



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA**

**PRODUCCIÓN Y MANEJO DE  
CAÑA DE AZÚCAR BAJO  
AGRICULTURA DE RIEGO EN  
TLAQUILTENANGO, MORELOS**

**ERÉNDIRA ESMERALDA HERNÁNDEZ ANDRADE**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**

**2015**

La presente tesis titulada: PRODUCCIÓN Y MANEJO DE CAÑA DE AZÚCAR BAJO AGRICULTURA DE RIEGO EN TLAQUILTENANGO, MORELOS.

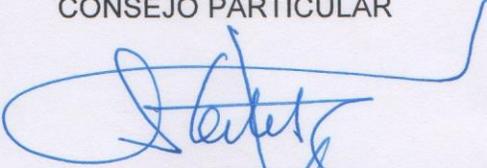
realizada por el alumna: ERÉNDIRA ESMERALDA HERNÁNDEZ ANDRADE bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

EDAFOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

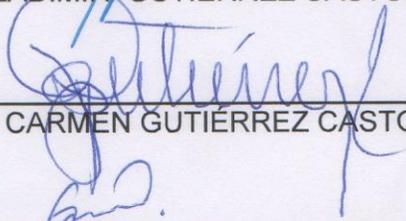
CONSEJERO

  
DR. CARLOS ALBERTO ORTIZ SOLORIO

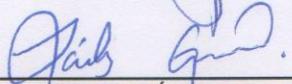
ASESOR

  
DR. EDGAR VLADIMIR GUTIÉRREZ CASTORENA

ASESOR

  
DRA. MA DEL CARMEN GUTIÉRREZ CASTORENA

ASESOR

  
M.C. PATRICIO SÁNCHEZ GUZMAN

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

1.- Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** y al **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo** especialmente al Posgrado de Edafología, por su apoyo y la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

2.- Al **supervisor** de Zona **Santiago Rodríguez** del Ingenio Emiliano Zapata, Morelos, y Al **M.C. Patricio Sánchez Guzmán**, por las facilidades y apoyo brindado para el trabajo de campo de esta tesis.

3.- A los **Doctores Carlos A. Ortiz Solorio, Ma. Del Carmen Gutiérrez Castorena y Edgar Vladimir Gutiérrez Castorena**, por su invaluable apoyo en la elaboración de este trabajo al compartirme sus conocimientos y experiencias, así como, las observaciones y comentarios que enriquecieron mi investigación.

4.- Al **Dr. Lenom Cajuste Botemps**, por su amistad y sus sugerencias recibidas durante el proceso de escritura.

5.- Al **Dr. Victor M. Ordaz Chaparro** por sus importantes contribuciones a este escrito y por depositar su confianza en mí.

6.- A todas y cada una de las personas que de alguna forma me brindaron su apoyo incondicional en áreas de **Laboratorio de suelos del área de Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos** y **área administrativa Carmen Bojorges y Remedios**.

7.- A mis **compañeros y amigos** del área de **Edafología, Enrique, Carlos, Sptephany, Tania, Lupita, Karla, Verónica, Angélica y Humberto**.

8.- A mis amig@s **Cesar Omar, Zamora, Diana y Reme** por su amistad y cariño.

## **DEDICATORIA**

A la memoria de **mi tía María de la Luz**, por ser un ejemplo de vida y de ser humano.

**A mis padres,**

**Juana Andrade** y **Salvador Hernández**, por apoyarme siempre cuando los he necesitado y porque este logro tan importante en mi vida es suyo también.

**A mi hermana Dany,**

Por motivarme a seguir adelante y por todos los momentos que hemos compartido juntas.

**A mis sobrinos Mariana, Erandi, David y Javier,**

Por mostrarme que debemos ser curiosos para continuar aprendiendo en la vida y por todos los juegos que hemos compartido.

**A mi prima Vero,**

Por sus consejos y por ser una guía en mi vida. Gracias por creer en mí.

Finalmente, a todas las personas que en algún momento han contribuido a mi formación... Muchas Gracias.

# PRODUCCIÓN Y MANEJO DE CAÑA DE AZÚCAR BAJO AGRICULTURA DE RIEGO EN TLAQUILTENANGO, MORELOS

ERENDIRA ESMERALDA HERNÁNDEZ ANDRADE, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2015.

## RESUMEN

Para conocer el manejo agronómico y la producción de caña de azúcar en el municipio de Tlaquiltenango, Morelos, se utilizó como marco de referencia geográfico a las clases de tierras reconocidas por los productores, así como de entrevistas e información proporcionada por el ingenio Emiliano Zapata correspondiente a la zafra 2013-2014. Se identificaron tres clases de tierras: la Barro Negro con Caliche, que ocupa 85% del área; Barro Negro en 10%, y; Barro Café en 5%. Las que presentan manejos similares, en cuanto al uso de yuntas de bueyes para el barbecho y surcado, manejo del agua y la utilización de abonos. Sin embargo, para solucionar algunos problemas se aplican diferentes estrategias como: el uso de "Sacuales" en el Barro Café para la conducción del agua; la utilización de una mezcla de sal de cocina y sulfato ferroso en el Barro Negro con Caliche para el control del gusano barrenador y la fertilización con estiércol y el uso de algas acumuladas en los canales ("Apancles") en el Barro Negro. Se detectaron cinco variedades, que por superficie y uso actual dominan la CP 72-2086 y la MY 55-14, que en general se cultivan durante 4 ciclos. El estudio permitió comprobar que las clases de tierra se relacionan con el rendimiento de la caña de azúcar, siendo la variedad CP 72 -2086 la que presenta los rendimientos más altos en el ciclo de plantilla y en la clase de tierra Barro Café. Se determinaron dos clases de tierras que se destinan a la producción de semilla. Al subdividir en dos grupos a los suelos de la clase de tierra Barro Negro con Caliche, como profundos y someros y en la clase Barro Negro, con y sin piedras, su clasificación formal resultó diferente, con lo cual se estableció en este estudio que el conocimiento técnico resultó más detallado que el local.

**Palabras clave:** Estudios etnoedafológicos, ciclos de caña de azúcar, Variedades

SUGAR CANE PRODUCTION AND MANAGEMENT UNDER IRRIGATION  
AGRICULTURE IN TLAQUILTENANGO, MORELOS

ERENDIRA ESMERALDA HERNÁNDEZ ANDRADE, M. of S.

Colegio de Postgraduados, 2015.

**ABSTRACT**

Land classes recognized by farmers were used as a geographical framework, to understand the sugarcane agricultural management and crop production, in the municipality of Tlaquiltenango, State of Morelos. Interviews with farmers and information provided by the “Emiliano Zapata” sugar mill complemented such a framework. Three land classes were identified: “Barro negro con caliche” (Black clay with limestone), covering 85% of the total surface, “Barro negro” (Black clay), covering 10% of the total surface, and “Barro café” (Brown clay) with 5%. They all share similar management procedures, including the use of oxen for ploughing and furrowing, water management, and fertilizer application. Nevertheless, to solve certain issues, different strategies are carried out, such as the use of “sacuales” (plastic sacks) in “Barro café” for water conduction, the use of a mixture containing cooking salt and ferrous sulphate in “Barro negro” to control screwworm, and application of manure and mixture of algae and slime from channels called “apancales”, to increase fertility in “Barro negro”. Five sugarcane varieties were found, from which the main used due to their surface are CP 72-2086 and MY 55-14. These are grown for a period length of four harvests cycles. The study allow proving the land classes influenced sugarcane yields, being variety CP 72-2086 with the highest yields within the first harvest cycle and in “Barro café” land class. Furthermore, two land classes were used to produce sugarcane seeds. Finally, when dividing soils from land class “Barro negro con caliche” into shallow and deep soils, and soils from land class “Barro negro” into soils with stones and without stones, their respective formal classification resulted in different taxonomical classifications, rendering in this study that technical knowledge about the soils reflected more detailed information than that obtained by local knowledge.

**Keywords:** ethno-pedological studies, sugarcane cycles, sugarcane varieties

## CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
CONTENIDO .....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE CUADROS.....	x
<b>I.INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Cultivo de Caña de Azúcar.....	3
2.1.1. Origen de la caña de azúcar .....	3
2.1.2 Descripción Botánica .....	3
a) Raíz.....	4
b) Tallo .....	4
c) Hoja.....	4
d) Flor.....	5
2.2 Requerimientos del Cultivo .....	5
a) Régimen térmico .....	5
b) Radiación solar .....	5
c) Suelo.....	5
d) Riego.....	7
2.3 Limitantes Edafológicas en el Rendimiento de Caña de Azúcar .....	8
2.4 Importancia Económica del Cultivo .....	9
2.4.1 Importancia Nivel Mundial .....	9
2.4.2 Importancia en México .....	9
2.4.3 Importancia Estatal .....	10
2.4.3 Estudios Realizados en Morelos .....	10
2.5 Etnoedafología.....	11

2.5.1 Conceptos Generales .....	11
2.5.2 Estudios Etnoedafológicos.....	12
2.5.3 Clasificación Campesina de Tierras.....	15
2.5.4 Cartografía de Tierras Campesinas .....	15
<b>III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....</b>	<b>17</b>
3.1. Objetivos.....	17
3.1.1 Objetivo General.....	17
3.1.2. Objetivos Particulares .....	17
3.2. Hipótesis .....	17
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
4.1 Descripción de la Zona de estudio .....	18
4.1.1 Localización del Área de Estudio .....	18
4.1.2 Población .....	20
4.1.3 Fisiografía .....	20
4.1.4 Vegetación.....	21
4.1.6 Geología .....	22
4.1.7 Hidrología.....	22
4.1.8 Edafología.....	23
4.2 Metodología .....	23
4.2.1 Estudio Etnoedafológico .....	23
1) Cartografía de Tierras.....	24
1.a) Selección del mapa base.....	24
1.b) Informantes clave .....	24
1.c) Trazo de linderos .....	24
2) Caracterización del Manejo del Cultivo .....	24
3. Clasificación de Suelos .....	24
4. Información de Rendimientos .....	25

<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>26</b>
5.1 Cartografía de Clases de Tierra .....	26
5.2. Características de las Clases de Tierras .....	27
a) Barro Negro con Caliche .....	28
b) Barro Negro .....	29
c) Barro Café .....	30
5.3 Propiedades Físicas y Químicas de las Clases de Tierras .....	31
5.4 Clasificación de Suelos .....	33
a) Clasificación de Suelos con el Sistema de WRB .....	33
b) Sistema Taxonomía de Suelos .....	34
5.5 Manejo del cultivo de caña de azúcar .....	35
a) Variedades Usadas .....	35
b) Preparación del Suelo .....	36
c) Época y Forma de Siembra .....	37
d) Fertilización .....	37
e) Limpieza del Terreno .....	38
f) Plagas y Enfermedades .....	39
g) Riego .....	40
h) Ciclos de Cultivo .....	40
i) Cosecha .....	41
j) Soluciones a Problemas de Manejo .....	41
1) En la clase de tierra Barro Negro con Caliche .....	42
2) En el Barro Negro .....	42
3) En la Tierra Barro Café .....	42
5.6 Padrón de Productores .....	42
a) Superficie de Siembra .....	42
b) Variedades .....	43
c) Ciclos .....	44
d) Rendimientos .....	44

5.7 Relaciones entre Clases de Tierras y Datos del Cultivo .....	45
a) Clases de Tierra y Variedades .....	45
b) Clases de Tierra y Semilleros.....	46
c) Clases de Tierra y Rendimientos.....	46
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>49</b>
Anexo I. Descripción de Perfiles .....	60

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio .....	18
Figura 2. Zona norte del área de estudio .....	19
Figura 3. Zona sur del área de estudio .....	20
Figura 4. Climograma de la zona de estudio.....	22
Figura 5. Suelos del área de estudio.....	23
Figura 6. Clases de tierras de la Zona 1. ....	26
Figura 7. Clases de tierra de la Zona 2 .....	27
Figura 8. a) Paisaje de la Tierra Barro Negro con Caliche y b) El Caliche .....	28
Figura 9. a) Paisaje de la Tierra Barro Negro y b) Acumulación de agua en la superficie del suelo.....	29
Figura 10. Paisaje de la Tierra Barro Negro con piedras. ....	30
Figura 11.a) paisaje de la Tierra Barro Café y b) Piedras en forma de lajas. ....	31
Figura 12. Uso de sacuales. ....	31
Figura 13. Distribución de las variedades de caña de azúcar de la zafra 2013-2014.....	43

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie (ha) y extensiones (%) de las Clases de Tierra. ....	27
Cuadro 2. Propiedades de las Clases de Tierra según los Productores. ....	28
Cuadro 3. Características físicas y químicas de la capa arable de las Clases de Tierra. ....	32
Cuadro 4. Clasificación de Suelos de las tierras con el Sistema de Base Referencial Mundial. ....	34
Cuadro 5. Clasificación de tierras con el Sistema Taxonomía de Suelos. ....	35
Cuadro 6. Características de las Variedades que reconocen los Productores. ....	36
Cuadro 7. Malezas comunes en las Clases de Tierra de Tlaquiltenango, Morelos. ....	39
Cuadro 8. Rendimientos t/ha de las variedades según los Productores entrevistados. ....	41
Cuadro 9. Variedades sembradas por zonas en Tlaquiltenango, Morelos. ....	43
Cuadro 10. Rendimientos promedios t ha <sup>-1</sup> por zona de Tlaquiltenango, Morelos. ....	44
Cuadro 11. Variedades sembradas, por Clase de Tierra. ....	45
Cuadro 12. Rendimiento promedio t ha <sup>-1</sup> por Clases de Tierra. ....	46
Cuadro 13. Análisis de varianza del rendimiento de caña de azúcar con la variedad CP 72-2086 en las Clases de Tierras. ....	47
Cuadro 14. Comparación de medias de las variedades dominantes. ....	47

## I.INTRODUCCIÓN

Los rendimientos de caña de azúcar en el estado de Morelos, con producciones de más de 150 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2014), son considerados entre los más altos del país. Las áreas dedicadas a la producción de caña, en general, presentan suelos poco profundos y arcillosos los cuales son considerados como factores que limitan el buen desarrollo del cultivo (Roldos, 1985). En el Estado este cultivo se produce desde hace 400 años (Parral, 2014). Los altos rendimientos indican un buen manejo que ha sido sostenible (Perales *et al.* 2009).

En otras regiones del país, la producción es menor que en Morelos, incluso en condiciones agroecológicas similares (Sánchez, 2002). De acuerdo con instituciones gubernamentales, se han realizado grandes esfuerzos para incrementar la producción a nivel nacional en los diferentes ingenios del país, con resultados muy contrastantes (PRONAC, 2007).

Melgar (2010), menciona que el rendimiento de un cultivo está en función del genotipo, variables ambientales y su manejo. Tales limitantes y su efecto en la producción de caña, entre paréntesis, son los siguientes: aptitud edafo-climática (32.2%), manejo de plagas, malezas y enfermedades (20.3%), fertilización (17.2%), la variedad y ciclo productivo (12.5%), riego y mecanización (8.5%), forma de cosecha (6.6%) y tamaño del predio (2.5%).

También es reconocido que con la realización de un levantamiento detallado de suelos y el conocimiento de las prácticas de manejo, permiten establecer las potencialidades de las tierras y manejarlas de acuerdo con sus limitaciones (Nogales *et al.*, 2012). Para México, los estudios etnoedafológicos han sido un sustituto de los levantamientos formales de suelos y han permitido generar un conocimiento preciso sobre la condición edáfica de un área en particular (Ortiz y Gutiérrez, 2001). Sánchez-Guzmán *et al.* (2002) realizaron con tal metodología un estudio en el estado de Veracruz cubriendo un área de más de 48,000 ha de suelos cañeros. Además, indicaron, que con la participación de técnicos y productores, se obtiene información sobre su uso, manejo y problemática.

En el área de estudio, correspondiente a la “zona B” del área de abastecimiento del ingenio Emiliano Zapata, no se cuenta con un estudio detallado de suelos que permita relacionar el manejo y el rendimiento de caña de azúcar con las clases de tierras reconocida por los productores de ahí la pertinencia de la presente investigación.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Cultivo de Caña de Azúcar

#### 2.1.1. Origen de la caña de azúcar

El lugar de origen de la caña de azúcar es difícil de precisar; sin embargo, la mayoría de los autores coinciden al indicar que Nueva Guinea y zonas aledañas son su centro de origen, por contar con el mayor número de especies (Daniels y Daniels, 1993).

El género *Saccharum* está constituido por seis especies: *officinarum*, *edule*, *barberi*, *sinensis*, *spontaneum* y *robustum*. Las cuatro primeras son especies domesticadas y las dos últimas silvestres (Guimaraes y Sobral, 1998).

La especie *Saccharum officinarum* fue importante en la dieta de antiguas civilizaciones a.C (300). La referencia más antigua data del siglo IV a.C en Persia, donde se usaba con fines medicinales y se le consideraba como un artículo de lujo (Subiros, 1995). No obstante la India se le considera como el primer centro de explotación comercial que dio origen al producto conocido como azúcar.

Cristóbal Colón, en su segundo viaje a América (1493), introdujo la caña en la isla La Española, que en la actualidad corresponde a la Republica Dominicana y Haití. Sin embargo, la caña que se introdujo fue la denominada como “caña criolla”, que resulta ser un híbrido entre la caña India del grupo mungo (*Saccharum barberi*) y una caña noble (*Saccharum officinarum*). De esta isla americana se difundió el cultivo hacia Cuba, Puerto Rico, México, Colombia, y Perú, entre otros países del continente (Salgado et al., 2012).

#### 2.1.2 Descripción Botánica

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una poácea C4 que se desarrolla predominantemente en regiones tropicales y subtropicales.

La caña de azúcar es una especie con alta producción de hojas y tallos (caña integral), que en su madurez tiene la mitad de su biomasa en forma de fibra y azúcares.

Potencialmente la caña puede producir alrededor de 45 t de masa seca año<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, la que representa una producción de 22 t de azúcar al año<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> (Aguilar, 2011).

Las partes básicas de la planta son: la raíz, el tallo, la hoja y la flor, las cuales cumplen una función específica y están estrechamente relacionadas entre sí.

#### a) Raíz

El sistema radicular es fasciculado, con raíces desarrolladas a partir de un rizoma robusto (Villegas, 2010). Su longitud se extiende hasta cuatro metros o más (ECOCROP, 2014).

Se distinguen dos tipos de raíces: las raíces primordiales que son delgadas, muy ramificadas y su periodo de vida es de 2 a 3 meses; y las raíces permanentes, que brotan de los nódulos de crecimiento son numerosas y gruesas, de rápido crecimiento y su proliferación avanza con el desarrollo de la planta (García *et al.*, 2007).

#### b) Tallo

El tallo es el órgano de mayor importancia económica, debido a que en él se almacenan los carbohidratos, producto de la fotosíntesis. A través de procesos de industrialización se obtiene la sacarosa, melaza, bagazo y cachaza (Subirós, 1995). Perafán (2002) menciona que el tallo está compuesto por una parte sólida (fibra 11% al 16%), una parte líquida (73%) y Sacarosa (8 al 15%).

La planta posee tallos gruesos que crecen hasta 2.3 m de altura, que puede variar según las variedades. Tiene una pequeña porción bajo del suelo, de forma cilíndrica y se encuentran divididos en canutos. Tiene tres yemas laterales y una yema apical (terminal). La proporción subterránea del tallo se adelgaza rápidamente y de las yemas laterales se desarrollan los brotes (Humbert, 1974).

#### c) Hoja

Estas se originan en los nudos y se distribuyen en posiciones alternas a lo largo del tallo. Están formadas por láminas largas, delgadas y planas, cubiertas por pelos silíceos y son unidas por una nervadura central (Salgado *et al.*, 2012).

#### *d) Flor*

La inflorescencia es una panícula abierta, cuya forma, color, tamaño y ramificación depende de la variedad; se desarrolla a partir del último canuto y puede ser de diversas formas: ancha, estrecha, corta, larga, cónica, cilíndrica (Palacios y Peña, 2005). La flor es bisexual y la semilla de caña es extremadamente pequeña siendo un fruto cariósido.

## **2.2 Requerimientos del Cultivo**

El cultivo está adaptado a un amplio rango de climas, desde los tropicales a los subtropicales. No tolera temperaturas de congelamiento (menores a 0°C) y el crecimiento prácticamente cesa por debajo de los 10-12°C (Romero *et al.*, 2009).

#### *a) Régimen térmico*

Cada fase de crecimiento tiene diferentes requerimientos térmicos; la brotación inicia con temperaturas superiores a 10°C pero es hasta los 20°C donde su crecimiento es acelerado. La temperatura óptima de brotación y macollaje fluctúan entre los 28-32°C (Romero *et al.*, 2009).

#### *b) Radiación solar*

La radiación solar es la principal fuente de energía de las plantas; éstas utilizan longitudes de onda entre 400 y 700 nm, que corresponden a la radiación fotosintéticamente activa; para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis y otras reacciones metabólicas (Salgado *et al.*, 2012).

#### *c) Suelo*

El suelo es el medio donde se desarrolla la planta y le proporciona nutrientes, agua y anclaje. Las condiciones físicas, químicas y biológicas óptimas son necesarias para lograr mayor crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo (Aguilar, 2011).

La densidad aparente y la estructura del suelo están íntimamente relacionados con la textura; estos dos parámetros son importantes en la determinación de la calidad de los suelos, junto con el contenido de materia orgánica (Ferlini, 2005).

Diversos Investigadores mencionan que condiciones edáficas deficientes como en el abastecimiento de aire, de agua y de nutrientes, ya sean ocasionadas en forma natural o como consecuencia del manejo, provocan una declinación de manera lineal en los rendimientos (Humbert, 1974).

En el caso del cultivo de caña, la profundidad necesaria, para desarrollar su sistema radicular, es de alrededor de un metro (Mago, 1986), aunque las raíces más gruesas pueden penetrar hasta profundidades de cuatro metros o más (Ecocrop, 2014). No obstante, el 85% de las raíces se concentran en los primeros 60 cm a partir de la superficie, y de una octava a una novena parte de los pelos radiculares se desarrollan en los primeros 30 cm (García, 1973).

Las propiedades químicas del suelo ejercen gran influencia en el desarrollo de la planta, sobre todo las relacionadas con la fertilidad. El contenido de nutrientes disponibles cambia continuamente siendo necesario fertilizar al suelo para mantener una producción adecuada.

Respecto a la presencia de Materia Orgánica (M.O), se sabe que es indispensable en la formación de los agregados del suelo, mayor porosidad y retención de humedad, actividad biológica y mineralización (Ferlini, 2005). Es considerada como un índice para evaluar la fertilidad y está estrechamente relacionada con el tiempo de cultivo de caña de azúcar (Armida-Alcudia *et al.*, 2005).

El pH del suelo está relacionado con la absorción de nutrientes de la solución del suelo y el valor óptimo para el crecimiento de la caña es de 6.5 (ligeramente ácido), pero el rango a considerar es de 5.5 a 7.5 (Aguilar, 2011; Palacios y Peña, 2005).

La caña de azúcar se cultiva en diferentes tipos de suelos dentro de las regiones cañeras de México. Por ejemplo, el ingenio Santa Rosalía, Tabasco se cultiva en suelos arcillosos, y el rendimiento promedio es de 53 t ha<sup>-1</sup> el cual resulta bajo comparado con la media nacional. Las posibles causas de este bajo rendimiento son el empobrecimiento del suelo, debido a las extracciones por los tallos y por la quema de los residuos del campo y la compactación del suelo causado por el uso intensivo de maquinaria agrícola (Ribón *et al.*, 2003).

En los ingenios azucareros Plan de Ayala y San Miguel del Naranjo en la Huasteca potosina se cultiva en suelos arcillosos, se caracterizan por ser suelos profundos y tener una capa superficial rica en materia orgánica, lo cual favorece una serie de condiciones físicas apropiadas para la producción de caña de azúcar. Actualmente se tienen predios con suelos compactados donde se acentúan problemas de baja capacidad de almacenamiento de agua y baja productividad en general (Aguilar *et al*, 2013).

En el ingenio Azsuremex de Tenosique, Tabasco, el cultivo de caña de azúcar se cultiva en suelos con texturas que varían de medias a finas. En Fluvisoles, la caña no presenta problemas mayores para su cultivo. No obstante, en Vertisoles ocurren problemas de encharcamiento y dificultan la labranza en la época de lluvias. Además, presenta deficiencias de nitrógeno y potasio.

En Luvisoles, con texturas finas, colores amarillentos y grisáceos, con pH ácido, también tienen problemas de permeabilidad, con riesgos de erosión moderados y deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio. Por último, en Leptosoles, suelos someros de textura media y consistencia muy friable, los problemas son su labranza, por su alta pedregosidad y pH alcalino que conduce a deficiencias de micronutrientes (Palma *et al.*, 2002).

#### *d) Riego*

Desde el punto de vista agronómico, la aplicación del riego a la caña de azúcar influye directamente en cinco aspectos: 1) sobre el ritmo de crecimiento, que se traducirá en el rendimiento del cultivo; 2) en la fotosíntesis, que se refleja en los niveles de sacarosa; 3) en el aprovechamiento de los nutrientes; 4) favorece en el uso de herbicidas sobre todo los de preemergencia y 5) sobre la brotación y el ahijamiento (Salas, 2004).

El cultivo de caña de azúcar tiene elevados requerimientos hídricos, aspecto relacionado con la prolongada duración del ciclo y su cobertura (Romero, 2009; Torres *et al.*, 2004). El consumo total de agua varía considerablemente entre los diferentes países cañicultores del mundo. Por lo general, el uso del agua varía entre 1100 -1800 mm anuales (Carr y Knox, 2011).

El mayor consumo de agua se presenta en la etapa de rápido crecimiento entre los 4 y 10 meses del cultivo, donde la evapotranspiración alcanza valores de 3.1 mm/ día en comparación con la etapa de macollamiento entre los 2 y 4 meses, donde la evapotranspiración es de 2.1 mm/día (Torres *et al.*, 2004).

En el periodo previo a la cosecha, lo ideal es una disminución de la humedad, para reducir el crecimiento y favorecer la formación y concentración de sólidos. Muchas investigaciones han reportado las relaciones hídricas y las necesidades de riego de la caña de azúcar. Clements (1964) y Chang *et al.* (1963) fueron los primeros en reconocer la relación entre el recurso hídrico y el rendimiento potencial de la caña de azúcar.

Un ejemplo es en África, cuando la caña de azúcar se cultiva bajo riego el rendimiento es de 100 a 150 ton/ha<sup>-1</sup>, se obtiene de la planta madre y 60 a 90 toneladas a partir del primer ciclo de cultivo. En contraste, en condiciones de secano, los rendimientos se reducen a la mitad (Ecocrop, 2014). El aumento de los rendimientos en las tierras irrigadas está relacionado con los trabajos en dichas tierras y el manejo óptimo y eficiente del sistema de riego empleado, con el objetivo de elevar las cosechas (Palacios y Peña, 2005).

### **2.3 Limitantes Edafológicas en el Rendimiento de Caña de Azúcar**

Desde la década de los años 70 y 80 se viene planteando el concepto de factores limitantes de los suelos. En la mayoría de los casos, se hace referencia a los factores o propiedades de los suelos que inciden en su productividad y en el rendimiento potencial del suelo (Monrell *et al.*, 2008).

Melgar (2010) reconoce algunas limitantes en el desarrollo potencial de la producción, las cuales en orden de importancia son: el factor aptitud edafo-climática (32.2%), manejo de plagas, malezas y enfermedades (20.3%), la fertilización (17.2%); la variedad y ciclo productivo (12.5%), riego y mecanización (8.5%), tipo de cosecha (6.6%) y el tamaño del predio (2.5%).

Dentro de los factores edáficos, algunas propiedades del suelo son más limitantes en la producción de caña que otras. Generalmente, las raíces de la caña de azúcar crecen con normalidad en pH entre 6.1 y 7.7 (Khanna, 1949) y en pH ácidos reducen su potencial productivo. No obstante, con un buen manejo pH de 4.5 a 5.0, o de 8.0 a 8.3 se pueden obtener buenos rendimientos (Humbert, 1974).

La profundidad, también es importante, Monrell *et al.* (2008) en su estudio en Cuba, reportaron que en Vertisoles la profundidad efectiva se encuentra alrededor de los 50 cm, y los procesos de expansión o contracción, ya que los bloques prismáticos en épocas de seca se endurecen considerablemente, constituyendo una limitación de la penetración de las raíces.

## **2.4 Importancia Económica del Cultivo**

### **2.4.1 Importancia Nivel Mundial**

A nivel mundial, la caña de azúcar es uno de los cultivos más importantes para la producción de azúcar que la sitúan como la planta comercial de mayores rendimientos en biomasa energética (Herrera *et al.*, 2009).

Se cultiva en más de 115 países (White *et al.*, 2011), siendo Brasil, India, China, Tailandia Pakistán, y México los principales países productores (FAOST, 2013).

A pesar de que se cultiva principalmente para la producción de azúcar, el enfoque actual de la energía sostenible y buenas prácticas ambientales han llevado a la conclusión de que la biomasa lignocelulósica, derivada de la caña de azúcar, puede constituir la base de una biorrefinería, con una amplia gama de posibles productos (Moncada *et al.*, 2012). La reciente caída de los precios en todo el mundo de azúcar en 2012 ha provocado un aumento del interés en otros usos del cultivo.

### **2.4.2 Importancia en México**

La caña de azúcar es la materia prima de la agroindustria azucarera en México y es una actividad de alto impacto social por su producción, por el empleo que crea en el

campo y porque el azúcar está enraizada profundamente en la economía y en la cultura del país y es un producto básico en la dieta del mexicano (Aguilar *et al*, 2009).

La caña de azúcar, es cultivada en México en una superficie de 600,792 ha, localizada en 15 regiones distribuidas en la Costa del Pacífico, Área Central, Golfo de México y Área Caribeña en la Península de Yucatán. Con un rendimiento promedio de 73.15 t ha<sup>-1</sup>, se obtienen anualmente 4,927'574,000 de t de azúcar con la participación global de 118,533 productores (PRONAC,2007).

### **2.4.3 Importancia Estatal**

El estado de Morelos ocupa el sexto lugar como productor de caña de azúcar donde se cultivan alrededor de 14,075 ha y con una producción de 1,681,667 de toneladas anuales y en rendimiento en campo ocupa el segundo lugar a nivel nacional, con 119.481 toneladas por hectárea (SIAP, 2014).

La producción de caña de azúcar se realiza en 19 municipios, en donde destaca por su superficie cultivada: Tlaltizapán (3,300 ha), Ayala (1,848 ha), Tlalquitenango (1,690.2 ha). Yautepec (1,655 ha), Cuautla (1,572.0 ha) y Jojutla de Juárez (1 549 ha). En estos seis municipios se cultiva 77.2% de la superficie total de la entidad y aporta 80.4% del valor total de la producción de caña de azúcar del Estado. Toda la producción de caña se realiza bajo riego (Fundación Produce Morelos, 2009).

### **2.4.3 Estudios Realizados en Morelos**

En el año 2007, el gobierno federal realizó el Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar, PRONAC (2007-2012) con cuatro estrategias: 1) fortalecer la política comercial, 2) elevar la producción de caña de azúcar, 3) realizar estudios de viabilidad técnica y económica para convertir zonas de temporal en riego y 4) aumentar la inversión y el empleo.

En este sentido, como primera etapa se efectuó el estudio de la fertilidad de los suelos cañeros de la República Mexicana y se identificaron los desórdenes nutrimentales y no nutrimentales más significativos que se presentan en las áreas cañeras del país.

El campo cañero se digitalizó con el objetivo de implementar la agricultura de precisión, considerando los siguientes elementos: estudios de suelo y cartografía digital detallados; utilización de la red de estaciones agroclimáticas y sensores de humedad con el fin de elevar la producción. No obstante, a pesar de la contribución de especialistas y la participación de diversas instituciones públicas de investigación, el programa reportó fallas debido a que en 2007 se tuvo una producción de caña de azúcar para el estado de Morelos de 2, 004,745.00 t. En 2007 fue el año donde se comenzaron los estudios y se esperaba que para el año 2012 esta producción se incrementara; sin embargo, mostró una menor producción con 1,927,702.50 t (SIAP, 2014).

Con base en esta información y otras investigaciones, la principal problemática está relacionada con la nutrición del cultivo y otras variables como el manejo y los factores climáticos. Por otra parte, y a pesar de que se cultivan en suelos con condiciones similares, se desconoce cuáles son las propiedades edáficas que se relacionan con los bajos o altos rendimientos.

## **2.5 Etnoedafología**

### **2.5.1 Conceptos Generales**

La etnoedafología considerada como la disciplina que se encarga de estudiar los conocimientos que los productores poseen sobre el recurso suelo (Ortiz y Gutiérrez, 2001). Esta disciplina considera sistemas locales del suelo y del conocimiento de las tierras en las zonas rurales. Analiza el papel del suelo y la tierra en el proceso de manejo de los recursos naturales como parte de la ecología y racionalidad económica (Barrera-Bassol y Zink, 2003). Desde la perspectiva antropológica, se estudia la visión cultural de los suelos y el paisaje; mientras que desde la ciencia del suelo se analiza la forma en que los suelos se valoran y manejan (Gardi *et al.*, 2014).

En México, los agricultores reconocen los distintos tipos de tierra o suelo como se le conoce técnicamente; ellos pueden diferenciar aquellos altamente productivos de otros de propiedades más limitadas. Williams y Ortiz (1981) señalan que el concepto campesino de suelo es diferente al empleado por los técnicos. Al suelo en el medio rural, se le denomina “tierra” y es considerada como la capa superficial que se trabaja, más que un cuerpo natural.

Los criterios de diagnóstico y clasificación que utilizan los agricultores para definir las clases y calidad de tierras, implica diversas variables, como son las ecológicas, morfológicas, productivas o simbólicas, entre otras y están sustentados en observaciones y conocimientos heredados (Brady y Weil, 2010).

Cuatro criterios de clasificación son utilizados por los grupos étnicos y están relacionados con las características del horizonte superficial (Brady y Weil, 2010). Estas características son por su grado de importancia: (1) color y textura; (2) consistencia y la humedad del suelo ; (3) la materia orgánica, pedregosidad, topografía, uso de la tierra y el drenaje; y (4) la fertilidad, la productividad, laboreo, la estructura, la profundidad y la temperatura del suelo (Barrera-Bassol y Zink, 2003).

### ***2.5.2 Estudios Etnoedafológicos***

El estudio formal de la Etnoedafología en nuestro país se inicia con un trabajo de investigación realizado en el Valle de México desarrollado por Williams (1980), quien realiza estudios de códices Alcohuas-Aztecas. Esta investigadora identificó 45 glifos que correspondían a diferentes clases de tierras, señalando que esta clasificación se usaba con fines administrativos y de manejo.

Posteriormente, los trabajos se enfocaron a demostrar la existencia del conocimiento de las tierras por parte de los productores. Al respecto, Luna (1982) estudio la clasificación campesina de las tierras de dos ejidos del Valle de México (Atenco y Huexotla) y encontró que los campesinos las denominan con palabras castellanizadas y no empleaban términos en Náhuatl. Algunas clases de tierras que encontró fueron: Barro, Salitre, Lama, Cacahuatuda, Arena, Blanca, Negra, Prieta, Amarilla y Tepetate.

Por otra parte, Calderón (1983) estudió dos zonas chinamperas la de Maquixco, Edo. de México y en Mixquic D.F. y encontró que se utilizan términos castellanizados para diferenciar a las clases de tierras. En otras comunidades se mantienen los nombres originales como los Otomíes (Quiroz, 1983) y los Mayas (Pérez, 1984).

Otras investigaciones en el campo de la clasificación campesina de tierras, se enfocaron en encontrar alguna utilidad al conocimiento local. Dentro de este ámbito, Escalón (1990) realizó un estudio en la parte central de Veracruz relacionado las clases de tierras con el rendimiento de maíz como respuesta a la fertilización nitrogenada, y encontró que las dos clases de tierras estudiadas requerían diferentes dosis de fertilización. Por otro lado, Licona (1991) estudió la técnica de producción agrícola en las clases campesinas de tierras y demostró que el marco de referencia geográfico generado por la clasificación campesina de tierras es de carácter utilitario en la planeación de la investigación agrícola, así como para la transferencia de tecnología.

Cruz (1994) utilizó a la clasificación campesina de tierras para generar y transferir tecnología entre pequeños productores, relacionada con la producción de maíz y donde señala que la experimentación junto con el conocimiento del campesino ayuda a obtener mejores rendimientos. Por otra parte, Medina (1995) asoció a la clasificación campesina de tierras con el laboreo, arvenses, plantas cultivadas y fertilidad en tierras de vega de río de Chapa de Corzo y concluyó que existe una relación estrecha entre las clases de tierras y el manejo de los cultivos.

Al final de la década de los años ochenta del siglo pasado, el estudio de la clasificación campesina se utilizó para la generación de mapas, que se complementan con la clasificación taxonómica para generar un mapa de unidades de suelo. Al respecto, Gutiérrez (1997), Segura (1999), Lleverino (1999) y Ortiz (1999) encontraron que clases de tierras identificadas en el oriente del valle de México, correspondían a diferentes taxa dentro de la clasificación científica.

Estos mapas de suelos tienen mejor calidad en precisión (denominación taxonómica) y en exactitud (ubicación de los linderos), específicamente con 76% de precisión y 94% de exactitud, en comparación con el mapa generado por INEGI (escala 1:50,000) que

tiene 8% de precisión y 0% de exactitud (Lleverino, 1999). También señala que la principal diferencia entre estos mapas radica en las escalas de trabajo, ya que la clasificación campesina de tierras emplea una escala mayor (de 1:10,000 a 1:25,000).

Sánchez (2002) aplicó la clasificación campesina de tierras en 48,200 ha, trabajo que constituye la mayor extensión territorial en la que se ha utilizado la clasificación campesina hasta el momento, en la llanura costera del sur de Veracruz para estudiar la producción de caña de azúcar y su relación con la clasificación campesina de tierras. Identificó 33 clases de tierras y concluyó que con el conocimiento de los suelos, por parte de los productores, es posible identificar las principales limitantes (estratos endurecidos y niveles freáticos cercanos a la superficie) y las mejores condiciones edafológicas (alto contenido de materia orgánica, drenaje, textura y pH) para la producción de caña de azúcar en la región y que el conocimiento local tiene alta correlación con la producción de caña de azúcar (más de 80%).

Hernández (2013) caracterizó a 3,800 ha con el apoyo del conocimiento local en el municipio de Candelaria, Campeche. En este estudio utilizó la clasificación campesina para identificar las capacidades, recomendar sus mejores usos y manejos de las clases de tierras. Se identificaron cuatro clases y se concluyó que todas las tierras tienen limitantes en la selección de cultivos en diferentes magnitudes; sin embargo, todas son aptas para la producción de gramíneas y leguminosas.

Los estudios Etnoedafológicos nos permiten generar información sobre las características de las diferentes tierras, en este caso el que existe en la zona cañera del Estado de Morelos, donde los principales programas que han implementado para el aumento de los rendimientos se han enfocado al desarrollo de fórmulas nutritivas (PRONAC, 2007), uso del agua y métodos de siembra. Sin embargo, no se ha realizado un estudio para identificar el manejo que se tiene en las diferentes clases de tierra de la zona, y saber si estas cuentan con limitantes que puedan afectar al cultivo y ser un obstáculo para los rendimientos.

### **2.5.3 Clasificación Campesina de Tierras**

El suelo posee un valor espiritual, mitológico y práctico en la mayoría de las culturas del mundo, donde, algunas de ellas desarrollaron nombres específicos para identificar a los suelos cultivados (Gardi *et al.*, 2014).

La clasificación campesina de tierras es una herramienta que se ha utilizado como un sustituto de los levantamientos detallados de suelos, para la generación de la cartografía edafológica a nivel parcelario, misma que se ha elaborado mediante el conocimiento de los productores o campesinos (Ortiz *et al.*, 1990). El conocimiento campesino supera al conocimiento técnico, ya que el conocimiento técnico indica el posible uso de la tierra; mientras que el conocimiento del campesino no solo revela su uso, sino que señala el tipo de cultivo específico que debe establecerse en cada clase de tierra. Además, conoce cuáles son las prácticas de conservación de suelos más adecuadas y de bajo costo por cada clase.

Luna (1982) indica que la clasificación campesina de tierras se basa en las posibilidades de uso de la tierra, más que en el suelo mismo. En este sentido, la clasificación local difiere de los esquemas de clasificación científica, que tienden a centrarse en los horizontes subsuperficiales. Brady y Weil (2010) sugieren que esta idea no se tome como una debilidad, sino más bien como dos enfoques complementarios.

### **2.5.4 Cartografía de Tierras Campesinas**

A partir de los estudios para demostrar la existencia del conocimiento campesino sobre tierras, su caracterización y utilidad, surgió el interés por generar mapas de clases de tierras, con el objeto de establecer para cada clase su ubicación geográfica, extensión y problemática (Ortiz y Gutiérrez, 2001).

Ortiz *et al.* (1990) propusieron un método alternativo para la ejecución de los levantamientos de suelos a nivel parcelario basado en el conocimiento del suelo generado por el productor, con base en su experiencia. Este método fue denominado como clasificación campesina de suelos y señalan que si a este conocimiento se le

proporciona un marco de referencia geográfico es posible generar un levantamiento de tierras a nivel parcelario equivalente a un estudio detallado de suelos.

A manera de resumen de la revisión de la literatura se puede indicar que el cultivo de caña de azúcar, representa una actividad de alto impacto social. En los últimos años han existido esfuerzos gubernamentales para incrementar sus rendimientos. Realizando estudios dirigidos a la generación de fórmulas nutritivas y a los sistemas de riego. Sin embargo estas acciones no consideran las opiniones de los productores tienen sobre el manejo y limitantes para la producción del cultivo.

Por otra parte los estudios Etnoedafológicos constituyen una alternativa viable para conocer tales opiniones sobre el manejo, sus limitantes e inclusive soluciones a diferentes problemas teniendo como marco de referencia geográfico a las clases de tierra reconocidas por ellos mismos.

### **III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **3.1. Objetivos**

Para la realización del presente estudio se planteó **alcanzar los siguientes objetivos**

##### **3.1.1 Objetivo General**

Determinar el manejo y la variación de los rendimientos de caña de azúcar en diferentes clases de tierras que se encuentran bajo una agricultura de riego en el municipio de Tlaquiltenango, Morelos.

##### **3.1.2. Objetivos Particulares**

- 1) Identificar las diferentes clases de tierras donde se establece el cultivo de caña de azúcar y generar su mapa para indicar su distribución dentro de la zona de estudio.
- 2) Caracterizar el manejo de la caña de azúcar y sus rendimientos por clase de tierra con base a entrevistas a productores e información recopilada por el ingenio Emiliano Zapata.
- 3) Clasificar a los suelos que integran a las clases de tierras de la zona de abastecimiento al ingenio Emiliano Zapata, de acuerdo con la Taxonomía de Suelos y la WRB.

#### **3.2. Hipótesis**

Las hipótesis a probar es:

- El manejo y el rendimiento de caña de azúcar están relacionados con las clases de tierras reconocidas por los productores del municipio de Tlaquiltenango, Morelos.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Descripción de la Zona de estudio

#### 4.1.1 Localización del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra en el Municipio de Tlaquiltenango y se localiza en el centro sur del Estado de Morelos (Figura 1). El municipio de Tlaquiltenango limita al norte con los municipios de Tlaltizapan, Ayala y Tepalcingo, al sur con los estados de Guerrero y Puebla; al este con el estado de Puebla y al oeste con los municipios de Zacatepec, Jojutla y Puente de Ixtla. Por su superficie de 58,177.8 ha (11% de la superficie estatal) este municipio es considerado como el más extenso de Morelos, (INEGI, 2009).

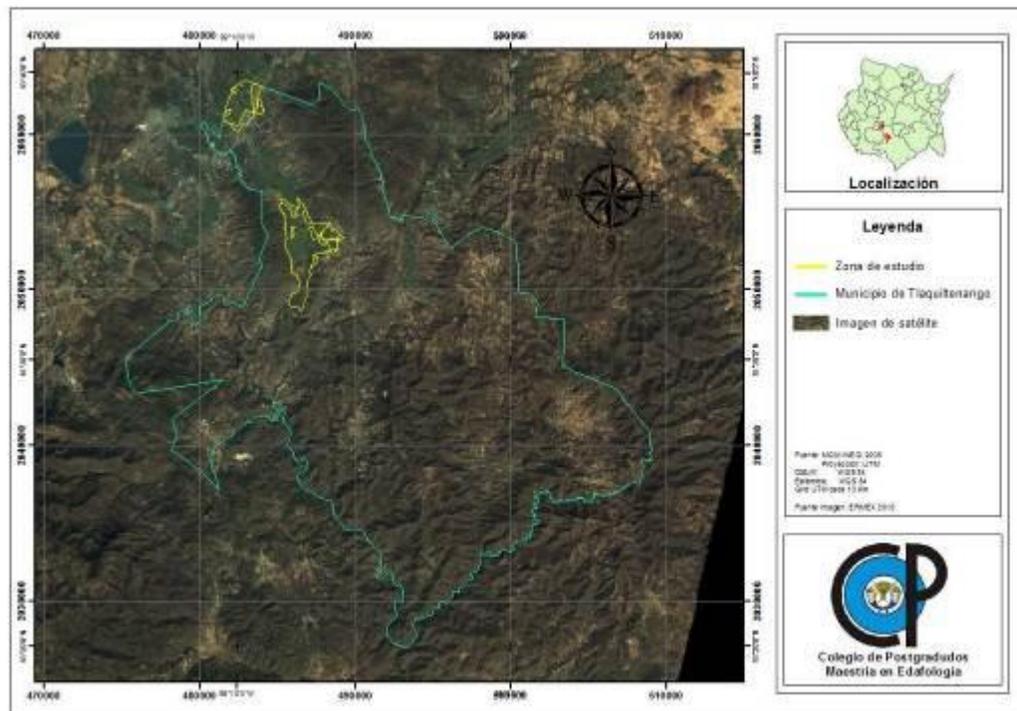
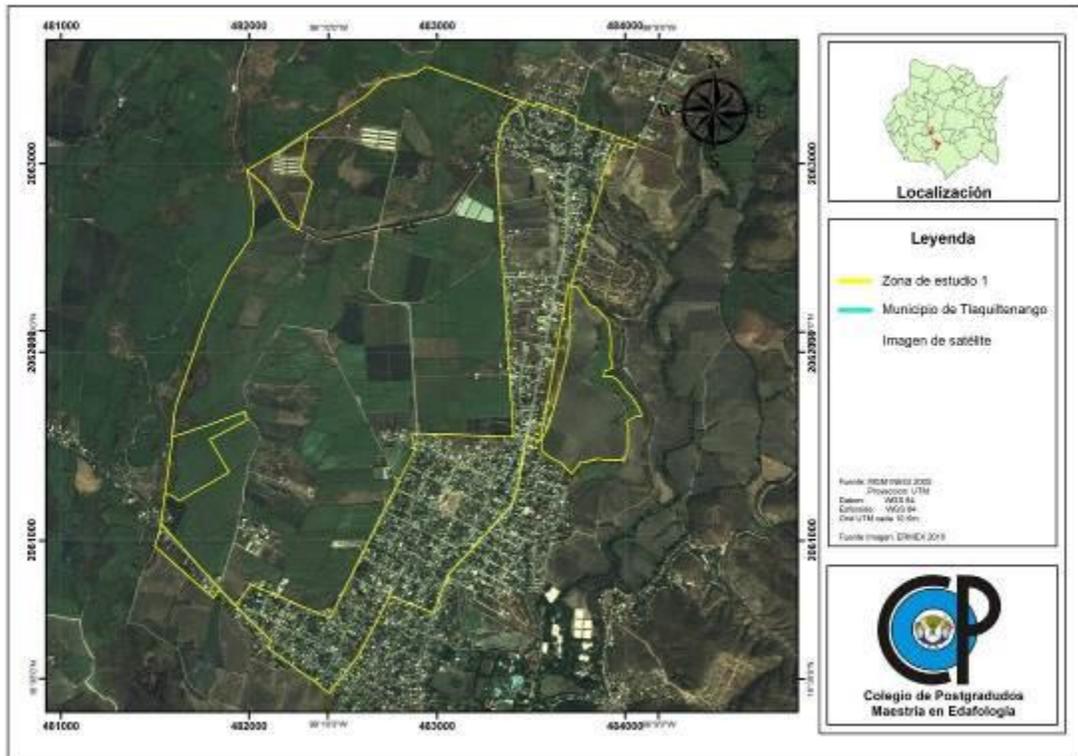


Figura 1. Localización del Área de Estudio.

La zona cañera, de acuerdo con el Ingenio Emiliano Zapata, se encuentra dividida en tres áreas agrícolas, las cuales son conocidas como A, B y C.

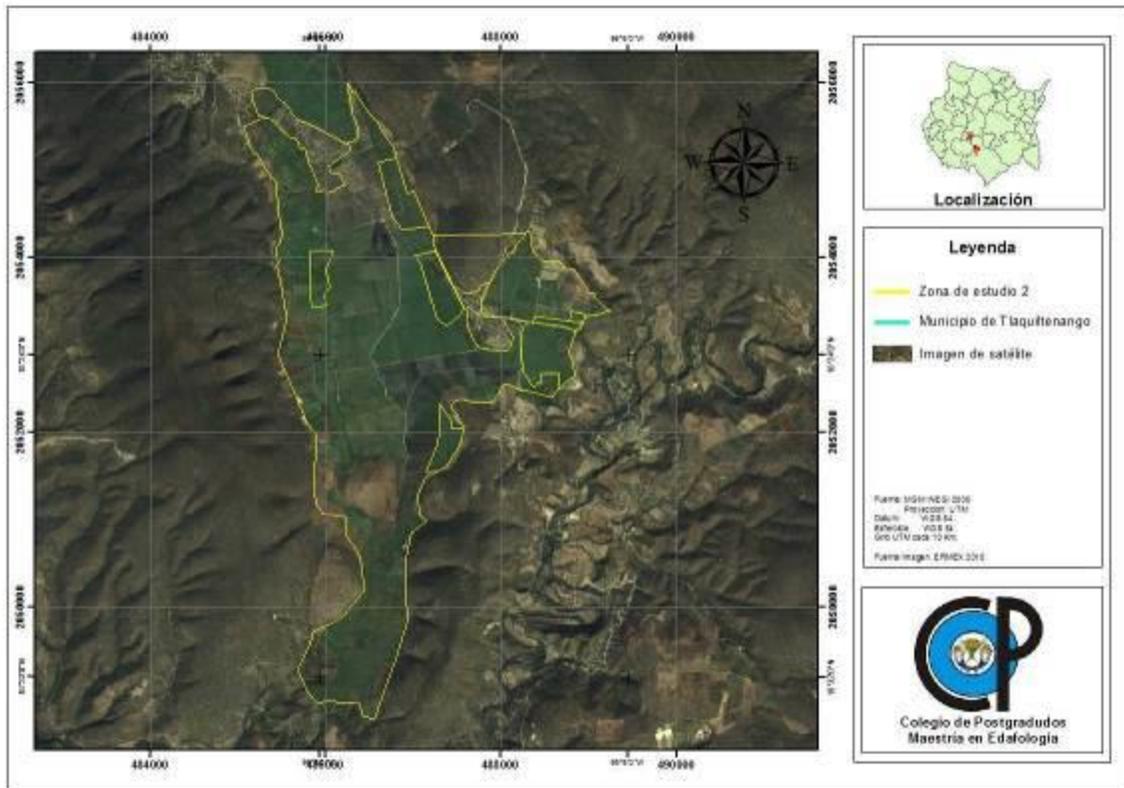
El presente estudio se realizó en el área B, la cual está constituida por dos partes. La Norte o Zona1 que se ubica entre los paralelos  $18^{\circ}39'45.39''$  y  $18^{\circ}38'9.56''$  N, y los

meridianos  $99^{\circ}09'41.42''$  y  $99^{\circ}10'15.58''$  W comprendiendo los campos Texcal Alto, Texcal Bombeo, y Pozo No 1 (Figura 2).



**Figura 2. Zona Norte del Área de Estudio.**

La parte Sur o Zona 2 se ubica entre las coordenadas  $18^{\circ}35'34.20''$  y  $18^{\circ}31'50.49''$  N, y los  $99^{\circ}81'4.82''$  y  $99^{\circ}7'52.74''$  W, y la integran los campos Camaronera, Lagunillas, Magueyera, La Mora, Palapa, Huajal Oriente, Huajal Poniente e Isote (Figura 3).



**Figura 3. Zona Sur del Área de Estudio.**

#### **4.1.2 Población**

De acuerdo con el Censo Nacional de Población y Vivienda del 2010 (INEGI, 2010), la población total del municipio fue de 31,534 personas, que representa el 1.8% de la población estatal.

#### **4.1.3 Fisiografía**

El área de estudio se encuentra dentro de dos provincias fisiográficas, cada una cuenta con una subprovincia. El 54.67% de la superficie está situada dentro de la subprovincia de la Sierra del Sur de Puebla y pertenece a la provincia del eje Neovolcánico; mientras que el 45.33% del área se localiza en la subprovincia de las Sierras y Valles Guerrerenses, dentro de la provincia Sierra Madre del Sur (INEGI, 2009).

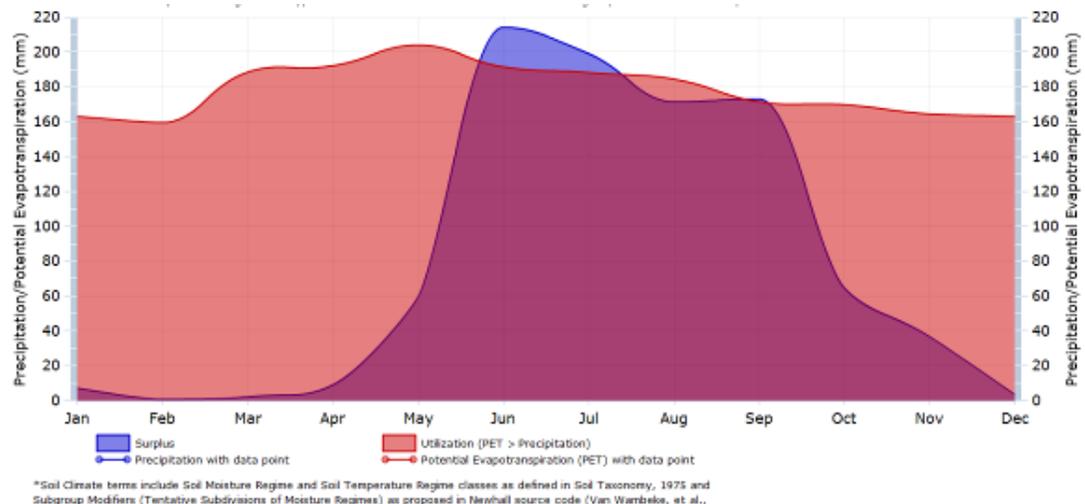
#### 4.1.4 Vegetación

La flora de la región circundante al área de estudio está representada por la selva baja caducifolia. Algunas especies de árboles que sobresalen en este tipo de vegetación son: “Amate amarillo” (*Ficus petiolaris*), “Amate prieto” (*Ficus cotinifolia*), “Ayoyote” (*Cascabela thevetioides*), “Cacaloxochitl” (*Plumeria rubra*), “Cuachalalate” (*Amphipterygium adstringens*), “Cazahuate” (*Ipomoea murucoides*), “Copal manso” (*Bursera copallifera*), “Cuajote colorado” (*Bursera lancifolia*), “Cuatecomate” (*Crescentia alata*), “Cuayotomate” (*Vitex mollis*), “Guayacán” (*Conzattia multiflora*), “Órgano cenizo” (*Pachycereus grandis*), “Pochote” (*Ceiba aesculifolia*), “Teclate” (*Pseudosmodium perniciosum*), “Tepeguaje” (*Lysiloma acapulcense*), y “Tepemezquite” (*Lysiloma divaricatum*), entre muchos otros (Dorado y Arias, 2011).

#### 4.1.5 Clima

Con base a la clasificación climática de Koeppen modificada por Enriqueta García (1988), el clima de la zona es un  $Aw_0(w)$ , que corresponde a un clima cálido, de baja humedad y con precipitaciones en verano. La temperatura media anual varía de 22° a 27 °C, siendo la temperatura del mes más frío de 9.7 °C.

La precipitación anual es de 910 mm, el más seco registra valores entre 2.1 y 7.1 mm, mientras que el mes más húmedo entre 190 y 214 mm, según el climograma de la Figura 4.



**Figura 4. Climograma de la Zona de Estudio.**

#### 4.1.6 Geología

En el área de estudio predominan las formaciones volcánicas del cuaternario, con rocas ígneas extrusivas andesita-toba intermedia (46.39%), toba acida (15.69%), basalto (0.7%) y toba intermedia (0.21%); además de formaciones del cretácico superior, representadas por sedimentos estratificados de lutita-arenisca (13.66%), caliza (11.24%), conglomerado (3.12%), travertino (0.61%), arenisca-conglomerado (0.17%) y yeso (0.17%) (INEGI, 2009).

#### 4.1.7 Hidrología

El área se localiza dentro de la región hidrológica 18 denominada “Balsas”, y comprenden las cuencas de los ríos Grande de Amacuzac, Atoyac, Bajo Amacuzac, Cuautla, Yautepec, Apatlaco y Nexapa (INEGI, 2010). Además de estas corrientes, en la región se encuentran varios manantiales, entre ellos: El Rollo, Nexapa, Los Elotes, Valle de Vázquez y Las Huertas. También existe infraestructura hidráulica que consiste en 25 pozos, de los cuales 21 son para agua potable y consumo humano y 4 son para agricultura de riego.

### 4.1.8 Edafología

Los suelos son de colores oscuros, no someros pero tampoco profundos, de texturas finas y con presencia de pedregosidad. Según INEGI (2010), los suelos del lugar corresponden a Vertisoles Pélicos, Kastanozems Cálcidos y Phaeozem Cálcidos (Figura 5).

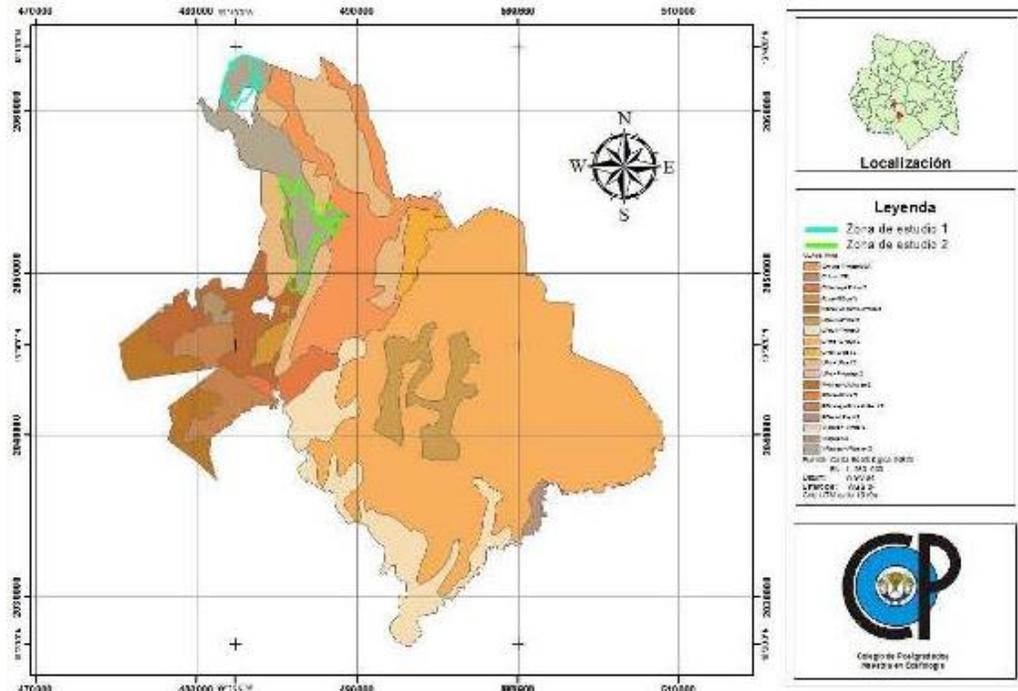


Figura 5. Suelos del Área de Estudio.

### 4.2 Metodología

Para probar las hipótesis y contestar las preguntas de investigación, se utilizaron técnicas en campo (cartografía de clases de tierras, entrevistas a productores, descripción de perfiles y muestreo), laboratorio (análisis físicos, químicos y mineralógicos) y gabinete (análisis estadístico de datos). En los siguientes párrafos se describen los diferentes procedimientos según el grupo al que pertenecen.

#### 4.2.1 Estudio Etnoedafológico

El estudio Etnoedafológico comprende dos fases: la cartografía de tierras y la realización de entrevistas a productores para caracterizar el manejo del cultivo en cada clase de tierra (Ortiz y Gutiérrez, 2001).

## **1) Cartografía de Tierras**

La cartografía de tierras considera las siguientes actividades:

*1.a) Selección del mapa base.* Como mapa base se utilizó una imagen satelital Spot 8, del año 2000, y sobre ella se trazaron los límites entre clases de tierra.

*1.b) Informantes clave.* Para este estudio se contó con el apoyo del inspector del ingenio Emiliano Zapata de la “Zona B” y con algunos productores del área, cuya característica sobresaliente fue el conocer toda el área.

*1.c) Trazo de linderos.* Sobre el mapa base se realizó el trazo de linderos entre las clases de tierra, con base a recorridos de campo en compañía de los informantes, donde se cotejaron los cambios en la superficie de cada clase de tierra. El resultado final de esta metodología es el mapa de clases de tierras.

## **2) Caracterización del Manejo del Cultivo**

En esta fase se realizaron entrevistas a productores una vez que se concluyó la identificación y el trazo de linderos de las clases de tierras, para su selección se requería que los informantes contaran con una de las clases de tierra identificadas, donde producían bajo riego caña de azúcar. La participación fue libre, espontánea y no remunerada.

Siguiendo la metodología propuesta por Williams y Ortiz (1981), el número de informantes (productores) estuvo en función del aporte de conocimiento, es decir, cuando la información se volvió repetitiva se concluyeron las entrevistas.

## **3. Clasificación de Suelos**

En cada clase de tierra se excavó un pozo pedológico para describir su perfil de suelo, utilizando el manual de Cuanalo (1981), se colectaron muestras de suelos por horizontes para su posterior análisis en laboratorio empleando los procedimientos recomendados por el ISRIC (Van Reevwijk, 1999).

#### **4. Información de Rendimientos**

La información sobre los rendimientos de campo de la Caña de Azúcar se obtuvo de los registros de la Zafra 2013-2014 del ingenio Emiliano Zapata, proporcionada por el inspector de la zona de estudio, para generar información sobre las variedades sembradas, el ciclo del cultivo y el rendimiento obtenido.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Cartografía de Clases de Tierra

Después de aplicar la metodología para la cartografía de clases de tierras se identificaron tres clases reconocidas por los productores de la zona, las cuales son: Tierra de Barro Negro con Caliche, Tierra de Barro Negro y Tierra de Barro Café. Las cuales se distribuyen en las dos zonas del área de estudio, con excepción del Barro Café que solo se encuentra en la zona 2. La superficie de cada una de ellas se muestra en el Cuadro 1, y su localización geográfica en las Figuras 6 y 7.

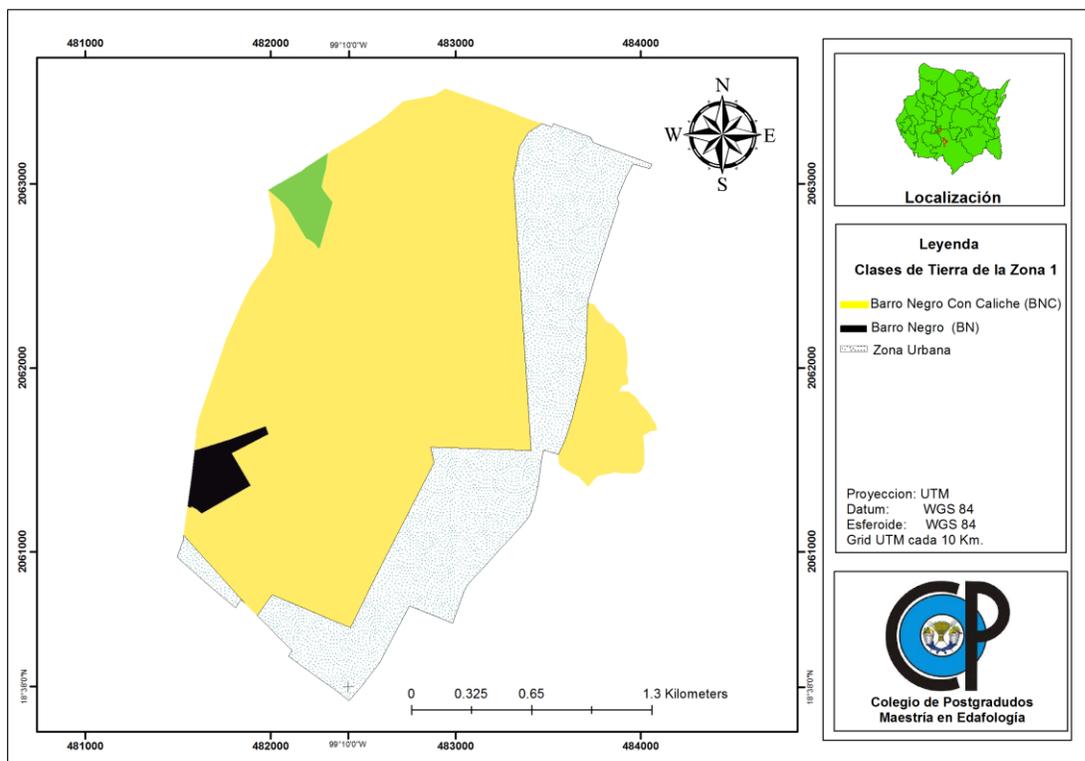
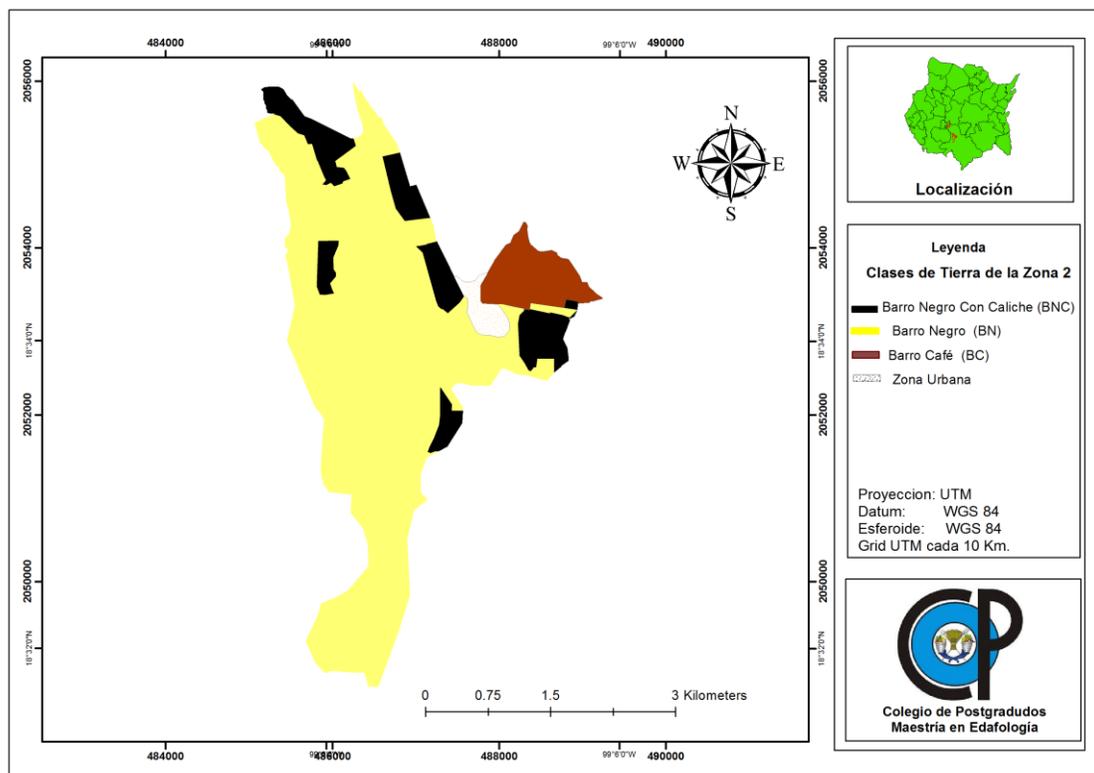


Figura 6. Clases de Tierras de la Zona 1.



**Figura 7. Clases de Tierra de la Zona 2.**

**Cuadro 1. Superficie (ha) y extensiones (%) de las Clases de Tierra.**

Clase de tierra	Símbolo	Superficie	
		(Ha)	Extensión%
Barro Negro con Caliche	BNC	1266	85
Barro Negro	BN	139	10
Barro Café	BC	79	5

## 5.2. Características de las Clases de Tierras

Las características narradas por los productores para diferenciar a las clases de tierras estuvieron relacionadas con los siguientes atributos: contenido de piedras, retención de humedad, formación de grietas y laboreo (Cuadro 2), los cuales coinciden con lo reportado en trabajos similares (Luna, 1988; Ortiz y Gutiérrez, 2001; Sánchez *et al.*, 2002).

**Cuadro 2. Propiedades de las Clases de Tierra según los productores.**

Atributo Técnico	CT		
	Barro Negro con Caliche (BNC)	Barro Café (BC)	Barro Negro (BN)
<b>Pedregosidad</b>	Es superficial con piedras pequeñas (abajo se encuentra el tepetate)	Lajas	Pocas piedras
<b>Estructura</b>	Forma grietas	Forma grietas	Forma grietas
<b>Consistencia en húmedo</b>	Chiclosa	Chiclosa	Chiclosa
<b>Retención de Humedad</b>	Guarda poca humedad	No guarda humedad	Guarda humedad
<b>Laboreo</b>	Fácil manejo	Difícil manejo	Fácil manejo

A continuación se describen las características de cada clase de tierra

**a) Barro Negro con Caliche**

Esta tierra es la dominante en las dos áreas, el material parental está constituido por roca sedimentaria caliza, localmente conocida como caliche. Se caracteriza por la presencia de piedras blancas tanto en la parte superficial como en el subsuelo (Figura 8) y sus tamaños varían de grandes (60 cm) a pequeñas (5 cm). A pesar de la pedregosidad, los productores indican que la tierra es fácil de trabajar; además expresaron que “dependiendo de las ganas y el dinero que tengan, se puede hacer fértil a esta tierra”.

En relación al riego se opina que no guarda humedad y que se cuartea a los 10 días después de recibir riego. En donde se concentra la mayor parte del caliche las plantas se tornan cloróticas siendo una forma de establecer su ubicación.



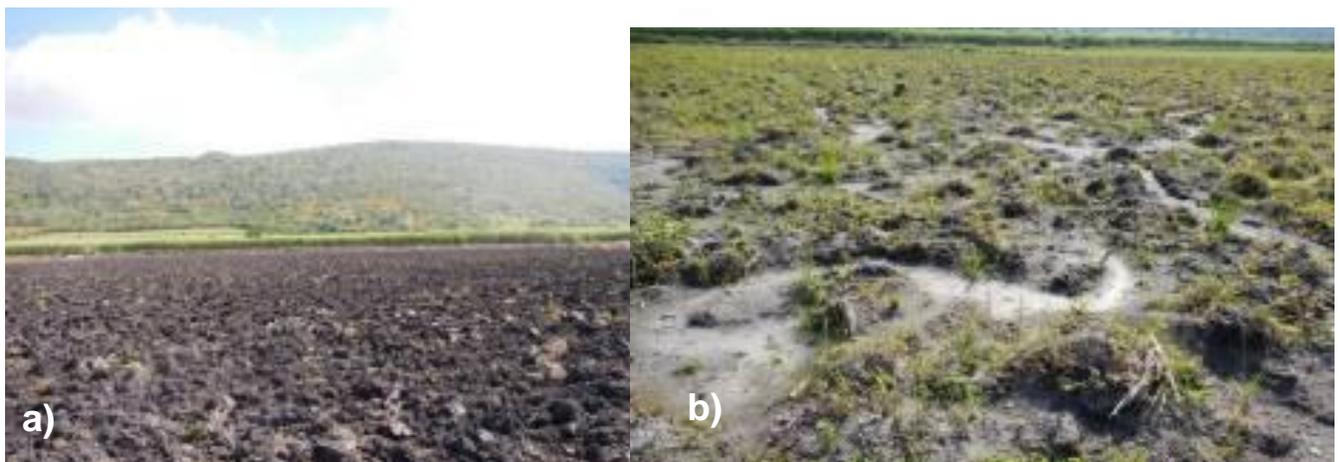
**Figura 8. a) Paisaje de la tierra Barro Negro con Caliche y b) El Caliche.**

El barro Negro con Caliche técnicamente tiene variantes en sus suelos, que se relacionan con la profundidad; algunos son someros (50cm) y otros con profundidades hasta de 110 cm. Las características físicas y químicas de los horizontes superficiales de esta clase de tierra se presentan en el Cuadro 3.

### **b) Barro Negro**

Este tipo de tierra se encuentra principalmente en las zonas bajas de los cerros; se caracterizan por el color pardo muy oscuro (Figura 9) y por la acumulación de agua. Algunos productores la denominan “aguañosa” o “cieneguda” y es una tierra profunda (de más de un metro).

Al igual que la tierra Barro Negro con Caliche, también presenta variantes en sus suelos, en función de la pedregosidad, la que puede llegar a ser de 16%, que si son muy grandes, es común que las remuevan, subdividiéndolas en Barro Negro con piedras (Figura 10) y Barro Negro sin piedras.



**Figura 9. a) Paisaje de la Tierra Barro Negro y b) Acumulación de agua en la superficie del suelo.**



**Figura 10. Paisaje de la Tierra Barro Negro con Piedras.**

Al encontrarse en zonas planas o receptoras, estas tierras tienen problemas de drenaje, con acumulación de agua, los productores drenan el exceso de agua, haciendo pequeños canales. Los datos de laboratorio del suelo superficial de la tierra Barro Negro se reportan en el Cuadro 3.

### **c) Barro Café**

A esta clase de tierra algunos productores la llaman “Arenosa”; se caracteriza por su color pardo claro, por no guardar humedad y por la presencia de piedras en forma de lajas (Figura 11). Las piedras dificultan su manejo, es por eso que los productores las remueven manualmente, apilándolas cerca de sus parcelas.

En esta tierra se utilizan los “sacuales”, que son bolsas de plástico que se colocan al inicio de los surcos (Figura 12). Esta práctica ayuda a dar dirección al agua y a la vez previene la erosión, ya que algunas tierras se encuentran en pendientes. Los productores mencionan que en estas tierras se puede caminar a los dos días después de haber sido regadas. También indican que se forman grietas en la superficie.

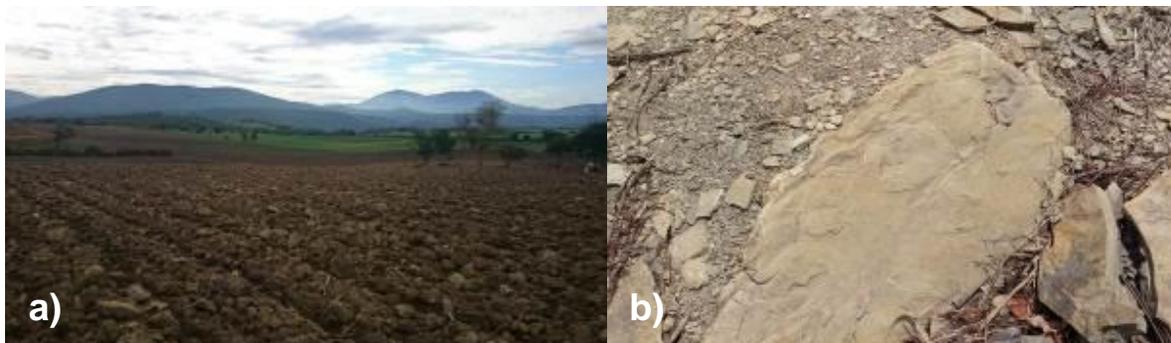


Figura 11.a) Paisaje de la Tierra Barro Café y b) Piedras en forma de Lajas.

Estas tierras pueden presentar a los 60 cm de la superficie el material parental lo que provoca que algunas veces su laboreo sea difícil.



Figura 12. Uso de Sacuales.

Las zonas donde se presenta el tepetate se les conoce con el nombre de “Reventones”, cuya presencia es común.

### 5.3 Propiedades Físicas y Químicas de las Clases de Tierras

En el Cuadro 3 se reportan las propiedades físicas y químicas de la capa arable de cada clase de tierra. En términos generales se puede indicar que los suelos son alcalinos, lo cual resulta adecuado para movilizar los nutrientes (González *et al.*, 2012), ricos en materia orgánica con contenidos mayores a 3.9 % (Moreno, 1992).

**Cuadro 3. Características Físicas y Químicas de la capa arable de las Clases de Tierra.**

Propiedad	CT				BC
	BNC (Profundo)	BNC (Somero)	BN (Piedras)	BN (Sin Piedras)	
pH (1:2) H <sub>2</sub> O:Suelo	8.0	7.8	8.0	7.6	8.0
%C.O	4.5	5.3	2.2	4.1	3.5
C.E dSm <sup>-1</sup>	0.6	0.6	0.3	2.1	1.0
CIC Cmol (+) Kg <sup>-1</sup>	54	57	50	65	26
%CaCO <sub>3</sub>	12.1	9.9	20.2	6.0	31.5
%N	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg Kg <sup>-1</sup> )	2.5	7.1	1.1	6.6	0.5
Mg Cmol (+) Kg <sup>-1</sup>	3.1	4.0	4.5	4.2	1.5
Ca Cmol (+) Kg <sup>-1</sup>	15.4	16.5	19.6	16.4	10.3
K Cmol (+) Kg <sup>-1</sup>	14.1	11	15.3	14.4	5.3
Da (g/cm <sup>3</sup> )	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7
Arcilla (%)	69.2	16.8	63.4	68.0	36.1
Limos (%)	27.1	33.0	27.6	30.1	50.5
Arenas (%)	3.6	50.2	8.9	2.0	13.4

\*BNC: Barro Negro con Caliche, BN: Barro Negro y BC: Barro Café.

La mayoría de las tierras no presentan problemas de salinidad con la excepción del Barro Negro sin piedras que se clasifica como ligeramente salina; la CIC se considera de alta (25-40 Cmol (+) Kg<sup>-1</sup>) a muy alta (>40 Cmol (+) Kg<sup>-1</sup>) según la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SERMANAT-2000).

Los contenidos CaCO<sub>3</sub> son altos en las clases de tierras Barro Negro con piedras y Barro Café, el contenido de Nitrógeno es alto (Tavera, 1985; NOM-021-SERMANAT-2000). Las concentraciones de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> varían de bajas a medias.

Las concentraciones de cationes intercambiables (Ca, Mg y K), son altas en todas las clases de tierras (Palma- Lopez *et al.* 1998; NOM-021-SERMANAT-2000).

Los valores de densidad aparente de estas tierras son altos, reflejando una compactación de acuerdo con Gonzalez *et al.* (2012). Harris *et al.* (1996) mencionaron que la calidad del suelo disminuye cuando se incrementa la Dap por lo que los suelos, cultivados con caña de azúcar, pueden reducir la penetración de las raíces. Según Salgado *et al.* (2012) la densidad aparente está relacionado con las labores que se realizan con la maquinaria y la fertilización en los primeros cuatro meses del cultivo.

Los contenidos de Arcilla son altos en el Barro Negro con Caliche (profundo), Barro Negro con y sin piedras, en comparación con el Barro Café que tiene contenidos

medios, siguiéndole el Barro Negro con Caliche (somero) con cantidades bajas (González *et al.*, 2012). Los contenidos de Limo son variables y los contenidos de Arena presentan valores menores a 20 %, sin embargo el Barro Negro con Caliche (somero) presenta valores medios.

La caña de azúcar se desarrolla en una alta variedad de tipos de suelos. Sin embargo, es particularmente exigente en cuanto al desarrollo, actividad y profundidad de su sistema radicular, por lo que su preferencia son suelos francos o franco-arcillosos, profundos, fértiles, bien aireados y que tengan buena estructura (granular, en bloques) y elevada capacidad de retención de agua (Vargas, 2009; Palacios y Peña, 2005). Además, no se recomienda para suelos limosos y franco-limosos (Vargas, 2009).

#### **5.4 Clasificación de Suelos**

La descripción de campo de los perfiles de suelos representativos para cada Clase de Tierras y los resultados de los análisis físicos y químicos de laboratorio se reportan en el Anexo I. Para la clase de Tierra Barro Negro con Caliche se estudiaron dos perfiles, uno para los suelos someros y otro para los profundos, de igual forma para la clase de Tierra Barro Negro, se tuvo un perfil para los suelos pedregosos y otro para los no pedregosos y uno para la clase de Tierra Barro Café.

A continuación se reportan las clasificaciones de los suelos.

##### *a) Clasificación de Suelos con el Sistema de WRB*

Para realizar la clasificación de suelos con el sistema WRB se identificaron sus horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico en cada perfil de suelos pertenecientes a las clases de tierra, considerando tanto la información de campo como la de laboratorio.

Los suelos de las tierras Barro Negro con Caliche y Barro Negro presentan un horizonte superficial mólico; también se identificaron propiedades vérticas y caras de fricción en perfil del Barro Negro con Piedras. Mientras que en los de las tierras Barro Negro con Caliche (somero) y Barro Café se caracterizan por la presencia de roca caliza.

Con lo anterior se definieron tres grupos de suelos de referencia los Vertisoles, Regosoles y Leptosoles. Además, se tiene un segundo nivel utilizando calificadores en dos grupos I y II. Los calificadores del grupo I comprenden aquellos suelos que están típicamente asociados con el suelo de Referencia y sus intergrados.

Para los Vertisoles las características de color y contenido de calcio definen el calificador primario y el contenido de materia orgánica al secundario. En los Leptosoles el material parental de naturaleza caliza resulto importante para el calificador primario y la roca continua para el secundario y para los Regosoles el porcentaje de carbonato de calcio equivalente influye en el calificador primario y su textura en el secundario (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Clasificación de suelos de las Tierras con el sistema de Base Referencial Mundial.**

<b>CT</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Calificador I</b>	<b>Calificador II</b>
Barro Negro ( con Piedras)	0-130	Vertisol	Cálcico	Húmico
Barro Negro ( sin Piedras)	0-120	Vertisol	Pélico	Mólico
Barro Negro con Caliche ( profundo)	0-110	Vertisol	Pélico	Mólico
Barro Negro con Caliche (somero)	0-30	Leptosol	Réndzico	Esquelético
Barro Café	0- 80	Regosol	Cálcario	Límico

*b) Sistema Taxonomía de Suelos*

Los suelos bajo estudio presentan un régimen de humedad Ústico y un régimen de temperatura Isohipertérmico, de acuerdo al programa Newhall 1.5.1 (2011).

Las tierras de Barro Negro con Caliche Somero, Profundo y Barro Negro presentan suelos con un horizonte superficial mólico y los de la tierra de Barro Café un ócrico. Con el uso de las claves se definieron tres órdenes, los cuales son: Vertisols, Molisols y Entisols. Que dan origen a cuatro subgrupos como se presentan en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Clasificación de Tierras con el Sistema Taxonomía de Suelos.**

<b>CT</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Orden</b>	<b>Suborden</b>	<b>Grandes Grupos</b>	<b>Subgrupo</b>
Barro Negro (con Piedras)	0-130	Vertisols	Usterts	Calciusterts	Chromic Haplusterts
Barro Negro (sin Piedras)	0-120	Vertisols	Usterts	Haplusterts	Typic Haplusterts
Barro Negro con Caliche (profundo)	0-110	Vertisols	Usterts	Haplusterts	Typic Haplusterts
Barro Negro con Caliche (somero)	0-30	Mollisols	Ustolls	Haplustolls	Lithic Haplustolls
Barro Café	0- 80	Entisol	Orthents	Ustorthets	Typic Ustorthents

El proceso pedogenético dominante en esta zona es la Calcificación, que se refiere a la acumulación de carbonatos secundarios en una porción del suelo (Bockheim y Gennadiyev, 2000), desarrollando en el suelo el horizonte Cálcico.

Al comparar las unidades de suelos obtenidas en el estudio realizado por el PRONAC (2007), no coinciden.

### **5.5 Manejo del cultivo de caña de azúcar**

La información sobre el manejo fue generada a través de la realización de entrevistas a 16 productores, entre ellos una mujer, cuyas edades varían de los 37 a 79 años. La experiencia en campo de las personas entrevistadas oscila de 8 a 40 años, y puede ser su único trabajo o su segundo empleo en algunos casos.

La información sobre el manejo está referida a las variedades usadas, la preparación del suelo para la siembra, la época y forma de siembra, fertilización, control de malezas, método de riego, ciclos de cultivo, cosecha, así como, a los problemas que se enfrentan y soluciones adoptadas por algunos de ellos.

#### *a) Variedades Usadas*

Se reconoció el empleo de cuatro variedades de caña de azúcar: la CP-72-2086, LTMEX-9609, MEX 69-431 y MY 55-14, identificándolas por su rendimiento, amacollamiento (número de brotes), resistencia a la sequía y contenido de ahuates

(pelos espinosos del tallo y las hojas), las características de las diferentes variedades de caña de azúcar se muestran en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Características de las Variedades que reconocen los productores.**

<b>Variedad</b>	<b>Características</b>
<b>CP-72-2086</b>	Tiene buenos rendimientos, sus hojas son muy filosas, contiene muchos ahuates, es resistente a las plagas y requiere más agua
<b>LTMEX-9609</b>	Tiene buen amacollamiento, su hoja es delgada, la yema es pequeña y el color del tallo es amarillo
<b>MEX 69-431</b>	Tiene buenos rendimientos y no contiene muchos ahuates
<b>MY 55-14</b>	Sus tallos son de color morado y es tolerante a la sequía

La elección de las variedades se realiza por recomendación del Ingenio, además, las asociaciones cañeras la Unión Nacional de Cañeros (CNPR) y la Confederación Nacional Campesina (CNC), junto con los productores y personal del Ingenio, realizan una asamblea para elegir por consenso la variedad a sembrar. Con el objetivo de obtener altos rendimientos en campo y una mayor resistencia a plagas y enfermedades, además de buena adaptación.

La variedad CP 72-2086 de acuerdo con Barbosa y Corrales (1997) es la más cultivada a nivel nacional ocupando el 60 % de la superficie sembrada junto con la MEX 69-290 (Salgado *et al.*, 2000). La opinión del rendimiento que observan los productores coincide con los reportado por Sánchez *et al.* (2002) en Veracruz, donde encontró que esta variedad es la más rendidora.

#### *b) Preparación del Suelo*

La forma de preparar el suelo para la siembra en las tres clases de tierra es similar, no obstante, hay particularidades entre ellas. Los productores realizan de dos a tres barbechos cruzados antes de la siembra con yunta de bueyes o maquinaria, con el fin de destruir los terrones (“terremotos”) del suelo, acción conocida como “alegrar”.

Posteriormente se trazan los surcos siguiendo la pendiente del terreno; en pendientes ligeras se usa maquinaria, es decir tractor con los implementos específicos para cada labor, en las Tierras de Barro Negro y en algunas de Barro Negro con Caliche, en contrastes para las de Barro Café donde únicamente se utiliza a la yunta de bueyes.

Cuando el terreno tiene pendientes fuertes el surcado se hace a favor de ella y para evitar que el agua adquiera velocidades erosivas, a la mitad de la parcela se realiza un surcado transversal, al conjunto de surcos en esta nueva dirección se le conoce como “surgado pesado o macho”. En general, se surca a 1.20 m, distancia que favorece a la planta, produciéndole mayor grosor en el tallo.

### *c) Época y Forma de Siembra*

La fecha de siembra comprende los meses de septiembre a noviembre debido a que se aprovechan las lluvias y la disminución de temperatura provocando una emergencia tardía; después de que los surcos fueron trazados, los trozos de caña de 40 cm de largo con tres o cuatro yemas, son colocados en el fondo, a esta acción se le conoce como “tender la caña”. La forma más generalizada de siembra es conocida como medio petatillo o “un cuarto de luz” la cual consiste en colocar los trozos de caña en forma paralela a una distancia de 30 cm entre el término de una y el inicio de la otra, es decir, sería equivalente a no dejar espacio entre los trozos de la caña. Barbosa y Corrales (1997) recomiendan dos métodos de siembra, el de “medio petatillo” para los meses de julio-septiembre y el método de “cordón doble” para los meses de noviembre-enero. Sin embargo, los productores eligen el primero por tener más densidad de población, la cual se conoce como “hijear (desarrollo de retoños de caña).

Algunos siembran en el mes de diciembre, sobre todo cuando rentaron sus parcelas para otros cultivos, como jícama y cebolla. Para esas fechas los rendimientos son menores, debido a que las temperaturas que se presentan, provocan que la densidad de plantas que emergen es menor; otro factor que influye es la variedad que se siembra, por ejemplo, la MEX 69-431 es una variedad tardía que se siembra en el periodo de noviembre a diciembre.

### *d) Fertilización*

Al momento, de la siembra se incorpora una mezcla de fertilizantes conocida como “ el abono cañero” a razón de 20 bultos/ha, cuya composición es 18 N-4.5 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-3 K<sub>2</sub>O, además de un enraizador y un insecticida granulado (Furadan o Conter) cuya forma de aplicación es a chorrillo y sirve para el control del gusano barrenador, posteriormente se aporca con la yunta y se le da un riego a los tres días si es necesario. La

fertilización al suelo es igual en todas las clases de tierra, es decir no se consideran sus diferencias, Salgado *et al*, 2000 y Aguilar *et al*, 2013 reportaron que en las zonas cañeras de México por lo general, se utilizan solo una fórmula de fertilizantes por ingenio, lo cual ha prevalecido por más de 25 años y sin considerar la variedad ni el tipo de suelo, esta idea también la sostiene el PRONAC (2007) donde por más de 40 años, se han aplicado en las 700,000 ha cañeras del país solamente 4 fórmulas de fertilizantes.

A los 60 o 90 días, se realiza una segunda aplicación con 10 costales de abono cañero. Esta práctica se realiza abriendo un surco con la yunta, acción que se le conoce como “afloje” y una vez integrado el fertilizante se tapa, práctica conocida como “despacho”, se efectúa antes de que la planta cubra totalmente el terreno.

También se realiza una aplicación foliar, con  $\text{FeSO}_4$ , en solución al 0.5 % para prevenir clorosis, acción conocida como “fumigar con ferroso” la cual se repite en cuatro ocasiones durante el ciclo con una mochila de aspersion manual, los productores utilizan una careta hechiza con malla de alambre al realizar esta acción, para evitar accidentes.

Cabe mencionar que los productores no reciben capacitación alguna sobre el uso de productos químicos, ellos van experimentando y el conocimiento lo van pasando de productor a productor.

#### *e) Limpieza del Terreno*

Cuando el cultivo tiene una altura de 1m o más, se realiza una “destlasolada”, que consiste en quitar las hojas muertas de la caña, para permitir la entrada de luz, del aire y para realizar la fertilización foliar y fumigaciones. Las hierbas o malezas que crecen junto al cultivo son eliminadas con azadón o con herbicidas (Gesapax), esta labor de deshierbe la llaman “Tlamatecar”.

La maleza reconocida por los productores en las tres clases de tierra se muestra en el Cuadro 7. Donde se pueden reconocer diferencias en la presencia de malezas por cada clase de tierra.

**Cuadro 7. Malezas comunes en las Clases de Tierra de Tlaquiltenango, Morelos.**

Maleza	Nombre científico	CLASES DE TIERRA		
		Barro Negro con Caliche	Barro Café	Barro Negro
Zacate Triguillo	<i>Brachiaria plantaginea</i>	*		*
Flor blanca	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	*	*	*
Bejuquito o quiebra platos	<i>Ipomea tiliacea</i>	*	*	*
Coquillo	<i>Cyperus esculentus</i>			*
Quintonil	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	*		*
Acahual	<i>Encelia mexicana</i>	*	*	
Zacaton	<i>Panicum maximum</i>			*
Hierbabuenilla	<i>Cuphea racemosa</i>			*
Verdolaguilla	<i>Portulaca oleracea</i>	*	*	*
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i>		*	
Nubecilla	<i>Parthenium hysterophorus</i>		*	
Zacate cola de Zorra	<i>Setaria geniculata</i>	*	*	*
Zacate amargo	<i>Calea zacatechichi</i>	*		*
Ayohuiztle	<i>Solanum rostratum</i>		*	*
Golondrina	<i>Euphorbia heterophylla</i>	*		
Bramilla	<i>Cynodon hirsutus</i>			*

Las malezas como Coquillo, Zacaton, Hierbabuenilla, Zacate Johnson, Golondrina y Bramilla, son específicas para solo una clase de tierra. Esta situación también la encontró Medina (1995), en su área de trabajo.

#### f) Plagas y Enfermedades

Las plagas y enfermedades más comunes que se presentan en el cultivo son el Gusano Barrenador (*Mcetamasius hemipterus* L), el Picudo (*Diatraea magnifactella*) y el Hongo (*Fusarium* spp) las cuales son controladas principalmente con productos químicos y en las plagas se puede emplear el control biológico.

Este último, es utilizado para el gusano Barrenador con la avispa *Trichogramma*, realizando sus liberaciones en los meses de febrero a marzo por la Junta de Sanidad Vegetal de Granos Básicos y Caña de Azúcar.

### *g) Riego*

Durante los ciclos del cultivo se realizan de 12 a 14 riegos. En plantilla se llegan aplicar 14 y en los posteriores ciclos 12, con una duración de 12 y hasta 24 horas, con un intervalo entre riegos de 20 a 30 días. La duración y frecuencia del riego depende de los acuerdos que se realicen con el canalero. La fuente de agua es un manantial que se le conoce como “Las Estacas”. La programación de los riegos es supervisada por el ingenio.

El riego es por gravedad y no toman en cuenta las diferencias entre las clases de tierra, estudios realizados por Aguilar *et al.* (2013) encontraron que en zonas cañeras el riego los aplican sin considerar a las propiedades del suelo, ni las exigencias del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas. Por su parte, Barbosa y Corrales (1997) indicaron que los intervalos entre riegos no siguen una regla general, ya que depende de la época de siembra y de la cantidad de humedad que contengan los suelos.

### *h) Ciclos de Cultivo*

En general el tiempo que dura el cultivo es de 4 a 5 ciclos, cuidando que el rendimiento no sea menor a  $100 \text{ t ha}^{-1}$  estos rendimientos son diferentes a los encontrados por Sánchez (2001) en los ingenios San Francisco “El Naranja” y San Pedro, en Lerdo de Tejada, Veracruz, donde se tenía como regla de decisión que cuando el rendimiento resultaba menor a  $50 \text{ t ha}^{-1}$ , ya no era redituable ni para productores, ni para el ingenio y se toma la decisión de volver a sembrar

En el Cuadro 8 se muestran los rendimientos aproximados de algunas variedades dados por los productores. Cuando el rendimiento es menor  $100 \text{ t ha}^{-1}$  se voltea la tierra, es decir, quitan el cultivo y vuelven a sembrar, además, la decisión de dejar al cultivo también depende del precio del azúcar.

**Cuadro 8. Rendimientos t ha<sup>-1</sup> de las variedades según los productores entrevistados.**

CT	Variedad	**Ciclo			
		1	2	3	4
***BNC	ITV- 92-1424	185	140	110	90
	*MEX 69-431	190	180	175	110
	*CP 72-2086	150	145	110	100
	*MY 5514	175	175	140	140
BC	*ITV 92-1424	135	130	120	110
	MEX 69-431	130	100	90	80
	MY 5514	180	150	140	136
BN	ITV 92-1424	135	122	102	100
	MEX 69-431	150	120	110	110
	CP 72-2086	145	135	117	
	MY 5514	140	110	100	90

\*Las nomenclaturas de la variedades se refieren al país o el lugar en donde se efectúa la cruce, los números el híbrido utilizado para realizar las cruces: ITV (Ingenio Tres Valles), MEX (México), CP (Canal Point, Estados Unidos) y MY (Mayarí, Cuba).

\*\*Los número se refieren a los ciclos del cultivo: 1 (Plantilla), 2 (Soca), 3 (Soca1), 4 (Soca 2). \*\*\*BNC=Barro Negro con Caliche, BN=Barro Negro y BC=Barro Café.

### *i) Cosecha*

La cosecha de la caña de azúcar se le conoce como “Zafra” y consiste en programar la quema y el corte del cultivo, esta decisión depende de las evaluaciones y análisis de madurez de los muestreos de plantas realizadas por el ingenio.

La quema del cultivo se efectúa regularmente por las tardes y depende de las condiciones climáticas, en particular de la velocidad y dirección del viento, para evitar incendios en parcelas vecinas. Al día siguiente de la quema se realiza el corte, por personal contratado por el ingenio; el corte es con machete y posteriormente se juntan las cañas cortadas, para ser llevadas al ingenio donde son pesadas.

Después de la zafra, los productores realizan el “destronque”, es decir cortan los residuos grandes de caña para dar un “afloje” seguido de un riego. A los 50 días después se realiza un “despacho” (aplicación de abono únicamente). Posteriormente, se repiten las mismas labores para los siguientes ciclos, sin usar insecticida y enraizador.

### *j) Soluciones a Problemas de Manejo*

Durante las entrevistas los productores expresaron algunas medidas específicas que se realizan en las diferentes tierras, las cuales se describen a continuación:

**1) En la clase de tierra Barro Negro con Caliche** para el control del gusano barrenador hay productores que elaboran una mezcla con sal gruesa de cocina y Sulfato Ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ), incorporándola directamente en el suelo al pie del cultivo, sin registro exacto de su cantidad.

**2) En el Barro Negro** es común aplicar materiales orgánicos que pueden provenir de algas desarrolladas en los canales conocidas como “apancles” o estiércol, este último lo adquieren regalado de productores vecinos que poseen ganado a cambio de la limpieza de los corrales, sin embargo esta práctica es cada vez menor.

**3) En la Tierra Barro Café** los productores conducen el agua de riego con “sacuales”, que son bolsas de plástico colocadas en la entrada de los surcos. Esta práctica da dirección al agua y previene la erosión del suelo en parcelas con pendiente.

Como se reporta, en esta área se realizan las labores de manera homogénea a diferencia de lo señalado en el manual cañero (Barbosa *et al.*, 1997). Aun cuando es posible, mencionar que las actividades que se realizan para el desarrollo del cultivo son adecuadas.

## **5.6 Padrón de Productores**

El padrón de productores proporcionado por el Ingenio Emiliano Zapata, está integrado por 416 miembros para la Zafra 2013-2014. Dicha base de datos reporta información sobre la superficie sembrada, variedad, ciclo y rendimiento. Además en ella se mencionan a las parcelas consideradas como productoras de semilla, las cuales cubren una superficie de 26 ha con una producción estimada en 3000 toneladas, esta caña no tiene como destino final el ingenio, se vende a productores que inicien nuevas siembras o el ciclo de plantilla.

### *a) Superficie de Siembra*

En la zona 1 los productores que la integran tienen superficies de siembra que varían de 0.5 a 3 ha, mientras que para la zona 2, su rango es de 0.4 a 7.3 ha. En las dos áreas, la superficie más frecuente es de 2.5 ha y el promedio en las áreas es de 1.7 y 1.9 ha respectivamente.

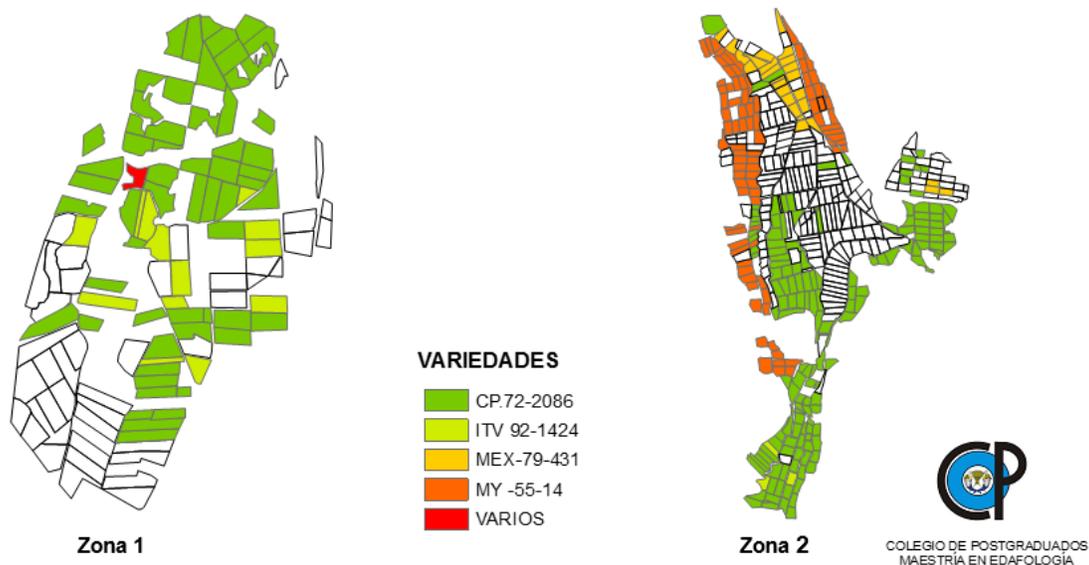
b) Variedades

En las dos zonas se reportaron 5 variedades: CP 72-2086 (66.2%), MY 55-14 (19.8%), MEX-79-431 (8.9%), ITV 92-1424 (4.3%) y ATEMEX 96-40 (0.5%). Datos específicos para cada zona se incluyen en el Cuadro 9 y su distribución en la Figura 8. Se aprecia que la variedad más utilizada es la CP 72-2086, y las variedades ATEMEX 96-40, y MY 55-14 solo se ubican en la zona 2.

**Cuadro 9. Variedades sembradas por Zonas en Tlaquiltenango, Morelos.**

Zona	Variedad	Superficie sembrada (ha)	Extensión* (%)
1	CP 72-2086	113	79
	ITV 92-1424	27	19
	Otras	2	1
2	CP 72-2086	408	63
	MY 55-14	156	24
	MEX-79-431	70	11
	ITV 92-1424	7	1
	ATEMEX 96-40	4	1

\*Proporción de extensión de la Zona 1 y Zona 2 respectivamente.



**Figura 13. Distribución de las Variedades de caña de azúcar de la Zafra 2013-2014.**

### c) Ciclos

Se detectaron parcelas hasta con ocho ciclos, con la variedad CP 72-2086. Pero no es posible tener información de ciclos continuos de las diferentes variedades. Los ciclos con mayor número de parcelas corresponden a los de plantilla hasta segunda soca. Las variedades CP 72-2086 y la MY 55-14 son las dominantes en ese orden.

### d) Rendimientos

En el Cuadro 10 se reportan los rendimientos promedios de campo por variedad y ciclo. Para el primer ciclo los rendimientos varían de 109 a 166 t ha<sup>-1</sup> y las variedades con mayores producciones, por orden, son: MEX 79-431, ATEMEX 96-40 y la CP 72-2086. Para la ITV 92-1424, no se tienen valores para este ciclo.

**Cuadro 10. Rendimientos promedios t ha<sup>-1</sup> por Zona de Tlaquiltenango, Morelos.**

Zona	Variedad	*Ciclo			
		1	2	3	4
1	CP 72-2086	115	101	89	103
	ITV 92-1424		104	91	74
2	CP 72-2086	133	104	96	76
	MY 55-14	109	86	64	72
	MEX-79-431	166		62	68
	ATEMEX 96-40	157	102		
	CP 72-2086	134			

Todas las variedades cuentan con información para dos o más ciclos. La CP 72-2086 y MY 55-14 tienen el mayor número de datos de rendimientos en función de los ciclos (cinco reportados).

Se determinó el rendimiento máximo, mínimo y promedio. El rendimiento máximo de la Zona 1, fue 179, el mínimo 38 y el promedio de 97 t ha<sup>-1</sup> y para la zona 2 se reportó un rendimiento máximo de 244, un mínimo de 26 y en promedio 102 t-ha<sup>-1</sup>.

Además, para las variedades con mayor número de datos se generaron modelos lineales, cuyas pendientes indican la disminución de rendimiento por ciclo, como se muestra en la Figura 14. Se aprecia que la variedad CP 72-2086 disminuyó más en comparación con la MY 55-14.

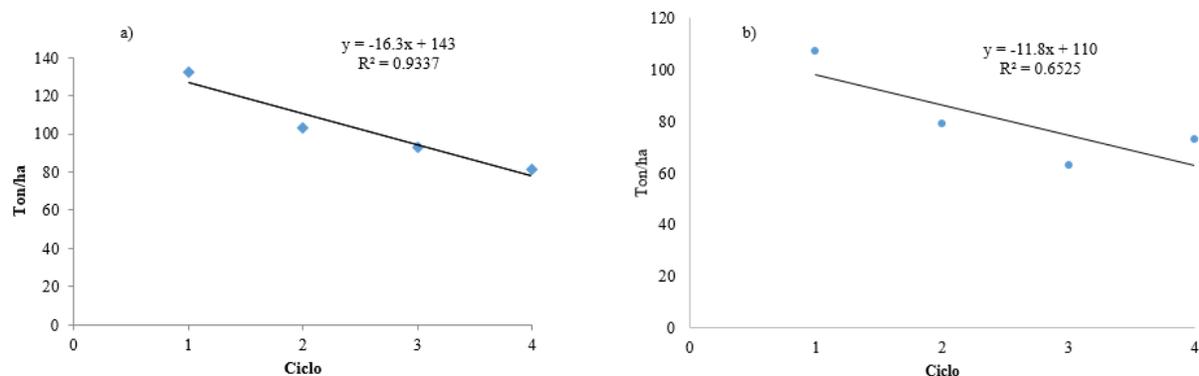


Figura 14. Modelos de Declinación de Rendimientos para las variedades a) CP 72-2086 y b) MY 55-14.

## 5.7 Relaciones entre Clases de Tierras y Datos del Cultivo

### a) Clases de Tierra y Variedades

En clase de tierra Barro Negro con Caliche se siembran las cinco variedades reportadas, siendo la CP 72-2086 la dominante. Para la clase de tierra Barro Negro se identificaron las variedades CP 72-2086 y MY 55-14 y para la de Barro Café se siembran la CP 72-2086 y MEX-79-431. Datos específicos para cada clase de tierra se muestran en el Cuadro 11.

**Cuadro 11. Variedades sembradas, por Clase de Tierra.**

CT	Variedad	Superficie	Extensión
		Sembrada (ha)	(%)
	CP 72-2086	468	59
	MY 55-14	127	16
BNC	MEX-79-431	65	8
	ITV 92-1424	34	4
	ATEMEX 96-40	4	1
BN	CP 72-2086	45	6
	MY 55-14	30	4
BC	CP 72-2086	11	1
	MEX-79-431	6	1
<b>Total</b>		<b>787</b>	<b>100</b>

La variedad más utilizada en la actualidad dentro de la zona de estudio es la CP 72-2086, los productores opinan que tiene buen rendimiento en campo y es la que está presente en las tres clases de tierra. Por parte del Ingenio se desea que el rendimiento

del cultivo sea alto y para ello establece parcelas experimentales con el fin de conocer su adaptación, en el campo experimental del INIFAP o en parcelas de productores cooperantes, sin considerar a las clases de tierra de la zona.

*b) Clases de Tierra y Semilleros*

Solo dos clases de tierras se destinan como semilleros, la dominante es Barro Negro con Caliche con 25.6 ha y la Barro Café con 0.4 ha. Mientras que para la clase de Barro Negro no existen parcelas destinadas con este fin. Las variedades de caña de azúcar seleccionadas como semilla son la CP 72-2086 en las dos clases de tierra con 19.5 ha y para las variedades MY 55-14 y ATEMEX 96-40 solo en la primera clase con 3.6 y 1.7 ha respectivamente. El rendimiento promedio de la variedad CP 72-2086 como semilla en la Clase de tierra Barro Negro con Caliche es de 115 t ha<sup>-1</sup> y en la Tierra Barro Café fue de 142 t ha<sup>-1</sup>. Para las variedades MY 55-14 y ATEMEX 96-40 el rendimiento es de 121 y 142 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

*c) Clases de Tierra y Rendimientos*

Los rendimientos promedio de las variedades de caña de azúcar por clase de tierra se reportan en el Cuadro 12. Para el ciclo de plantilla, la variedad con el mayor rendimiento es la MEX 70-431 en la clase de tierra BNC, le sigue la ATEMEX 96-40 en la misma clase. En tercer lugar se tiene a la variedad CP 72-2086 en la clase BC. Sin embargo, no existen datos para las variedades ITV 92-1424, en la clase BNC y para la MEX-79-431 en la clase BC.

**Cuadro 12. Rendimiento promedio t ha<sup>-1</sup> por Clases de Tierra**

CT	Variedad	*Ciclo			
		1	2	3	4
<b>BNC</b>	CP 72-2086	132	103	93	81
	MEX-79-431	166		62	68
	ATEMEX 96-40	157	102		
	ITV 92-1424		104	88	76
	MY 55-14	107	79	64	73
<b>BN</b>	CP 72-2086	134			
	MY 55-14	116	100		
<b>BC</b>	CP 72-2086	149			
	MEX-79-431		66		

Solo en la clase BNC se contó con información de rendimientos de tres o más ciclos, con los cuales se puede calcular la disminución lineal del rendimiento para las diferentes variedades. La MEX 79-431 tiene una disminución de 35 t/ciclo, que es la más alta, le sigue la CP 72-2086 con 16 t/ciclo, después la ITV 92-1424 con 14 ton/ciclo y la menor es la MY 55-14 con 12 t/ciclo.

Para la variedad dominante actual, la CP 72- 2086, se tienen los mejores rendimientos en la tierra BC (149 t-ha<sup>-1</sup>), siguiendo el BN (134 t ha<sup>-1</sup>) y por último el BNC (132 t ha<sup>-1</sup>). Sin embargo, al realizar un análisis de varianza se determinó que las diferencias no eran significativas estadísticamente, como se reporta en el Cuadro 13. A pesar de lo anterior al comparar los rendimientos promedios se tiene una diferencia de 17 y 15 t-ha<sup>-1</sup> a favor de la clase BC que representan 8.4 y 7.4 miles de pesos, respectivamente.

**Cuadro 13. Análisis de Varianza del Rendimiento de caña de azúcar con la variedad CP 72-2086 en las Clases de Tierras.**

FV	GL	SM	MC	F
Tratamientos	2	1823.6	911.8	0.94 <sup>ns</sup>
Observaciones	78	75493.3	967.9	
Total	80			

**ns: No significativo**

También fue posible comparar los rendimientos promedio de dos ciclos para la variedad MY 55-14 en dos clases de tierras. Para el ciclo de plantilla no existen diferencias entre las medias de los rendimientos para las clases BNC y BN, y para la primera soca son diferentes entre las mismas clases, siendo mayor la BN (100 t ha<sup>-1</sup>), como se reporta en el Cuadro 14.

**Cuadro 14. Comparación de Medias de las variedades dominantes.**

CT	Variedad	Ciclo	Rendimiento t/ha
BNC	MY 55-14	1	107.2 a <sup>§</sup>
BN	MY 55-14	1	115 a
BNC	MY 55-14	2	79.4 b
BN	MY 55-14	2	100 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey 0.05)

## VI. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se generan las siguientes conclusiones:

En el área de estudio existen tres clases de tierra Barro Negro con Caliche (Vertisol), Barro Negro (Vertisol) y Barro Café (Regosol), cuyo manejo es similar en relación en la aplicación de mejoradores (abono cañero), riegos y forma de siembra. Sin embargo también tienen diferencias en cuanto a conducción de agua, uso de abonos y el control de plagas.

Los rendimientos más altos  $124 \text{ t ha}^{-1}$  de caña de azúcar se reportan en la clase de tierra Barro Café. En esta tierra la preparación del suelo es a través de yunta de bueyes, uso de sacuales para la conducción del agua, abono cañero.

Los rendimientos más bajos  $99 \text{ t ha}^{-1}$  se reportaron en la Tierra Barro Negro con Caliche. Aunque la profundidad del suelo ( $< 30 \text{ cm}$ ) no represento una limitante en los rendimientos.

Los regimientos de caña de azúcar no presentan diferencias estadísticas significativas entre clases de tierras, pero si en términos absolutos y económicos. La tierra BC es la que tiene los mayores rendimientos del cultivo con la variedad dominante y en ciclo de plantilla.

Otro aspecto sobresaliente es que las diferentes prácticas de manejo recomendadas por los técnicos no consideren a los suelos o las diferentes clases de tierra que existen en la zona, en particular sobre la dosis de fertilización, riegos y selección de parcelas como semilleros.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. **Aguilar, N. 2011.** Ficha Técnica del cultivo de Caña de Azúcar. Consultado, 11 de julio 2014, disponible en: [http://www.sipove.gob.mx/ Doc\\_SIPOVE/SVegetal /Publica/cana/Fichas/FT\\_Cana\\_de\\_Azucar.pdf](http://www.sipove.gob.mx/Doc_SIPOVE/SVegetal/Publica/cana/Fichas/FT_Cana_de_Azucar.pdf)
2. **Aguilar, N., Galindo, G., Fortanelli, J., y Contreras C. 2009.** ¿Por qué diversificar la agroindustria azucarera en México?. GCG GEORGETOWN UNIVERSITY - UNIVERSIA 3 (1):62-75
3. **Aguilar, N., Vargas, L. y Mendoza, G. 2013.** Evaluación de aptitud de tierras al cultivo de caña de azúcar en la Huasteca potosina, México, por técnicas geomáticas<sup>1</sup>. Revista de Geografía Norte Grande, 55: 141-156
4. **Armida-Alcudia, I.; Espinosa, D. y Palma, J. 2005** .Carbono en biomasa microbiana y carbono soluble como indicadores de calidad de vertisoles cultivados con caña azucarera. Terra Latinoamericana. 23 (4): 545-551.
5. **Barbosa-Barragan, J.,Corrales-Romero, A. 1997.** Guía para cultivar caña de azúcar en el estado de Morelos. INIFAP. Folleto Núm. 26. 31 p.
6. **Barrera B. N and Zink, J. A .2003.** Etnopedology: a worldwide view on the soil knowlwdge of local people. Geoderma, 111:171-195
7. **Brady, N, and Weil, R. 2010.** Elements of the nature and properties of soils. Third Edition. Upper Saddle River Prentice-Hall Inc. p. 383.
8. **Bockheim, J.G. & Gennadiyev, A.N. 2000.** The role of soilforming processes in the definition of taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. Geoderma, 9: 53-72.

9. **Calderón A., G. 1983.** Caracterización y utilidad de la clasificación campesina de suelos en dos zonas chinamperas del valle de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
10. **Carr, M. and Knox, J. 2011.** The water relations and irrigation requirements of sugar cane (*Saccharum officinarum*): a review. *Expl Agric* , 47 (1): 1–25.
11. **Clements, H. 1964.** Interacción de los factores que afectan la producción. *Revisión Anual de Fisiología Vegetal* , 15 (1): 409-442.
12. **Chang, Jen-hu, Campbell, R. B. and Robinson, F. E. 1963.** On the relationship between water and sugar cane yield in Hawaii. *Agronomy Journal* 55:450–453.
13. **Cruz B., R. 1994.** La clasificación campesina de tierras para la generación ya transferencia de tecnología agrícola entre pequeños productores: Caso del maíz en la región central de Veracruz. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
14. **Cuanalo C., H. 1981.** Manual para la descripción de perfiles de suelo en campo (2da edición). Centro de Edafología Colegio de Postgraduados, Chapingo. México
15. **Dorado, O., y Arias, D. 2011.** Copales y Cuajotes en el México Biodiverso. *Revista Hypatia*. 38:36.
16. **ECOCROP, 2014.** *Saccharum officinarum*. Consultado: 28 de Marzo. Disponible: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=1884>
17. **Escalón C., L. 1990.** La clasificación campesina de tierras como marco de referencia en la optimización de insumos y prácticas de manejo para el cultivo

de maíz en el municipio de Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

18. **FAOST, 2013.** Sugarcane production. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy. Consultado 28 abril, 2014. Disponible: [http:// faostat.fao. org/site/339/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx)>
19. **Ferlini, H. A. M. 2005.** Suelo: conocerlo para cuidarlo, Textura-Densidad Aparente- Estructura-M.Organica. Boletín INFOTEC. Consultado 24 de Agosto 2014. Disponible: <http://inforganic.com/node/807>
20. **Fundación Produce Morelos, 2009.** Agenda de Innovación del Estado. Consultado: 1 de Abril 2014. Disponible: [http://producemorelos.org /FPMAC%20AGENDA%202009%20NET%20OK.pdf](http://producemorelos.org/FPMAC%20AGENDA%202009%20NET%20OK.pdf)
21. **Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñoz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., Vargas, R. (eds), 2014.** Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea, 176 pp
22. **García E., A. 1973.** Manual de campo en Caña de Azúcar. Comisión Nacional de la industria azucarera. Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. México D.F.
23. **García, E. 1988.** Modificaciones al Sistema de Clasificación de Koppen. 4<sup>ta</sup> edición, México. 219 p.

24. **García. H., Albarracin. L., Toscano, A.; Santana. N., e Insuasty, O.; 2007.** Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de caña panelera. Bogotá, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 152 pp.
25. **Guimaraes, C.T., y Sobral, B.W.S. 1998.** The Saccharum complex: relation to other Andropogoneae. Plant Breed Rev 16:269-288.
26. **Gutiérrez C., Ma. Del C. 1997.** Los suelos de la ribera oriental del Valle de México (macro y micromorfología). Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
27. **González, D., Medina-García, G., Corral- Ruiz, A., y Ramón- González, L. 2012.** Características climáticas y edáficas de las zonas cañeras en México. INIFAP. Libro Técnico. 3-29 p.
28. **Herrera-Solano, A.; Milanés-Ramos, N.; Molina-Lara, F.; Ordóñez, P.; Barahona, P.; Elorza-Martínez, A.; Castillo Morán, V.; Enríquez-Ruvalcaba, D.A. Y Rodríguez, I. 2009.** Effect of management of the harvest wastes of sugar cane (*Saccharum* spp. hybrid) on the field performance in Veracruz, México. Revista UDO Agrícola. 9 (3):517-521.
29. **Hernández P. A. 2013.** Clasificación y cartografía de suelos con el apoyo del conocimiento local en Candelaria, Campeche. Universidad Autónoma Chapingo. Depto de Suelos. Edo. de México. México
30. **Humbert, R.P. 1974.** El cultivo de la caña de azúcar. Ed. Continental. México, D.F. 719 p.

31. **Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI), 2010.** Tlaquiltenango, Morelos. Consultado 28 de Abril, 2015. Disponible: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/Movil/MexicoCifras/mexicoCifras.aspx?em=17025&i=e>
32. **Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI), 2009.** Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Mexicanos 2009. Clave geoestadística 17025. Tlaquiltenango Morelos.
33. **Khanna, K. L. 1949.** The effect of water-logging on the Chemistry of sugarcane juice. In: Current Sci. 18:443-444
34. **Licona V., A. L. 1991.** Metodología para el levantamiento de tierras campesinas a nivel regional y la técnica de producción agrícola en ejidos del centro de Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
35. **Luna O., P. 1982.** Estudio comparativo sobre la clasificación campesina de suelos en dos comunidades del valle de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
36. **Lieverino G., E. 1999.** La calidad de los mapas de suelos en el ejido de Atenco, estado de México. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
37. **Mago, P. 1986.** El Suelo y su Manejo en Caña de Azúcar. FONAIAP Estación Experimental Yaracuy. DIVULGA No. 20

38. **Medina S., M. L. 1995.** Clasificación campesina y manejo de tierras de vega de Chiapa de Corzo, Chiapas. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
39. **Melgar M. 2010.** Tendencias de la investigación en caña de azúcar a nivel mundial CENGICAÑA. Presentación de resultados de investigación Zafra 2009 - 2010 Guatemala. 10-17p.
40. **Moncada, J., El-Halwagi, M.M., Cardona, C.A., 2012.** Techno-economic analysis for a sugarcane biorefinery: Colombian case. Bioresour. Technol. 135:533–543.
41. **Morell, F., López. D., y Hernández, A. 2008.** Finca La Rosita II: Factores Limitantes de los Suelos. Cultivos Tropicales. 29 (2) :17-20
42. **Moreno. D. R.1992.** Criterio para la interpretación de resultados de análisis de suelos. INIFAP-CIRCE. Campo experimental de Toluca, Edo. De México, 25 p.
43. **Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000.** Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Consultado: 2 de Agosto 2014. Disponible en : <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>
44. **Ojeda-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E. y Unland-Weiss, H. 2006.** Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. Agrociencia 40: 13-25.

45. **Ortiz S., C. A., Pájaro. D, y Ordaz, V. 1990.** Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas. Serie Cuadernos de Edafología 15. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
46. **Ortiz-Solorio C., y Ma. Gutiérrez-Castorena., 2001.** La Etnoedafología en México Una visión retrospectiva. Etnobiología 1:44-62.
47. **Palma-López, D. J., Salgado-García, S., Obrador-Olán, José J., Trujillo, Narcía, A., Lagunes- Espinoza, Luz del C., Zavala-Cruz, J., Ruiz- Bello, A., y Carrera-Martel, M. A. 2002 .**Sistema integrado para recomendar dosis de fertilización en caña de azúcar (SIRDF). Terra Latinoamericana. 20: 347-358.
48. **Palma-López, D.J., Obrador, J., Valdez, B.A., Zavala, J., Juarez, J., Puebla,E. 1998.** Dosis de fertilización en caña de azúcar para el sur del área de abastecimiento del ingenio Pdte. Benito Juarez. GITCAÑA- Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco. 60 pp.
49. **Palacios, C y Peña, M. 2005.** Situación agrícola de la Caña de Azúcar en la Hacienda El Madroñal Capítulo 5. Biblioteca virtual Agronomía & Cultivos. pp.61-117.
50. **Perales, A. Loli, O., Alegre, J. y Camarena Félix. 2009.** Indicadores de sustentabilidad del manejo de suelos en la producción de arveja (*Pisum sativum* L). Ecología Aplicada, 8(2):47-52.
51. **Parral, L.2014.** Las organizaciones de Productores de caña y sus relaciones de poder. El caso de la asociación de cañeros de Casasano, en Cuautla de Morelos, México. Pueblos y Fronteras. 9(18):81-90.

52. **Perafán, F. 2002.** La Caña de Azúcar (en línea). Azúcar de Caña. Cali, Colombia. Consultado 12 julio. 2014. Disponible en <http://www.perafan.com/ea02cana.html>
53. **Pérez P., J. M. 1984.** Caracterización y uso de la clasificación Maya de suelos en el municipio de Oxkutzcab, Yucatán. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
54. **PRONAC. 2007.** Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012. Sagarpa. Consultado: 22 de julio, 2014. Disponible en : <http://es.scribd.com/doc/2589453/Programa-Nacional-de-la-Agroindustria-de-la-cana-de-azucar-20072012>
55. **Quiroz M., J. 1983.** Clasificación Otomí de tierras en dos sistemas terrestres del valle del Mezquital, estado de Hidalgo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México
56. **Romero, E., Digonzelli. P., y Scandaliaris, J. 2009.** Manual Cañero. 1a. ed. Las Talitas: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucuman-Argentina. 232 p.
57. **Ribón-Carrillo, M.A., Salgado-García, S., Palma-López, D.J. y Lagunes-Espinoza, I.C. 2003.** Propiedades químicas y físicas de un vertisol cultivado con caña de azúcar. Interciencia. 28 (3):154-159
58. **Roldos, J. 1985.** Algunos factores edáficos limitantes de la producción de la caña de azúcar en Cuba. Mimeografiado. INICA. La Habana. Cuba. 62 pp.

59. **Salas, R. 2001.** Manejo de suelos y fertilización de caña de azúcar. Memoria Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de los cultivos en Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Pag 109.
60. **Salas. M. 2004.** El cultivo de la caña de azúcar en la costa granadina. Memoria fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de los Cultivos en Costa Rica Universidad de Almería. 13:109.
61. **Salgado-García, S. Lagunes-Espinoza, L. Ortiz-García C. Bucio-Alanís L. Aranda-Ibañez E. 2012.** Caña de Azúcar Sustentable. Colegio de Postgraduados. Estado de México. 524 p.
62. **Salgado- García, S., Roberto-Núñez, E.; Peña-Cabriales, J., Etchevers-Barra, J; Palma-López, D; y Soto-Hernández, R. 2000.** Respuesta de la soca de caña de azúcar a la fertilización NP. AGROCIENCIA. 34 (6):689-698.
63. **Sánchez-G., P., 2001.** Clasificación campesina de tierras y su relación con la producción de caña de azúcar en el sur de Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
64. **Sánchez- Guzmán, P; Ortiz- Solorio, C; Gutierrez- Castorena, Ma. del C. y Gómez, J. 2002.** Clasificación campesina de tierras y su relación con la producción de caña de azúcar en el sur de Veracruz. Terra 20:359-369
65. **Sánchez, Rufo; Ordaz M.; Benedicto, G; Hidalgo, C.; Palma-López, D.2005.** Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombricompuesto de cachaza y estiércol. Interciencia, 30(12):775-779

66. **Segura C., M.A. 1999.** Los suelos arcillosos del oriente del Valle de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
67. **Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).2014.** Consultado 12 enero 2015 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
68. **Subiros R., F. 1995.** El cultivo de la caña de azúcar. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. 448 p.
69. **Tavera GG. 1985.** Criterios para la interpretación y aprovechamiento de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnica. Publicación 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Delegación de la Laguna, Matamoros, Coahuila.258pp.
70. **Trezza, R., Pacheco, Y., Suárez, Y., Nuñez A., y Umbría. I.2008.** Programación del riego en caña de azúcar en una zona semiárida del estado Lara, Venezuela, utilizando la metodología FAO-56. Bioagro. 20(1):21-27
71. **Torres, J., Cruz, J.R y Villegas, F.2004.** Avances técnicos para la programación y el manejo del riego en la caña de azúcar. Cali, Colombia. CENICAÑA. Serie Técnica n. 33. 66p
72. **Van Reeuwijk L. P. 1999.** Procedimientos para Análisis de suelos, versión 1995. Traducción de: Dra Ma del Carmen Gutiérrez Castorena, M. C. Carlos Arturo Tavares Espinoza y Dr. Carlos Alberto Ortiz Solorio. Primera edición en Español. Especialidad de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo de México. México

73. **Vargas., R. 2009.** Mapeo digital del suelo y su evaluación con fines de producción de caña de azúcar en los municipios de Ixiamas y San Buenaventura. Conservación Internacional Bolivia. 123 p.
74. **Villegas, F. 2010.** Sistema radical de la caña de azúcar. Revista Técnicaña .25: 25-29.
75. **White, J.E., Catallo, W.J., Legendre, B.L., 2011.** Biomass pyrolysis kinetics: a comparative critical review with relevant agricultural residue case studies. J. Anal. Appl. Pyrolysis .91:1–33
76. **Williams,B.J y Ortiz, S.C.A. 1981.** Middle American folk Soil Taxonomy. Annals of Association of American Geographers. 71(3):335-358.

## Anexo I. Descripción de Perfiles

Descripción del Perfil del Suelo en Barro Negro con Caliche (Somero)

Número de Perfil: 1

Descrito por: Eréndira Hernández Andrade Fecha: 19 de Noviembre 2014,

Localización geográfica: 18° 38.405'N y 99° 9.933'O

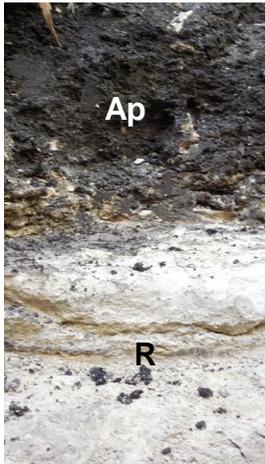
Altitud: 853 msnm Localidad: Tlaquiltenango, Morelos

Relieve: Convexa Drenaje superficial: Sitio receptor

Material Parental: Caliza Vegetación Cultivada: Caña de Azúcar bajo Riego

---

### Descripción



0-30 cm color en seco 10 YR 5/3 y cuando húmedo 10 YR 2/1; textura francosa; pocas piedras 5 a 10 cm grandes subangulares, estructura moderadamente desarrollada bloques subangulares de 0.5 a 1 cm; ligeramente húmedo; consistencia en húmedo friable; pegajoso; poros fisura finos; raíces abundantes; gruesas, permeabilidad rápida, con reacción fuerte al HCl y fuerte H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Transición de la capa marcada ondulada.

30 cm. Color en seco 7.5YR 8/1 (blanco) y cuando húmedo 2.5 Y 7/2 (ligeramente gris) Capa endurecida fuertemente; laminar; textura arena francosa; reacción fuerte al HCl y al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

---

## Análisis de Laboratorio

Profundidad	Dap	Color S	Color H	%A	%L	%R	Clase Textural
0- 30	1.7	10 YR 5/3	10 YR 2/1	50.24	33.01	16.75	Franco
30	-	7.5YR 2.5/1	10 Y 8/3	73.76	17.34	8.90	Arena Francosa

Dap: Densidad Aparente ( $\text{g.cm}^{-3}$ ); A%= Porcentaje de Arena; % L= Porcentaje de Limos%=Porcentaje de Arcilla

Profundidad	pH	%CO	CE	CIC	%CaCO <sub>3</sub>	%N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mg	Ca	Na	K	PSB
0- 30	7.8	5.32	0.57	56.70	9.94	0.155	7.07	3.99	16.53	9.28	10.97	71.90
30	8.4	1.31	0.55	6.27	73.72	0.029	0.69	1.20	15.37	7.32	3.66	439.29

pH= Potencial Hidrógeno; CO=Carbono Orgánico; CE= Conductividad Eléctrica( $\text{dSm}^{-1}$ ); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico ( $\text{Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ ); %CaCO<sub>3</sub>= Carbonatos de Calcio; N (%)=Nitrógeno, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo( $\text{Mg Kg}^{-1}$ ); Mg=Magnesio ( $\text{Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ );Ca= Calcio ( $\text{Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ ); Na=Sodio ( $\text{Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ );K= Potasio ( $\text{Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ )

### CLASIFICACIÓN DE SUELO:

#### WRB

Grupo de suelo: **Leptosol**

Calificador Grupo I: **Réndzico**

Calificador grupo II: **Esquelético**

#### TAXONOMÍA DE SUELOS

Orden del suelo: **Mollisols**

Suborden: **Udolls**

Grandes Grupos: **Hapludolls**

Subgrupos: **Lithic Hapludolls**

## Descripción del Perfil del Suelo en Barro Negro con Caliche (Profundo)

Número de Perfil: 2

Fecha: 19 de Noviembre 2014

Descrito por: Eréndira Hernández Andrade y Edgar V. Gutiérrez Castorena

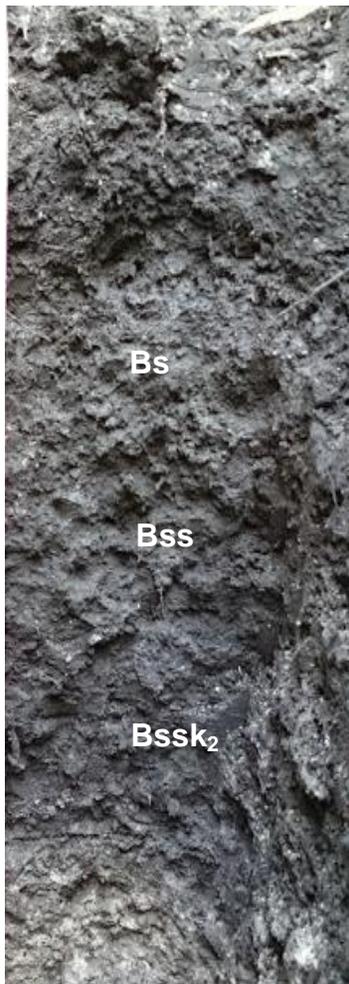
Localización geográfica: 18° 38.970'N y 99° 9.689'O

Altitud: 908 msnm Localidad: Tlaquiltenango, Morelos Relieve: Convexa -Concava

Drenaje superficial: Sitio receptor Material Parental: Caliza

Vegetación Cultivada: Caña de Azúcar bajo Riego

### Descripción



0-20 cm. Color en seco 7.5 YR 4/1 (gris oscuro) y cuando húmedo 10 YR 3/1 (gris muy oscuro); ligeramente húmedo; textura arcillosa; muy pocas piedras 1 a 5 cm; estructura moderadamente desarrollada bloques poliédricos de 0 a 2 cm, consistencia en húmedo firme; pegajoso, poros canal dentro del agregado, raíces abundantes; gruesas; permeabilidad lenta; con reacción fuerte al HCl y al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Transición a la capa marcada.

20-30 cm. Color en seco 5 Y 5/1 (gris) y cuando húmedo 10 YR 4/1 (gris oscuro); ligeramente húmedo; textura arena arcillosa; estructura moderadamente desarrollado bloques poliédricos de 0 a 2 cm; con caras de fricción; consistencia en seco ligeramente duro y en húmedo firme; pegajoso; poros canal dentro del agregado; raíces pocas; medias, permeabilidad moderada, con reacción fuerte al HCl y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Transición de la capa marcada.

30-90 cm. Color en seco Gley 4/N (negro) y cuando húmedo 10 YR 5/1 (gris); ligeramente húmedo; textura arcillosa; con caras de fricción; bloques poliédricos de 0 a 2 cm consistencia en húmedo firme; pegajoso; poros canal dentro del agregado, raíces pocas medias; permeabilidad moderada, con reacción fuerte al HCl y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Transición a la capa tenue.

90 -110 cm color en seco 10 YR 5/1 (gris) y cuando húmedo 2.5 Y 8/1 (blanco); ligeramente húmedo; textura arcillosa; estructura moderadamente desarrollado bloques angulares de 5 a 10 cm; caras de fricción; consistencia en húmedo firme, permeabilidad rápida; con reacción fuerte al HCl y moderada H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

## Análisis de Laboratorio

Profundidad	Dap	Color S	Color H	%A	%L	%R	Clase Textural
0-20	1.7	7.5 YR 4/1	10 YR 3/1	3.64	27.17	69.20	Arcilla
20-30	1.8	5 Y 5/1	10 YR 4/1	3.02	24.25	72.74	Arcilla
30- 90	1.8	Gley 4/N	10 YR 5/1	2.49	23.34	74.17	Arcilla
90 -110	1.5	10 YR 5/1	2.5 Y 8/1	25.68	13.66	60.66	Arcilla

Dap: Densidad Aparente (g.cm<sup>3</sup>); A%= Porcentaje de Arena; % L= Porcentaje de Limos%=Porcentaje de Arcilla

Profundidad	pH	%CO	CE	CIC	%CaCO <sub>3</sub>	%N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mg	Ca	Na	K	PSB
0-20	7.8	4.48	1.05	71.36	3.63	0.108	7.92	4.33	16.27	12.71	7.75	57.54
20-30	7.7	2.33	0.72	57.02	3.85	0.063	6.94	3.60	14.53	12.95	6.26	65.49
30- 90	7.8	1.21	0.78	62.40	10.68	0.046	tr	3.49	15.78	13.20	5.77	61.27
90 -110	7.9	0.93	0.88	23.17	59.94	0.036	0.80	3.65	19.16	8.05	4.03	150.64

pH= Potencial Hidrógeno; CO=Carbono Orgánico; CE= Conductividad Eléctrica(dSm<sup>-1</sup>); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol<sup>(+)</sup>Kg<sup>-1</sup>); %CaCO<sub>3</sub>= Carbonatos de Calcio; N (%)=Nitrógeno, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo(Mg Kg<sup>-1</sup>); Mg=Magnesio (Cmol<sup>(+)</sup>Kg<sup>-1</sup>);Ca= Calcio (Cmol<sup>(+)</sup>Kg<sup>-1</sup>); Na=Sodio (Cmol<sup>(+)</sup>Kg<sup>-1</sup>);K= Potasio (Cmol<sup>(+)</sup>Kg<sup>-1</sup>)

## CLASIFICACIÓN DE SUELO

### WRB

Grupo de suelo: **Vertisol**

Calificador Grupo I: **Pélico**

Calificador grupo II: **Mólico**

### TAXONOMÍA DE SUELOS

Orden del suelo: **Vertisols**

Suborden: **Usterts**

Grandes Grupos: **Haplusterts**

Subgrupos: **Typic Haplusterts**

## Descripción del Perfil del Suelo en Barro Negro (Piedras)

Número de Perfil: 3 Fecha: 14 de Noviembre 2014

Descrito por: Carlos Ortiz Solorio

Localización geográfica: 18° 34.282'N y 99° 6.712'O

Altitud: 950 msnm Localidad: Tlaquiltenango, Morelos Pendiente: 15% suave

Relieve: Convexa Drenaje superficial: Bajo Riego

Material Parental: Roca sedimentaria Pedregosidad 15% en superficie

Vegetación Cultivada: Caña de Azúcar bajo Riego

---

### Descripción

---



0-25 cm. Color en seco 2.5 Y 5/1 (gris) y cuando húmedo 2.5 Y 6/1 (gris); ligeramente húmedo; textura arcillosa; pedregoso 10% 5 cm; estructura débilmente desarrollados bloques subangulares; lombrices, consistencia en húmedo firme; pegajoso, poros canales dentro de los agregado; raíces abundantes; gruesas y medias; permeabilidad moderada; con reacción fuerte al HCl y ligera H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Transición horizontal media.

25-60 cm. Color en seco 2.5 Y 6/1 (gris) y cuando húmedo 2.5 Y5/1 (gris); ligeramente húmedo; textura arcillosa; pedregoso 10%; estructura débilmente desarrollada bloques angulares; caras de fricción ligeramente húmedo; consistencia en húmedo firme; pegajoso; poros canal dentro del agregado; raíces escasas; medias, permeabilidad moderada, con reacción fuerte al HCl y ligera H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Transición horizontal tenue.

60-90 cm. Color en seco 2.5 Y 6/1 (gris) y cuando húmedo 2.5Y5/1 (gris); textura arcillosa; ligeramente húmedo; estructura moderadamente desarrollado bloques poliédricos de 0 a 2 cm; caras de fricción; consistencia en húmedo firme; pegajoso; permeabilidad moderada; con reacción fuerte al HCl y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Transición de la capa marcada.

90-130. Color en seco 2.5 Y 6/1 (gris), cuando húmedo 2.5Y5/1 (gris); textura arcilla; pedregoso 10% 5 cm; ligeramente húmedo; estructura débilmente desarrollado bloques poliédricos angulares; consistencia en húmedo firme; pegajoso; permeabilidad moderada; con reacción fuerte al HCl y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

---

## Análisis de Laboratorio

Profundidad	Dap	Color S	Color H	%A	%L	%R	Clase Textural
0-25	1.56	2.5 Y 5/1	2.5 Y 6/1	8.95	27.60	63.438	Arcilla
25-60	1.76	2.5 Y 6/1	2.5 Y5/1	9.45	26.65	63.883	Arcilla
60- 90	1.84	2.5 Y 6/1	2.5 Y 5/1	9.68	20.57	69.744	Arcilla
90 -130	1.63	2.5 Y 6/1	2.5 Y 5/1	8.15	34.20	57.638	Arcilla

Dap: Densidad Aparente (g.cm3); A%= Porcentaje de Arena; % L= Porcentaje de Limos%,R=Porcentaje de Arcilla

Profundidad	pH	%CO	CE	CIC	%CaCO <sub>3</sub>	%N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mg	Ca	Na	K	PSB
0-25	8.05	2.24	0.34	50.432	20.19	0.10	1.07	4.536	19.60	9.40	15.31	96.85
25-60	8	2.05	0.51	50.688	20.41	0.09	0.67	4.043	14.03	10.63	9.49	75.33
60- 90	7.9	1.49	1.56	49.344	21.31	0.06	0.26	4.428	13.85	13.93	9.49	84.50
90 -130	7.85	2.52	2.46	53.632	19.76	0.07	0.39	4.013	15.63	18.22	10.11	89.43

pH= Potencial Hidrógeno; CO=Carbono Orgánico; CE= Conductividad Eléctrica(dSm-1); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol(+)/Kg-1); %CaCO<sub>3</sub>= Carbonatos de Calcio; N (%)=Nitrógeno, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo(Mg Kg-1); Mg=Magnesio (Cmol (+)Kg-1);Ca= Calcio (Cmol (+)Kg-1); Na=Sodio (Cmol(+)/Kg-1);K= Potasio (Cmol (+)Kg -1)

## CLASIFICACIÓN DEL SUELO

### WRB

Grupo de suelo: **Vertisol**

Calificador Grupo I: **Cálcico**

Calificador grupo II: **Húmico**

### TAXONOMÍA DE SUELOS

Orden del suelo: **Vertisols**

Suborden: **Usterts**

Grandes Grupos: **Haplusters**

Subgrupos: **Chromic Haplusters**

## Descripción del Perfil del Suelo en Barro Negro

Número de Perfil: 4

Fecha: 14 de Noviembre 2014

Descrito por: Eréndira Hernández Andrade, Maleny Orozco Méndez y Jonathan Hernández Ordoñez.

Localización geográfica: 18° 35.060'N y 99° 7.734'O

Altitud: 925 msnm Localidad: Tlaquiltenango, Morelos Pendiente: 16%

Relieve: Concava Drenaje superficial: Bajo Riego

Material Parental: Caliza Vegetación Cultivada: Caña de Azúcar bajo Riego

	Descripción
	<p>0-15 cm. Color en seco 10 YR 4/1 (gris oscuro), cuando húmedo 10YR 3/1 (gris muy oscuro); textura arcillosa; estructura fuerte mente desarrollada bloques subangulares de 1- 2 cm, consistencia en seco ligeramente duro y en húmedo firme; pegajoso; raíces abundantes gruesas; permeabilidad moderada; con reacción fuerte al HCl y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Transición horizontal marcada.</p>
	<p>15-40 cm. Color en seco 10 YR 5/1 (gris); cuando húmedo 10YR 4/1 (gris oscuro); textura arcillosa; ligeramente húmedo; estructura fuerte mente desarrollado bloques subangulares de 1-2 cm; caras de fricción; consistencia en húmedo firme; raíces abundantes; medias; permeabilidad moderada; con reacción fuerte al HCl y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Transición horizontal marcada.</p>
	<p>40-65 cm. Color en seco 10 YR 5/1 (gris), cuando húmedo 10YR 4/1 (gris oscuro); textura arcillosa. Ligeramente húmedo; estructura fuerte mente desarrollado bloques subangulares de 1-5 cm; consistencia en seco ligeramente duro, y en húmedo firme; caras de fricción; pegajoso; raíces pocas finas; permeabilidad moderada; con nódulos carbonatos de calcio esféricos 0.2 a 1 cm; con reacción fuerte al HCl y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Transición horizontal tenue.</p>
	<p>65-120 cm. Color en seco 10 YR 5/1 (gris); cuando húmedo 10YR5/1 (gris); ligeramente húmedo; textura arcillosa; estructura débilmente desarrollado bloques angulares 1-5 cm, consistencia en húmedo firme; pegajoso; permeabilidad moderada; con reacción fuerte al HCl y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.</p>

## Análisis de Laboratorio

Profundidad	Dap	Color S	Color H	%A	%L	%R	Clase Textural
0-15	1.77	10 YR 4/1	10YR 3/1	1.90	30.08	68.02	Arcilla
15-40	1.78	10 YR 5/1	10YR 4/1	4.51	11.14	84.35	Arcilla
40-65	1.51	10 YR 5/1	10YR 4/1	2.29	22.43	75.27	Arcilla
65-120	1.77	10 YR 5/1	10YR 5/1	3.97	19.31	76.72	Arcilla

Dap: Densidad Aparente (g.cm<sup>3</sup>); A%= Porcentaje de Arena; % L= Porcentaje de Limos%=Porcentaje de Arcilla

Profundidad	pH	%CO	CE	CIC	%CaCO <sub>3</sub>	%N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mg	Ca	Na	K	PSB
0-15	7.65	4.11	2.12	65.09	6.04	0.10	6.59	4.208	16.40	4.87	14.44	61.33
15-40	7.6	1.68	2.67	62.02	8.44	0.05	tr	3.222	15.89	6.46	10.35	57.93
40-65	7.8	3.36	2.44	51.78	5.98	0.07	5.46	4.282	16.48	6.22	9.24	69.95
65-120	7.5	1.49	2.48	53.63	8.81	0.03	tr	1.678	17.80	12.71	7.75	74.46

pH= Potencial Hidrógeno; CO=Carbono Orgánico; CE= Conductividad Eléctrica(dSm<sup>-1</sup>); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol<sup>(+)</sup>Kg<sup>-1</sup>); %CaCO<sub>3</sub>= Carbonatos de Calcio; N (%)=Nitrógeno, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo(Mg Kg<sup>-1</sup>); Mg=Magnesio (Cmol<sup>(+)</sup>Kg<sup>-1</sup>);Ca= Calcio (Cmol<sup>(+)</sup>Kg<sup>-1</sup>); Na=Sodio (Cmol<sup>(+)</sup>Kg<sup>-1</sup>);K= Potasio (Cmol<sup>(+)</sup>Kg<sup>-1</sup>)

## CLASIFICACIÓN DEL SUELO

### WRB

Grupo de suelo: **Vertisol**

Calificador Grupo I: **Pélico**

Calificador grupo II: **Mólico**

### TAXONOMÍA DE SUELOS

Orden del suelo: **Vertisols**

Suborden: **Usterts**

Grandes Grupos: **Haplusterts**

Subgrupos: **Typic Haplusterts**

## Descripción del Perfil del Suelo en Barro Café

Número de Perfil: 5      Fecha: 14 de Noviembre 2014

Descrito por: Edgar Vladimir Gutiérrez Castorena

Localización geográfica: 18° 35.060'N y 99° 7.734'O

Altitud: 925 msnm      Localidad: Tlaquiltenango, Morelos      Pendiente: 15%

Relieve: Convexa- Concava      Drenaje superficial: Bajo Riego

Material Parental: Limonita      Vegetación Cultivada: Caña de Azúcar bajo Riego

---

### Descripción

---



0-25 cm. Color en seco 2.5Y 6/3 (marrón claro amarillento), y cuando húmedo 5Y 4/3 (marrón oliva); textura franco arcilla limoso, estructura medianamente desarrollado bloques subangulares de 1 - 2 cm; consistencia en seco ligeramente duro; pegajoso, pocas piedras de 5 a 10 cm; raíces abundantes; gruesas; permeabilidad rápida; con reacción fuerte al HCl y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, transición horizontal tenue.

25-40 cm. Color en seco 2.5Y 7/4 (marrón pálido) y cuando húmedo 5Y 6/4 (marrón claro amarillento); textura franco arcilla limoso; estructura laminar débilmente desarrollada; consistencia en seco ligeramente duro; raíces pocas finas; permeabilidad rápida, con reacción fuerte al HCl y moderada al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, transición horizontal ondulada.

40-80 cm. Color en seco 2.5 Y 7/2 (marrón claro); cuando húmedo 5Y4/3 (pardo olivo claro) capa endurecida fuertemente; textura arena franco arenosa.

---

## Análisis de Laboratorio

Profundidad	Dap	Color S	Color H	%A	%L	%R	Clase Textural
0-25	1.68	2.5Y 6/3	5Y 4/3	13.42	50.51	36.08	Franco Arcillo Limoso
25-40	1.54	2.5Y 7/4	5Y 6/4	11.81	55.12	33.07	Franco Arcillo Limoso
40- 80	2.36	2.5 Y7/2	5Y4/3	54.48	25.13	20.39	Franco Arenoso

Dap: Densidad Aparente ( $\text{g.cm}^{-3}$ ); A%= Porcentaje de Arena; % L= Porcentaje de Limos%=Porcentaje de Arcilla

Profundidad	pH	%CO	CE	CIC	%CaCO <sub>3</sub>	%N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mg	Ca	Na	K	PSB
0-25	8.0	3.45	0.99	26.05	31.52	0.17	0.544	1.54	10.34	5.36	5.27	86.45
25-40	8.1	1.40	0.68	22.98	41.83	0.07	0.290	2.16	12.12	6.09	3.79	105.15
40- 80	8.4	0.37	0.48	20.16	33.28	0.03	tr	1.41	8.97	5.97	3.54	98.69

pH= Potencial Hidrógeno; CO=Carbono Orgánico; CE= Conductividad Eléctrica( $\text{dSm}^{-1}$ ); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico ( $\text{Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ ); %CaCO<sub>3</sub>= Carbonatos de Calcio; N (%)=Nitrógeno, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo( $\text{Mg Kg}^{-1}$ ); Mg=Magnesio ( $\text{Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ );Ca= Calcio ( $\text{Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ ); Na=Sodio ( $\text{Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ );K= Potasio ( $\text{Cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}$ )

## CLASIFICACIÓN DEL SUELO

### WRB

Grupo de suelo: **Regosol**

Calificador Grupo I: **Cálcrico**

Calificador grupo II: **Límico**

### TAXONOMÍA DE SUELOS

Orden del suelo: **Entisol**

Suborden: **Orthents**

Grandes Grupos: **Ustorthets**

Subgrupos: **TypicUstorthets**