fertilizantes, la energía necesaria para su elaboración industrial y es materia prima de alrededor de un centenar de productos derivados de gran valor para el desarrollo humano (Herrera *et al.* 2009).

Es cultivada en una superficie de 600,792 ha distribuida en 15 Estados de la República Mexicana. Con un rendimiento promedio de 73.15 ton/ha, las 42'547,235 ton de caña que se obtienen anualmente en México producen 4'927574,000 de ton de azúcar con la participación global de 118,533 productores (Toledo *et al.* 2008).

En México no se han desarrollado suficientes investigaciones acerca de la influencia de las diferentes formas de uso del suelo sobre la fertilidad del mismo y ha sido abordado tradicionalmente mediante estudios edafológicos convencionales de muestreo (estadística clásica) que ha dado una solución lo más aceptable posible desde el punto de vista técnico (Gómez *et al.* 2010).

El uso del suelo influye sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas, el estado de su fertilidad y la disminución de su capacidad de almacenamiento de carbono. Por lo tanto en suelos cañeros con diferentes sistemas de manejo, es necesario identificar factores que influyen en su fertilidad. La situación presente hoy en la agricultura de la mayoría de Las zonas cañeras carece de los fundamentos científicos y técnicos que sustenten una adecuada tecnología de producción y se caracteriza por los bajos rendimientos, falta de orientación para la aplicación de los químicos, desconocimiento de los factores edáficos limitantes y deterioro ambiental (principalmente del suelo), además de elevados gastos en insumos (Gómez *et al.* 2010).

### **La Caña de Azúcar en San Luis Potosí**

San Luís Potosí, tiene diversidad productiva en diferentes cultivos a nivel regional. Destacan en las zona Huasteca cultivos como: caña, café, naranja, limón, mango, mandarina y zacates; en la región Media la naranja, maíz, jitomate, chile verde, sorgo grano y cacahuate; en el Altiplano Norte, fríjol, maíz, tuna y chile seco; en el Altiplano Centro, alfalfa, maíz, fríjol, jitomate, chile seco y hortalizas. Asimismo, en la ganadería bovina, destacan las zonas Huasteca, en las especies menores destacan Altiplano Norte, Centro y Zona Media. La zona específica de producción de caña se encuentra establecida en 21 municipios del Estado de los cuales 14 son para la producción de piloncillo: Axtla de Terrazas, Matlapa, Tamazunchale, Tampacán, San Martín Chalchicuautla, Coxcatlán, Huehuetlán, Tancanhuitz de Santos, Xilitla, San Antonio, Tanquián de Escobedo, Ebano y solo siete para abastecer la agroindustria azucarera: Aquismón, Ciudad de Maíz, Ciudad Valles, el Naranjo, Tamasopo, Tamuín y Tanlajás. La superficie que se destina a la producción de caña de azúcar ha presentado altibajos, obteniéndose en el 2003 una superficie de 70,713 has, correspondiendo al 19%. Los principales municipios por superficie establecida son Cd. Valles (41%), Tamasopo (18), y el naranjo (16%), Tanlajas y Aquismon (5%), Tamuin (3%), Coxcatlan y Tancanhuitz de Santos (2%), y el (5%) los restantes municipios (AMSDA, 2004).

Existen dos tipos de productores en base al destino de la producción: productores para azúcar de mesa los cuales tienen convenios con la industria del azúcar y

productores libres (sin contratos para producción), quienes a su vez están organizados en Sociedades de Producción Rural (SPR) para producción de piloncillo. Los productores de la pequeña propiedad, se encuentran asociados principalmente a la CNPR, en su mayoría poseen grandes superficies agrícolas (cinco-ocho ha.) Las inversiones que realizan incluyen el uso de mejores variedades, insumos agrícolas como fertilizantes y agroquímicos para el control principalmente de plagas, prácticas de labranza conservación y sistemas biointensivos de producción agrícola, ello deriva en buena productividad y rentabilidad lo que facilita más inversiones y propicia la mejora de sus condiciones de producción, incluso alternativas que mantiene o mejoran el medio ambiente (AMSDA, 2004).

### **El Uso del Fuego en la Caña de Azúcar**

La quema de la caña de azúcar se efectúa para eliminar residuos vegetales, malezas y organismos que interfieren en la cosecha de tallos, aumentando la eficiencia de la labor de recolección, ya que facilita el deshoje manual y consecuentemente disminuye el costo de la mano de obra, logrando buena visibilidad al momento de realizar la operación de corte (Velásquez, 2008).

Al realizarse esta actividad tiene el inconveniente de provocar la pérdida de nitrógeno, el efecto “mulch” debido a la cobertura de la paja queda suprimido. También provoca un gran deterioro en la tierra, ya que disminuye la población de microorganismos del suelo y el material orgánico. Además, la quema provoca contaminación atmosférica al desprenderse de la basura un humo blanco sin llama, que es considerado más perjudicial que el humo negro. Por otra parte, esta actividad destruye la mayoría de la fauna nativa redundando en perjuicio del ambiente (Domínguez *et al.* 2000).

La práctica de la incineración se realiza en dos o tres ocasiones durante cada ciclo, para quemar el follaje antes de la cosecha, y después para eliminar los residuos de la misma (Toledo *et al.* 2008).

La quema de las plantaciones y de los residuos agrícolas ha sido una práctica muy difundida y bastante cuestionada por los peligros y efectos detrimentales que sobre el

ambiente, las poblaciones y los seres vivos. La quema ha sido "un mal necesario" en la actividad azucarera nacional y mundial, en virtud de ser vital y para algunos insustituible para la cosecha eficiente y rentable de la materia prima, principalmente si consideramos aspectos como disponibilidad y costo de mano de obra y maquinaria utilizada para esos fines, todo enmarcado en la situación y perspectiva de los precios internacionales del azúcar; asimismo, es determinante la naturaleza intensiva-extensiva propias del cultivo (Chaves *et al.* 199).

### **Impacto Sobre el Recurso Natural Suelo**

Al realizarse la quema se produce la pérdida de nitrógeno y también se provoca un gran deterioro en el suelo. Esto porque se disminuye la población de microorganismos y el material orgánico del suelo, se ha señalado que las quemas hacen desaparecer los macroporos del suelo causando compactación, que se manifiesta en la destrucción de los grumos con la exposición del suelo a la acción directa de las lluvias y el viento. La población microbiana con manejo de quema se reduce, esto se atribuye a la influencia de las altas temperaturas provocadas por el fuego; las diferencias en las poblaciones tanto de bacterias como de hongos, son superiores en el manejo de la caña de azúcar sin quemar. (Velásquez, 2008).

### **Aprovechamiento y Conservación del Recurso Suelo**

El aprovechamiento del recurso suelo y su conservación en el cultivo de la caña de azúcar por medio de los policultivos fue propuesto desde el siglo XIX. Sin embargo, la aplicación masiva de la tecnología moderna a este cultivo, importuna el aprovechamiento del espacio agrícola que éste ofrece en su etapa inicial de desarrollo para intercalar cultivos, cuyo éxito económico es ofrecer ganancias tangibles al productor, los resultados de las investigaciones sobre el estado de la fertilidad del suelo entre la quema y no quema de la caña de azúcar, indican que con la caña quemada se deterioran las propiedades del suelo. Con la cosecha sin realizar quema se recupera la fertilidad del suelo, la biota edáfica y la biodiversidad. (Velásquez, 2008).

## **Calidad del Suelo**

La calidad de un suelo se define como la capacidad de éste para funcionar dentro de los límites del ecosistema y uso de la tierra, para sustentar la productividad biológica, mantener la calidad ambiental y fomentar la salud de las plantas y de los animales. La identificación de indicadores de la calidad del suelo es una herramienta importante de análisis, que sirve para evaluar procesos y obtener índices, con los cuales es posible reconocer problemas en el área productiva (Astier *et al.* 2002).

Durante las dos últimas décadas, la búsqueda de indicadores de calidad del suelo ha sido una de las principales prioridades en el ámbito de la ecología del suelo. Recientemente y consciente del marcado deterioro del suelo, se ha incrementado el interés por encontrar una medida para evaluar la calidad del suelo. Los indicadores basados en las propiedades físico-químicas del suelo son los que, hasta el momento, se han utilizado para medir la productividad del suelo. Los indicadores microbiológicos y la materia orgánica son variables de “calidad” establecida para suelos agrícolas. Las propiedades bioquímicas y biológicas son candidatas a ofrecer una mejor herramienta para medir calidad del suelo (Ochoa *et al.* 2007).

El suelo es un componente central del agroecosistema, por lo que es preciso definir su estado para la sustentabilidad del mismo. La fertilidad del suelo es un concepto más amplio, que integra los atributos químicos, físicos y biológicos del suelo, estos se asocian con su capacidad para producir cosechas sanas y abundantes o sostener una vegetación natural en condiciones cercanas a las óptimas. La fertilidad biológica, por ejemplo se relaciona estrechamente con la biomasa microbiana principal motor de la descomposición de la materia orgánica derivada de los residuos vegetales y animales, así como del reciclaje de la misma, los subproductos de su acción influyen de forma directa en las propiedades químicas y físicas del suelo. Las propiedades químicas como la capacidad amortiguadora y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) reducen la probabilidad de cambios drásticos en el pH y de las concentraciones de cationes en el suelo (Astier *et al.* 2002).

## **Características del Suelo**

El suelo es un cuerpo natural susceptible a cambios en sus propiedades. Sobre éste cual crece la vegetación natural y las plantas cultivadas. El suelo está constituido por materiales orgánicos y minerales. Sus propiedades se deben al efecto integrado del clima, de los organismos vivos que en él habitan y de su relieve; donde las prácticas de manejo pueden modificar de manera positiva o negativa sus cualidades productivas. Los materiales orgánicos y minerales del suelo se liberan en formas aprovechables para los cultivos a través de diversas reacciones químicas, físicas, fisicoquímicas y biológicas, catalizadas por las condiciones del suelo (humedad, temperatura, actividad de la biomasa microbiana y mesofauna, animales visibles a simple vista), cuyo aporte total de nutrientes dependerá del tipo y cantidad de materiales inorgánicos y orgánicos que constituyen el suelo (INFOCAÑA, 2011).

## **Tipo de Suelo**

El suelo es el medio para el crecimiento de la planta. Proporciona nutrimentos, agua y anclaje a las plantas en crecimiento. La mantención de condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas en el suelo, es necesaria para lograr mayor crecimiento, rendimiento y calidad de la caña de azúcar. La caña de azúcar puede ser cultivada exitosamente en diversos tipos de suelo, desde los arenosos a los franco-arcillosos y arcillosos. Las condiciones edáficas ideales para el cultivo de la caña de azúcar son: suelo bien drenado, profundo, franco, con una densidad aparente de 1.1 a 1.2 g/cm<sup>3</sup> (1.3 - 1.4 g/cm<sup>3</sup> en suelos arenosos), con un adecuado equilibrio entre los poros de distintos tamaños, con porosidad total superior al 50%; una capa freática debajo de 1.5 a 2 m de profundidad y una capacidad de retención de la humedad disponible del 15% o superior (cm<sup>3</sup> de agua por cm<sup>3</sup> de suelo) junto a las climáticas constituyen la base para el desarrollo del cultivo (Rivera, 2011).

## **Propiedades de los Vertisoles**

Los vertisoles suelos muy arcillosos, que se mezclan, con alta proporción de arcillas expandibles. Estos suelos forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, lo que ocurre en la mayoría de los años. El nombre vertisoles (del latín *vertere*, dar vuelta) se refiere al reciclado interno constante del material de suelo. Nombres comunes locales para muchos Vertisoles son: suelos negros de algodón, regur (India), black turf soils (Sudáfrica), margalites (Indonesia), Vertosols (Australia), Vertissolos (Brasil), y Vertisoles (Estados Unidos de Norteamérica) (WRB, 2007). Presentan grietas en alguna estación del año o caras de deslizamiento (“slickensides”) dentro del metro superficial del perfil. Su palabra deriva del latín y significa verter o revolver, haciendo alusión al efecto de batido y mezcla provocado por la presencia de arcillas hinchables.

El material parental lo constituyen sedimentos con una elevada proporción de arcillas esmectíticas, o productos de alteración de rocas que las generen, siendo suelos minerales caracterizados por su elevado contenido de arcillas hinchables 2:1 tipo montmorillonita (contenido > 30%). Presentan grietas durante el periodo seco, pero que tras una lluvia, se cierran al aumentar las arcillas de volumen, cerrándose éstas. Son suelos muy compactos en la estación seca (muy duros) y muy plásticos en la húmeda, por lo que el manejo de estos suelos es bastante complicado. No obstante un buen manejo puede dar lugar a altas tasas de productividad de cultivos. (Gisbert *et al.* 2011).

### **Manejo y uso de vertisoles**

Grandes áreas de Vertisoles en los trópicos semiáridos están todavía sin utilizar o sólo se usan para pastoreo extensivo, cortar madera, quemar carbón y similares. Estos suelos tienen considerable potencial agrícola, pero el manejo adecuado es una precondición para la producción sostenida. La fertilidad química comparativamente buena y su ocurrencia en planicies llanas extensas donde puede considerarse la recuperación y el laboreo mecánico son ventajas de los Vertisoles. Las características físicas del suelo y, notablemente, su difícil manejo del agua causan problemas. Los usos agrícolas de los Vertisoles van desde muy extensivos (pastoreo, recolección de leña, y quema de carbón) a través de producción de cultivos post-estación lluviosa en

minifundios (mijo, sorgo, algodón y garbanzos) hasta agricultura bajo riego en pequeña escala (arroz) y gran escala (algodón, trigo, cebada, sorgo, garbanzos, lino y caña de azúcar) (WRB, 2007).

#### Características físicas

Las propiedades físicas y el régimen de humedad del suelo de los vertisoles representan serias restricciones de manejo. La textura del suelo pesada y el predominio de minerales de arcilla expandibles resulta en rango de humedad del suelo restringido entre stress hídrico y exceso de agua. La labranza se obstaculiza por la adhesividad cuando el suelo está mojado y dureza cuando está seco. La susceptibilidad de los vertisoles al anegamiento puede ser el único factor más importante que reduce el período de crecimiento real. El exceso de agua en la estación lluviosa debe almacenarse para su uso post-estación lluviosa (cosecha de agua) en vertisoles con velocidad de infiltración muy lenta. Una compensación por la característica de expansión-contracción que es común en muchos vertisoles. Los terrones grandes producidos por las labores primarias se rompen con el secado gradual en agregados finos, los que proporcionan una cama de siembra pasable con un esfuerzo mínimo. Por la misma razón, la erosión en cárcavas en los vertisoles sobre pastoreados, raramente es severa porque las paredes de las cárcavas rápidamente asumen un pequeño ángulo de reposo, que permite que el pasto se restablezca más fácilmente (WRB, 2007).

#### Características químicas

La mayoría de los vertisoles tiene una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y un alto porcentaje de saturación de bases (PSB). La reacción del suelo varía entre débilmente ácida a débilmente alcalina; los valores de pH oscilan entre 6.0 a 8.0. La CIC del material del suelo (pH de 7.0) alcanza comúnmente valores entre 30 y 80 cmol (+)/kg de suelo seco; la CIC de la arcilla es del orden de 50 m a 100 cmol (+)/kg de arcilla. El porcentaje de Saturación de Bases es mayor de 50% y a menudo cercano al 100% con  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  ocupando más del 90% de los sitios de intercambio; la relación Ca/Mg es normalmente entre 3 y 1. La dispersión de arcillas acompañada por el movimiento de las mismas, la normal consecuencia de la alta saturación de sodio en los

suelos de arcilla, no pueden tomar lugar sobre el conteo de la baja conductividad hidráulica y el bajo volumen de suelo que se ha saturado con agua (WRB, 2007).

### **Elementos Esenciales en los Suelos**

Durante muchos siglos la gente supo que sustancias como el estiércol, las cenizas, tenían un efecto estimulante en el crecimiento de las plantas, se encontró que básicamente ese efecto se debía a los elementos esenciales que contenían esos materiales. El descubrimiento de los elementos químicos y de las técnicas para su determinación fueron prerequisites para encontrar cuales nutrientes eran esenciales para el crecimiento de las plantas. Para obtener de un suelo buenas cosechas, entre otras cosas se necesita que este provisto de una cantidad adecuada de todos los nutrientes necesarios que una planta toma del suelo. Los elementos nutrientes no solo deben estar presentes en las formas que la planta puede utilizar, sino también que la planta puede utilizar. También debe existir entre ellos un equilibrio aproximado de acuerdo con las cantidades que necesiten las plantas, de lo contrario no tendrán un crecimiento normal. Los elementos requeridos por la plantas son los elementos esenciales (Foth, 1985).

Un cultivo como la caña de azúcar para ser competitivo y rentable, requiere necesariamente disponer de todas las condiciones que satisfagan sus necesidades básicas (Chaves, 1999)

### **Nitrógeno**

Vivimos en un océano de nitrógeno, pero la provisión de alimentos para el hombre y otros animales está más limitada por el nitrógeno que por ningún otro nutriente. La mineralización de la materia orgánica del suelo constituye para las plantas la fuente principal de nitrógeno disponible. Resulta obvio que las fuentes naturales de nitrógeno del suelo son reducidas en comparación con las necesidades de una cosecha. Es importante comprender que la adición de más nitrógeno al suelo no necesariamente conduce a una mayor lixiviación de nitratos a las aguas freáticas, debido a que el desarrollo muy incrementado de las plantas demanda una mayor absorción de nitrógeno. Sin embargo, las pérdidas de nitrógeno aumentan cuando se sobrepasa la capacidad de

inmovilización de los suelo (Foth, 1985).

El nitrógeno es uno de los constituyentes más importantes de la planta, formando parte de aminoácidos, proteínas y otros componentes orgánicos. Su deficiencia produce un amarillamiento de las hojas, cepas de poco vigor y una reducción drástica del rendimiento de la caña de azúcar. (Romero *et al.* 2004)

### Fósforo

El fósforo desempeña en este sentido un papel determinante, en razón de la importante e insustituible función que mantiene en la fisiología de la planta, como combustible universal para todas las actividades bioquímicas de las células vivientes. Es bien conocida la relación del fósforo del suelo con la salud de las plantas y animales, así como la extensa ocurrencia de deficiencia de fósforo en animales de pastoreo. Una diferencia principal entre los ciclos del nitrógeno y del fósforo en el suelo consiste en que las formas disponibles de nitrógeno (amoníaco y nitrato) son iones relativamente estables que permanecen disponibles para uso de las plantas. Las formas en que ocurre el fósforo en el suelo cambian con el tiempo parte del fósforo mineral se convierte a fósforo orgánico. Los cambios de los tipos de fósforo fijados en el suelo están en función de la edad de este, la presencia de agua es importante para la absorción del fósforo del suelo (Foth, 1985).

### Potasio

El hecho de ser el elemento mayoritariamente extraído por la planta de caña de azúcar, le otorga un papel relevante en los programas de fertilización comercial, aun en aquellas localidades donde pudiera existir alguna suficiencia en su contenido en el suelo. Se asegura que el potasio afecta directa o indirectamente muchas, sino todas, las funciones bioquímicas y fisiológicas de la planta, siendo considerado uno de los factores que más contribuye para el logro de un mejor crecimiento y una mayor producción de la caña de azúcar (Chaves, 1999).

A diferencia de lo que acontece con el nitrógeno cuya pérdida por volatilización es elevada; la quema (un mal necesario que baja costos de producción y aumenta la

eficiencia de la cosecha) permite y favorece la incorporación de sales de potasio al suelo a través de las cenizas, las cuales sin embargo, generan posteriormente serios problemas en el proceso de cristalización y fabricación del azúcar. Esta vía de restitución del potasio en el suelo es muy importante y significativa, puesto que reintegra mucho del elemento extraído que de otra manera se perdería con la cosecha y traslado de la materia prima a la fábrica, generando con ello una insuficiencia sistemática. Su función reguladora de la acción enzimática, el balance iónico y el potencial osmótico de la planta, lo hacen esencial como elemento complementario para favorecer la actividad del resto de nutrimentos, en especial el nitrógeno. Debe señalarse que el empleo del potasio responde más a una razón estratégica y de balance nutricional general, que de incremento directo de los rendimientos por su adición. Es por tanto suficiente ubicar y ordenar tres elementos básicos para interpretar su verdadera necesidad: contenido en los suelos cañeros, requerimientos por parte de la planta y función nutricional y metabólica del elemento (Vargas, 2006).

Muchos suelos tienen abundancia de potasio disponible aunque las plantas generalmente usan más potasio de los suelos que cualquier otro nutriente. En los suelos, básicamente el potasio se encuentra en forma de minerales que se intemperizan y liberan iones de potasio. Los iones son adsorbidos en el intercambio de cationes y están fácilmente disponibles para su absorción por las plantas. Tanto el potasio en solución como el intercambiable son considerados disponibles para las plantas, eliminando el potasio intercambiable se elimina también el potasio disponible, y las plantas deben depender de la liberación de potasio fijado o de potasio intemperizado de los minerales (Foth, 1985).

## **Aspectos Biológicos del Suelo**

### **Materia orgánica**

Una parte considerable de la materia orgánica está formada por microorganismos, que a su vez crecen a partir de restos, o de enmiendas orgánicas. Durante el proceso degradativo, la relación C/N disminuye, resultando finalmente en el humus un contenido medio del 5% de nitrógeno. Este proceso de degradación continua hasta que

parte de la materia se mineraliza. Se pueden destacar una serie de efectos de la materia orgánica sobre el suelo y las plantas: la materia orgánica favorece una estructuración del suelo, especialmente beneficiosa en terrenos arcillosos con problemas de circulación de agua. Muchas de las moléculas orgánicas producidas por los microorganismos favorecen la agregación al formar compuestos con la arcilla (en la arcilla hay gran cantidad de cargas negativas). A su vez, las raicillas y los micelios de los hongos ayudan a conservar los agregados, e igual ocurre con los exudados gelatinosos segregados por muchos organismos (plantas, bacterias.). Una gran CIC del suelo es importante, ya que supone la posibilidad de tener un depósito de iones minerales que pueden ser cedidos a la solución del suelo y asimilados por las plantas. El complejo de cambio actúa como almacén de elementos, en tierras muy empobrecidas debe hacerse primeramente una recuperación del nivel de materia orgánica para que los abonados sean eficaces Como se ha dicho, los suelos con abundante complejo arcilloso-húmico tienen gran capacidad amortiguadora del pH, ya que entre los diversos cationes fijados por el complejo adsorbente está el catión hidrógeno. En ocasiones también hay un efecto depresivo, como en el caso de las sustancias alelopáticas (Ávila, 2009).

### **Microorganismos**

Desde el punto de vista microbiológico, la referencia internacional encontrada muestra, que los estudios realizados en este sentido son pobres y en general se refieren a investigaciones de corta duración y no se le atribuyen efectos dañinos de consideración. Las investigaciones microbiológicas han logrado resultados destacados en años recientes, los cuales merecen especial atención en cuanto a la vinculación del uso del suelo con especies de bacterias asociativas de suprema importancia al cultivo como son *Azospirillum* sp. obtención de biopreparados con efecto biocontrolador de patógenos (Hernández, 2002).

El suelo no sólo es un soporte para las plantas sino que es un ecosistema, el cual presenta toda una serie de organismos que viven en él y que lo modifican. Las relaciones entre ellos son complejas, y en su conjunto muy importantes en la determinación de las propiedades de los suelos y en establecimiento de comunidades vegetales. Como

integrantes del sistema, las raíces vegetales también participan en la transformación del suelo, disgregándolo, tomando elementos minerales, y aportando restos orgánicos, exudados, etc. Las relaciones entre ellas y con otros organismos son de tipo químico y son muy complejas. Si bien hay un elevado número de organismos saprófitos que metabolizan los restos orgánicos, también hay relaciones de depredación, parasitismo, entre otras (Ávila, 2009).

### **Cromatografía Aplicada al Análisis de Suelos y Compost**

La cromatografía en discos de papel filtro es una técnica desarrollada inicialmente por E. Pfeiffer a mediados del siglo XX para determinar la calidad de compostas, suelos y alimentos. Actualmente se ha retomado por diferentes productores orgánicos como un instrumento cualitativo para evaluar el mejoramiento o deterioro de los suelos a partir de distintas prácticas agrícolas (Rodríguez *et al.* 2011).

La cromatografía es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, con aplicación en todas las ramas de la ciencia. Es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla para identificar y en muchos casos determinar las cantidades de dichos componentes. Las técnicas cromatográficas son muy variadas, pero en todas ellas hay una fase móvil que consiste en un fluido que arrastra la muestra de una fase estacionaria, que puede ser un sólido o un líquido fijado en un sólido, los componentes de la mezcla interactúan en distinta forma con la fase estacionaria a diferentes velocidades y se van separando. Después de que los componentes han transitado por la fase estacionaria y se separan pasan por un detector que genera una señal que depende de la concentración y del tipo de compuesto. (Restrepo *et al.* 2011)

Existen diferentes técnicas de cromatografía:

Cromatografía plana; la fase estacionaria se sitúa sobre una palca plana o sobre un papel, puede ser:

- Cromatografía de suelos en papel.
- Cromatografía en capa fina.

- Cromatografía en columna; la fase estacionaria se sitúa dentro de una columna. Según el fluido empelado como fase móvil se distinguen:
- Cromatografía de líquidos.
- Cromatografía de gases.

La cromatografía es una técnica cualitativa, que brinda una descripción general de la actividad y dirección biológica del suelo o el compost analizados. En términos muy generales, el procedimiento consiste en impregnar con un extracto de álcali (generalmente hidróxido de sodio) un papel filtro previamente tratado con nitrato de plata por medio de una mecha. La plata coagula las sustancias húmicas. El cromatograma puede verse al alcance del bolsillo del agricultor. Se utiliza en combinación con otros, tales como el valor del humus, tanto por ciento (%) de materia orgánica y otros parámetros que proporcionan una imagen más completa de la salud del suelo y/o calidad del compost.

Los cromatogramas se interpretan por la forma y color de las zonas central, transicional y periférica. Varios son los colores a observar: blanco, rosa, violeta, verde, amarillo y naranja; asimismo se analizan las formas tales como suave, dentado o irregular. El chroma test proporciona una instantánea visual de la salud del suelo/compost en el momento en que se procesa la muestra. Los cromas hechos en diferentes épocas del año o diferentes momentos en el proceso de compostaje pueden variar enormemente debido a que tanto en el compostaje como en el suelo existe una actividad biológica constante. Ya que los microorganismos del suelo son responsables de la humificación de la materia orgánica cruda en los suelos (o durante el compostaje), el chroma test es un buen indicador de la actividad microbiana en el suelo (CIAB, 2008).

### **Cosecha en Verde**

La cosecha de caña de azúcar en verde es una práctica agronómica que se considera favorable para los sistemas de producción de este cultivo. Está altamente documentado el beneficio agronómico proveniente de no quemar la caña antes de su cosecha, así como de la incorporación de los residuos de cosecha. La mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, el impacto de las cenizas en el ambiente, el aporte de materia orgánica al

suelo y el reciclaje de nutrientes, son los factores más importantes a considerar en un modelo de cosecha de caña de azúcar en verde (Jarquin *et al.* 2009).

Los rendimientos reales en condiciones comerciales son muchos menores y varían de acuerdo a la calidad de los suelos y a la tecnificación del cultivo, especialmente con presencia del riego y una fertilización balanceada incluyendo nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre (Sánchez *et al.* 2008).

### **Beneficios de la Cosecha en Verde**

Todo proceso agrícola genera, durante el desarrollo del cultivo y en la cosecha, residuos o desechos vegetales que se destinan para diferentes usos. Cuando se realiza la cosecha de la caña de azúcar sin hacer uso de la quema, se logra una cobertura de residuos agrícolas que no afecta los rendimientos de los ciclos posteriores. La cantidad de residuos agrícolas aumenta en forma lineal con el incremento de los rendimientos cañeros. La relación residuos/tallos permanece constante en cada cosecha (Toledo, 2008).

Hasta la fecha, el uso de los residuos agrícolas de la cosecha es muy bajo y poco se les aprovecha, prefiriéndose su quema, no obstante el gran potencial que representa su empleo, principalmente en la producción de energía y en la alimentación animal. La mejor utilización de tales subproductos agrícolas se asocia a aspectos no sólo económicos, sino también a los que contribuyen a la preservación del ambiente ya que al tratarse o usarse adecuadamente para evitar la quema, se está evita el impacto negativo sobre el ambiente (Domínguez *et al.* 2000).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del Área de Estudio**

El trabajo de investigación se realizó en los ejidos de Poytzen y Palmira viejo mismos que se encuentran en la planicie del municipio de Tancanhuitz, San Luis Potosí. Ambos ejidos se localizan en la parte sureste del estado, en la zona huasteca, en las coordenadas 21°40'17.86" de latitud norte y 98°59'13.28" de longitud oeste; 21°40'37.81" de latitud norte y 98°58'19.18" de longitud oeste, respectivamente.

### **Edafología**

El tipo de suelo dominante de los ejidos de Aldzulup Poytzen y Palmira viejo es vertisol, el cual cubre un 17.8% de la totalidad superficie (INEGI, 2009).

### **Metodología**

#### Caracterización de productores

Se aplicaron encuestas dentro de los ejidos Aldzulup Poytzen y Palmira viejo a productores que tuvieron la disponibilidad de participar y que fuesen propietarios de parcelas cultivadas con caña de azúcar. Las encuestas se realizaron previamente a la cosecha en los meses de noviembre y diciembre de 2010. El instrumento utilizado incluyó preguntas relacionadas con el manejo de la parcela, aplicación de insumos, variedad y experiencia productiva de los propietarios (anexo 1).

### **Selección de Parcelas**

Partiendo de la caracterización de productores se ubicaron las parcelas cultivadas con caña de azúcar seleccionándose lotes de 1.0 ha, con características productivas similares.

### **Toma de Muestras**

Para el estudio se consideraron dos épocas de muestreo, uno antes de la cosecha en el mes de diciembre de 2010 y otro después de la cosecha en el mes de abril de 2011. Este periodo fue el más seco del año en esta región.

Los muestreos fueron realizados considerando antes y después de la cosecha en parcelas con antecedentes de quema y sin ellos (Cuadro1).

Cuadro 1. Características de los muestreos realizados en dos localidades cañeras del municipio de Tancanhuitz, San Luis Potosí.

<b>Época</b>	<b>Condición de la parcela</b>	<b>N° de muestra (s)</b>
Antes de la cosecha	sin antecedentes de quema	1 Compuestas de 5
Después de la cosecha	sin antecedentes de quema	5 de 5 submuestras
Antes de la cosecha	con antecedentes de quema	1 Compuesta de 5
Después de la cosecha	con antecedentes de quema	5 de 5 submuestras

En cada caso se tomaron muestras compuestas de suelo en forma de zigzag en la parcela, a una profundidad de 30 cm. En cada sitio se obtuvo un kilogramo de muestra. Las muestras se resguardaron en bolsas de polietileno y se etiquetaron.

## **Análisis Cuantitativo**

### **Cuantificación de las variables**

Se determinaron variables físico-químicas de las muestras de suelo. Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos, aguas y plantas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Las pruebas físicas realizadas fueron densidad aparente con el método del terrón parafinado, textura mediante el método de Bouyoucos. La humedad del suelo se estimó con el método gravimétrico (NOM-021-RECNAT-2000).

Se estimó el pH en agua en relación 1:2.5 con un potenciómetro modelo 150, el pH en extracto de saturación con el método electrométrico. La conductividad eléctrica se midió con un conductivímetro modelo 150 en el extracto de saturación, el cual fue obtenido por succión de vacío de la pasta de saturación. Los carbonatos totales se midieron con el calcímetro de Bernard. La materia orgánica se determinó por el método de Walkley-Black. El nitrógeno inorgánico se determinó por el método Micro-Kjeldahl. El fósforo se estimó, por el procedimiento de Olsen. El potasio, se extrajo por fotometría de flama (NOM-021-RECNAT-2000). Para la interpretación de cada determinación se utilizaron los parámetros incluidos en el (anexo 3 y 4).

## **Análisis Cualitativos**

### **Cromatografía aplicada al análisis de suelos**

El análisis cuantitativo se complementó con la determinación cualitativa de las características de los suelos muestreados a través del método de cromatografía. Este método es de reciente aplicación en la agricultura biodinámica y orgánica para el análisis de suelos (Rodríguez *et al.* 2011).

Para aplicar el análisis cromatográfico de suelos es necesario seguir un proceso metodológico, consiste en varias tareas y etapas, tanto en campo como en laboratorio (Restrepo *et al.* 2011).

#### Tareas en el Campo

- Etapa 1: Selección de Parcelas.
- Etapa 2: Muestreo de suelos para el análisis.
- Etapa 3: Identificación de las muestras.
- Etapa 4: Secado de las muestras.
- Etapa 5: Submuestras de 100g a 150g.
- Etapa 6: Molienda de la muestra.
- Etapa 7: Registro del peso de la muestra 5g.

#### Tareas de análisis de laboratorio

- Etapa 1: Preparación de una solución de hidróxido de sodio (NaOH), o sosa caustica, o sosa al 1% en agua destilada.
- Etapa 2: Preparación de una solución de nitrato de plata (AgNO<sub>3</sub>) al 0.5%, se disuelve medio gramo de nitrato de plata en 100ml de agua destilada.
- Etapa 3: Preparación del papel filtro circular, se utilizan los papeles números 1,4 y 41 de 15 cm (150mm) de diámetro.
- Etapa 4: Impregnación o sensibilización del papel filtro, proceso de secado en caja oscura.
- Etapa 5: Mezclado de los 5g de suelo con los 50ml de solución de sosa al 1%.
- Etapa 6: “Corrida final de la muestra”, o análisis del suelo.
- Etapa 7: Secado o revelado de los cromatogramas.

- Etapa 8: Identificación del cromatograma en el espacio de centímetro y medio del borde del papel filtro sin impregnación, con lápiz de carbón (Retrepo *et al.* 2011).

La preparación de las muestras para el análisis de cromatografía requiere marcar un papel filtro de 15 cm de diámetro y hacerle un orificio en el centro para insertar un pabito elaborado del mismo papel filtro (Figura 1).



Figura 1. Marcado de papel filtro.

En el papel filtro se marcaron círculos concéntricos a los cuatro y seis cm desde el centro hacia la periferia del papel. Enseguida el papel filtro se impregnó de forma radial con cinco gramos de nitrato de plata a razón hasta la primera marca de 4 cm (Figura 2).



Figura 2. Impregnación de nitrato de plata.

Después cada uno del papel filtro se cubrió con papel absorbente, se resguardó en condiciones de obscuridad al interior de una caja de cartón completamente forrada de negro. De forma paralela, se pesaron cinco gramos de suelo por muestra y se les se agregó 50 ml de hidróxido de sodio al 1% en un vaso de precipitado.

La mezcla se agitó siete veces hacia el lado derecho y hacia el lado izquierdo, durante dos minutos hasta completar de 42 a 49 giros para homogenizar la solución. Se dejó la mezcla en reposo por 15 min y se volvió a agitar de igual forma de izquierda a derecha y de derecha a izquierda, por un tiempo de uno a dos minutos, nuevamente se dejó en reposo por una hora. Después de la hora se volvió a agitar para dejar reposar nuevamente seis horas (Figura 3).



Figura 3. Preparaciones de la mezcla de suelo.

Trascurridas las seis horas se tomó el líquido sobrenadante de la muestra con una jeringa de diez ml y se vació en la caja petri. A la caja de petri se le colocó el papel filtro ya mojado con el nitrato de plata y se dejó impregnar hasta la marca de seis cm. Posteriormente, una vez sucedido esto se puso a secar a la luz para visualizar el espectro (Figura 4).



Figura 4. Visualización del espectro.

### **Interpretación de Análisis Cuantitativos**

Para los análisis cuantitativos se utilizaron las escalas de clasificación de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000, comparándose los promedios de los suelos antes y después de la cosecha, sin antecedentes de quema y con antecedentes de quema.

Se comparó la ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar, condiciones climáticas y edáficas para el cultivo de la caña de azúcar Rivera (2011).

Se utilizó el análisis estadístico prueba t de student con  $\alpha = 0.05$

### **Interpretación de Análisis Cualitativos**

Para la interpretación de los cromatogramas fue necesario hacer una descripción general de los cromatogramas.

La descripción se hizo con base en las zonas que lo componen, su tamaño, forma y los colores revelados, las zonas son cinco, del centro hacia fuera, en el siguiente orden (Restrepo *et al.* 2011).

**Zona central:** Es el ombligo del cromatograma, el lugar por donde todas las sustancias presentes en la muestra de suelo que se analiza circulan, por el fenómeno de la capilaridad, a través del pabilo. Esta zona central, también llamada zona de la aireación u oxigenación, es donde reacciona el nitrato de plata con algunos de los elementos presentes en la muestra analizada. En muchos casos esta zona no se manifiesta, o no existe, debido, principalmente, al maltrato o la destrucción del suelo por la mecanización pesada.

**Zona interna:** Localizado después de la zona central u ombligo del cromatograma, también se denomina zona mineral, se concentra la gran mayoría de reacciones con los minerales de la muestra que se está analizando. Es también la zona donde quedan atrapadas las sustancias más pesadas, que reaccionan con el nitrato de plata que impregna el papel filtro. En esta zona también se pueden reconocer los impactos positivos que un suelo en recuperación muestra con las prácticas de la agricultura orgánica que se estén implementando en él, y los diferentes comportamientos de esta zona interna.

**Zona intermedia:** El tercer anillo. Se localiza después de la zona mineral del cromatograma. También se le denomina zona proteica o de la materia orgánica. Es aquí

donde se expresan tanto la presencia como la ausencia de la materia orgánica; sin embargo, es bueno aclarar que la presencia de materia orgánica en este tercer anillo no significa necesariamente que se encuentre totalmente integrada al suelo ni biológicamente activa en él.

**Zona externa:** Es el cuarto y último anillo de la figura que genera el análisis cromatográfico de un suelo. También se denomina zona enzimática o nutricional. Podemos casi asegurar que cuando esta zona se manifiesta de forma gradual y armónica como nubes onduladas muy tenues o lunares suaves de colores cafés, estamos en la cumbre de la calidad de un suelo ideal, totalmente saludable y pleno de vida.

**Zona de manejo o periférica:** Llamada también zona de identificación y manipulación. Se registra la identificación del análisis, fecha y lugar de donde se tomo la muestra de suelo.

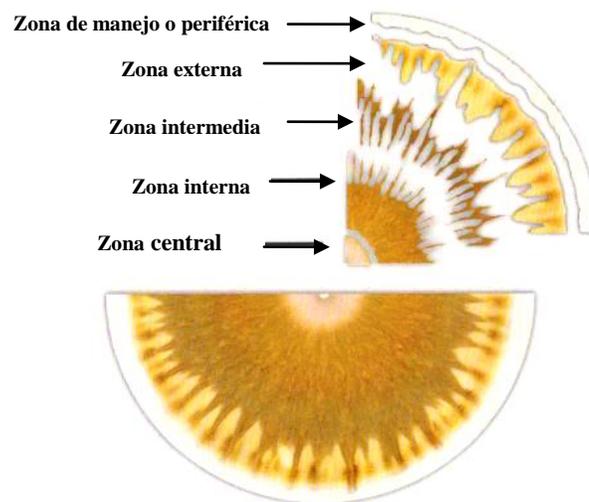


Figura 5. Zonas que componen un cromatograma (Restrepo *et al.* 2011)

Cuadro 2. Descripción de las zonas que componen un cromatograma.

<b>Zonas</b>	<b>Descripción</b>
Central	Zona de la aireación u oxigenación, reacciona el nitrato de plata con algunos de los elementos presentes en la muestra analizada.
Zona interna	Llamada también zona mineral.
Zona intermedia	Llamada también zona proteica o de la materia orgánica.
Zona externa	Llamada también zona enzimática.
Zona periférica	Llamada también zona de identificación y manipulación.

Fuente, Restrepo *et al.* 2011.

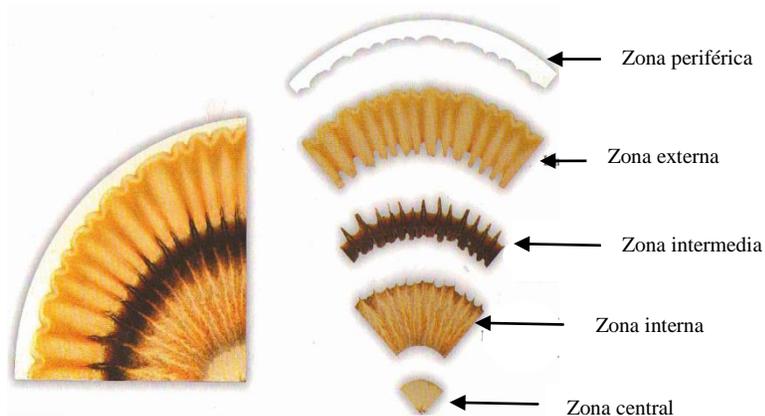


Figura 6. Identificación esquemática de las principales zonas de un cromatograma (Restrepo *et al.* 2011)

Cuadro 3. Colores deseables y no deseables de un cromatograma.

Colores	
Deseables	No deseables
Amarillo	Negro
Dorado	Ceniza
Anaranjado	Pardo muy oscuro
Rojizo o café claro	Lilas o violetas
Tonalidades verdosas	Gris, tonalidades azuladas

Fuente. Restrepo *et al.* 2011



Figura 7. Patrón de colores para el análisis cromatográfico de suelos. (Restrepo *et al.* 2011)

Cuadro 4. Descripción de la radiación (forma) de los cromatogramas.

Radiación (formas)	Descripción
Líneas ramificadas asemejando penacho de plumas (Dentada “picos” e irregular).	Recuperación del suelo, incremento de actividad microbiológica, estimulada por la materia orgánica que se incorpora.
Líneas rectas desde la zona central (Suave, lisa o difusa).	Suelo destruido, compactado, sin ninguna estructura.

Fuente, Restrepo *et al.* 2011.

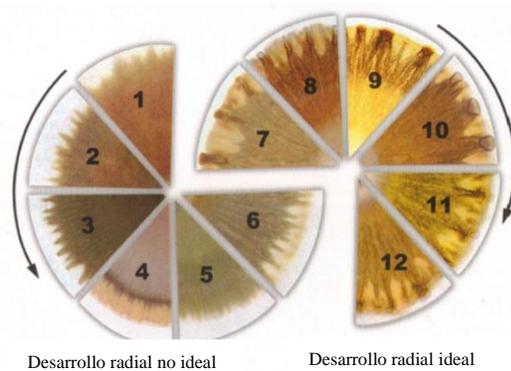


Figura 8. Desarrollo radial ideal y no ideal de la evolución de los análisis cromatograficos. (Restrepo *et al.* 2011)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis Cuantitativos

#### Características de los suelos estudiados antes de la cosecha

En este análisis fue utilizada una muestra compuesta de cinco para los dos ejidos, se encontró la textura del suelo fue franco arenosa para los dos ejidos estudiados. El pH en el ejido Poytzen estuvo dentro del rango de clasificación neutro y en ejido Palmira viejo moderadamente alcalino.

El contenido de materia orgánica se encontró dentro de la escala de clasificación en el rango alto para los dos ejidos. El nitrógeno estuvo dentro de la escala de clasificación en el rango muy bajo. El contenido de fósforo se encontró un rango medio en ambos ejidos. El potasio se encontró dentro de la escala de clasificación muy bajo para ambos ejidos, de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Características de los suelos analizados antes de la cosecha con y sin quema en diciembre 2011, los datos corresponden de una muestra compuestas de cinco submuestras.

Atributo	Sin antecedentes de quema	Con antecedentes de quema
	Poytzen	Palmira viejo
Densidad aparente	1.5	1.45
Arena (%)	56	58
Limo (%)	38	34
Arcilla (%)	8	8
Textura	Franco Arenoso	Franco Arenoso
pH en agua (1:2.5)	6.7	7.8
Materia Orgánica (%)	4.3	4.1
Nitrógeno Total (ppm)	0.067	0.045
Fósforo Extraíble (ppm)	7.5	5.4
Potasio Intercambiable (ppm)	6	10

### Características de los suelos estudiados después de la cosecha

Los suelos sin antecedentes de quema en Poytzen presentaron de manera más frecuente textura franco limosa y el suelo del ejido Palmira viejo con antecedentes de quema después de la cosecha presentó textura franco arenosa (Cuadro 6).

Cuadro 6. Características del suelo después de la cosecha de cinco parcelas sin antecedentes de quema y con antecedentes de quema (Abril de 2011).

Después de la cosecha (n= 5)										
Atributo	Sin antecedentes de quema					Con antecedentes de quema				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Densidad aparente	1.45	1.35	1.40	1.28	1.3	1.20	1.5	1.43	1.55	1.49
Arena(%)	40	54	50	20	28	52	60	62	60	60
Limo (%)	40	12	30	74	64	28	8	12	12	14
Arcilla(%)	20	34	20	6	8	20	32	26	28	26
Textura	Franco	Franco Arenoso	Franco	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso

Rivera (2011) menciona que la caña de azúcar puede ser cultivada exitosamente en diversos tipos de suelo, desde los arenosos a los franco-arcillosos y arcillosos.

Ribón *et al.* (2003) dice que la variación en la textura se debe a la composición natural de los suelos, no al uso de ellos. En los suelos clasificados como vertisoles, en la época de sequía, se presentan agrietamientos mayores de 1,5 cm por la contracción y expansión de las arcillas 2:1 características de este tipo de suelos.

Con respecto al pH el resultado obtenido en las parcelas sin antecedentes de quema se ubicó en la escala de clasificación medianamente alcalino. En las parcelas con antecedentes de quema se ubico en el rango de medianamente alcalino de acuerdo a la escala de clasificación NOM-021-RECNAT-2000, en la escala de aptitud de la ficha técnica se ubico en el nivel medio para las dos condiciones (Cuadro 7).

Cuadro 7. Atributos de dos suelos que soportan sistemas de producción de caña de azúcar, con quema y sin quema en el proceso de cosecha en verde. n=5.

<b>Después de la cosecha</b>			
<b>(n= 5)</b>			
<b>Atributo</b>	Sin antecedentes de quema	Con antecedentes de quema	<b>P <math>\alpha</math> =0.05</b>
	$\bar{X}$ , DESVES	$\bar{X}$ , DESVEST	
pH en Agua (1:2.5)	7.44 ( $\pm$ 0.194)	7.994 ( $\pm$ 0.167)	0.0013
Materia Orgánica (%)	3.92 ( $\pm$ 0.580)	4.32 ( $\pm$ 0.408)	0.248
Nitrógeno Total (ppm)	8.4 ( $\pm$ 2.814)	8.5 ( $\pm$ 6.041)	0.975
Fósforo Extraíble (ppm)	4.48 ( $\pm$ 3.114)	4.1 ( $\pm$ 2.976)	0.849
Potasio Intercambiable (ppm)	81.4 ( $\pm$ 24.047)	63 ( $\pm$ 24.083)	0.266

Valor de P calculado con la prueba t de student con  $\alpha=0.05$ . El dato corresponde a la media y el valor entre paréntesis a la desviación estándar.

El contenido de materia orgánica presentó poca variación entre parcelas sin antecedentes de quema estuvo dentro de la escala de clasificación NOM-021-RECNAT-2000 en un rango alto, dentro de la escala de la ficha técnica Rivera, 2011 el nivel de aptitud al cultivo se encuentra en el nivel medio para las dos condiciones sin antecedentes de quema y con quema. La materia orgánica en las parcelas con antecedentes de quema está dentro de la escala de clasificación en un rango alto (Cuadro 7).

El contenido de materia orgánica confiere a los suelos de ambos ejidos condiciones físicas benéficas para la producción de caña de azúcar. Lo anterior contrasta con los reportes de Toledo (2008) sobre las pérdidas de materia orgánica en los suelos por acción de la quema de la caña de azúcar.

Por otra parte Ávila (2009) menciona que la materia orgánica favorece la estructuración del suelo, la mineralización de la materia orgánica sucedida en el periodo esta dentro de los niveles bajos de nitrógeno.

En cuanto al contenido de nitrógeno para el ejido Poytzen (Cuadro 7) de acuerdo a la escala de clasificación se mantuvo en un rango muy bajo. En el contenido de nitrógeno para el ejido Palmira vejo dentro de la escala de clasificación estuvo en el rango muy bajo, en el nivel de aptitud es bajo.

Anónimo (2008) menciona que las principales aportaciones de nitrógeno provienen de la mineralización de las reservas orgánicas de los suelos. Los tipos de suelo, condiciones edáficas y el régimen climático que predomina en las zonas donde se cultiva la mayoría de la caña de azúcar, apuntan que las principales pérdidas de nitrógeno del suelo se relacionan con los siguientes aspectos; cantidad de nitrógeno en los productos cosechados, la quema durante la zafra, y la desnitrificación.

No obstante el nitrógeno es un nutriente complicado de evaluar porque está sujeto a diversos procesos que influyen en su ruta hacia la solución del suelo (principalmente la mineralización y fuera de ella (lixiviación) desnitrificación, volatilización e inmovilización) Ávila (2009).

Por su relación directa con la materia orgánica es común que los contenidos de ambos (materia orgánica -nitrógeno) disminuyan con la profundidad, siendo mayor su presencia en la superficie donde la deposición de materia orgánica y la actividad microbiana son también mayores Chaves (1999).

Anónimo (2008) coincide con Chaves (1999) en que el proceso por medio del cual el nitrógeno pasa de formas orgánicas para formas inorgánicas (disponibles) es conocido como mineralización. La transformación inversa del nitrógeno mineral a formas orgánicas (no disponibles) de inmovilización.

Los resultados de este trabajo (Cuadro 7) contrastan con lo encontrado por Chaves (1999), quien menciona que la quema es una práctica ecológicamente indeseable pero necesaria en el esquema de manejo actual de plantaciones comerciales de caña de azúcar, que induce pérdidas importantes de nitrógeno por volatilización, producto de la incineración del material orgánico.

El contenido de fósforo sin antecedentes de quema (Cuadro 7) dentro de la escala de clasificación NOM-021-RECNAT-2000, estuvo en el rango bajo. En el contenido de fósforo en las parcelas con antecedentes de quema estuvo dentro del rango de clasificación en el rango bajo, en los niveles de aptitud esta dentro del nivel no apto.

Chaves, (1999) menciona que por ser químicamente muy reactivo, el fósforo no se encuentra disponible en el suelo en su forma elemental, como si ocurre con otros nutrientes. De acuerdo con la información internacional relativa a la capacidad de extracción de fósforo del suelo por parte de la caña de azúcar, ese nutriente es en

promedio absorbido en menores cantidades respecto a otros de orden primario como el potasio y el nitrógeno. Se considera que la deficiencia de fósforo es una circunstancia común a la mayoría de suelos agrícolas del mundo, motivo por el cual se le ha bautizado como “la llave maestra de la agricultura”. En la mayoría de suelos las concentraciones de fósforo son muy bajas, tal como se comentó con anterioridad, encontrándose las mayores reservas en los fosfatos secundarios.

El contenido de fósforo disponible en el suelo es una variable dinámica, fuertemente influenciada por las propiedades del suelo, la planta y las condiciones ambientales. Cualquier cambio con las condiciones del suelo se encuentra relacionada con la concentración de fósforo en solución (intensidad), la magnitud del fósforo de la fase sólida del suelo susceptible de pasar a la solución o fósforo lábil (cantidad), la capacidad del suelo de restablecer el fósforo de la solución y las características del suelo que permiten el paso de iones fosfato desde las zonas de alta concentración a la superficie de las raíces (difusión), explican los cambios producidos en la cantidad de fósforo disponible Rojas, (2009).

Anónimo (2008), menciona que lo que indica que la relación de aniones fosfatos con los minerales del suelo está gobernada por dos cinéticas, una rápida (adsorción) y otra lenta (difusión vía intraparticular) por lo que queda solo una fracción del nutriente aplicado de forma disponible para el cultivo. Por esta razón es común que se considere que el fósforo es de baja disponibilidad o incluso de “escasa solubilidad” lo cual ocurre tanto en medio ácido como alcalino.

Los mecanismos de pérdida de fósforo se relacionan fundamentalmente por la cantidad de este nutriente contenida en los productos cosechados y la erosión del suelo. Por lo tanto, el fósforo tiende a acumularse en el suelo y, si a través de los ciclos continúan las aplicaciones de este nutriente en cantidades mayores a las que la caña de azúcar aprovecha, en un determinado tiempo llegará a encontrarse en un nivel de superávit, esto es, la oferta superará la demanda del cultivo. Como no se produce un equilibrio natural bajo estas condiciones, la magnitud de fósforo en el suelo cada vez será mayor cuyo exceso no causará problemas fisiológicos a la planta ni interferencias con otros nutrientes por las condiciones edáficas de la región (a menos que el suelo sea muy alcalino) (PRONAC, 2009).

En el contenido de potasio sin antecedentes de quema (Cuadro 7) dentro de la escala de clasificación estuvo en un rango bajo, de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000, 2000. El contenido de potasio con antecedentes de quema estuvo dentro de un rango muy bajo, de acuerdo a la escala de clasificación de la NOM-021-RECNAT-2000. En el nivel de aptitud se encontró en el nivel bajo.

Chaves (1999) menciona que el potasio se encuentra contenido en el suelo en varias fracciones que presentan una disponibilidad diferencial para las plantas. El potasio intercambiable es posible que sea absorbido por parte de la planta cuando la fracción intercambiable también es alta. Lo anterior ocurre porque el potasio es liberado gradualmente al medio para disponerlo a la absorción radicular. Este potasio constituye una verdadera reserva (la mayor) que evita la pérdida o su agotamiento del suelo. La retención del potasio es favorecida por la presencia de la materia orgánica (grupos carboxílicos y fenólicos), siendo también adsorbido por las cargas negativas de las arcillas y los hidróxidos contenidos en el suelo. Las pérdidas de este nutrimento que ocurren en el suelo son bajas y por lo general muy inferiores con respecto a las acontecidas con el nitrógeno y el fósforo. Los procesos y mecanismos más importantes que intervienen en las pérdidas de potasio en el suelo son los siguientes: lixiviación, fijación, remoción por las plantas y erosión. En suelos arenosos el potasio se pierde por fijación y por ciclos alternos de humedecimiento y secado.

Vidal, (2003) dice que los vertisoles generalmente son deficientes en muchos de los macroelementos; se registran limitaciones de nitrógeno, necesidades moderadas de fósforo y se consideran suficientes de potasio, y los nutrimentos secundarios y micronutrimentos se han juzgado con un buen nivel de abastecimiento para las plantas. El potasio del suelo, bajo el enfoque moderno se divide en cuatro fracciones, dependiendo de su biodisponibilidad: en la solución del suelo, intercambiable, no intercambiable y la capacidad amortiguadora de potasio.

El potasio intercambiable, se encuentra retenido en las arcillas principalmente en forma electrostática, y neutraliza las cargas negativas que resultan de las sustituciones isomórficas en su estructura. Los suelos con bajo contenido de arcillas, presentan valores bajos de potasio intercambiable y pueden ser modificados por el manejo y la composición mineralógica de los suelos. La forma intercambiable se considera como la

principal fuente primaria de potasio para la absorción de los cultivos. Muchos experimentos han confirmado que el potasio intercambiable puede ser usado para predecir la respuesta a fertilizantes potásicos, consecuentemente los procedimientos analíticos, usados para estimar las necesidades de fertilizante potásico, emplean los extractantes los cuales reemplazan una porción significativa de potasio intercambiable (Núñez, 2002).

Sanzano, (2010) menciona que el potasio es el nutriente que menores problemas de disponibilidad presenta, ya que, en general, la provisión de este elemento en los suelos es aceptable. A diferencia del fósforo (o del azufre y por extensión del nitrógeno), el potasio está presente en la solución del suelo solamente como un catión cargado positivamente,  $K^+$ , el potasio no ocasiona problemas ambientales cuando sale del sistema suelo, no es tóxico y no causa eutrofización en los sistemas acuáticos.

Anónimo (2008) señala que la variación del potasio también cambia por las prácticas de manejo y por la cantidad extraída por el cultivo, tal fracción sale del terreno a través de los productos cosechados, fertilización, entre otros. Además como no se pierde por volatilización durante la quema provocada por la zafra, el potasio contenido en la biomasa después de la cosecha se reintegra al suelo.

Foth (1985) reporta que muchos suelos tienen abundancia de potasio disponible. Aunque las plantas generalmente usan mas potasio de los suelos que cualquier otro nutriente con excepción del nitrógeno. En el suelo el potasio se encuentra en forma de minerales que se intemperizan y liberan iones de potasio. Los iones son adsorbidos en el intercambio de cationes y están fácilmente disponibles para su absorción por las plantas. Tanto el potasio en solución como el intercambiable son considerados disponibles para las plantas, eliminando el potasio intercambiable se elimina también el potasio disponible, y las plantas deben depender de la liberación de potasio fijado o de potasio intemperizado de los minerales.

Vargas, (2006) dice que a diferencia de lo que acontece con el nitrógeno, cuya pérdida por volatilización es elevada, la quema (un mal necesario que baja costos de producción y aumenta la eficiencia de la cosecha) permite y favorece la incorporación de sales de K al suelo a través de las cenizas, las cuales, sin embargo, generan posteriormente serios problemas en el proceso de cristalización y fabricación del azúcar.

Esta vía de restitución del K en el suelo es muy importante y significativa, puesto que reintegra mucho del elemento extraído que de otra manera se perdería con la cosecha y traslado de la materia prima a la fábrica, generando con ello una insuficiencia sistemática.

El valor de P realizada con la prueba t demostró que no existe diferencia significativa entre las variables. Esto significa que la quema de la caña de azúcar y la cosecha en verde de la caña de azúcar no hubo cambios en los contenidos de nutrientes en el suelo de ambos sistemas.

### **Análisis Cualitativo**

#### **Cromatogramas de Suelos Con Antecedentes de Quema y Sin Antecedentes de Quema Antes de la Cosecha**

Para la realización de este análisis cromatografico fue utilizada una muestra compuesta de cinco para los dos ejidos (Figura 9 a y b).

En el cromatograma (Figura 9 a) se puede apreciar la zona central, con un tamaño irregular, coloración café que lentamente se integra a la siguiente zona, líneas notables radiales con buena definición del centro a la periferia del croma, Sin embargo las ramificaciones no son muy visibles y las líneas no llegan a penetrar la parte central de los picos de la zona externa. En la zona interna o mineral, se puede apreciar que por la coloración e integración de la zona hay actividad de hongos y contenido de minerales. La zona intermedia, proteica o de la materia orgánica; presenta líneas marcadas a la periferia del croma, halo color café oscuro irregular, presencia de actividad microbiana y digestión del contenido de proteínas. En zona externa, presenta picos irregulares indefinidos, se puede manifestar el potencial de nutrientes fuente de carbono y materia orgánica en proceso de descomposición y actividad enzimática.

En cambio en el cromatograma de los suelos con antecedentes de quema (Figura 9, b) presentan una forma suave, en la zona central un color café oscuro, no se manifiesta el proceso de oxidación. En la zona interna o mineral y en la zona intermedia, es donde se presenta la ausencia o presencia de materia orgánica se nota lisa, difusa ligeramente

obscura, no hay actividad bacteriana. En la zona externa o enzimática se aprecian picos no definidos, halo color crema indefinido, ausencia de actividad enzimática visible, sin potencial de nutrientes.



Figura 9. Cromatogramas del primer análisis cualitativo (diciembre de 2010) sin antecedentes de quema (a) y con antecedentes de quema (b).

### **Cromatogramas Después de la Cosecha Con Antecedentes de Quema y Sin Quema**

Los Cromatogramas del segundo análisis cualitativo en abril de 2011, se utilizaron las muestras recabas de cinco submuestras (Figura 10, a, b, c, d, e) en los cromatogramas sin antecedentes de quema presentaron una forma dentada e irregular muy pronunciada. En la zona central, presenta una coloración café, que lentamente se integra a la siguiente zona. En la zona interna o mineral, indica una buena armonía con las demás partes del cromatograma el recorrido de los minerales desde origen hasta el borde de la figura. En la zona intermedia, proteica o de la materia orgánica, la armonía que tiene tanto con la zona externa o enzimática está totalmente penetrada por lo diversos dientes que se forman a partir de la materia orgánica. La zona externa o enzimática, se encuentra totalmente penetrada por la zona anterior, se aprecia la presencia de materia orgánica en proceso de descomposición y actividad enzimática.

Sin embargo los cromatogramas de la (Figura 10, f, g, h, i, j) con antecedentes de quema, presentaron una forma irregular, la estampa es plana, sin ninguna armonía y de color totalmente café. La zona central presenta un color café muy oscuro, no se aprecia

que se integre a la siguiente zona. En la zona interna o mineral, se notan el comienzo de líneas no tan marcadas hacia la periferia del cromograma, en zona intermedia se nota un halo color café oscuro irregular, poca materia orgánica sin potencial alto de nutrientes, en la zona externa se notan picos no definidos irregulares semi formados de color café oscuro, poca fuente de carbono y de actividad microbiana, y enzimática.

Las pruebas de cromatografía muestran que existen diferencias en la salud del suelo, en las parcelas con y sin quema. Lo anterior sugiere que existen nutrientes y materia orgánica para el crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar en las parcelas que no practican la quema. En contraste, en donde se practica el sistema convencional con quema, se puede deducir menor contenido de materia orgánica que pueda ser fuente de alimento para los microorganismos del suelo y por lo tanto material base para la mineralización en corto plazo o para la humificación a largo plazo.

Las pruebas de cromatografía muestran que existen diferencias en la salud del suelo, en las parcelas con y sin quema. Lo anterior sugiere que existen nutrientes y materia orgánica para el crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar en las parcelas que no practican la quema. En contraste, en donde se practica el sistema convencional con quema, se puede deducir menor contenido de materia orgánica que pueda ser fuente de alimento para los microorganismos del suelo y por lo tanto material base para la mineralización en corto plazo o para la humificación a largo plazo.

Los suelos quemados también tienden tener condiciones menos propias para la oxidación y mineralización de la materia orgánica. Estos suelos presentan condiciones de aparente reducción (centros muy oscuros). Por lo tanto, con menor nitrógeno disponible hay un consumo constante de nitrógeno en forma de urea o amonio altamente solubles para que el cultivo de caña de azúcar, lo que quizá permita tener rendimientos comercialmente aceptables. Por otro lado, la aplicación de herbicidas podría estar también inhibiendo la descomposición de ciertas sustancias orgánicas.

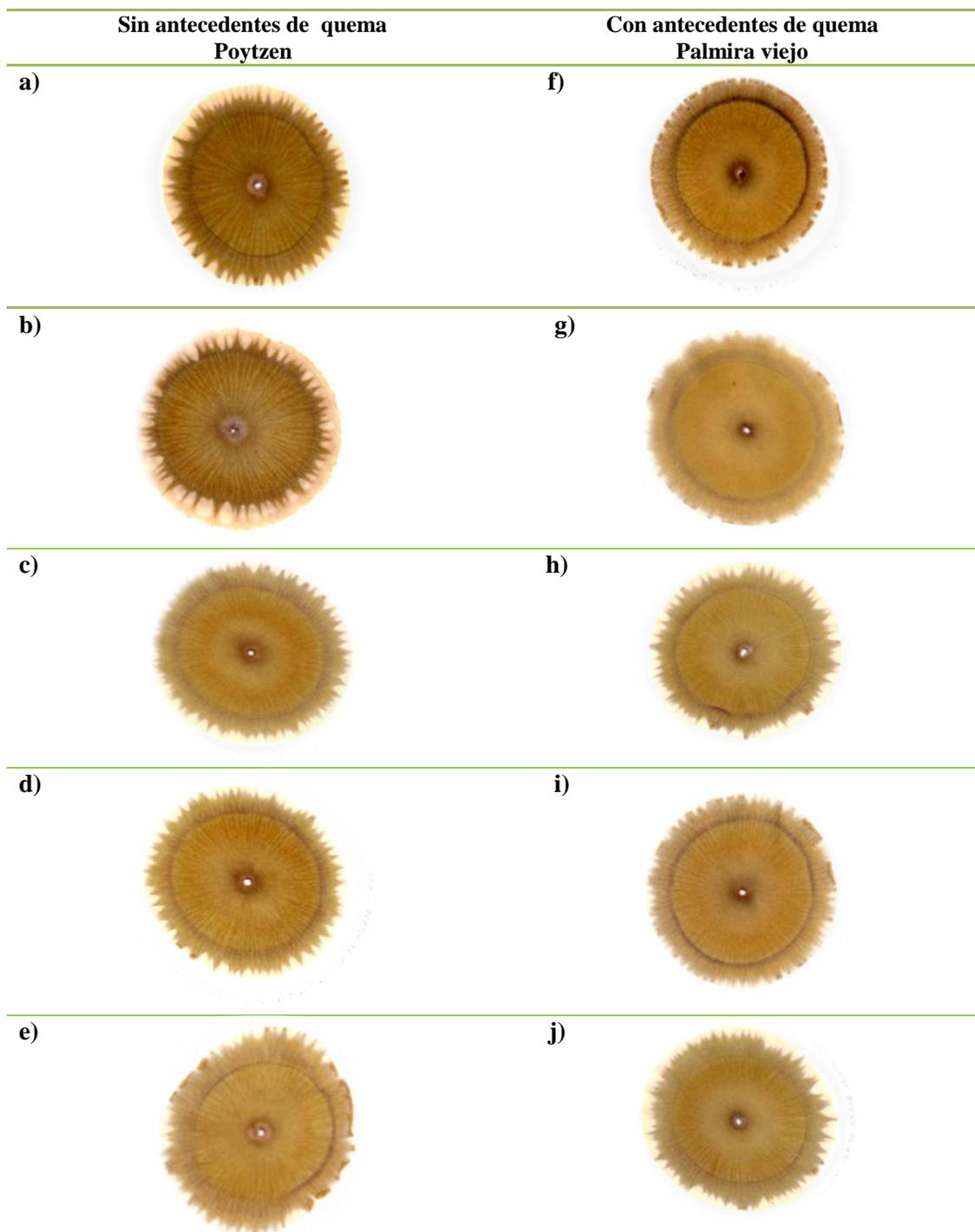


Figura 10. Cromatogramas del segundo análisis cualitativo en abril de 2011, sin antecedentes de quema (a, b, c, d, e) y con antecedentes de quema (f, g, h, i, j) de productores con condiciones equivalentes.

## CONCLUSIONES

Las evidencias encontradas en este estudio, al comparar los sistemas de cosecha en verde y quema de la caña de azúcar, se encontró que no hay diferencias significativas entre los niveles de nitrógeno, fosforo, potasio y material orgánico disponible de acuerdo al análisis estadístico prueba t de student con  $\alpha = 0.05$ .

La cromatografía de papel demuestra que hubo diferencias en cuanto a salud del suelo bajo el sistema de cosecha en verde con parcelas que practican el sistema convencional quema de la caña de azúcar. Estos resultados sugieren que los suelos sometidos a la quema para la cosecha contaron con menor materia orgánica que pueda ser fuente de alimento para los microorganismos del suelo y por lo tanto material base para la mineralización en corto plazo o para la humificación a largo plazo.

## **RECOMENDACIONES**

Ampliar el plazo de evaluación por lo menos dos años, ya que en el caso del potasio muestra una ligera tendencia a incrementarse a largo plazo.

Incrementar el tamaño de muestras tanto de suelo como de tallos, hojas, u otros indicadores del cultivo y comunidades a evaluar.

Implementar análisis de actividad enzimática, y microbiológico en la investigación.

Utilizar enmiendas orgánicas a través de compostas o abonos verdes ya que no quemar los esquilmos y dejarlos en el terreno, no es suficiente para mantener la fertilidad de los suelos cañeros del ejido Poytzen en Tancanhuitz, San Luis Potosí.

## LITERATURA CITADA

- AMSDA, Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Agropecuario, A.C.2004.  
<http://www.amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/SANLUIS/PREcanadeazucar.pdf>  
f. [2011, Agosto 12]
- Anónimo, 2008. Manejo sustentable de la fertilidad del suelo y la nutrición de la caña de azúcar; nutrición y fertilización de las plantaciones de caña de azúcar del país. Texcoco, México. [2011, Junio 30]
- Argenbio. 2007. Una “bioalternativa”: el biodiesel. Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Disponible en: <http://www.argenbio.org/h/pastillas/pastilla.php?id=27>. [2010, Noviembre 8]
- Astier C.M. Maass M.M. Etchevers B.J. 2002. Derivacion de indicadores de calidad de suelos en el context de la agricultura sustentable, Agrociencia, Septiembre-Octubre/Vol. 36, numero 005 colegio de posgraduados, Texcoco, México. Pp. 605-620. [2012, Febrero 12]
- Ávila Ll. E. 2009. Aproximación a la fruticultura integral, Editor Agro Latino, p.232
- CIAB Centro internacional de agricultura biológica. 2008. <http://www.fundacionciab.org/docs/Instrucciones%20para%20cromatogramas.pdf>. [2011, Septiembre 20]
- Chaves S. M., 1999. El nitrógeno, fósforo y potasio en la caña de azúcar. Liga agrícola industrial de la caña de azúcar dirección de investigación y extensión de la caña de azúcar, DIECA, San José, Costa Rica. [2011, Septiembre 10]
- Domínguez D. E., Landeros S. C., Riestra D.D., Fauconnier, R y López C. C. J., 2000 Efecto de la quema de la caña de azúcar en la materia orgánica., La Habana Cuba, Editorial Científico Técnica. p 369.Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Universidad politécnica de valencia. [2012, Febrero 12]
- Foth H. D., 1985. Fundamentos de la ciencia del suelo, Ed. Continental S.A de C.V. México D.F. pp.288-317.
- Gisbert B. J. M.I Ibáñez A. S. Moreno R. H. 2011. Vertisoles. Producción Vegetal.

- Gómez C. M. A. Noriega A. G., Schwentesius R. R., Sosa M. L., Reyes S. T. 2010. Lineamientos técnicos para la operación orgánica agropecuaria, Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos AC. México, D.F. [www.mercadosorganicos.org.mx/files/Lineamientos%20REDAC.pdf](http://www.mercadosorganicos.org.mx/files/Lineamientos%20REDAC.pdf) [2012, Enero 2012]
- Gómez, I. A.; Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Sánchez, M. E.; Durán, J. L.; Benítez, Ledyá; Villegas, R.; Ponce De León, D.; López, M. 2010, Grupos de suelos y su distribución en las áreas del ingenio central motzorongo, Veracruz, México Cultivos Tropicales Vol. 31, N°. 2 p. 32-36.
- Hernández, R. A. 2002. Obtención de un biopreparado a partir de rizobacterias asociadas al cultivo de maíz (*Zea mays* L.). p.84. [2010, Septiembre 10]
- Herrera S. A., N. Milanés R., F. A Molina L., P. Ordóñez B., P. Elorza M., A. Castillo M., V. Enríquez R., D. A. Rodríguez L. 2009. Effect of management of the harvest wastes of sugar cane (*Saccharum* spp. hybrid) on the field performance in Veracruz, México. Revista UDO Agrícola 2009 Vol. 9 N°. 3 p. 517-521. [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=53&Itemid=325](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=325)
- INEGI. 1998. Perfiles de suelos, un recorrido por México, 1998, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, banco de información sobre perfiles de suelo, versión 1.0. [2011, Septiembre 20]
- INEGI. 2009. Instituto Nacional de estadística, geografía e informática. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/24/24012.pdf> [2011, septiembre 20]
- INFOCAÑA. 2011. Sistema Nacional de Información de la Agroindustria Azucarera (SIAZÚCAR), (<http://www.infocana.gob.mx/materiales/pdf/guiadeaccesoinfocana.pdf>)
- Jarquín G. R., 2009. Manejo integrado de la mosca pinta (*aeneolamia spp* y *prosapia spp.*) bajo el modelo de cosecha en verde de la caña de azúcar (*saccharum officinarum*). [2010, Marzo 10]

- NOM 2000. Norma Oficial Mexicana que Establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreo y Análisis. NOM-021-RECNAT-2000. 2ª ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. p26. [2011, Agosto 12]
- Núñez E. R. 2002. Apuntes del curso de tecnología y uso de fertilizantes. COLPOS. Montecillo, Texcoco, México.
- Ochoa V., Hinojosa B., Gómez M. B., García R. R. 2007. Actividades enzimáticas como indicadores de calidad del suelo en agroecosistemas ecológicos; Programa de Doctorado/Master “Análisis y gestión de ecosistemas”. Departamento de Biología Animal, Vegetal y Ecología. Universidad de Jaén. Campus las Lagunillas s/n, 23071, Jaén. [2010, Noviembre 15]
- Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas, IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0510s/a0510s00.pdf> [2012, Febrero 12]
- PRONAC. Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar Digitalización del Campo Cañero en México para Alcanzar la Agricultura de Precisión de la Caña de Azúcar”, ingenio Plan de Ayala. 2009. [www.infocana.gob.mx/.../37\\_PLAN\\_DE\\_AYALA\\_SIAP\\_II.pdf](http://www.infocana.gob.mx/.../37_PLAN_DE_AYALA_SIAP_II.pdf). [2012, Marzo 10]
- Restrepo R. J. Pinheiro S. 2011, Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo, Ed. Feriva S.A. Cali Colombia.
- Ribón C. M. A, Salgado. G. S, Palma L. D. J. Lagunes E. L. del C. 2003. Propiedades químicas y físicas de un vertisol cultivado con caña de azúcar. INCI. vol.28, no.3, p.154-159. [http://www.scielo.org/ve/scielo.php?Script=sci\\_arttext&pid=S037818442003000300007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org/ve/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S037818442003000300007&lng=es&nrm=iso). ISSN 0378-1844. [2012, Enero 16]
- Rivera A. N. 2011. Ficha técnica del cultivo de caña de azúcar [www.inta.gov.ar/salta/info/documentos/Suelos/DIAGNOSTICO%20SUELOS.pdf](http://www.inta.gov.ar/salta/info/documentos/Suelos/DIAGNOSTICO%20SUELOS.pdf)

- Rodríguez S. L. M.; Macedas J. J. U.; Ponce F. M.; Quintero Ch. C., 2011. Utilización de la cromatografía en papel filtro como indicador del impacto de la aplicación de materia orgánica y herbicidas en los suelos agrícolas. Congreso Latinoamericano de Agroecología SOCLA UACH, México.
- Rojas W. C. 2009. Interpretación de la disponibilidad de fosforo en los suelos de Chile, centro regional de investigación INIA, la Platina. [www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR33852.pdf](http://www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR33852.pdf) [2012, Marzo 10]
- Romero E.R.; Olea I. Scandaliaris J. A. J.; Digonzelli P. Tonatto J. Leggio N. M. 2004. Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar. Gaceta Agroindustrial de la EEAOC N° 61, [2012, Febrero 13]
- Sánchez H. R., R. Ramos, R. V. Geissen, J. Mendoza P., E. de La Cruz L., E. Salcedo P., D. J. Palma L. 2008. Contenido de carbono en suelos con diferentes usos agropecuarios en el trópico mexicano. *Terra Latinoamericana* Vol. 29 N°. 2, p. 211-219. [2010, Mayo 20]
- Sanzano A. 2009. Química del suelo. Cátedra edafología, facultad de agronomía y zootecnia, universidad autónoma de Tucumán, Argentina. [edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Nutrientes%20del%20suelo.pdf](http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Nutrientes%20del%20suelo.pdf). [2012, Marzo 10]
- Sistema de Información Agropecuaria 2010, SIAP. [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=285&Itemid=391](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=285&Itemid=391)
- Suárez, R. y Morín, R. B., 2001. Caña de azúcar y sostenibilidad enfoques y experiencias. [2010, Abril 24]
- Toledo T. Ernesto. 2008. La cosecha "en verde" y conservación in situ de los residuos de la caña de azúcar (*saccharum spp.*). Impacto en la sostenibilidad y restauración del agroecosistema en Huixtla Chiapas, México. [2010, Marzo 20]
- Torres J.S. 2006. Manejo del cultivo en condiciones de caña verde, Cali cenicaña, Colombia, p. 165, serie técnica No. 35 [2011, Septiembre 04]

- Vargas R.R. 2006. Mapeo digital del suelo y su elaboración con fines de producción de caña de azúcar en los municipios de Ixiamas y San Buanaventura. Conservación internacional Bolivia y conservación estratégica. [www.conservation.org.bo/files/libro\\_mapeo\\_suelos\\_final.pdf](http://www.conservation.org.bo/files/libro_mapeo_suelos_final.pdf) [2012, Marzo10]
- Velásquez A. R. C. 2008. Ciencia al servicio del hombre, efecto de la quema de la caña de azúcar Caracas. [2010, Mayo 18]
- Vidal M. J. L. 2003. Dinámica del potasio en el suelo y su requerimiento por los cultivos. COLPOS, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas Instituto de recursos naturales Especialidad en edafología Montecillo, Texcoco, edo. de México

# **ANEXOS**

**ANEXO 1. ENCUESTAS A PRODUCTORES DE LOS EJIDOS POYTZEN (SIN ANTECEDENTES DE QUEMA) Y PALMIRA VIEJO (CON ANTECEDENTES DE QUEMA)**



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 EFECTO DE LA QUEMA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAÑERO  
 EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSI



ENCUESTA

Actividad agrícola de productor de caña:  
 Productor: Olegario Santiago  
 Localidad: Aldzulup Paytzen  
 Municipio: Tancanhuitz, San Luis Potosi  
 Parcela: 01 -

1. ¿Desde cuándo practica la actividad agrícola del cultivo de la caña?  
Desde 1975, tengo 36 años trabajando Ploncillo
2. ¿Qué variedad utiliza?  
Mex 55 y la Rd.
3. ¿Utiliza fuego, antes de la cosecha del cultivo?  
 Sí  No
4. ¿Utiliza fertilizante químico?  
 Sí  No cantidad por has: \_\_\_\_\_
5. ¿Utiliza algún herbicida?  
 Sí  No cual: \_\_\_\_\_ Dosis de aplicación: \_\_\_\_\_
6. ¿Utiliza insumos químicos?  
 Sí  No cual: \_\_\_\_\_ Dosis de aplicación: \_\_\_\_\_
7. ¿Agrega algún esquilmo, rastrojo, estiércol a su parcela antes o después de la cosecha?  
 Sí  No Cual: rastrojo
8. ¿se presentaron lluvias antes de la cosecha, después de la cosecha?  
 Sí  No mes: 4 mes despues
9. ¿Hubo cambios en el régimen de lluvias de una fecha a otra?  
Antes Nevía en Mayo, hoy lluvia en Julio, poca



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 EFECTO DE LA QUEMA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAÑERO  
 EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSI



ENCUESTA

Actividad agrícola de productor de caña:

Productor: Rodolfo Ortega

Localidad: Ejido Protaén

Municipio: Tancanhuitz, San Luis Potosi

Parcela: # 02

1. ¿Desde cuándo practica la actividad agrícola del cultivo de la caña?  
Llevo 40 años
2. ¿Qué variedad utiliza?  
Mex 55 y RD un poco
3. ¿Utiliza fuego, antes de la cosecha del cultivo?  
 Sí  No
4. ¿Utiliza fertilizante químico?  
 Sí  No cantidad por has: \_\_\_\_\_
5. ¿Utiliza algún herbicida?  
 Sí  No cual: \_\_\_\_\_ Dosis de aplicación: \_\_\_\_\_
6. ¿Utiliza insumos químicos?  
 Sí  No cual: \_\_\_\_\_ Dosis de aplicación: \_\_\_\_\_
7. ¿Agrega algún esquilmo, mastrojo, estiércol a su parcela antes o después de la cosecha?  
 Sí  No Cual: queda toda la paja
8. ¿se presentaron lluvias antes de la cosecha, después de la cosecha?  
 Sí  No mes: \_\_\_\_\_
9. ¿Hubo cambios en el régimen de lluvias de una fecha a otra?  
este año fue el mas serio  
Por la sequia



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
 FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EFECTO DE LA QUEMA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAÑERO  
 EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSÍ



ENCUESTA

Actividad agrícola de productor de caña:

Productor: José Julián Cruz

Localidad: Aldzulo Foytzen

Municipio: Tancanhuitz, San Luis Potosi

Parcela: 03

1. ¿Desde cuándo practica la actividad agrícola del cultivo de la caña?  
Desde el año de 1963.
2. ¿Qué variedad utiliza?  
055
3. ¿Utiliza fuego, antes de la cosecha del cultivo?  
 Sí  No
4. ¿Utiliza fertilizante químico?  
 Sí  No cantidad por has: \_\_\_\_\_
5. ¿Utiliza algún herbicida?  
 Sí  No cual: \_\_\_\_\_ Dosis de aplicación: \_\_\_\_\_
6. ¿Utiliza insumos químicos?  
 Sí  No cual: \_\_\_\_\_ Dosis de aplicación: \_\_\_\_\_
7. ¿Agrega algún esquilmo, rastrojo, estiércol a su parcela antes o después de la cosecha?  
 Sí  No Cual: RASTROJO
8. ¿se presentaron lluvias antes de la cosecha, después de la cosecha?  
 Sí  No mes: SEPTIEMBRE
9. ¿Hubo cambios en el régimen de lluvias de una fecha a otra?  
SEPTIEMBRE O JUNIO SIN LLUVIA.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 EFECTO DE LA QUEMA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAÑERO  
 EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSI



ENCUESTA

Actividad agrícola de productor de caña:

Productor: Ciriaco Martínez

Localidad: Atzaculap. Potosi

Municipio: Tancanhuitz, San Luis Potosi

Parcela: 04

1. ¿Desde cuándo practica la actividad agrícola, del cultivo de la caña?  
de 1970 40 años de ser productor
2. ¿Qué variedad utiliza?  
 \_\_\_\_\_
3. ¿Utiliza fuego, antes de la cosecha del cultivo?  
 Si  No
4. ¿Utiliza fertilizante químico?  
 Si  No cantidad por has: \_\_\_\_\_
5. ¿Utiliza algún herbicida?  
 Si  No cual: \_\_\_\_\_ Dosis de aplicación: \_\_\_\_\_
6. ¿Utiliza insumos químicos?  
 Si  No cual: \_\_\_\_\_ Dosis de aplicación: \_\_\_\_\_
7. ¿Agrega algún esquileo, rastrojo, estiércol a su parcela antes o después de la cosecha?  
 Si  No Cual: \_\_\_\_\_
8. ¿se presentaron lluvias antes de la cosecha, después de la cosecha?  
 Si  No mes: \_\_\_\_\_
9. ¿Hubo cambios en el régimen de lluvias de una fecha a otra?  
antes llovía mucho



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
 FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EFECTO DE LA QUEMA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAÑERO  
 EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSÍ



ENCUESTA

Actividad agrícola de productor de caña:  
 Productor: Eugenio Martínez Hernández  
 Localidad: Poytzen  
 Municipio: Tancanhuitz, San Luis Potosí  
 Parcela: 05 (3)

1. ¿Desde cuándo practica la actividad agrícola del cultivo de la caña?  
Desde hace 40 años
2. ¿Qué variedad utiliza?  
055
3. ¿Utiliza fuego, antes de la cosecha del cultivo?  
 Sí  No
4. ¿Utiliza fertilizante químico?  
 Sí  No cantidad por has: \_\_\_\_\_
5. ¿Utiliza algún herbicida?  
 Sí  No cual: \_\_\_\_\_ Dosis de aplicación: \_\_\_\_\_
6. ¿Utiliza insumos químicos?  
 Sí  No cual: \_\_\_\_\_ Dosis de aplicación: \_\_\_\_\_
7. ¿Agrega algún esquilmo, rastrojo, estiércol a su parcela antes o después de la cosecha?  
 Sí  No Cual: \_\_\_\_\_
8. ¿se presentaron lluvias antes de la cosecha, después de la cosecha?  
 Sí  No mes: Junio
9. ¿Hubo cambios en el régimen de lluvias de una fecha a otra?  
Junio



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
 FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EFECTO DE LA QUEMA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAÑERO  
 EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSI



ENCUESTA

Actividad agrícola de productor de caña:

Productor: Liberio Conde

Localidad: Palmira Vieja

Municipio: Tancanhuitz, San Luis Potosi

Parcela: 01

1. ¿Desde cuándo practica la actividad agrícola del cultivo de la caña?

Desde 1968

2. ¿Qué variedad utiliza?

CP, RD y M8055

3. ¿Utiliza fuego, antes de la cosecha del cultivo?

Sí  No

4. ¿Utiliza fertilizante químico?

Sí  No cantidad por has: 500 kilos

5. ¿Utiliza algún herbicida?

Sí  No cual: Herzipol Dosis de aplicación: Un litro x Ha.

6. ¿Utiliza insumos químicos?

Sí  No cual: plaguisida Dosis de aplicación: 700 mililitros x Ha.

7. ¿Agrega algún esquilmo, rastrojo, estiércol a su parcela antes o después de la cosecha?

Sí  No Cual: \_\_\_\_\_

8. ¿se presentaron lluvias antes de la cosecha, después de la cosecha?

Sí  No mes: \_\_\_\_\_

9. ¿Hubo cambios en el régimen de lluvias de una fecha a otra?

No llovió a tiempo hasta Julio



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
 FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EFECTO DE LA QUEMA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAÑERO  
 EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSÍ



ENCUESTA

Actividad agrícola de productor de caña:  
 Productor: Blas Trejo  
 Localidad: Palmiraviejo  
 Municipio: Tancanhuitz, San Luis Potosí  
 Parcela: 02

1. ¿Desde cuándo practica la actividad agrícola del cultivo de la caña?  
Desde 1972
2. ¿Qué variedad utiliza?  
RD-CP-MX 055
3. ¿Utiliza fuego, antes de la cosecha del cultivo?  
 Si     No
4. ¿Utiliza fertilizante químico?  
 Si     No    cantidad por has: 500 kilogramo
5. ¿Utiliza algún herbicida?  
 Si     No    cual: Malatión    Dosis de aplicación: 1 x Ha.
6. ¿Utiliza insumos químicos?  
 Si     No    cual: plaguicida    Dosis de aplicación: 500 a 700 mililitro
7. ¿Agrega algún esquilmo, rastrojo, estiércol a su parcela antes o después de la cosecha?  
 Si     No    Cual: \_\_\_\_\_
8. ¿se presentaron lluvias antes de la cosecha, después de la cosecha?  
 Si     No    mes: \_\_\_\_\_
9. ¿Hubo cambios en el régimen de lluvias de una fecha a otra?  
Si y no llueve a tiempo - Julio



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 EFECTO DE LA QUEMA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAÑERO  
 EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSI



ENCUESTA

Actividad agrícola de productor de caña:

Productor: Juan López

Localidad: Palmira Viejo

Municipio: Tancanhuitz, San Luis Potosi

Parcela: 03

1. ¿Desde cuándo practica la actividad agrícola del cultivo de la caña?

1972

2. ¿Qué variedad utiliza?

RD-MX055 y CP

3. ¿Utiliza fuego, antes de la cosecha del cultivo?

Si

No

4. ¿Utiliza fertilizante químico?

Si

No

cantidad por has: 500 kilos x Ha.

5. ¿Utiliza algún herbicida?

Si

No

cual: Malatión

Dosis de aplicación: 550 a 700 x ha.  
mililitros

6. ¿Utiliza insumos químicos?

Si

No

cual: plaguicida

Dosis de aplicación: 700 x ha.

7. ¿Agrega algún esquileo, rastrojo, estiércol a su parcela antes o después de la cosecha?

Si

No

Cual: \_\_\_\_\_

8. ¿se presentaron lluvias antes de la cosecha, después de la cosecha?

Si

No

mes: \_\_\_\_\_

9. ¿Hubo cambios en el régimen de lluvias de una fecha a otra?

Ya no llueve normal



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 EFECTO DE LA QUEMA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAÑERO  
 EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSI



ENCUESTA

Actividad agrícola de productor de caña:

Productor: Benjamín Trejo

Localidad: Palmira Viejo

Municipio: Tancanhuitz, San Luis Potosí

Parcela: 04

1. ¿Desde cuándo practica la actividad agrícola del cultivo de la caña?  
1976
2. ¿Qué variedad utiliza?  
MX 055-RD-CP
3. ¿Utiliza fuego, antes de la cosecha del cultivo?  
 Si  No  
 X
4. ¿Utiliza fertilizante químico?  
 Si  No cantidad por has: 500. kilos
5. ¿Utiliza algún herbicida?  
 Si  No cual: Malatión Dosis de aplicación: 1x ha.
6. ¿Utiliza insumos químicos?  
 Si  No cual: contra mosca Dosis de aplicación: 700 mililitros  
pinta x Has.
7. ¿Agrega algún esquilmo, rastrojo, estiércol a su parcela antes o después de la cosecha?  
 Si  No Cual: \_\_\_\_\_
8. ¿se presentaron lluvias antes de la cosecha, después de la cosecha?  
 Si  No mes: \_\_\_\_\_
9. ¿Hubo cambios en el régimen de lluvias de una fecha a otra?  
Mucho anormal y con plaga (gusanos)



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE LA QUEMA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO CAÑERO  
EN TANCANHUITZ SAN LUIS POTOSI

ENCUESTA

Actividad agrícola de productor de caña:

Productor: Gloria Martínez

Localidad: Palmira Viejo

Municipio: Tancanhuitz, San Luis Potosí

Parcela: 05

1 ¿Desde cuándo practica la actividad agrícola del cultivo de la caña?

1978 = a 33 años

2 ¿Qué variedad utiliza?

San Pablo y CP

3 ¿Utiliza fuego, antes de la cosecha del cultivo?

Si  No

4 ¿Utiliza fertilizante químico?

Si  No

cantidad por has: 500 kilos

5 ¿Utiliza algún herbicida?

Si  No

cual: Malatión Dosis de aplicación: 1 litro x ha.

6 ¿Utiliza insumos químicos?

Si  No

cual: No me acuerdo Dosis de aplicación: 500 mililitros

7 ¿Agrega algún esquilmo, rastrojo, estiércol a su parcela antes o después de la cosecha?

Si  No

Cual: \_\_\_\_\_

8 ¿se presentaron lluvias antes de la cosecha, después de la cosecha?

Si  No

mes: Julio

9 ¿Hubo cambios en el régimen de lluvias de una fecha a otra?

Mucho

**ANEXO 2. RESULTADOS ANALÍTICOS DE CADA UNA DE LAS MUESTRAS  
TOMADA EN PARCELAS SIN ANTECEDENTES DE QUEMA Y CON  
QUEMA.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

Interesado MONTSERRATH ROJAS VELAZQUEZ (TESISTA) Fecha JUNIO 5, 2011

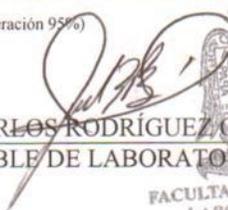
No. de muestras 1 Muestra No. S88/11 Profundidad (0-30 CM)

Descripción PARCELA 1 Sitio de muestreo POYTZEN

Municipio y Estado TANCANHUITZ DE SANTOS, S.L.P.

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.45	
Capacidad de Campo (%)	21	
Punto de Marchitez Permanente (%)	12.49	
Agua Aprovechable (%)	8.51	
Agua en el Suelo a Saturación (%)	41	
Arena (%)	54	
Limo (%)	12	
Arcilla (%)	34	
Textura		FRANCO ARENOSO
pH en Agua (1:2.5)	7.7	MEDIANAMENTE ALCALINO
pH en Extracto de Saturación	7.9	MEDIANAMENTE ALCALINO
C. E. en Extracto de Saturación (mS/cm)	0.468	EFFECTOS DESPRECIABLES
Carbonatos Totales (%)	9.6	MEDIANO
Materia Orgánica (%)	3.8	ALTO
Nitrógeno Inorgánico (ppm)	7.8	MUY BAJO
Fósforo Extraíble (ppm)	2.5	BAJO
Potasio Intercambiable (ppm)	89	BAJO

NOTA: Las muestras se corrieron por duplicado  
Se utilizó material de referencia ISP 2010 y SAPI (nivel de recuperación 95%)

  
DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
RESPONSABLE DE LABORATORIO

  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO SAP



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

Interesado MONTERRATH ROJAS VELAZQUEZ (TESISTA) Fecha JUNIO 5, 2011

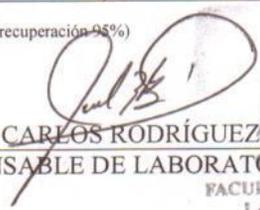
No. de muestras 1 Muestra No. S89/11 Profundidad (0-30 CM)

Descripción PARCELA 2 Sitio de muestreo POYTZEN

Municipio y Estado TANCANHUITZ DE SANTOS, S.L.P.

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN	
Densidad Aparente ( g/cm <sup>3</sup> )	1.35		
Capacidad de Campo (%)	30		
Punto de Marchitez Permanente (%)	17.9		
Agua Aprovechable (%)	12.1		
Agua en el Suelo a Saturación (%)	43		
Arena (%)	40		
Limo (%)	40		
Arcilla (%)	20	FRANCO	
Textura			
pH en Agua ( 1:2.5 )	7.2	NEUTRO	
pH en Extracto de Saturación	8.01	MEDIANAMENTE ALCALINO	
C. E. en Extracto de Saturación ( mS/cm )	0.373	EFFECTOS DESPRECIABLES	
Carbonatos Totales (%)	7.2	MEDIANO	
Materia Orgánica (%)	4.5	ALTO	
Nitrógeno Inorgánico ( ppm )	11	BAJO	
Fósforo Extraíble ( ppm )	3.5	BAJO	
Potasio Intercambiable ( ppm )	69	BAJO	

NOTA: Las muestras se corrieron por duplicado  
Se utilizó material de referencia ISP 2010 y SAP1 (nivel de recuperación 98%)

  
DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
RESPONSABLE DE LABORATORIO

  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO SAP



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

**Interesado** MONTSERRATH ROJAS VELAZQUEZ (TESISTA) **Fecha** JUNIO 5, 2011

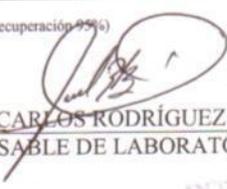
**No. de muestras** 1 **Muestra No.** S90/11 **Profundidad** (0-30 CM)

**Descripción** PARCELA 3 **Sitio de muestreo** POYTZEN

**Municipio y Estado** TANCANHUITZ DE SANTOS, S.L.P.

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN
Densidad Aparente ( g/cm <sup>3</sup> )	1.40	
Capacidad de Campo ( % )	30	
Punto de Marchitez Permanente ( % )	17.8	
Agua Aprovechable ( % )	12.2	
Agua en el Suelo a Saturación ( % )	38	
Arena ( % )	50	
Limo ( % )	30	
Arcilla ( % )	20	
Textura		FRANCO
pH en Agua ( 1:2.5 )	7.5	MEDIANAMENTE ALCALINO
pH en Extracto de Saturación	7.9	MEDIANAMENTE ALCALINO
C. E. en Extracto de Saturación ( mS/cm )	0.540	EFFECTOS DESPRECIABLES
Carbonatos Totales ( % )	12.6	MDIANO
Materia Orgánica ( % )	3	MEDIO
Nitrógeno Inorgánico ( ppm )	4.2	MUY BAJO
Fósforo Extraíble ( ppm )	3.5	BAJO
Potasio Intercambiable ( ppm )	60	BAJO

NOTA: Las muestras se corrieron por duplicado  
Se utilizó material de referencia ISP 2010 y SAP1 (nivel de recuperación 99%)

  
DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
RESPONSABLE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

**Interesado** MONTERRATH ROJAS VELAZQUEZ (TESISTA) **Fecha** JUNIO 5, 2011

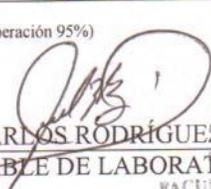
**No. de muestras** 1 **Muestra No.** S91/11 **Profundidad** (0-30 CM)

**Descripción** PARCELA 4 **Sitio de muestreo** POYTZEN

**Municipio y Estado** TANCANHUITZ DE SANTOS, S.L.P.

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN	
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.28		
Capacidad de Campo (%)	31		
Punto de Marchitez Permanente (%)	18.5		
Agua Aprovechable (%)	12.5		
Agua en el Suelo a Saturación (%)	32		
Arena (%)	20		
Limo (%)	74		
Arcilla (%)	6		
Textura		FRANCO LIMOSO	
pH en Agua (1:2.5)	7.5	MEDIANAMENTE ALCALINO	
pH en Extracto de Saturación	8.04	MEDIANAMENTE ALCALINO	
C. E. en Extracto de Saturación (mS/cm)	0.456	EFECTOS DESPRECIABLES	
Carbonatos Totales (%)	5.6	MEDIANO	
Materia Orgánica (%)	4	ALTO	
Nitrógeno Inorgánico (ppm)	8	MUY BAJO	
Fósforo Extraíble (ppm)	2.9	BAJO	
Potasio Intercambiable (ppm)	69	BAJO	

NOTA: Las muestras se corrieron por duplicado  
Se utilizó material de referencia ISP 2010 y SAP1 (nivel de recuperación 95%)

  
DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
RESPONSABLE DE LABORATORIO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO SAP



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

**Interesado** MONTSERRATH ROJAS VELAZQUEZ (TESISTA) **Fecha** JUNIO 5, 2011

**No. de muestras** 1 **Muestra No.** S92/11 **Profundidad** (0-30 CM)

**Descripción** PARCELA 5 **Sitio de muestreo** POYTZEN

**Municipio y Estado** TANCANHUITZ DE SANTOS, S.L.P.

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN	
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.3		
Capacidad de Campo (%)	28.7		
Punto de Marchitez Permanente (%)	17		
Agua Aprovechable (%)	11.7		
Agua en el Suelo a Saturación (%)	45		
Arena (%)	28		
Limo (%)	64		
Arcilla (%)	8		
Textura		FRANCO LIMOSO	
pH en Agua (1:2.5)	7.3	NEUTRO	
pH en Extracto de Saturación	8.10	MEDIANAMENTE ALCALINO	
C. E. en Extracto de Saturación (mS/cm)	0.430	EFECTOS DESPRECIABLES	
Carbonatos Totales (%)	7.2	MEDIANO	
Materia Orgánica (%)	4.3	ALTO	
Nitrógeno Inorgánico (ppm)	11	BAJO	
Fósforo Extraíble (ppm)	10	MEDIO	
Potasio Intercambiable (ppm)	120	BAJO	

NOTA: Las muestras se corrieron por duplicado  
Se utilizó material de referencia ISP 2010 y SAP1 (nivel de recuperación 95%)

DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO SAP



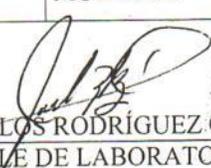
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

Interesado MONTSERRAT ROJAS MARTINEZ Fecha FEBRERO 10, 2011  
No. de muestras 1 Muestra No. S2/11 Profundidad (0-30) cm  
Descripción SUELO AGRÍCOLA Sitio de muestreo POYTZEN  
Municipio y Estado TANCANHUITZ DE SANTOS, SLP

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.5	
Capacidad de Campo (%)	20	
Punto de Marchitez Permanente (%)	11.9	
Agua Aprovechable (%)	8.1	
Agua en el Suelo a Saturación (%)	80	
Arena (%)	56	
Limo (%)	38	
Arcilla (%)	8	
Textura		FRANCO ARENOSO
pH en Agua (1:2.5)	6.70	NEUTRO
pH en Extracto de Saturación	8.69	FUERTEMENTE ALCALINO
C. E. en Extracto de Saturación (mS/cm)	0.268	EFFECTOS DESPRECIABLES
Carbonatos Totales (%)	7.1	MEDIANO
Materia Orgánica (%)	4.3	ALTO
Nitrógeno Total (ppm)	0.067	BAJO
Fósforo Extraíble (ppm)	7.5	MEDIO
Potasio (ppm)	6	MUY BAJO

  
DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



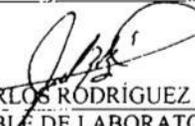
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

Interesado MONTSERRAT ROJAS MARTINEZ Fecha FEBRERO 10, 2011  
 No. de muestras 1 Muestra No. S1/11 Profundidad (0-30) cm  
 Descripción SUELO AGRÍCOLA Sitio de muestreo PALMIRA VIEJA  
 Municipio y Estado TANCANHUITZ DE SANTOS, SLP

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.45	
Capacidad de Campo (%)	19	
Punto de Marchitez Permanente (%)	11.3	
Agua Aprovechable (%)	7.7	
Agua en el Suelo a Saturación (%)	80	
Arena (%)	58	
Limo (%)	34	
Arcilla (%)	8	
Textura		FRANCO ARENOSO
pH en Agua (1:2.5)	7.8	MEDIANAMENTE ALCALINO
pH en Extracto de Saturación	8.27	MEDIANAMENTE ALCALINO
C. E. en Extracto de Saturación (mS/cm)	0.389	EFFECTOS DESPRECIABLES
Carbonatos Totales (%)	4.6	MEDIANO
Materia Orgánica (%)	4.1	ALTO ✓
Nitrógeno Total (%)	0.045	MUY BAJO
Fósforo Extraíble (ppm)	5.4	MEDIO
Potasio (ppm)	10	MUY BAJO

  
 DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

FACULTAD DE AGRONOMIA  
 LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS**



ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

**Interesado** MONTSERRATH ROJAS VELAZQUEZ (TESISTA) **Fecha** JUNIO 5, 2014

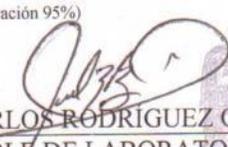
**No. de muestras** 1 **Muestra No.** S93/11 **Profundidad** (0-30 CM)

**Descripción** PARCELA 1 **Sitio de muestreo** PALMIRA VIEJA

**Municipio y Estado** TANCANHUITZ DE SANTOS, S.L.P.

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.20	
Capacidad de Campo (%)	41	
Punto de Marchitez Permanente (%)	24	
Agua Aprovechable (%)	17	
Agua en el Suelo a Saturación (%)	32	
Arena (%)	52	
Limo (%)	28	
Arcilla (%)	20	
Textura		FRANCO ARCILLO ARENOSO
pH en Agua (1:2.5)	8.10	MEDIANAMENTE ALCALINO
pH en Extracto de Saturación	8.0	MEDIANAMENTE ALCALINO
C. E. en Extracto de Saturación (mS/cm)	0.222	EFFECTOS DESPRECIABLES
Carbonatos Totales (%)	22.4	ALTO
Materia Orgánica (%)	4.0	ALTO
Nitrógeno Inorgánico (ppm)	16	BAJO
Fósforo Extraíble (ppm)	4.3	BAJO
Potasio Intercambiable (ppm)	29	BAJO

NOTA: Las muestras se corrieron por duplicado  
Se utilizó material de referencia ISP 2010 y SAP1 (nivel de recuperación 95%)

  
DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

Interesado MONTERRATH ROJAS VELAZQUEZ (TESISTA) Fecha JUNIO 5, 2011

No. de muestras 1 Muestra No. S94/11 Profundidad (0-30 CM)

Descripción PARCELA 2 Sitio de muestreo PALMIRA VIEJA

Municipio y Estado TANCANHUITZ DE SANTOS, S.L.P.

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.5	
Capacidad de Campo (%)	30	
Punto de Marchitez Permanente (%)	17.9	
Agua Aprovechable (%)	12.1	
Agua en el Suelo a Saturación (%)	31	
Arena (%)	60	
Limo (%)	8	
Arcilla (%)	32	
Textura		FRANCO ARENOSO
pH en Agua (1:2.5)	7.7	MEDIANAMENTE ALCALINO
pH en Extracto de Saturación	7.74	MEDIANAMENTE ALCALINO
C. E. en Extracto de Saturación (mS/cm)	0.634	EFFECTOS DESPRECIABLES
Carbonatos Totales (%)	22	ALTO
Materia Orgánica (%)	5	ALTO
Nitrógeno Inorgánico (ppm)	11	BAJO
Fósforo Extraíble (ppm)	5.4	BAJO
Potasio Intercambiable (ppm)	89	BAJO

NOTA: Las muestras se corrieron por duplicado  
Se utilizó material de referencia ISP 2010 y SAPI (nivel de recuperación 95%)

DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
RESPONSABLE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
 FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS

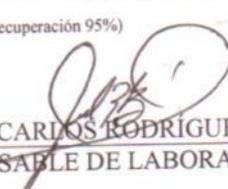


ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

**Interesado** MONTERRATH ROJAS VELAZQUEZ (TESISTA) **Fecha** JUNIO 5, 2011  
**No. de muestras** 1 **Muestra No.** S95/11 **Profundidad** (0-30 CM)  
**Descripción** PARCELA 3 **Sitio de muestreo** PALMIRA VIEJA  
**Municipio y Estado** TANCANHUITZ DE SANTOS, S.L.P.

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.43	
Capacidad de Campo (%)	25	
Punto de Marchitez Permanente (%)	15	
Agua Aprovechable (%)	10	
Agua en el Suelo a Saturación (%)	45	
Arena (%)	62	
Limo (%)	12	
Arcilla (%)	26	
Textura		FRANCO ARENOSO
pH en Agua (1:2.5)	8.1	MEDIANAMENTE ALCALINO
pH en Extracto de Saturación	7.9	MEDIANAMENTE ALCALINO
C. E. en Extracto de Saturación (mS/cm)	0.308	EFFECTOS DESPRECIABLES
Carbonatos Totales (%)	32	ALTO
Materia Orgánica (%)	4	ALTO
Nitrógeno Inorgánico (ppm)	5.5	MUY BAJO
Fósforo Extraíble (ppm)	----	NO DETECTADO
Potasio Intercambiable (ppm)	49	BAJO

NOTA: Las muestras se corrieron por duplicado  
 Se utilizó material de referencia ISP 2010 y SAP1 (nivel de recuperación 95%)

  
 DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
 RESPONSABLE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

**Interesado** MONTERRATH ROJAS VELAZQUEZ (TESISTA) **Fecha** JUNIO 5, 2011

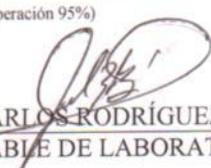
**No. de muestras** 1 **Muestra No.** S96/11 **Profundidad** (0-30 CM)

**Descripción** PATCELA 4 **Sitio de muestreo** PALMIRA VIEJA

**Municipio y Estado** TANCANHUITZ DE SANTOS, S.L.P.

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.55	
Capacidad de Campo (%)	22	
Punto de Marchitez Permanente (%)	13	
Agua Aprovechable (%)	9	
Agua en el Suelo a Saturación (%)	38	
Arena (%)	60	
Limo (%)	12	
Arcilla (%)	28	
Textura		FRANCO ARENOSO
pH en Agua (1:2.5)	8.02	MEDIANAMENTE ALCALINO
pH en Extracto de Saturación	7.86	MEDIANAMENTE ALCALINO
C. E. en Extracto de Saturación (mS/cm)	0.185	EFFECTOS DESPRECIABLES
Carbonatos Totales (%)	13.6	MEDIANO
Materia Orgánica (%)	4.3	ALTO
Nitrógeno Inorgánico (ppm)	---	NO DETECTADO
Fósforo Extraíble (ppm)	2.8	BAJO
Potasio Intercambiable (ppm)	79	BAJO

NOTA: Las muestras se corrieron por duplicado  
Se utilizó material de referencia ISP 2010 y SAP1 (nivel de recuperación 95%)

  
DR. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTIZ  
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS**



**ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS**

**Interesado** MONTSERRATH ROJAS VELAZQUEZ (TESISTA) **Fecha** JUNIO 5, 2011

**No. de muestras** 1 **Muestra No.** S97/11 **Profundidad** (0-30 CM)

**Descripción** PARCELA 5 **Sitio de muestreo** PALMIRA VIEJA

**Municipio y Estado** TANCANHUITZ DE SANTOS, S.L.P.

DETERMINACIONES		CLASIFICACIÓN
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.49	
Capacidad de Campo (%)	26	
Punto de Marchitez Permanente (%)	15.5	
Agua Aprovechable (%)	10.5	
Agua en el Suelo a Saturación (%)	38	
Arena (%)	60	
Limo (%)	14	
Arcilla (%)	26	
Textura		FRANCO ARENOSO
pH en Agua (1:2.5)	8.05	MEDIANAMENTE ALCALINO
pH en Extracto de Saturación	7.9	MEDIANAMENTE ALCALINO
C. E. en Extracto de Saturación (mS/cm)	0.293	EFFECTOS DESPRECIABLES
Carbonatos Totales (%)	7.0	MEDIANO
Materia Orgánica (%)	4.3	ALTO
Nitrógeno Inorgánico (ppm)	10	BAJO
Fósforo Extraíble (ppm)	8	MUY BAJO
Potasio Intercambiable (ppm)	69	BAJO

NOTA: Las muestras se corrieron por duplicado  
Se utilizó material de referencia ISP 2010 y SAP1 (nivel de recuperación 95%)

  
DR. JUAN CARLOS RODRIGUEZ ORTIZ  
RESPONSABLE DE LABORATORIO

FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO SAP

**ANEXO 3. PARAMETROS DE LA ESCALA DE CLASIFICACION DE  
ACUERDO A LA NOM-021-RECNAT-2000**

## ESCALAS DE CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A LA NOM-021-RECNAT-2000

Escala para pH

Clasificación	pH
Fuertemente alcalino	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1- 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Medianamente alcalino	7.4 - 8.5
Fuertemente alcalino	> 8.5

Escala para Materia Orgánica

Clase	Materia Orgánica % suelos no volcánicos
Muy bajo	< 0.5
Bajo	0.6 – 1.5
Medio	1.6 –3.5
Alto	3.6 –6.0
Muy alto	>6.0

Escala para Nitrógeno

clase	N inorgánico en el suelo mg kg <sup>-1</sup>
Muy bajo	0 –10
bajo	10 –20
Medio	20 – 40
Alto	40 – 60
Muy alto	> 60

Escala para Fósforo

Clase	mg Kg. <sup>-1</sup> de P
Bajo	< 5.5
Medio	5.5 –11
Alto	> 11

Escala para Potasio

Clase	Cmol (+)Kg <sup>-1</sup> K
Muy baja	Menor – 0.2
Baja	0.2 – 0.3
Media	0.3 – 0.6
Alta	Mayor – 0.6

Conversión de unidades

$$1 \text{ cmol/ Kg}^{-1} \text{ K} * 391 = 1 \text{ ppm K}/391$$

$$1 \text{ mg/kg} = 1 \text{ ppm}$$

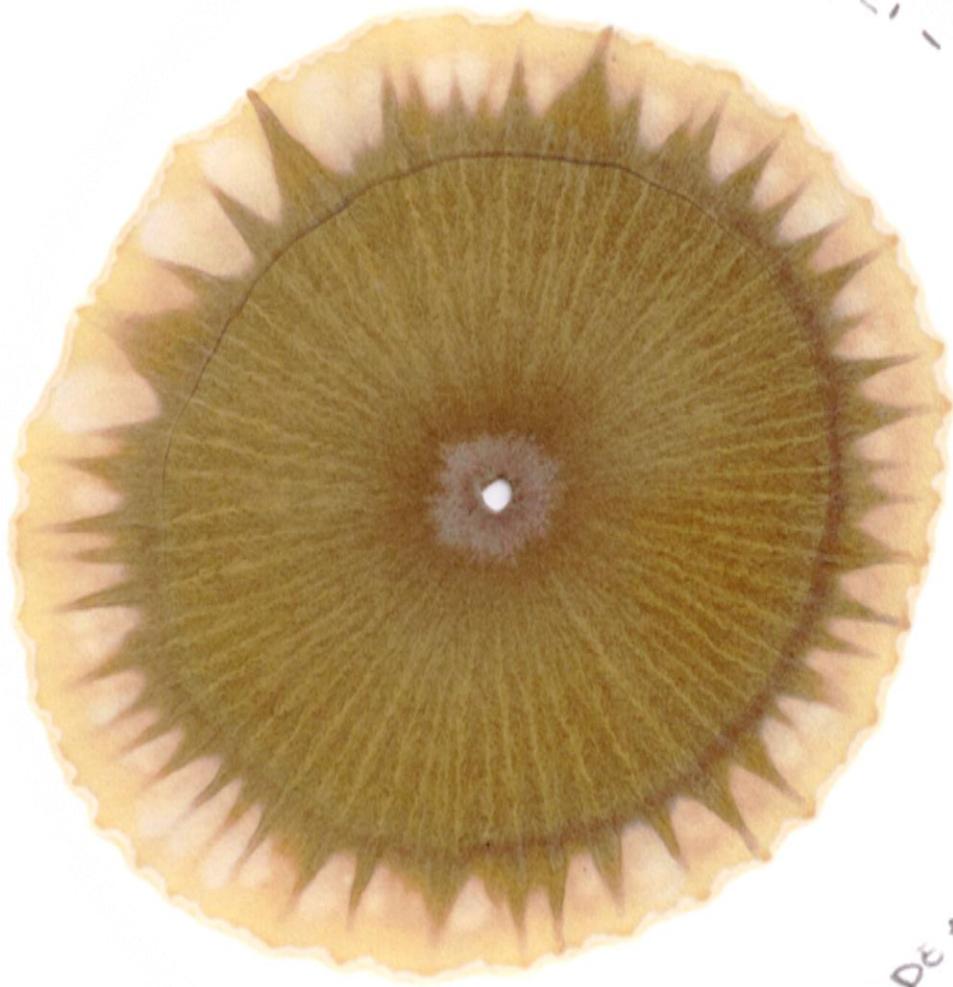
**ANEXO 4. FICHA TÉCNICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (CONDICIONES  
CLIMÁTICAS Y EDÁFICAS PARA EL CULTIVO DE LA CAÑA)**

## Condiciones climáticas y edáficas para el cultivo de caña (Rivera, 2011)

Propiedad	Nivel de aptitud al cultivo de caña de azúcar			
	Alta	Media	Baja	No Apta
Temperatura anual (°C)	22-32	20/22-32/35	18-20	<18
Precipitación media anual (mm)	>1,500	1,250-1,500	1,250-1,000	<1,000
Radiación solar (horas/año)	1800-2200	1800-1400	1400-1200	<1200
Índice de severidad de sequía	Leve	Moderada	Fuerte a Muy Fuerte	Severa
Pendiente (%)	0-8	8-16	16-30	>30
Altitud (msnm)	Hasta 400	400-850	850-1,300	>1300
Drenaje externo	bueno moderado	imperfecto-moderado	pobre	pobre-inundable
Drenaje interno	bien drenado	Mod. bien drenado	Imp. drenado algo ex. drenado	muy pobre drenado
Profundidad (cm)	>100	80-100	50-80	<50
Textura	Franco-Arcilloso	Arcilloso	Franco-Arenoso	Arenoso
pH	6.6 – 7.3	6.1 – 6.5 7.4 -8.3	5.6 -6.0 > 8.3	< 5.5
CIC (meq/100g)	> 20	15 - 20	15-10	< 10
Materia orgánica (%)	> 5	3-5	2-3	1-2
N (%)	>0.4	0.1 - 0.4	0.032 – 0.1	< 0.032
Nitrógeno disponible) kg ha <sup>-1</sup>	> 300	300-225	225-150	<150
P (ppm)	>40	39-18	17-9	<9
K ppm	>468	468-82	78-42.9	<39
Ca (ppm)	>2004	1002-2004	400-1002	<400
Mg (ppm)	>365	158-365	60-158	<60
Azufre SO <sub>4</sub> (ppm)	>20	20-15	15-10	<10
Boro (ppm)	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5	0.5 – 1.0	< 0.5
Cu (ppm)	1.2-2.5	0.8-1.20	0.3-0.8	<0.3
Fe (ppm)	16.0-25.0	10.0-16.0	5.0-10.0	<5.0
Mn (ppm)	29.0-50.0	14.0-29.0	5.0-14.0	<5.0
Zn (ppm)	5.0-8.0	3.0-5.0	1.0-3.0	<1.0
Na (ppm)	<345	345-575	575-920	>920
Cloruros (meq/L)	<10	15-23	26-36	>36
Salinidad (mmhos/cm)	< 8	8 - 12	12 - 16	> 16
Relación Ca/Mg	>15	2.5-15	1.5-2.5	<1.5
Relación Ca/K	>25	25-15	15-5	<5
Relación C/N	8 -12	12-15	15-30	>30
Rendimiento esperado (t/ha)	>80	80-55	55-40	<40

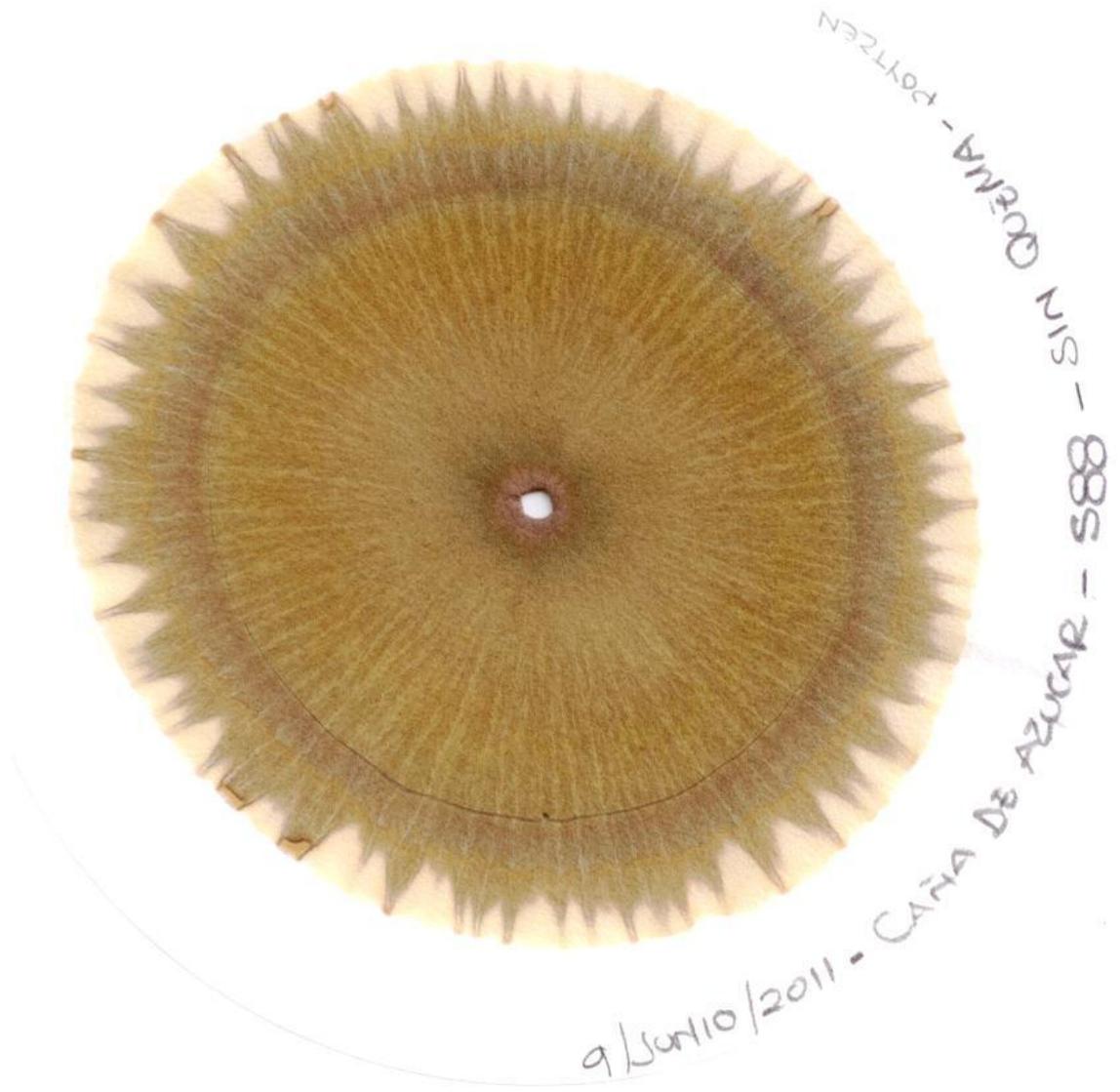
**Fuente.** (Quintero 2008, Ortega 2007, Wahid, 2004, Hunsigi, 2001, Vázquez 1987, Chávez, 1999, Fogliata, 1995, Humbert, 1974, Fauconnier, 1975, Dillewijn 1978)

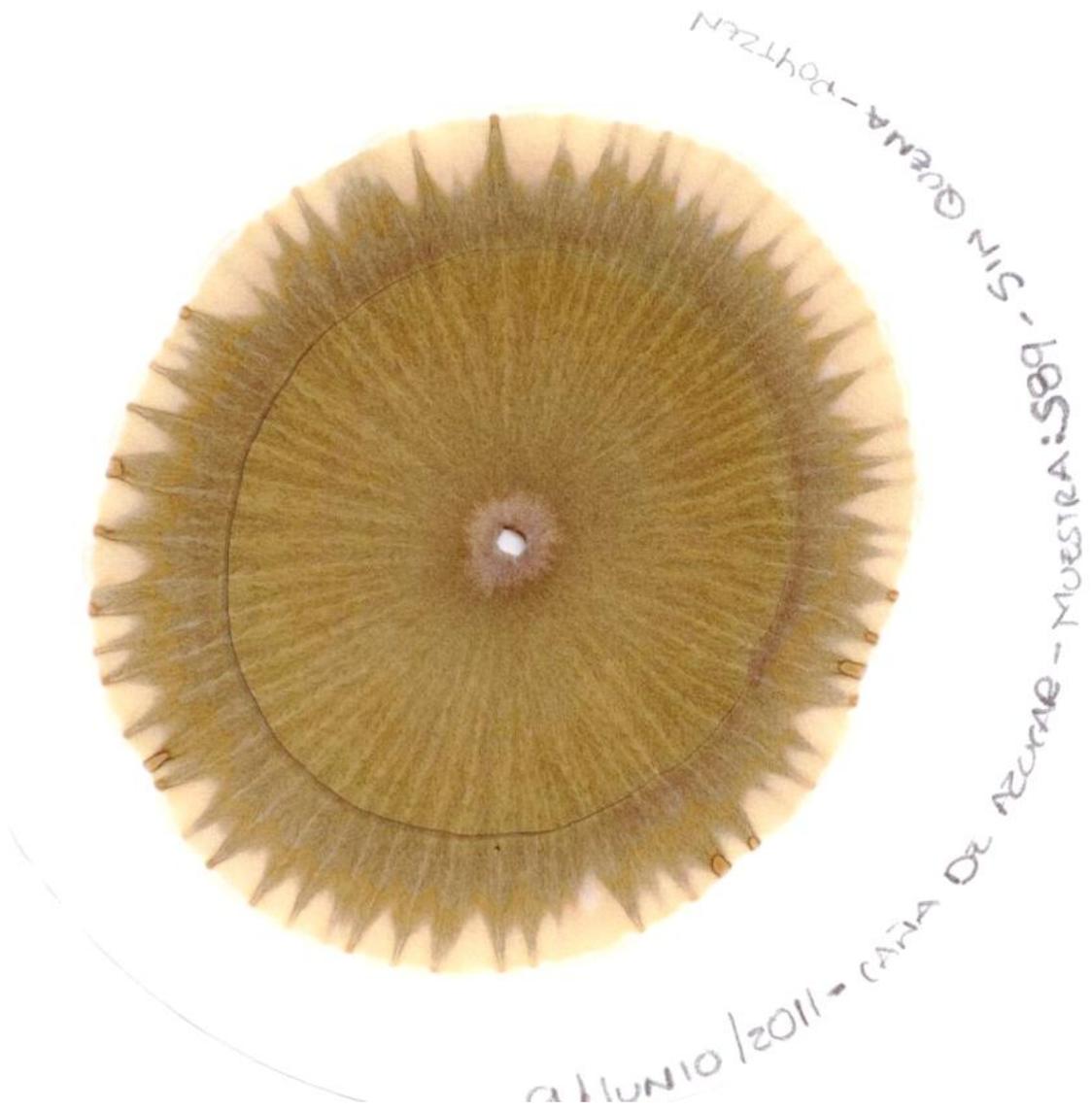
**ANEXO 5. ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA DE LOS SUELOS SIN ANTECEDENTES DE QUEMA Y CON ANTECEDENTES DE QUEMA**



0102/210/11 - SIN GUERRA - 17/DIC/2010

9/JUNIO/2011 - CAÑA DE AZÚCAR - MUESTRA : POUTZEN

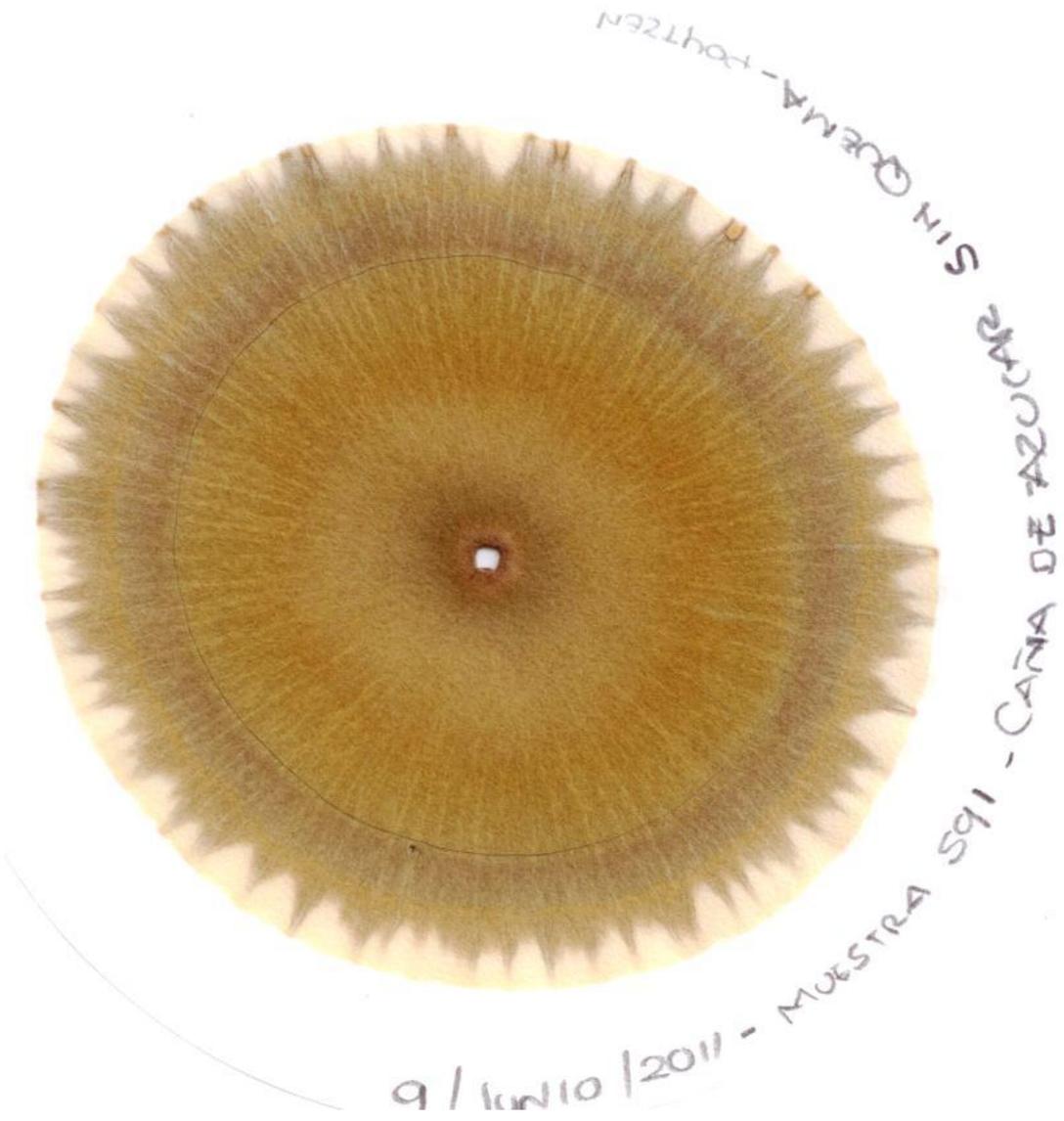






Sin Geema-poytzen

9 / JUNIO 2011 - CAÑA DE AZÚCAR - MUESTRA: S90





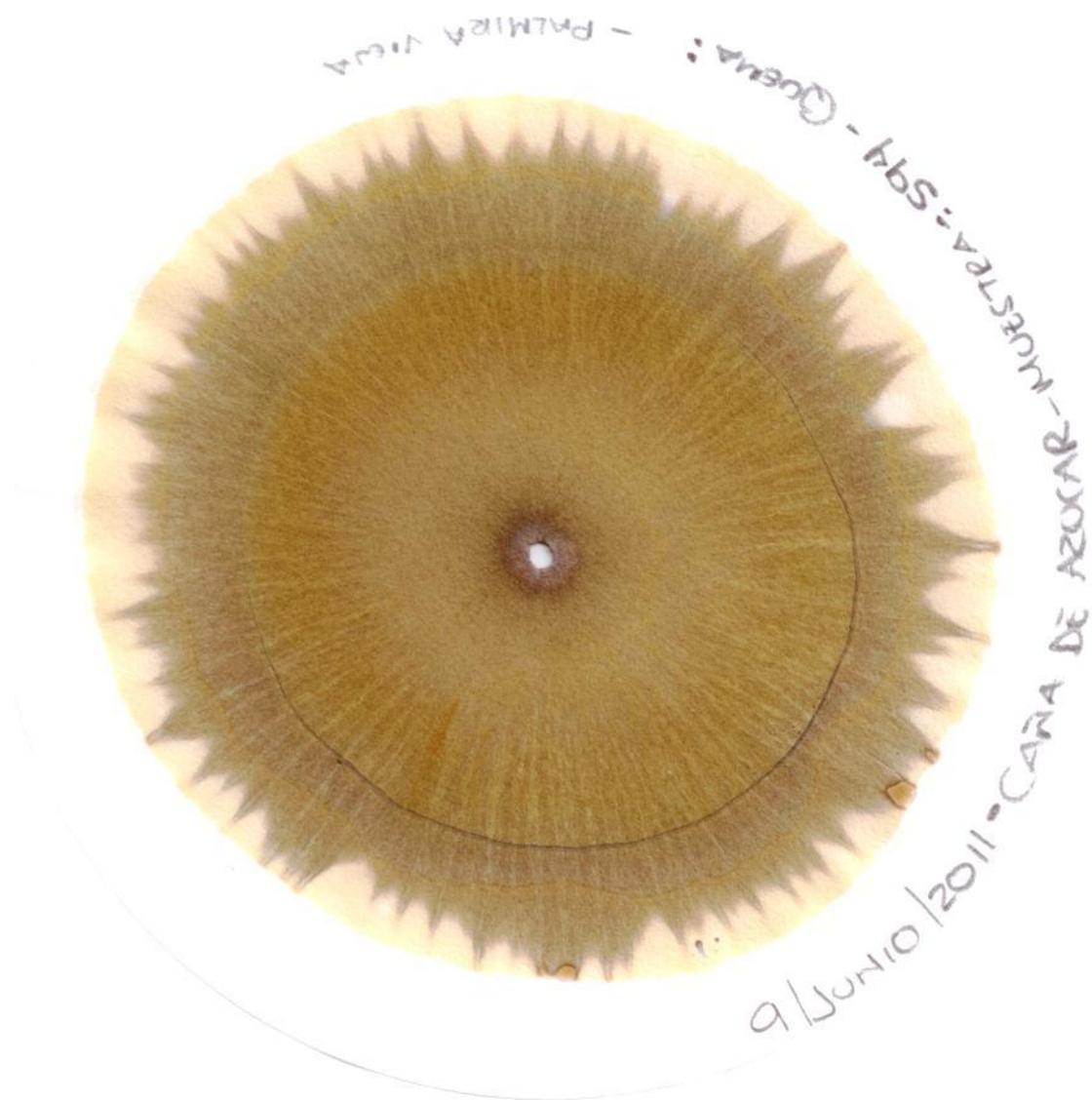


ANTES DE LA QUEMA - 17/DIC/2010

9 JUNIO/2011 - CAÑA DE AZÚCAR - MUESTRA : PALLIRA VIEJA



9/JUNIO/2011 - CAÑA DE AZÚCAR - MUESTRA S90 - QUELTA - - PULPERA VIEJA





9/JUNIO/2011 - MUESTRA S97 - CAÑA DE AZÚCAR - QUEMA: - PROMIEZ VITUA