



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE EDAFOLOGIA

**Relación entre las clases de tierra
y la calidad de *Agave angustifolia*
Haw. en La Soledad Salinas,
Quiatoni, Oaxaca, México**

VERÓNICA MARILES FLORES

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2014

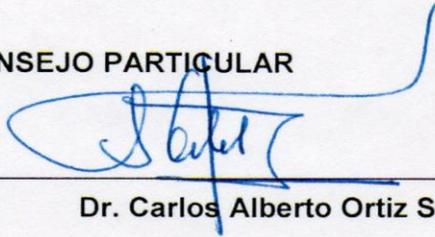
La presente tesis titulada: **Relación entre las clases de tierra y la calidad de *Agave angustifolia* Haw. en La Soledad Salinas, Quiatoni, Oaxaca, México.**
Realizada por la alumna: Verónica Mariles Flores bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

EDAFOLOGIA

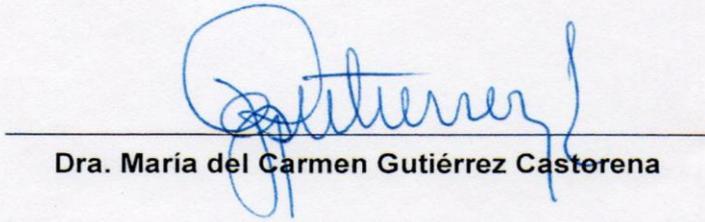
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



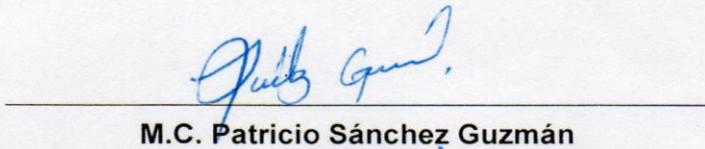
Dr. Carlos Alberto Ortiz Solorio

ASESORA



Dra. María del Carmen Gutiérrez Castorena

ASESOR



M.C. Patricio Sánchez Guzmán

ASESOR



Dr. Miguel Ángel Cano García

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Diciembre de 2014

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por permitirme seguir por el buen camino que siempre me ha guiado.

Al **Instituto Nacional de Investigaciones de Forestales, Agrícolas y Pecuarias**, por darme la oportunidad de continuar con el posgrado para mejora de mi desarrollo profesional dentro de la institución.

Al **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo** por los conocimientos compartidos durante estos dos años.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por el apoyo económico brindado para

A las **autoridades** de la **Subcomunidad Agraria, Centro de Acopio y Productores de Maguey Mezcalero** de la **Localidad de La Soledad Salinas, San Pedro Quiatoni**, por las facilidades y apoyo brindado para el trabajo de campo de la investigación.

Al **Dr. Carlos A. Ortiz Solorio**, por su dedicación, colaboración y conocimientos compartidos durante clases y en el desarrollo de la tesis.

A la **Dra. Ma. Del Carmen Gutiérrez Castorena**, por sus observaciones y comentarios realizados durante el desarrollo de la investigación.

Al **Dr. Miguel A. Cano García**, por sus acertados comentarios, contribuciones y observaciones realizadas en transcurso de la presente.

Al **M. C. Patricio Sánchez Guzmán** y a los integrantes del **Laboratorio de Suelos del área de Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos**, por su apoyo y dedicación en todos los análisis requeridos en la presente investigación.

A mi amiga **Angélica Gutiérrez del Valle**, por todos los momentos gratos que hemos compartido juntas desde que nos conocimos.

A **Camén Bojorges y Remedios**, por el apoyo brindado en el área administrativa.

Al **M. C. Francisco Landreros Sánchez (†)** y a su equipo de trabajo del **Laboratorio de Física de Suelos** por el apoyo brindado en los análisis de suelos requeridos.

A **todos mis amig@s** que siempre han estado a mi lado de manera incondicional.

Con respeto, cariño y admiración: Verónica Mariles Flores

DEDICATORIA

A la memoria de mi **abuela**:

Agustina Villarreal Molina (†) por ser un ejemplo de gran ser humano y hermosa persona que siempre estuvo con nosotros.

A la memoria de mi **cuñado**:

Miguel García (†), por los grandes y únicos momentos agradables que tuvimos para compartir y convivir, siempre supiste ganarte el respeto y admiración de toda la familia.

A mis **padres**:

María Eugenia Flores Villarreal y Sabino Humberto Mariles Campos, por ser un gran ejemplo a seguir y porque siempre me han orientado y guiado a ser un persona de bien.

A mis **Hermanos**:

Tomas, Azucena, Adriana y Humberto, porque siempre hemos compartido y disfrutado desde pequeños de momentos agradables al lado de nuestros padres.

A mi **sobrino**:

Miguel, por ser una bendición que nos llego a iluminar después de la pérdida de tu padre y porque siempre estaré a tu lado para apoyarte y hacer de ti un hombre de bien del que tu padre se sienta orgulloso.

S i n c e r a m e n t e

Verónica Mariles Flores

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Historia del Mezcal en México	3
2.2. Características Generales del Agave	3
2.2.1 Botánica y Taxonomía del Agave.....	3
2.2.2 Origen y Distribución del Agave.....	6
2.2.3 Diversidad del Agave Angustifolia Haw.	6
2.2.4 Metabolismo Acido Crasuláceo (MAC).....	9
2.3 Importancia Económica del Agave	9
2.3.1 Denominación de Origen del Mezcal	11
2.3.2 Requerimientos Agroecológicos del Agave.....	12
2.3.3 Productividad del Agave	15
2.4 Los Suelos donde se Cultivan Magueyes.....	15
2.5 El Contenido de Azúcares en el Maguey Mezcalero	16
2.6 La Etnoedafología	20
2.6.1 Definición de la Etnoedafología	20
2.6.2 Estudios de Tierras a través del Conocimiento Campesino.....	21
2.6.3 Etapas de la Etnoedafología en México.....	24
2.6.4 Concepto de tierra campesina	24
2.7. Cartografía de Tierras Campesinas	25
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	28
3.1 Objetivos.....	28
3.1.1 Objetivo General	28
3.1.2 Objetivos Específicos	28
3.2. Hipótesis	29
3.2.1 Hipótesis General.....	29
3.2.2 Hipótesis Específicas	29
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	30
4.1 Zona de Estudio.....	30

4.1.1 Ubicación Geográfica del Área de Estudio	30
4.1.2 Fisiografía	32
4.1.3 Topografía	33
4.1.3.1 Relieve	33
4.1.3.2 Pendiente	34
4.1.4 Clima	35
4.1.4.1 Temperatura	35
4.1.4.2 Precipitación	36
4.1.4.3 Tipos de Clima	37
4.1.5 Edafología	38
4.1.6 Vegetación y Uso del suelo	39
4.1.7 Geología	40
4.2 Metodología	41
4.2.1 Recorridos de Campo en el Área de Estudio	41
4.2.2 Identificación de las Clases de Tierra Productoras de Agave	41
4.2.3 Mapa de Clases de Tierra	42
4.2.4 Clasificación de Suelos de las Clases de Tierra con el Sistema de la Taxonomía de Suelos y la WRB	42
4.2.5 Definición del Concepto Local de Calidad del Maguey	42
4.2.6 Evaluación del Contenido de Azúcares y Determinación del Color de Magueyes en las Clases de Tierra	42
4.2.7 Análisis de Resultados	43
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
5.1 Clases de Tierras Productoras de Maguey Mezcalero	44
5.1.1 Información sobre las Clases de Tierra	44
5.1.2 Tierra Pedrero (Zapoteco, Yuu gitaák)	45
5.1.3 Tierra Colorada (Zapoteco, Yuu sea)	46
5.1.4 Tierra Blanca (Zapoteco, Yuu nkich)	46
5.1.5 Tierra de Cascajo (Zapoteco, Yuu gebriu)	47
5.1.6 Tierra Negra (Zapoteco, Yuu llas)	48
5.1.7 Tierra Terrero (Zapoteco, Yuu seed)	48
5.2 Cartografía de Clases de Tierras productoras de maguey mezcalero.	49
5.3. Clasificación de Suelos	52
5.3.1 Sistema de Taxonomía de suelos	52
5.3.2 Sistema de la Base Referencial de Suelos (WRB)	56

5.4 Calidad del Maguey de acuerdo con el criterio de los productores.....	57
5.5 Evaluación de la calidad técnica del maguey mezcalero en las diferentes clases de tierra	67
5.5.1 Toma de datos de las piñas de maguey mezcalero.	67
5.5.2. Relación entre peso, perímetro, altura y volumen de las piñas	71
5.5.3 Relación entre las clases de tierra y la calidad técnica del maguey.	74
5.5.3.1 Peso.....	75
5.5.3.2 Grados Brix	76
5.5.3.3 Contenido de Azúcares	77
5.5.4 Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y su relación con peso y contenido de azúcares, expresado en Grados Brix	78
5.5.4.1 Propiedades químicas del suelo y su relación con el peso de las piñas de maguey mezcalero	80
5.5.4.2 Propiedades químicas del suelo y su relación con Grados Brix de las piñas de maguey mezcalero	81
V. DISCUSIÓN	83
VI. CONCLUSIONES	89
VII. LITERATURA CITADA	90
VIII. ANEXO I. DESCRIPCIÓN DE PERFILES	100
Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Colorada	100
Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Pedrero	104
Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Cascajo Colorado	108
Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Negra	111
Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Cascajo Blanco.....	115
Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Cascajo Negro	119
Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Terrero	123
IX. ANEXO II. PROCESO DEL CORTE DEL MAGUEY MEZCALERO	127
El Proceso del Corte de Maguey Mezcalero en Campo.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 1. Anatomía del agave.....	4
Figura 2. Morfología de un Agave.	5
Figura 3. Estados con denominación de origen del maguey mezcalero.	12
Figura 4. Localización de la Región del Mezcal en el Estado de Oaxaca.	30
Figura 5. Localización del Municipio de San Pedro Quiatoni y la Localidad de La Soledad Salinas, Oaxaca.....	31
Figura 6. Descripción de la Fisiografía en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.....	32
Figura 7. Altitud en el municipio de San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.....	33
Figura 8. Pendientes en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.....	34
Figura 9. Temperatura Media Anual en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.....	35
Figura 10. Precipitación Anual en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.....	36
Figura 11. Tipo de clima en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.....	37
Figura 12. Distribución de las Unidades de Suelo en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.....	38
Figura 13. Vegetación y Uso del Suelo en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.....	39
Figura 14. Geología por Tipos de Roca en San Pedro Quiatoni, Oaxaca.	40
Figura 15. Clase de Tierra Pedrero	45
Figura 16. Clase de Tierra Colorada	46
Figura 17. Clase de Tierra Blanca	47
Figura 18. Clase de Tierra de Cascajo Colorado.....	47

Figura 19. Clase de Tierra Negra	48
Figura 20. Clase de Tierra Terrero	49
Figura 21. Distribución de las Clases de Tierras.	50
Figura 22. Clases de tierra identificadas en la localidad de La Soledad Salinas, Oaxaca.	51
Figura 23. Calendarios de Temperatura y Humedad del Suelo.	53
Figura 24. Climograma de Precipitación y Evapotranspiración potencial.	54
Figura 25. Aplicación de Folidol.	59
Figura 26. Plaga del picudo del maguey.	60
Figura 27. Plaga del piojo en el maguey.	60
Figura 28. Enfermedad de la secazon en el maguey.	61
Figura 29. Opiniones sobre la Mejor Clase de Tierra para el Maguey.	62
Figura 30. Maguey con cogollo delgado, indicativo de madurez del maguey.	63
Figura 31. Determinación del color del maguey en campo con carta de colores.	64
Figura 32. Tiempo de Maduración del Maguey.	65
Figura 33. Maguey Despuntado y Limpio.	66
Figura 34. Variación en el tamaño de piñas de maguey mezcalero.	68
Figura 35. Medición del perímetro y peso de las piñas	69
Figura 36. Medición de los grados Brix.	70
Figura 37. Relación entre el Perímetro y el Peso de la Piña.	72
Figura 38. Relación entre la Altura y el Peso de la Piña.	72
Figura 39. Relación entre Volumen estimado y Peso de las Piñas.	73
Figura 40. Propiedades Químicas de Suelo con R² mayor a 0.6 con el Peso.	81
Figura 41. Propiedades Químicas de Suelo con R² mayor a 0.6 con Grados Brix ...	82

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Pág.
Cuadro 1. Clases de Tierras productoras de maguey mezcalero en La Soledad Salinas, Oaxaca.	52
Cuadro 2. Clasificación con la Taxonomía de Suelos de las clases de tierra en La Soledad Salinas, San Pedro Quiatoni, Oaxaca.	55
Cuadro 3. Clasificación con la Base Referencial de Suelos de las clases de tierra en La Soledad Salinas, San Pedro Quiatoni, Oaxaca.	57
Cuadro 4. Numero de piñas muestreadas por clase de tierra y tamaño	71
Cuadro 5. Análisis de varianza por tamaño y en conjunto para las variables analizadas.	74
Cuadro 6. Prueba de separación de medias de la variable peso por clase de tierra en piñas de maguey mezcalero.	76
Cuadro 7. Prueba de separación de medias para la variable grados Brix por clase de tierra en piñas de maguey mezcalero.....	77
Cuadro 8. Propiedades físicas de suelos en el horizonte superficial de siete perfiles en La Soledad Salinas, Oaxaca.	78
Cuadro 9. Propiedades químicas de suelos en el horizonte superficial de siete perfiles en La Soledad Salinas, Oaxaca.	79

RESUMEN

La producción de mezcal es una actividad económica y social importante en el estado de Oaxaca. Con el objeto de conocer a los tipos de suelos donde se cultiva el maguey mezcalero y su efecto sobre la calidad del maguey producido, se realizó el presente estudio etnoedafológico en La Soledad Salinas, San Pedro Quiatoni, Oaxaca, en el cuál se analizan conceptos campesinos y técnicos sobre la calidad del maguey mezcalero. Las clases de tierras identificadas y caracterizadas por los productores se compararon con la clasificación científica de suelos utilizando a los sistemas WRB y a la Taxonomía de Suelos. Con la clasificación campesina o local se identificaron seis clases de tierras mientras que con la WRB se establecieron tres unidades con cinco calificadores grupo I y con la Taxonomía de Suelos dos órdenes y cinco Subgrupos. Los productores perciben la calidad del maguey expresada por su peso y de manera intrínseca reconocen la importancia de la clase de tierra y del manejo de la plantación como condicionantes de la calidad. Los productores opinaron que la tierra pedrero era la mejor para la producción de maguey y a la tierra Terrero como la menos adecuada. De acuerdo con el análisis estadístico de la información sobre peso y grados Brix de las piñas cosechadas en diferentes clases de tierras, se encontró que en la Tierra Cascajo Negro se produjeron las piñas con mayor peso y en la Tierra Colorada las piñas con el mayor valor de grados Brix. En la Tierra Terrero se produjeron las piñas con los menores valores tanto de peso como de grados Brix. Se concluye que para estudios detallados, la clasificación campesina de suelos genera resultados tan precisos, con menor tiempo y costo que los realizados con procedimientos técnicos y que la clase de tierra influye en la calidad del maguey mezcalero.

Palabras Clave: Clasificación de Tierras, Maguey mezcalero, Calidad, Clasificación WRB y Taxonomía de Suelos.

SUMMARY

Mezcal production is an important economic and social activity in the State of Oaxaca State. With the objective of knowing the soil types where maguey mezcalero is growing, and its effects on maguey mezcalero quality, this ethnoedaphologic study was carried out in La Soledad Salinas, San Pedro Quiatoni, Oaxaca where peasant's and technical maguey mezcalero quality concepts also analyzed. The land classes identified and characterized by the peasants were compared with the scientific classification obtained by using the WRB and Soil taxonomy systems. With the peasant or local classification six land classes were identified compared to three units with five group I qualifiers established with the WRB and two orders and five subgroups with the Soil Taxonomy. The peasant's knowledge about maguey mezcalero's quality is closely related to weight and they intrinsically recognize the importance of both the land class and the plantation management as quality conditions. According to the peasants' opinion, the Pedrero land class was the best and the Terrero one was the worst for maguey mezcalero production. According to statistical analyses of data on weight and Brix degrees of maguey mezcalero produced in the different land classes, the maguey with the higher weight was produced in the Black Cascajo land while in the red land the maguey with the higher values of Brix degrees was produced. The Terrero land produced the maguey with the lower values of both weight and Brix degrees. It can be concluded that for detailed studies the peasant's soils classification produces more precise results in a lesser time and cost than with the technical procedures and that the land class affects the maguey mezcalero quality.

Key words: Soil classification, Maguey mezcalero, quality, WRB classification y Soil Taxonomy.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Agave* se distribuye de manera natural en América y su mayor diversidad de especies se registra en México, debido a su ubicación geográfica y a sus condiciones ambientales. Este género lo componen aproximadamente 200 especies y 150 se encuentran en el país. Los estados con mayor diversidad son Oaxaca, Puebla, Sonora, Querétaro y Durango (García-Mendoza, 2007), siendo el *Agave angustifolia* la especie con la distribución más amplia en Norteamérica. Es una planta de tierra caliente que se localiza desde Costa Rica hasta al norte de México, en el noroeste de Sonora en la costa del Pacífico y en Tamaulipas en la costa del Atlántico (Gentry, 1982).

En el Estado de Oaxaca se han identificado 8 especies de agaves, cultivados y silvestres; que se emplean en la fabricación de mezcal, destacando el maguey “espadín”, *A. angustifolia* Haw., por su precocidad, rendimiento y facilidad para la producción de planta (Espinosa, *et. al.*, 2002). Debido a su diversidad, este agave se muestra en varias formas, que algunos investigadores han considerado a sus variantes como diferentes especies (Gentry, 1982).

La importancia económica de los agaves radica principalmente en la producción de bebidas alcohólicas y de fibras (Iñiguez-Covarrubias, 2001; Davis *et al.*, 2011). Para la obtención de fibras se aprovechan agaves con hojas largas, como *A. fourcroydes* y *A. sisalana*. Mientras que para las bebidas alcohólicas se aprovechan los contenidos de azúcares en su tallo, como sucede con *A. tequilana*, *A. angustifolia*, *A. potatorum* y *A. salmiana* (Davis *et al.*, 2011). En el estado de Oaxaca, la producción del mezcal es una actividad económica importante, por la cantidad de productores y las familias involucradas en dicho proceso, además de la derrama económica que se genera y la imagen cultural que el mezcal ha proporcionado a Oaxaca. La materia prima para el mezcal es principalmente el maguey mezcalero o maguey espadín (*Agave angustifolia* Haw.), aunque también se utilizan otras especies o tipos conocidos como maguey tobalá, maguey arroqueño, maguey barril y maguey cirial, entre muchos otros (Bravo *et al.*, 2007).

La superficie sembrada con agave a nivel nacional, reportada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en 1997 fue de 75,800 ha. que se incrementó a 124,000 ha en 2013, siendo Jalisco el estado con mayor superficie sembrada con 79,000 ha, seguido por Oaxaca con 9,200 ha. En el 2013 se cosecharon 12,000 hectáreas en Jalisco y 2,100 en Oaxaca. De acuerdo con datos del SIAP (2014), el maguey mezcalero en 1999 tenía una superficie de 3,500 ha y alcanzó las 9,200 ha en el 2013.

En el estado de Oaxaca, la región del mezcal, tiene una superficie de 1.8 millones de hectáreas y se localiza en siete distritos políticos: Tlacolula, Yautepec, Ocotlán, Zimatlán, Ejutla. Miahuatlán y Sola de Vega (DOF, 1994), en los que se encuentran 131 municipios ubicados en las regiones de la Sierra Sur y de los Valles Centrales de Oaxaca (INEGI, 2000). En 1995 el mezcal obtuvo la “denominación de origen” y en la actualidad han quedado registrados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) como territorios protegidos y productores exclusivos de mezcal los estados de Durango, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Zacatecas, (DOF, 1994), Guanajuato (un municipio) (DOF, 2001), Tamaulipas (veintinueve municipios). (DOF, 2003) y Michoacán (un municipio) (DOF, 2012).

Aunque la productividad del maguey mezcalero está relacionada con las características del suelo, además de las de clima, no se han realizado estudios específicos con el objetivo de conocer a los tipos de suelos donde se produce y su relación con la calidad. Los estudios de suelo existentes en esta región solo consideran a las capas superficiales (Bautista-Cruz *et al.*, 2011 y Bautista-Cruz *et al.*, 2007) y no mencionan su clasificación científica, es decir, se carece del conocimiento formal sobre los suelos y la superficie que ocupa cada uno de ellos.

En el presente estudio se planteó el objetivo de conocer la relación existente entre las clases de tierra y la calidad del maguey mezcalero producido en ellas. La investigación se realizó en la localidad de La Soledad Salinas, Municipio de San Pedro Quiatoni, en el estado de Oaxaca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Historia del Mezcal en México

El mezcal es una bebida con historia y miles de años de tradición pues data desde la civilización de Mesoamérica, en donde las culturas prehispánicas utilizaron al maguey en ritos y ceremonias. La llegada de los españoles al continente americano, grabada en los códices mexicanos, presenta el encuentro entre dos concepciones del mundo y el descubrimiento de productos antes desconocidos para ambas culturas. En los relatos de las crónicas se explica que los conquistadores se encontraron con una bebida conocida como *metzcalli*, considerada como mística y como tal, sólo podía ser consumida por sacerdotes y tlatoanis.

Por su parte, los indígenas aprendieron de los españoles la destilación del aguamiel en alambiques de cobre, creando entonces el mezcal que se ha conservado desde entonces, con todas las variantes conocidas hasta ahora. Toda esta cultura, tradición e historia han hecho que el mezcal en la actualidad ocupe un lugar importante como bebida alcohólica no sólo en México, sino también en el mundo. De acuerdo con el Consejo Mexicano de Productores de Maguey Mezcal (2009), Humboldt en sus relatos, a inicios del siglo XIX, reportaba la presencia de bebidas derivadas del agave y consignaba que se obtenían diferentes clases dependiendo del agave utilizado.

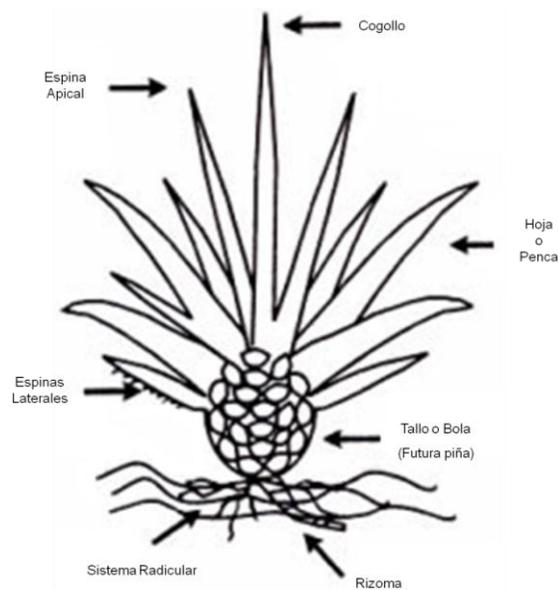
2.2. Características Generales del Agave

2.2.1 Botánica y Taxonomía del Agave

El maguey, proveniente del género *Agave*, cuyo nombre proviene del griego Ἄγαυή que significa “admirable”, fue descrito inicialmente por el científico europeo Linneo en 1753 y la especie *Agave americana* fue la primera que describió. Varios autores consideran que hay diferencias en la taxonomía del género *Agave*, sobre todo en la definición de la familia a la que pertenece. Inicialmente, se le ubicó en la familia de las Amaryllidaceae,

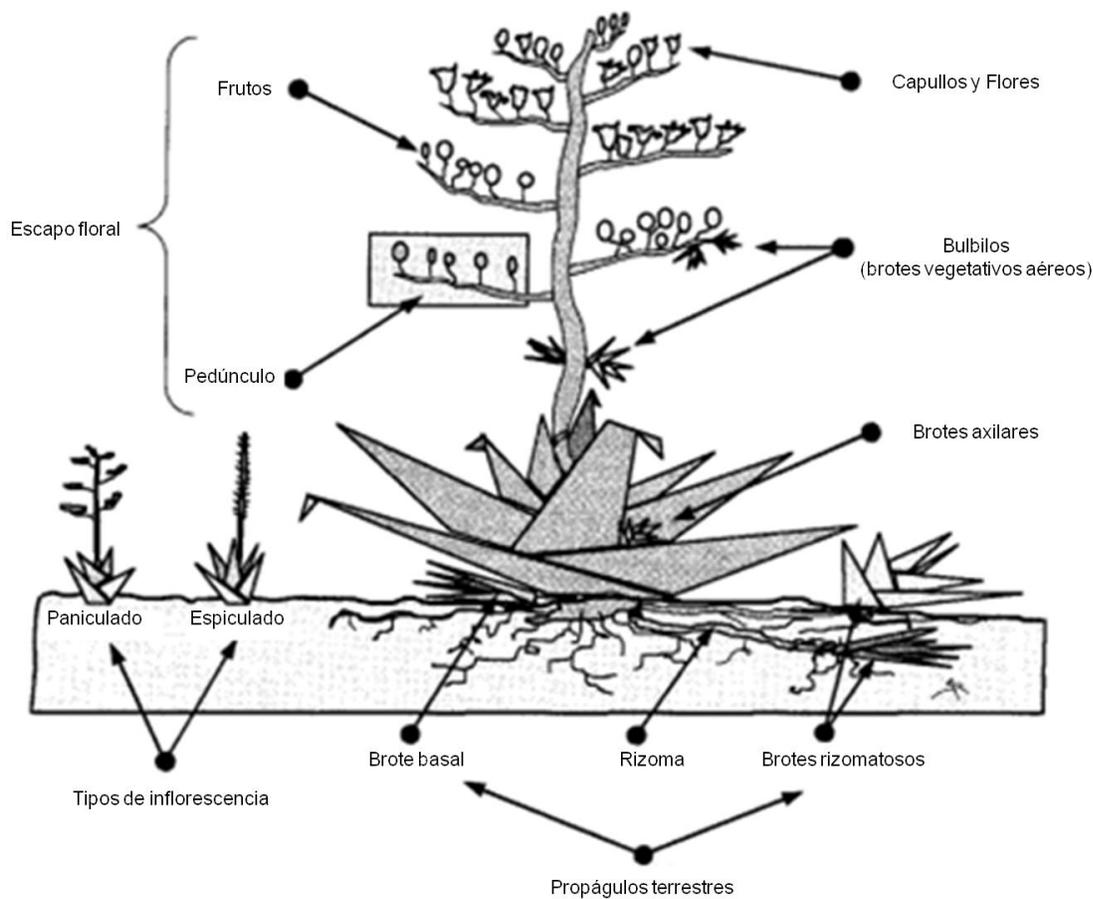
subfamilia Agavoideae, siendo el género *Agave* el más grande dentro de esta familia con doscientas setenta y cinco especies (Lawrence, 1951). Mientras que Hutchinson (1979) lo clasificó dentro del orden Agavales y familia Agavaceae, incluyendo la nomenclatura tradicional y comprende a los géneros que pertenecen a las familias Liliaceae y Amaryllidaceae (Lawrence, 1951; Gómez-Pompa, 1963).

Las agaváceas tienen 30 cromosomas, con hojas agrupadas en roseta, las hojas almacenan agua y presentan diferentes grados de succulencia. El margen de la hoja puede presentar dientes de diferente tamaño (Figura 1). La variación de la forma de la hoja, tamaño y tipo de margen es importante para reconocer especies. Una vez que la planta madura se inicia el desarrollo de su inflorescencia y su reproducción sexual. La reproducción puede ser también de tipo asexual, ya sea por la emisión de hijuelos que nacen alrededor de la planta, entre las hojas o bien al lado de los frutos; en este caso reciben el nombre de bulbilos (Figura 2). La separación de hijuelos, de la base de la planta, se usa para propagar al maguey tequilero y a los pulqueros, los bulbilos se emplean para propagar plantas de maguey mezcalero (García-Mendoza, 1992).



Fuente: <http://acamextequila.com.mx/amt3/elagave.html>

Figura 1. Anatomía del agave.



Fuente: (Arrizaga y Ezcurra, 2002)

Figura 2. Morfología de un Agave.

Gentry (1982) argumenta que en esta nomenclatura el subgénero *Agave* lo integran 12 secciones con 82 especies, 21 subespecies y 23 variedades. En total 197 taxas. Asimismo, este autor indica que la clasificación taxonómica del Agave es la siguiente: División: Angiospermae; Clase: Monocotyledonae; Orden: Liliales; Familia: Agavaceae; Subfamilia: Agavoideae/Agavae; Género: *Agave*; Subgénero: *Littae/Euagave*; Grupos o secciones: *Rigidae* y Número de especies: 12. Ejemplos: *A. angustifolia* Haw., *A. fourcroydes* Lem., *A. macroacantha* Zucc., *A. rhodacantha* Trel., *A. tequilana* Weber.

Los agaves son plantas perennes y se les conoce como monocárpicas y semelparos, lo cual significa que solo tienen una floración y después la planta muere. Aunque existe

alta producción de semilla en la reproducción sexual su principal propagación es por reproducción asexual (Granados, 1993).

2.2.2 Origen y Distribución del Agave

El género *Agave* se distribuye de manera natural en América. En México se registra la mayor diversidad de sus especies, debido a su ubicación geográfica y a las condiciones ambientales. Este género lo componen aproximadamente 200 especies y 150 se encuentran en el país. Los estados con mayor diversidad son Oaxaca, Puebla, Sonora, Querétaro y Durango (García-Mendoza, 2007).

El *A. angustifolia* es la especie de agaves con la distribución más amplia en Norteamérica. Es una planta de tierra caliente que se distribuye desde Costa Rica, hasta el norte de México en ambas costas, en la del pacífico hasta el noroeste de Sonora y en la del atlántico hasta Tamaulipas (Gentry, 1982).

Las poblaciones del noroeste del pacífico se han tratado de mantener separadas de las del atlántico, al menos a nivel de subespecie, pero no se ha logrado. Es difícil para los científicos conservar este complejo porque más bien parece ser una especie extensamente variable. Algunas especies son taxonómicamente más satisfactorias que otras; por ejemplo, el *A. potatorum* (Gentry, 1982).

2.2.3 Diversidad del Agave *Angustifolia* Haw.

En el Estado de Oaxaca se han identificado 8 especies de agaves, cultivados y silvestres; que se emplean en la fabricación del mezcal, destacando el maguey “espadín”, *Agave angustifolia* Haw., por su precocidad, rendimiento y facilidad para la producción de planta, (Espinosa *et al.*, 2002). Debido a su gran diversidad, este agave se muestra en varias formas. Algunos investigadores han nombrado a sus variantes como diferentes especies (Gentry, 1982).

A continuación se enlistan algunas de las variaciones que ocurren comúnmente en esta especie de acuerdo con Gentry (1982):

1. Los tallos pueden ser cortos o largos, en plantas cultivadas o silvestres.
2. El quiole es muy prevalente, pero puede aparecer temprano o tarde en el ciclo de la planta. Mientras que los bulbilos se han observado, vivípari no es poco común, aún en panículas en las que la semilla no desarrolla.
3. Las hojas pueden variar en número.
4. Su color cambia de verde a verde amarillento y hasta casi gris o blanco.
5. Predomina un color gris en varias plantaciones de maguey mezcalero en Oaxaca y se parece más al azul de los campos de *Agave tequilana* en Jalisco, pero tiene diferencias en espinas y dientes que muestran que no son del mismo clon.
6. Generalmente, tienen hojas angostas, largas y ensiformes, pero una forma expandida atípica sale de la nada, especialmente en Oaxaca.
7. Los dientes son generalmente pequeños y curvados hacia arriba en *A. angustifolia*, pero varían en tamaño y espaciamiento. Hay más variaciones en espinas terminales, las cuales pueden ser largas y aciculares o muy cortas y anchas, decurrentes o no decurrentes.
8. El cultivo y el uso industrial han hecho que varios tipos maduren más pronto, algunos tienen un contenido de almidón relativamente alto y otros desarrollan fibra en mayor calidad y cantidad (Figura 2).

Las variaciones antes detalladas muestran a un complejo automejorado de manera natural cuyos cambios obedecen a condiciones como el hábitat, variaciones climáticas en períodos de tiempo muy grandes e inclusive la acción del hombre. Este gran reservorio genético del agave se expresa en selecciones de taxonomía y agronomía como las que se muestran a continuación:

***Agave angustifolia* var. *Deweyana*.** Conocido como “zapupe verde”. Esta variedad no está bien marcada y aparentemente varios clones se cultivan bajo este nombre, tiene hojas angostas de 5 a 6 cm de ancho, aunque colecciones posteriores en la zona

tienen hojas más anchas, de 7 a 10 cm y de 80 a 170 cm de largo y dientes más separados. Este ejemplar se observó cultivado en Victoria, Tamaulipas y se ha reportado en Veracruz. Se cultiva principalmente por su fibra.

***Agave angustifolia* var. *Letonae*.** Cultivado en San Miguel, el Salvador. Esta es una planta robusta, con hojas casi blancas; desarrolla un tronco ancho debido al corte de las hojas por varios años, hojas de 80 a 170 cm de largo. De importancia económica para la producción de fibra en el Salvador y se ha reportado que se cultiva en menor cantidad en Guatemala. En el Salvador se menciona una enfermedad fungosa que causa pérdidas, debido a que el clima húmedo del verano favorece el desarrollo de hongo.

***Agave angustifolia* var. *Marginata* Hort.** Esta es una planta con numerosas hojas cortas de 30 a 50 cm de largo, con márgenes blancos o amarillos, se distribuye ampliamente como ornamental en el mundo y se relaciona con *A. angustifolia* var. *variegata*.

***Agave angustifolia* var. *Nivea*.** Colectada en el Departamento del Progreso, Guatemala, de hojas largas, de 130 a 140 cm por 9 a 10 cm de ancho y tallo corto. Su uso es principalmente para fibra y cercas.

***Agave angustifolia* var. *Rubescens*.** Puede ser considerada como un neotipo. Esta variedad difiere de las formas predominantes de la especie por sus hojas angostas y menos rígidas, de 80 a 130 cm de largo y 3 a 5 cm de ancho. Las flores son pequeñas, pero semejantes al *Agave angustifolia*. Ejemplos típicos de esta variedad se han observado desde el Istmo de Tehuantepec, hasta el sur de Sonora. Ocurre en los bosques caducifolios más secos bordeando pastizales, especialmente en suelos delgados y rocosos con cubierta ligera de árboles en estación seca.

***Agave angustifolia* var. *Sargentii*.** Es una planta enana con unos 25 cm de alto y muchas hojas, de 30 a 35 cm de largo y de 2 a 3 cm de ancho.

Entre algunas otras variedades que se conocen del *Agave angustifolia* Haw., se pueden mencionar al maguey espadín y al maguey pelón o liso. *Agave aff. angustifolia* Haw. maguey cincoañero y mexicano sin espinas y finalmente al *Agave angustifolia* Haw. Var *rubescens*, conocido como maguey espadín silvestre.

2.2.4 Metabolismo Acido Crasuláceo (MAC)

El metabolismo del ácido crasuláceo que tienen los agaves, les permite el cierre de estomas durante el día mientras que la absorción de carbono se realiza por la noche, cuando las condiciones de temperatura son menores y el flujo de agua por los estomas hacia fuera de la planta es mucho más reducido que durante el día (Nobel, 1990).

2.3 Importancia Económica del Agave

La importancia económica de los agaves radica principalmente en la producción de bebidas alcohólicas y de fibras (Iñiguez-Covarrubias, 2001; Davis *et al.*, 2011). Para la obtención de fibras se aprovechan agaves con hojas largas, como *A. fourcroydes* y *A. sisalana*. Mientras que para las bebidas alcohólicas se aprovechan los contenidos de azúcares en su tallo, como *A. tequilana*, *A. angustifolia*, *A. potatorum* y *A. salmiana* (Davis *et al.*, 2011). En el estado de Oaxaca, la producción del mezcal es una actividad económica importante, por la cantidad de productores y las familias involucradas en el proceso; además, de la derrama económica que se genera y de la imagen cultural que el mezcal le ha proporcionado a este estado. La materia prima para el mezcal es principalmente el maguey mezcalero o maguey espadín (*Agave angustifolia* Haw.), aunque también se utilizan otras especies o tipos conocidos como maguey tobalá, maguey arroqueño, maguey barril y maguey cirial, entre muchos otros (Bravo *et al.*, 2007).

El tequila es la bebida más importante en cuanto al valor económico, seguido por el mezcal y el bacanora. En el 2012, el Consejo Regulador del Tequila (CRT) reportó ventas por 166.7 millones de litros expresados a 40% de alcohol y de acuerdo con el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM) en el 2009, se produjeron 1.8 millones de litros de mezcal expresados a 45% de alcohol. En 1990, la exportación de tequila fue de cuatro millones de litros a más de 70 países (Nobel, 1990). En relación al mezcal, en los últimos cinco años Reino Unido se ha convertido en el quinto país consumidor. Inicialmente, en el 2008, se introdujeron dos marcas de mezcal y para el 2013, ya se distribuyen 35 (CRM, 2014).

Nobel (1990) mencionó en la década de los noventa que había aproximadamente 70,000 hectáreas con plantaciones de agave, predominando *A. tequilana*, para la producción de bebidas alcohólicas y cerca de 200,000 hectáreas de *A. fourcroydes* o henequén (también llamado sisal) para la producción de fibras. Aunque *A. sisalana* es nativo de México, se siembra principalmente en Brasil y África del este para la producción de fibra.

De acuerdo con la información presentada en el plan rector nacional del sistema producto maguey mezcal, en el 2004, se estimaba una superficie cosechada de 4,720 ha con una producción total de 302 mil toneladas de maguey y una producción de mezcal de 14.9 millones de litros. Con un valor total de las exportaciones de 97 millones de dólares, se estima que se generan alrededor de 30,000 empleos de los cuales 5,279 son directos.

La superficie sembrada con agave en 1997 a nivel nacional, reportada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), fue de 75,800 ha, la que se incrementó a 124,000 ha en 2013. El estado con mayor superficie sembrada en el 2013 fue Jalisco con 79,000 ha, seguido por Oaxaca con 9,200 ha. (SIAP, 2014). Debido a que el maguey requiere entre 6 y 10 años para ser cosechado y transformarse a mezcal, la superficie cosechada en un año determinado no necesariamente corresponde a la superficie sembrada. En el 2013 se cosecharon 21,880 ha de las cuales 12,000 corresponden a Jalisco y 2,100 a Oaxaca. Con base en datos del SIAP

(2014), el maguey mezcalero en 1999 tenía una superficie de 3,500 ha hasta alcanzar 9,200 ha en el 2013. El Consejo Oaxaqueño del Maguey y Mezcal A. C (COMMAC, 1994), ha estimado que se requieren 12.0 kg de maguey para producir un litro de mezcal, de tal manera que con las 132,300 toneladas cosechadas en el 2013 en Oaxaca, se estima una producción de 11.025 millones de litros de mezcal.

En el estado de Oaxaca, la región del mezcal, tiene una superficie de 1.8 millones de hectáreas y se localiza en siete distritos políticos: Tlacolula, Yautepec, Ocotlán, Zimatlán, Ejutla. Miahuatlán y Sola de Vega (DOF, 1994), en los que se encuentran 131 municipios ubicados en las regiones de la Sierra Sur y de los Valles Centrales de Oaxaca (INEGI, 2010).

La superficie con maguey mezcalero es dinámica, cambia año con año y responde principalmente a las condiciones de precio de venta. En años con precios bajos los terrenos con plantaciones de maguey pueden sembrarse con maíz. Mientras que en años con precios altos estos terrenos se transforman en plantaciones de maguey. En la región del mezcal ha fluctuado la superficie sembrada a través del tiempo. De acuerdo con Sánchez (1989), en 1984 se cuantificaba una superficie de 10,000 hectáreas; mientras que el Instituto de Capacitación y Productividad para el Trabajo (ICAPET) (1999) reportó una superficie de 11,156 hectáreas. El COMMAC (2004), estimó una superficie de 15,503 hectáreas con plantaciones. En un estudio sobre la estimación de la superficie con plantaciones de maguey mezcalero a partir de imágenes de satélite del 2010, se reportó una superficie estimada de 13,300 hectáreas (Mariles, *et al.*, 2012). En un censo realizado por la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS) de Oaxaca, se reporta una superficie medida de 8,422 ha (OEIDRUS, 2011).

2.3.1 Denominación de Origen del Mezcal

En 1995 el mezcal obtuvo la “denominación de origen”, registrada ante la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) con sede en Ginebra, Suiza (CRM, 2014).

En la actualidad, bajo el estricto cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-070 han quedado registrados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) como territorios protegidos y productores exclusivos de mezcal los estados de Guerrero, Oaxaca, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas, (DOF, 1994), Guanajuato (un municipio) (DOF, 2001), Tamaulipas (once municipios) (DOF, 2003) y Michoacán (29 municipios) (DOF, 2012), como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Estados con denominación de origen del maguey mezcalero.

2.3.2 Requerimientos Agroecológicos del Agave

Una de las fuentes más importantes sobre requerimientos agroecológicos de los cultivos es la base de datos de Ecocrop (FAO, 2014) por su cobertura y homogeneidad de la información, la cual procede de publicaciones existentes en la literatura mundial.

Sin embargo, existen cultivos en los cuales no se ha realizado investigación suficiente para generar publicaciones que sean tomadas en cuenta en esta base de datos. Este es el caso del *A. Angustifolia* debido a que en la base de datos de Ecocrop sólo se cuenta con información sobre *A. cantala*, *A. fourcroydes*, *A. lechugilla* y *A. sisalana*, los cuales son utilizados para la producción de fibras y en consecuencia no pueden ser comparables en requerimientos agroecológicos con *A. Angustifolia*.

Otra fuente importante de éste tipo de información se encuentra en la publicación de Ruiz *et al.* (1999) pero en ella se presenta información exclusivamente de *A. tequilana* cuyos requerimientos agroecológicos son más parecidos a los de *A. angustifolia* que los de las especies reportadas por Ecocrop. Con base en la información presentada por Ruiz *et al.* (1999) y a la localización de las áreas productoras de *A. angustifolia* a nivel comercial en el estado de Oaxaca, se puede inferir que el ambiente en el que se desarrolla *A. tequilana* presenta temperaturas ligeramente más bajas debido a que prospera comercialmente en altitudes de 1,000 a 2,400 msnm; mientras que en el caso de *A. angustifolia* las áreas de cultivo comercial se localizan predominantemente desde los 700 y hasta los 1800 msnm.

Debido a que la mayor superficie de *A. angustifolia* se localiza en el estado de Oaxaca, la estimación de sus requerimientos agroecológicos se ha realizado a partir de las condiciones imperantes en las áreas en que esta especie se cultiva a nivel comercial. El primer reporte, en este sentido, corresponde a un estudio de gran visión realizado por el INIFAP en 1993, en el que aunque no se incluyen los requerimientos agroecológicos utilizados reporta para el área de influencia del Distrito de Desarrollo Rural Valles Centrales de Oaxaca, una superficie con condiciones favorables para la producción de maguey mezcalero de 137,214 ha comparadas con una superficie cultivada de 7,985 ha (INIFAP, 1993).

En trabajos adicionales realizados en este sentido por investigadores del INIFAP se reporta que esta especie se desarrolla mejor en el rango de los 600 a 2,000 msnm (INIFAP, 1999; Arredondo *et al.*, 2000; Bravo *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2008). En trabajos de campo se han observado plantaciones de maguey en altitudes menores a

los 800 msnm e inclusive al nivel del mar en la localidad de Valdeflores, Tonameca. Aunque el maguey bajo estas condiciones presenta un buen desarrollo vegetativo por las altas temperaturas y las condiciones de lluvia abundante existentes en la zona, es muy probable que la concentración de azúcares no sea tan eficiente para la producción de mezcal como en las condiciones que prevalecen a mayores altitudes en los distritos de Tlacolula y Yautepec. De la misma manera, en áreas localizadas a menos de 1,000 msnm, el ciclo del cultivo puede ser de 6 años; mientras que en áreas a más de 1,500 msnm, se puede alargar, hasta 9 años. Esto significa que aún cuando ecológicamente el maguey mezcalero se pueda desarrollar bajo condiciones a nivel del mar, no necesariamente es adecuado para la producción de mezcal desde el punto de vista económico.

En un análisis que consideró las condiciones ambientales predominantes en localidades productoras de *A. angustifolia*, Mariles *et al.* (2010) encontraron que los valores de las variables más importantes estuvieron dentro de los siguientes rangos: altitud: 700 a 1800 msnm; lluvia anual: 500 a 1000 mm y temperatura promedio anual: 15 a 24 °C.

Con respecto a los suelos, *A. angustifolia* generalmente se ha establecido en suelos delgados y poco desarrollados como Leptosoles, Regosoles y Cambisoles en los cuales los cultivos anuales como el maíz y el frijol no producen rendimientos satisfactorios. Inclusive, la pendiente puede ser hasta de 30% lo que implica que las labores de cultivo no se realizan de manera mecanizada. Sin embargo, en ocasiones en que el precio del maguey mezcalero se incrementa considerablemente debido a su escasez, esta especie se ha cultivado en terrenos planos con suelos fértiles como los Feozem, Luvisoles y Vertisoles.

Para el caso de *A. tequilana*, Ruiz *et al.* (1999) reportan que se requieren suelos de textura media, de delgados a profundos, con pH de 6.0 a 8.0, sin problemas importantes de alcalinidad, acidez o salinidad, lo cual también se puede tomar como aplicable para *A. angustifolia*.

2.3.3 Productividad del Agave

Debido a las características de los agaves para desarrollarse en ambientes críticos de lluvia y suelo, la productividad de algunos de ellos supera la de cultivos anuales de importancia alimenticia. Según Nobel (1990), *A. mapisaga*, *A. salmiana* y *A. tequilana* pueden alcanzar valores de productividad de $25 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de materia seca. En una revisión sobre las posibilidades del agave para la elaboración de biocombustibles, Davis *et al.* (2011) encontraron una variabilidad entre la productividad de los agaves, debido a efectos climáticos y diferencias entre especies. Por ejemplo *A. lechuguilla* alcanza rendimientos de $3.8 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en áreas con 427 mm de lluvia anual; mientras que *A. mapisaga* rinde $32 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en regiones con 848 mm de lluvia anual. Por otro lado, *A. salmiana* produce $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, en un clima árido y relativamente frío y $34 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en una región semiárida con temperaturas diurnas moderadamente cálidas.

2.4 Los Suelos donde se Cultivan Magueyes

En México se han realizado pocos estudios sobre la relación del agave con el suelo. Entre ellos está el trabajo de Rivera (1990), quien estudió al uso del maguey en la conservación del suelo, en la zona oriental del municipio de Texcoco, Estado de México, evaluando si el campesino contaba con algún conocimiento sobre el uso del maguey en la conservación del suelo y concluyó que la producción y la conservación, representan para el agricultor una misma actividad.

Martínez (2006) estudió el crecimiento de magueyes mezcaleros en suelos de la cuenca alta del río Mixteco en Oaxaca, durante 10 meses obtuvo datos de altura y diámetro de *A. potaturum* Zucc y *A. angustifolia* Haw. en las localidades de Acatima, Miltepec y Yodoyuki, Huajuapán de León, Oaxaca. Asimismo, realizó un perfil de suelo, para caracterizarlo física y químicamente y concluyó que el suelo en el que se cultiva el agave contiene 42% de arena, 33% de arcilla y 25% de limo en los primeros 30 cm en Yodoyuxi y a mayor profundidad el orden de dominancia es primero arcilla, después

arenas y al final los limos. En Acatima, en los primeros 60 cm, el suelo contenía 61% de arena, 25% de arcilla y 14% de limo; mientras que en Miltepec en los 24 cm de profundidad dominan los limos con 41%, le siguen las arcillas con 38% y las arenas con 21%.

Bautista-Cruz *et al.* (2007) estudiaron la variación en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos del *A. angustifolia* Haw. en tres sitios con diferentes condiciones topográficas (valle, ladera y montaña) en Oaxaca, asociados con diferentes sistemas de labranza (labranza con disco, yunta y mínima). En plantaciones de 1.5-3.5 años, 3.6-5.5 y 5.6-7.5 años, se obtuvieron muestras a dos profundidades (0-20 y 21-40) en cada sitio. Los principales cambios que se encontraron en las propiedades del suelo en la montaña, fue: la densidad aparente, resistencia a la penetración del suelo y estabilidad de agregados (0.7 y 1 mm), que fueron más altos en la montaña que en laderas y valle. La materia orgánica y nitrógeno disponibles en estos suelos fue más alto en la montaña.

Bautista-Cruz *et al.* (2011) identificaron los parámetros del suelo apropiados para cultivar *A. angustifolia* en labranza mínima. Cada sistema fue asociado con tres condiciones topográficas diferentes (valle, ladera y montaña). En donde los principales componentes identificados fueron carbono orgánico, pH, biomasa de carbono microbial y magnesio intercambiable como indicadores mínimos establecidos para la evaluación de calidad del suelo en plantaciones de *A. angustifolia*. El carbono orgánico en el suelo fue el indicador más sensible para separar los sitios y sus sistemas de labranza.

2.5 El Contenido de Azúcares en el Maguey Mezcalero

El contenido y el tipo de azúcares en los agaves, dedicados a la manufactura de bebidas alcohólicas, es de gran importancia, ya que de ellos depende la cantidad de alcohol y los compuestos que identifican al tequila y el mezcal. La planta debe cortarse cuando haya alcanzado su madurez, con un alto contenido de azúcares en la piña,

porque estos se fermentarán para la producción del etanol. Debido a la relevancia del contenido de azúcares se recomienda que en el momento de procesar las piñas se determine su concentración de azúcares reductores, fructosa y glucosa, cuyo valor deseable está entre 25 y 30% en peso de azúcares (Bautista-Justo *et al.*, 2001). Por otro lado, Nuñez *et al.* (2011) mencionan que, generalmente, la planta de *A. tequilana* se cosecha cuando se encuentra madura o cuando se le determina que el contenido de azúcar de la piña tiene al menos 24 °Brix, lo que equivale a 24 g de sacarosa en 100 g de solución.

La inulina o los fructanos son los principales carbohidratos almacenados en la piña del agave (Mancilla-Margalli y López, 2006). Para fermentarse y producir el alcohol, tienen que hidrolizarse para obtener azúcares simples, como fructosa, glucosa y sacarosa. El proceso incluye la cocción de las piñas, las cuales, una vez cocidas, se fermentan por levaduras y se transforman en dióxido de carbono y etanol. Posteriormente, se destilan para la obtención del etanol y vinaza (Bautista-Justo *et al.*, 2001; Iñiguez-Covarrubias *et al.*, 2001).

Los fructanos se clasifican como inulinas o levanas y son el principal carbohidrato de reserva en los agaves y aparentemente, protegen a la planta de eventos desfavorables como la sequía. Los fructanos se sintetizan a partir de la sacarosa, son polímeros u oligómeros de fructosa y sólo contienen una molécula de glucosa en el extremo reductor de la molécula. Estos compuestos son carbohidratos con ligas de β -fructofuranosil, cuya flexibilidad metabólica facilita su polimerización y despolimerización hacia carbohidratos solubles. (López *et al.*, 2003).

Esqueda *et al.* (2011) analizaron el contenido de azúcares reductores totales (ART) en tres poblaciones silvestres de *A. angustifolia* Haw. y no encontraron diferencias estadísticamente significativas. Los contenidos promedio fueron de 44.7, 42.8 y 39.6%.

Ávila *et al.* (2012), en un estudio realizado en *Agave cocui* Trelease, utilizado en Venezuela para la elaboración de licor, cuantificaron la concentración de azúcares totales y azúcares reductores, mediante diferencia estimaron la concentración de

azúcares no reductores, en piñas de este agave. Los resultados mostraron una concentración de azúcares totales de 79.1%, 34.1% reductores y 45.0%, no reductores. Los azúcares identificados en la piña de este agave fueron fructosa, glucosa y sacarosa.

Por otro lado, para conocer las diferencias entre *A. tequilana* Weber, cultivado en Guanajuato y Jalisco, Bautista *et al.* (2001) analizaron la concentración de azúcares reductores totales (ART) y los grados Brix (°Bx) de jugos crudos de los agaves estudiados. Estos autores encontraron que la concentración de ART fluctuó entre 23.7% y 30.8% en piñas cosechadas en los meses de agosto a diciembre de 1998 y entre 27.1% y 32.7%, en piñas cosechadas en los meses de enero a mayo de 2000; la mayor concentración corresponde al periodo del año con menor precipitación. La correlación entre ART y los grados Brix fue de 0.9621, significativa a 1%, lo que indica que la determinación de estos representa una forma adecuada y rápida de establecer la concentración de sólidos totales en el jugo de agave, los cuales corresponden en su mayoría a azúcares reductores. De acuerdo con Bautista *et al.* (2001), en las tequileras el análisis de azúcares en piñas de maguey se realiza mediante la determinación de grados Brix con un refractómetro y mediante la cuantificación de azúcares reductores con el método de Fehling.

Cifuentes *et al.* (2010) determinaron la concentración de azúcares reductores totales (ART) en piñas maduras de maguey mezcalero colectadas en poblaciones naturales del municipio de Suchil, Durango, la cual fue, en promedio, de 14.3%, 17.3% y 13.7%, para los tres sitios muestreados, sin encontrar diferencias significativas entre ellos. Estos autores reportaron que para piñas con 20 kg de peso encontraron la mayor concentración de ART (21%) y la menor concentración en una piña de 200 kg de peso, con (10%), lo que indica que, en este estudio, a mayor peso menor concentración de ART. Aunque Cifuentes *et al.* (2010) no reportan el nombre científico del agave muestreado, aún cuando le asignan el nombre genérico de "*Agave cenizo*" que incluye a todas las especies para la producción de mezcal en la zona del estudio, la más utilizada y relacionada con este nombre genérico es *A. durangensis*, aunque también se emplean poblaciones naturales de *A. angustifolia*.

González-Cruz *et al.* (2011) analizaron el contenido de fructanos en hojas de *A. atrovirens*, con el objeto de estimar la edad óptima de cosecha de este agave. Encontraron que el mayor contenido de carbohidratos solubles se presentó en plantas de 3 años, pero el contenido de fructanos tipo inulina más alto ocurre en plantas de 6 años. La sacarosa fue el principal carbohidrato soluble en las plantas de 3 y 6 años; mientras que fructanos tipo inulina, glucosa y fructosa fueron los carbohidratos solubles predominantes en las plantas de 9 años.

Martínez *et al.* (2012) midieron la concentración de sólidos solubles totales en hojas de *A. potatorum*, con el objetivo de medir su respuesta a tratamientos de fertilización y riego. No se encontraron diferencias significativas, la concentración de sólidos solubles en las hojas fue menor (5.4 °Brix) al aplicar una dosis de N de 100 kg ha⁻¹, que en el tratamiento de 50 kg ha⁻¹, en el que se obtuvieron 6.9 °Brix. En cuanto a edad de la planta, la mayor concentración de sólidos solubles fue a los 5 años (7.4 °Brix), en comparación con las de 3 años, que resultó estadísticamente diferente, con un valor de 5.9 °Brix.

Vera *et al.* (2009) reportaron que los contenidos de azúcares totales, fructosa y azúcares reductores directos en *A. angustifolia* presentaron valores de 544, 524 y 185 mg g⁻¹, respectivamente; mientras que para *A. potatorum* fueron de 259.4, 260 y 140.8 mg g⁻¹, en el mismo orden.

Mancilla-Margalli *et al.* (2006) analizaron el contenido de carbohidratos solubles en agua (CSA) en especies de agave de varias localidades en México y encontraron que la mayoría de estas tuvieron valores que fluctúan entre 360 y 460 mg g⁻¹. En el caso de *A. tequilana* Weber var. Azul existen diferencias importantes por ambiente, pues el agave plantado en Jalisco tiene un contenido de 900 mg g⁻¹; en tanto que el agave de Guanajuato 550 mg g⁻¹. El principal tipo de CSA presente en los agaves estudiados son los fructanos, alcanzando hasta el 85.8% en *A. angustifolia* var. Haw., de Oaxaca, y tan sólo 64.2 en *A. fourcroydes*, cuyo principal uso es la fibra. También se encontró una baja concentración de fructanos en *Dasyllirion*, que se utiliza para la producción de sotol. Se detectó variabilidad entre los otros CSA, como sacarosa, fructosa y glucosa.

Las especies de Oaxaca (*A. angustifolia*, *A. potatorum* y *A. cantala*) presentaron un comportamiento similar de baja concentración de sacarosa y bajas cantidades de glucosa, con un alto contenido de fructosa.

2.6 La Etnoedafología

2.6.1 Definición de la Etnoedafología

En México, la etnoedafología o etnopedología se ha estudiado desde hace más de treinta años. La etnoedafología estudia la percepción campesina de las propiedades y procesos del suelo, su nomenclatura y taxonomía, su relación con otros factores, fenómenos ecológicos, aprovechamiento y manejo en la agricultura (Williams y Ortiz, 1981). También se le considera como la disciplina que se encarga de estudiar los conocimientos que los productores poseen sobre el recurso suelo, (Ortiz y Gutiérrez, 2001). La etnoedafología según Barrera (1988) es la ciencia encargada del estudio de la percepción campesina de las propiedades y procesos del dominio del suelo, su nomenclatura y taxonomía, se relacionan con factores y fenómenos ecológicos, así como su manejo en la agricultura y aprovechamiento en otras actividades productivas.

De acuerdo con Williams y Ortiz (1981), el término etnopedología es usado en el sentido más amplio y puede aplicarse a:

1. La Percepción campesina de procesos y propiedades del suelo.
2. Taxonomía y clasificación campesina del suelo.
3. Teorías y explicaciones campesinas de la dinámica de las propiedades del suelo.
4. Manejo del suelo.
5. Percepciones de las relaciones entre los dominios (reinos) del suelo y de las plantas.
6. Comparaciones entre ciencia de suelo campesina y técnica.

7. Evaluación del papel de la percepción campesina del suelo en prácticas agrícolas y otros aspectos rurales.

2.6.2 Estudios de Tierras a través del Conocimiento Campesino

Williams y Ortiz (1981) mencionan que los nombres de los suelos asignados por los productores se relacionan con características como: color, textura, consistencia y fertilidad del propio suelo o la cubierta vegetal, e inclusive a regiones climáticas o la altitud.

El uso del conocimiento tradicional sobre el mapeo de tierras ha permitido obtener valores de precisión más altos que los generados con métodos técnicos de cartografía de suelos en estudios detallados. Con este enfoque además de mejorar la precisión, se facilita la comunicación entre técnicos y productores, asegurando que los resultados de esta interacción sean de aplicación inmediata (Ortiz y Gutiérrez, 2001).

Siderius y Bakker (2003) analizaron el uso de la nomenclatura de tierras y suelos por productores de Holanda y encontraron que los nombres locales son útiles para conocer algunas características de los suelos. Por ejemplo, en las tierras altas arenosas, los nombres tenían que ver con la fertilidad del suelo y en las tierras bajas arcillosas con el manejo del agua.

La combinación del conocimiento campesino y el técnico dan como resultado la generación de mapas de tierras campesinas a un bajo costo y en menor tiempo, que como se hace tradicionalmente con los levantamientos de suelos. Esto se logra aprovechando el conocimiento que los campesinos tienen sobre sus tierras, a través del contacto diario durante muchos años (Brady y Weil, 2010).

En un estudio realizado en Ghana, Dawoe *et al.* (2012) encontraron que los productores utilizan criterios cualitativos para clasificar sus suelos. La clasificación popular coincide de forma significativa con evaluaciones cuantitativas de la fertilidad del

suelo y que aquellos suelos clasificados como fértiles, generalmente tienen niveles más altos de nitrógeno, fósforo y potasio.

De acuerdo con Barrera-Bassols y Zinck (2003) dentro de los principales criterios para clasificar suelos en una taxonomía popular están: color del suelo, textura, consistencia, humedad del suelo, materia orgánica, pedregosidad, topografía, uso del suelo, drenaje, rendimiento, retención de humedad, y laboreo del suelo.

Krasilnikov y Tabor (2003) reportan que los suelos son nombrados con base en color, zona climática, textura, y productividad. Aunque las taxonomías populares adolecen de la información sistemática contenida en taxonomías técnicas, representan una fuente para el mejoramiento del manejo de suelos particularmente en países en desarrollo con recursos limitados para la investigación. Asimismo, señalan que debido a que las clasificaciones populares pueden distinguir características de suelos importantes para el manejo, algunos científicos de suelos utilizan esta información para complementar sus clasificaciones técnicas.

Barrios y Trejo (2003) reportan nombres utilizados por productores de una región de Venezuela como polvoso (suelos sin microagregados o de baja calidad) o granoso (suelos con microagregados y de buena calidad). Estos nombres están directamente relacionados con la textura del suelo. Mientras que, en una región de Honduras las propiedades del suelo utilizadas para su nomenclatura son la pendiente, profundidad del suelo, textura, estructura y color.

Shan (1993) colectó información referente a clasificación local de tierras. Esta información se agrupó de acuerdo con la forma de la tierra, tipo de tierra, pendiente dominante, textura de la capa superficial del suelo, drenaje y suelos dominantes. Los resultados preliminares muestran que los criterios para la clasificación local de tierras son: forma de la tierra, pendiente, y drenaje de agua. La clasificación local de tierra se correlaciona bien con el sistema del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). La textura superficial y los suelos dominantes no fueron tan importantes como los otros criterios. En este estudio se encontró que los criterios

utilizados por los productores para clasificar sus tierras se correlacionan con criterios utilizados por el USDA.

El conocimiento tradicional se ha transferido verbalmente, durante siglos, se ha conservado y utilizado para resolver problemas del manejo de la tierra agrícola; sin embargo, este conocimiento no se ha documentado como para desarrollar un enfoque integrado de manejo de problemas de suelo (Shan, 1995). Este autor también demostró como el conocimiento de la forma en que los productores perciben y clasifican los tipos de suelo, puede mejorar la comunicación entre los técnicos y los productores. En este trabajo se trató de justificar el conocimiento de 200 productores locales y de calibrarlo contra resultados de análisis de suelos en laboratorio.

De acuerdo con Barrera-Bassols *et al.* (2006) todos los sistemas de clasificación etnopedológica se basan en un conocimiento complejo indígena sobre la organización del suelo y sobre criterios de clasificación. Estos autores también reportan que en taxonomías campesinas de clasificación de suelos el número de taxas de suelo que los productores locales reconocen es variable. San Francisco Pichátaro, localidad Purépecha cercana al Lago de Páztcuaro, Michoacán, encontraron que los productores reconocen 21 taxas de suelo. En un estudio sobre la alta fragmentación de parcelas en el sur de México Bellon, (1996) reportó que los productores reconocieron las siguientes clases de tierra: Tierra Negra, Tierra Colorada, Tierra Baya, Tierra Colorada Arenosa y Tierra Cascajosa considerando a las tres primeras como las mejores, a la cuarta como intermedia y a la última como la más pobre.

Barrios y Trejo (2003) reportaron que los agricultores de llanuras de inundación del Orinoco en Venezuela, utilizan la presencia de plantas nativas como un indicador de la calidad del suelo, cuando seleccionan nuevas áreas para el cultivo y una vez seleccionadas con este criterio, encontraron que los productores se basan en el color y la textura para mejorar su clasificación.

2.6.3 Etapas de la Etnoedafología en México

De acuerdo con Ortiz, *et. al.* (2005), la etnoedafología mexicana se puede subdividir en tres períodos:

Período Inicial de 1978 a 1981. En el cual se trabaja conjuntamente con la doctora Bárbara J. Williams de la Universidad de Wisconsin, se conocen sus investigaciones sobre códigos y se propone y define al concepto de etnoedafología (Williams y Ortiz, 1981).

Periodo Intermedio, que se inicia a partir de 1981. En esta etapa resultó muy notoria la confrontación entre el conocimiento científico y el conocimiento tradicional, lo cual produjo que los trabajos efectuados en la primera mitad de los años ochenta tuvieran como objetivo el demostrar a técnicos y a científicos la existencia de otro tipo de conocimientos sobre suelos, el perteneciente al campesino, con un gran nivel de detalle y con una marcada utilidad práctica.

Periodo Cartográfico, a partir de 1987. En el cual se relacionó al conocimiento tradicional sobre suelos con la cartografía y se generó un procedimiento metodológico capaz de sustituir a los levantamientos detallados de suelos con ventajas y con la expectativa de aplicarlo a zonas económicamente menos favorecidas (Ortiz, *et al.*, 1990).

2.6.4 Concepto de tierra campesina

El concepto de suelo que tiene el campesino, es diferente al que tiene el técnico. Williams y Ortiz (1981) indicaron que el campesino solo considera como suelo a la capa arable con una visión bidimensional que para el técnico es tridimensional y lo define como un cuerpo natural. Además el termino más usado por el hombre de campo es el de “tierra” en lugar del “suelo” empleando por los técnicos.

Si se le pregunta a un campesino por una clase de suelo, su respuesta será en términos de la vegetación o en términos de materiales transportados: color y textura. Las semejanzas o diferencias de percepción en clasificación de suelos por los campesinos son poco conocidas (Williams y Ortiz, 1981).

De acuerdo con Ortiz (1991) tierra campesina se define como un área específica de la superficie terrestre que incluye a todos los atributos de la biosfera que son observables directa (en la capa arable) o indirectamente (en la planta), tanto en el tiempo como en el espacio a nivel de parcela, que afectan su uso y manejo.

2.7. Cartografía de Tierras Campesinas

Watson (1989) indica que; *“los mapas autóctonos y los mapas occidentales eran diferentes, porque estaban basados en diferentes teorías del dibujo, la imagen y la representación; porque ellos se producen dentro de diversas teorías del conocimiento”*. Por su parte, Orlove, (1993) menciona que en muchos países de Latinoamérica el gobierno tiene identificados dos grupos de mapas: 1) los oficiales, a los que considera verdaderos mapas y 2) los elaborados por los campesinos, a los que llama croquis. Asimismo, comenta que la manera en cómo se nombran, refleja cierta categoría de inferioridad o que pueden mejorarse.

El campesino es un individuo que reflexiona en torno a los mapas; (*mapper*) *“es decir que desarrolla una imagen que no es tangible, que no tiene existencia material y por lo tanto, no puede ser tocada y observada por otra persona. Por otro lado, aquel individuo que elabora mapas (map maker or cartographer) es aquel que como su nombre lo indica, elabora mapas y presenta un producto corpóreo”* (Robinson y Petchenik, 1976).

La clasificación campesina de tierras aprovecha el conocimiento local que los productores han adquirido a través de generaciones de convivir y aprovechar sus recursos de suelos. Williams y Ortiz (1981) son pioneros en la clasificación campesina de tierras o etnoedafología señalando que los campesinos tienen conceptos de suelos

diferentes a los de los técnicos, pues lo consideran desde el punto de vista de su aptitud para producir cultivos y lo han aprendido a través de la observación y la comparación. Por lo que es conveniente aclarar que cuando se tiene ausencia de conocimientos de las tierras se recurre a realizar un levantamiento de suelos con un enfoque técnico; mientras que si se reconoce la existencia de conocimientos, el procedimiento puede usar a la clasificación campesina de suelos (Ortiz *et al.*, 1990).

En México, la elaboración de mapas relaciona al conocimiento técnico con el conocimiento local dando una visión diferente a la de otros países.

La metodología de mapas de tierras es rápida, económica y no se requiere personal especializado en levantamientos de suelos, pero es importante evaluar de forma cuantitativa la calidad de estos mapas.

Para la elaboración de los mapas de tierras se pueden utilizar como apoyo fotografías aéreas o imágenes de satélite que permitan dibujar los linderos de las clases de tierras y con ello mejorar el reconocimiento de sus patrones. Esta metodología asegura que el conocimiento adquirido sobre suelos sea compartido entre productores y técnicos y por lo tanto, su aplicación para la resolución de problemas tenga mayores probabilidades de éxito que si solamente incorporara el conocimiento unilateral del técnico (Ortiz, 2012).

Entre los trabajos de clasificación campesina y su cartografía en México, se pueden señalar los realizados por Luna (1982) en dos ejidos del Valle de México; Calderón (1983) en dos zonas Chinamperas, Estado de México y Distrito Federal; González (1988), en 4 ejidos de Iguala, Guerrero; Escalón (1990) en la parte central de Veracruz; Licona (1991), en ejidos del centro de Veracruz; Lleverino (1999) en el ejido Atenco del Estado de México y el de Sánchez (2001) en el sur de Veracruz en donde se trabajó en una superficie mayor a 40,000 hectáreas en la zona de abastecimiento de dos ingenios azucareros y se identificaron 33 clases de tierra. Por lo que esta metodología se puede aplicar en áreas extensas si se requiere mayor detalle. Al respecto Ortiz (2012)

menciona que de 1980 a la fecha se han realizado mapas en más de 40 ejidos, distribuidos en 16 estados de la República.

Lleverino *et al.*, (2000) afirman que la calidad de un mapa de suelos se evalúa en función de su precisión y exactitud y que la precisión se mide por la presencia de los suelos que se indican en una leyenda para una unidad cartográfica y la exactitud se refiere a la ubicación correcta de los linderos de suelos. En México hay pocos trabajos sobre la calidad de los mapas de suelos y en este estudio se comparó la calidad de tres diferentes mapas de San Salvador Atenco; uno proviene de un levantamiento de suelos desarrollado por el Colegio de Postgraduados, el otro de las cartas edafológicas de INEGI y un mapa de Clases de Tierras con el conocimiento de los productores, donde este último fue el mejor, ya que obtuvo una precisión de 76% y una exactitud de 94%, mientras que los mapas elaborados por el Colegio de Postgraduados y el INEGI tuvieron una precisión de 4 y 8% y una exactitud de 14 y 0%, respectivamente. Por lo que fueron clasificados como mapas de baja calidad.

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivos

3.1.1 Objetivo General

Determinar la relación que existe entre los suelos y la calidad del maguey mezcalero en La Soledad Salinas, Quiatoni, Oaxaca.

3.1.2 Objetivos Específicos

1. Identificar las diferentes clases de tierra que los productores de maguey mezcalero reconocen las áreas de sus plantaciones.
2. Elaborar el mapa de las clases de tierra productoras de maguey mezcalero.
3. Clasificar a los suelos que integran a las clases de tierra en donde se produce maguey mezcalero con los sistemas de la Taxonomía de Suelos y la WRB.
4. Definir el concepto de calidad del maguey desde el punto de vista del productor.
5. Evaluar la calidad técnica de la piña del maguey en función de los grados Brix.

3.2. Hipótesis

3.2.1 Hipótesis General

Entre las clases de tierra donde se produce el agave mezcalero, existe al menos una que es más productiva y que tiene más calidad.

3.2.2 Hipótesis Específicas

1. La calidad del maguey está relacionada con las clases de tierra en las que se cultiva.
2. El contenido de carbonato calcio y la humedad aprovechable afectan y condicionan la calidad del maguey en relación a los grados Brix.
3. El material parental del suelo tiene relación con el contenido de grados Brix en la piña del maguey.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Zona de Estudio

4.1.1 Ubicación Geográfica del Área de Estudio

El presente estudio se realizó en el municipio de San Pedro Quiatoni, en la Localidad de La Soledad Salinas, perteneciente al distrito de Tlacolula, uno de los siete distritos políticos que integran a la Región del Mezcal en el estado de Oaxaca, como se muestra en las Figuras 4 y 5 (D.O.F, 1994).

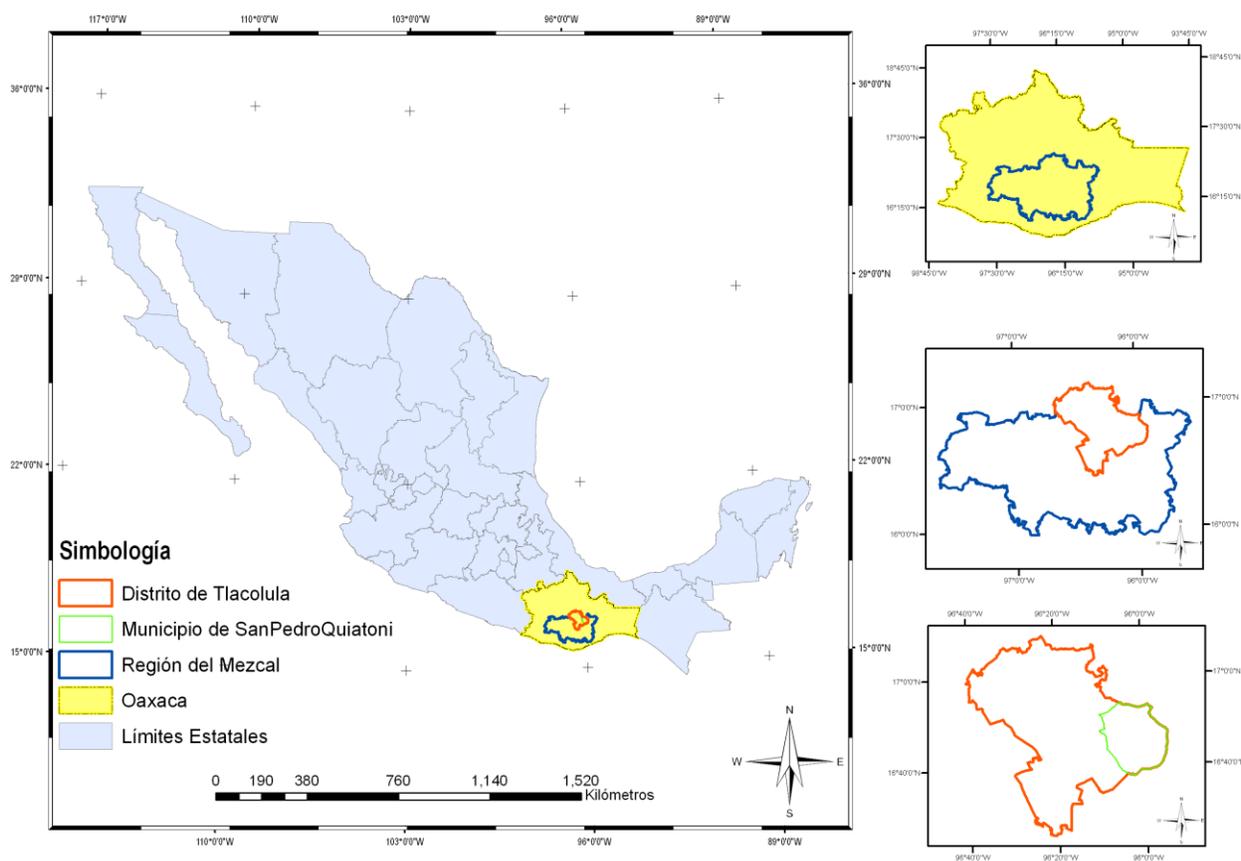


Figura 4. Localización de la Región del Mezcal en el Estado de Oaxaca.

El municipio se encuentra entre los paralelos 16° 37' y 16° 54' de latitud norte y los meridianos 95° 54' y 96° 11' de longitud oeste. Sus colindancias son: al norte con los municipios de San Juan del Río, Santo Domingo Tepuxtepec, Santa María Tepantlali y San Juan Juquila Mixes; al este con los municipios de San Juan Juquila Mixes y San Carlos Yautepec; al sur con los municipios de Santa Ana Tavela, Nejapa de Madero, San Carlos Yautepec y San Pedro Totolapa; al oeste con los municipios de San Pedro Totolapa, Tlacolula de Matamoros, San Lorenzo Albarradas y San Juan del Río (INEGI, 2010).

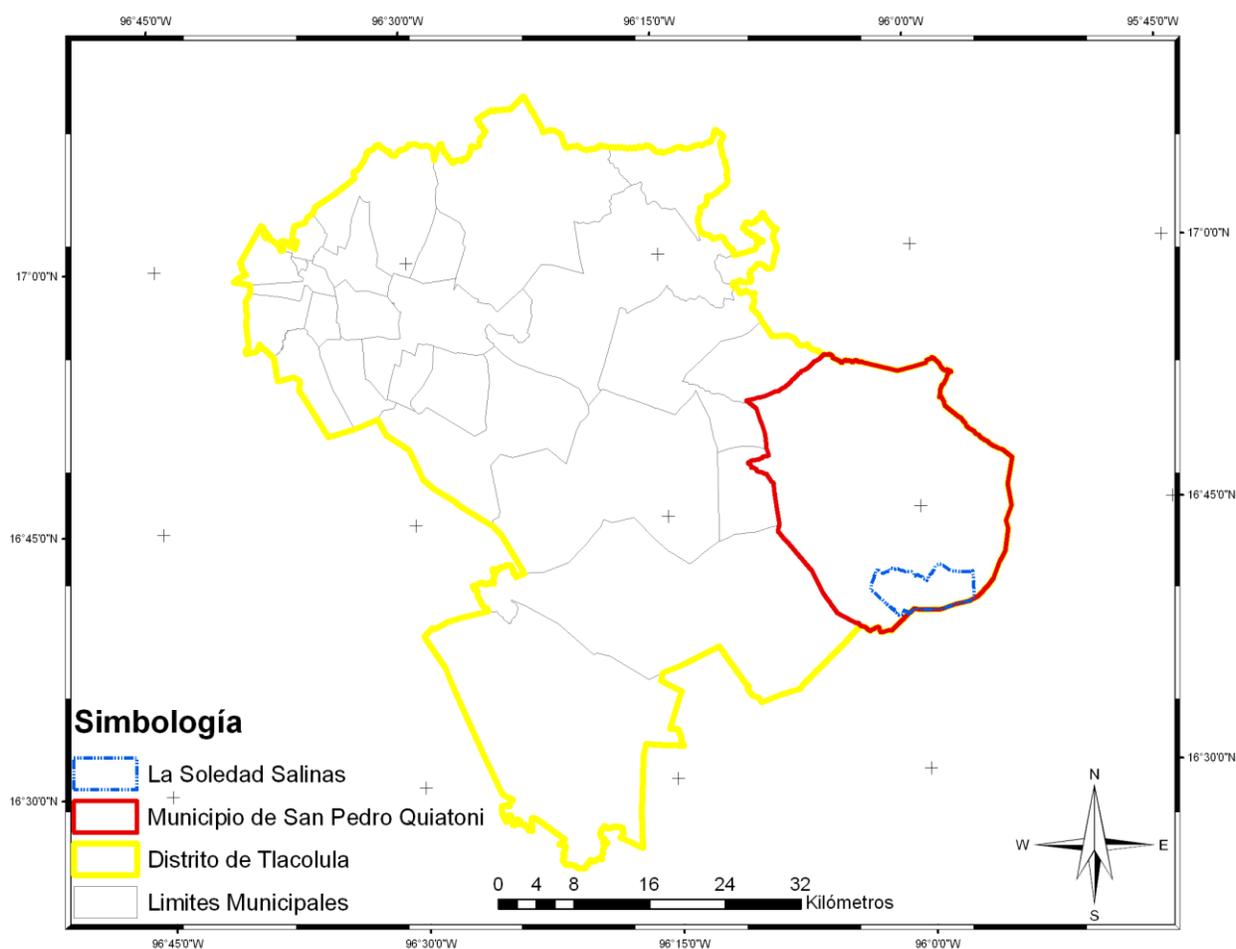


Figura 5. Localización del Municipio de San Pedro Quiatoni y la Localidad de La Soledad Salinas, Oaxaca.

4.1.2 Fisiografía

El municipio de San Pedro Quiatoni se encuentra en la provincia Sierra Madre del Sur, dentro de la subprovincia Sierras Orientales (74.83%) y Sierras y Valles de Oaxaca (25.17%) y su sistema de topoformas en la Sierra Alta Compleja (58.19%), Sierra Baja Compleja (25.17%) y Sierra de Cumbres Tendidas (16.64%) (Figura 6). En la Localidad de La Soledad Salinas, se tiene fisiografía de Alta y Baja Compleja (INEGI, 2001).

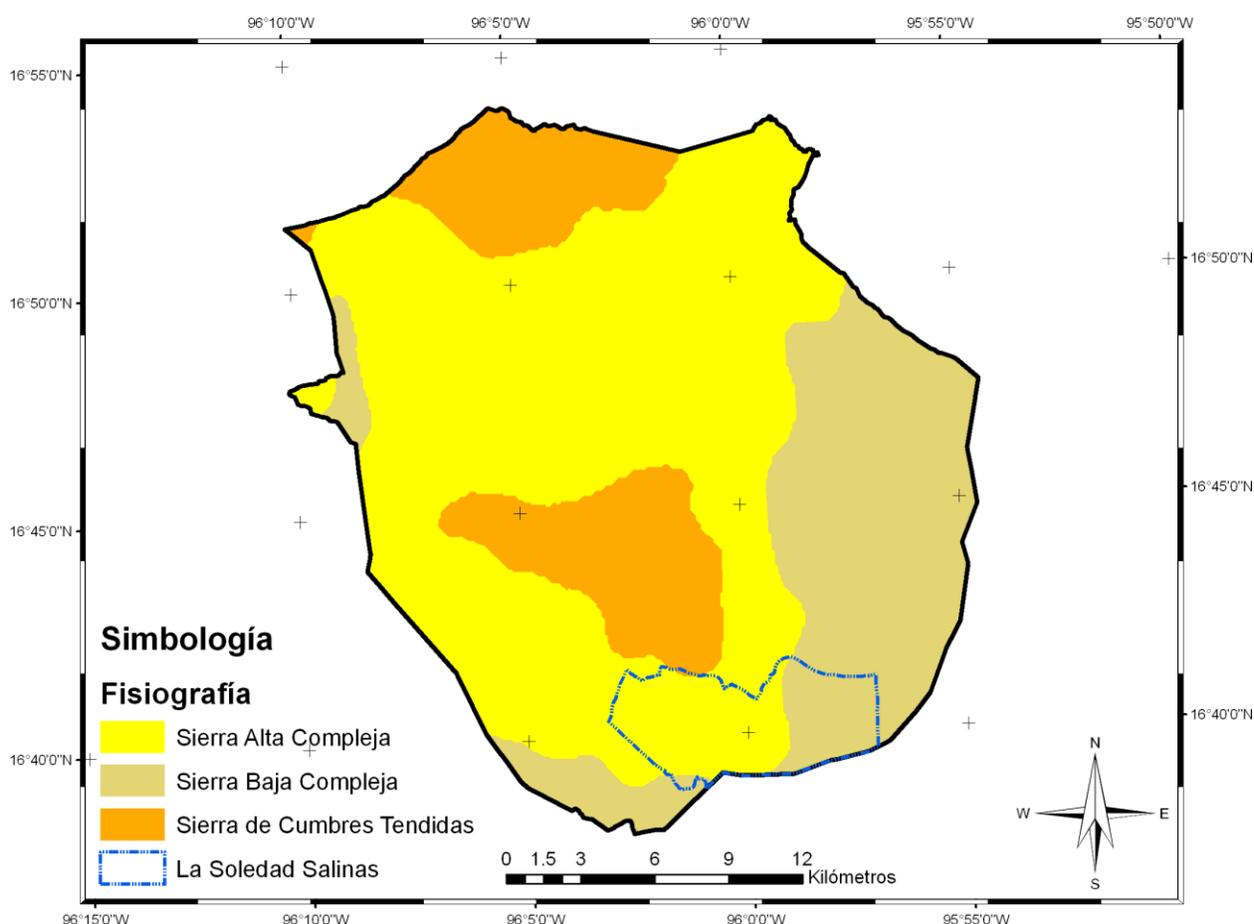


Figura 6. Descripción de la Fisiografía en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.

4.1.3 Topografía

4.1.3.1 Relieve

La altitud en San Pedro Quiatoni varía desde 544 hasta 2,527 metros, lo cual genera una topografía variable. Las áreas bajas se localizan al sur y al este del municipio y las partes altas al centro y al norte (Figura 7). La localidad de La Soledad Salinas tiene una altura de 544 hasta 1200 metros (INEGI, 2013).

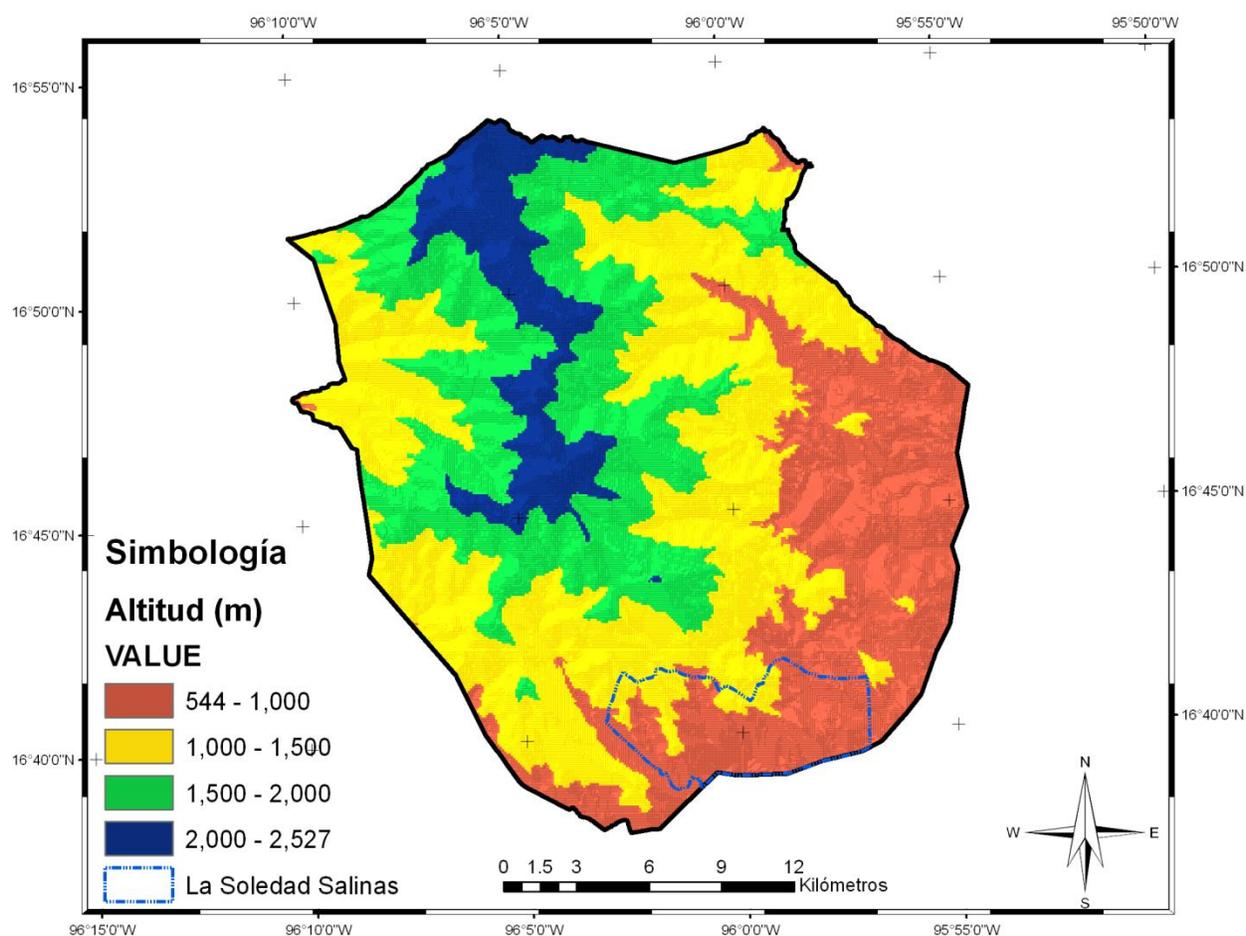


Figura 7. Altitud en el municipio de San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.

4.1.3.2 Pendiente

Las pendientes que se tienen en San Pedro Quiatoni varían de 0% hasta 121%. En la Figura 8 se puede apreciar que las pendientes más bajas se encuentran en la parte sureste del municipio, coincidiendo con la localización de las áreas con menor altitud. En donde se ubica La localidad de La Soledad Salinas se tienen pendientes de 0 hasta 60% (INEGI, 2013).

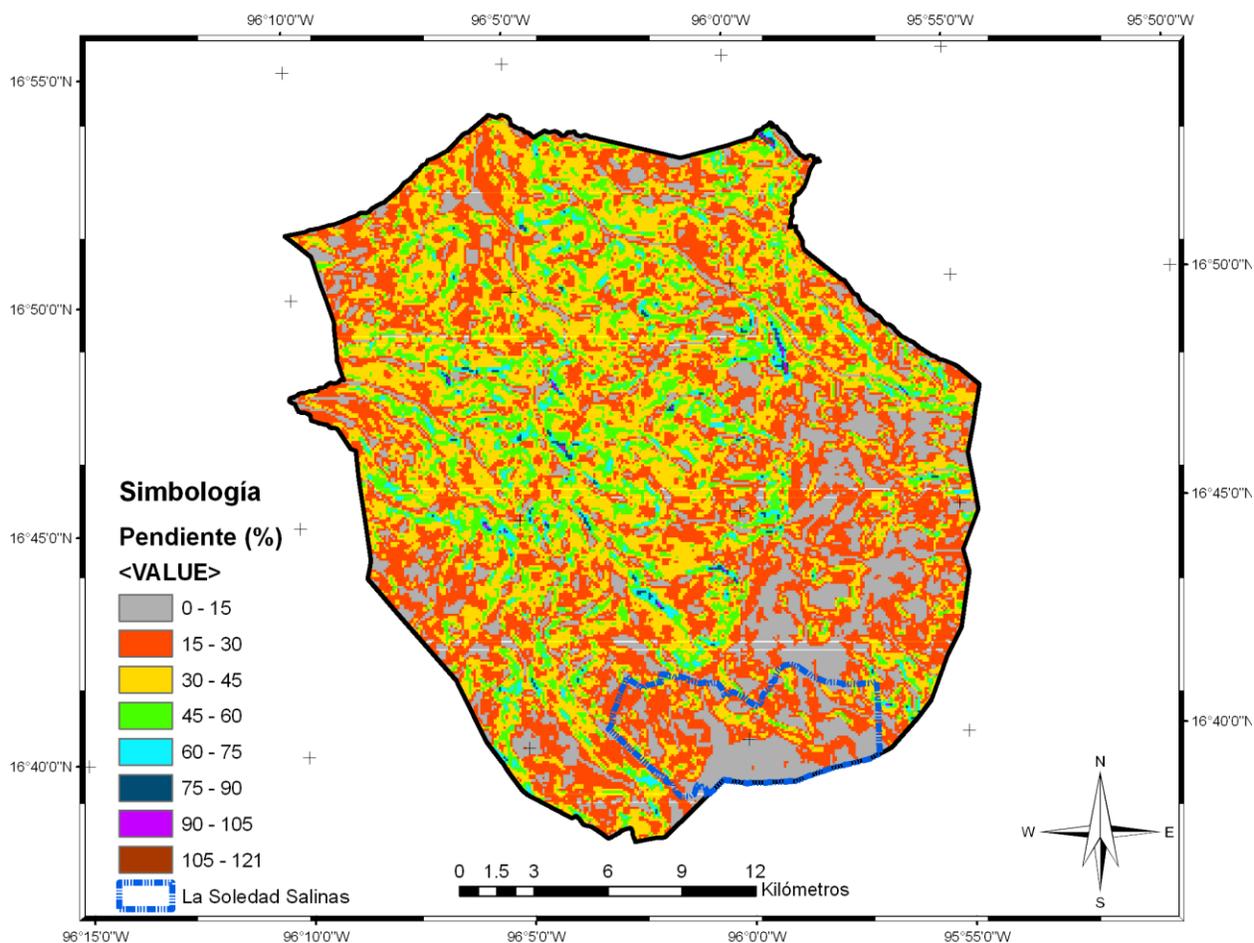


Figura 8. Pendientes en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.

4.1.4 Clima

4.1.4.1 Temperatura

La temperatura media anual varía de 15.8 °C hasta los 23.8 °C (Figura 9) y se observa una relación inversa con la variable de altitud debido a que las temperaturas bajas coinciden con las áreas más altas y ocurre lo contrario con las temperaturas altas. En La Soledad Salinas se tienen rangos de temperatura de 21 °C hasta 23.8 °C (Serrano *et al.*, 2005).

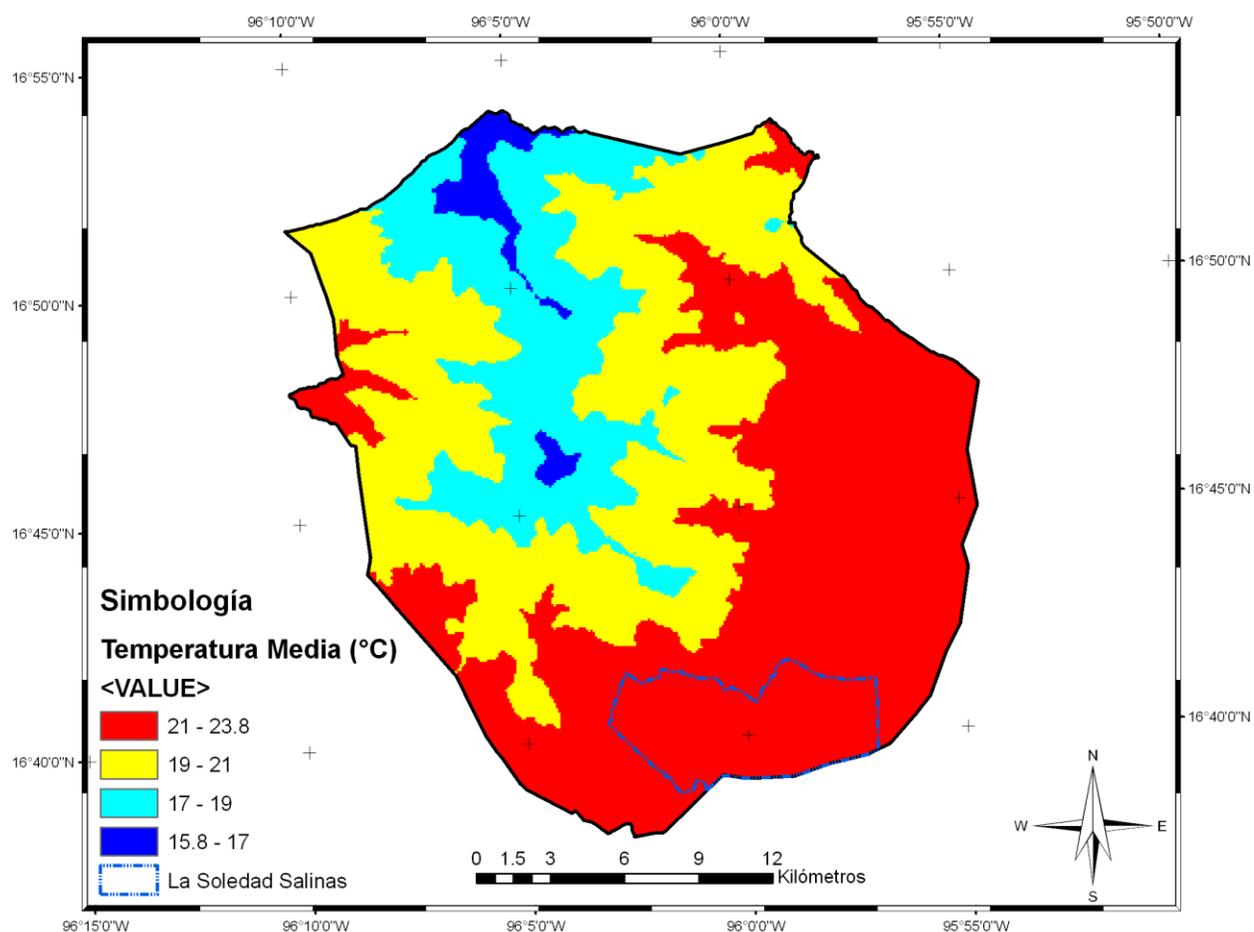


Figura 9. Temperatura Media Anual en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.

4.1.4.2 Precipitación

La precipitación varía de 635 milímetros hasta 1,315 mm. El área más seca está en la parte sur del municipio; mientras que, donde más llueve es en el norte (Figura 10). En este caso se tiene una relación directa con la altitud debido a que a mayor altitud se tienen mayores valores de precipitación. En La Soledad Salinas, la precipitación anual varía de 637 milímetros hasta 800 milímetros (Serrano *et al.*, 2005).

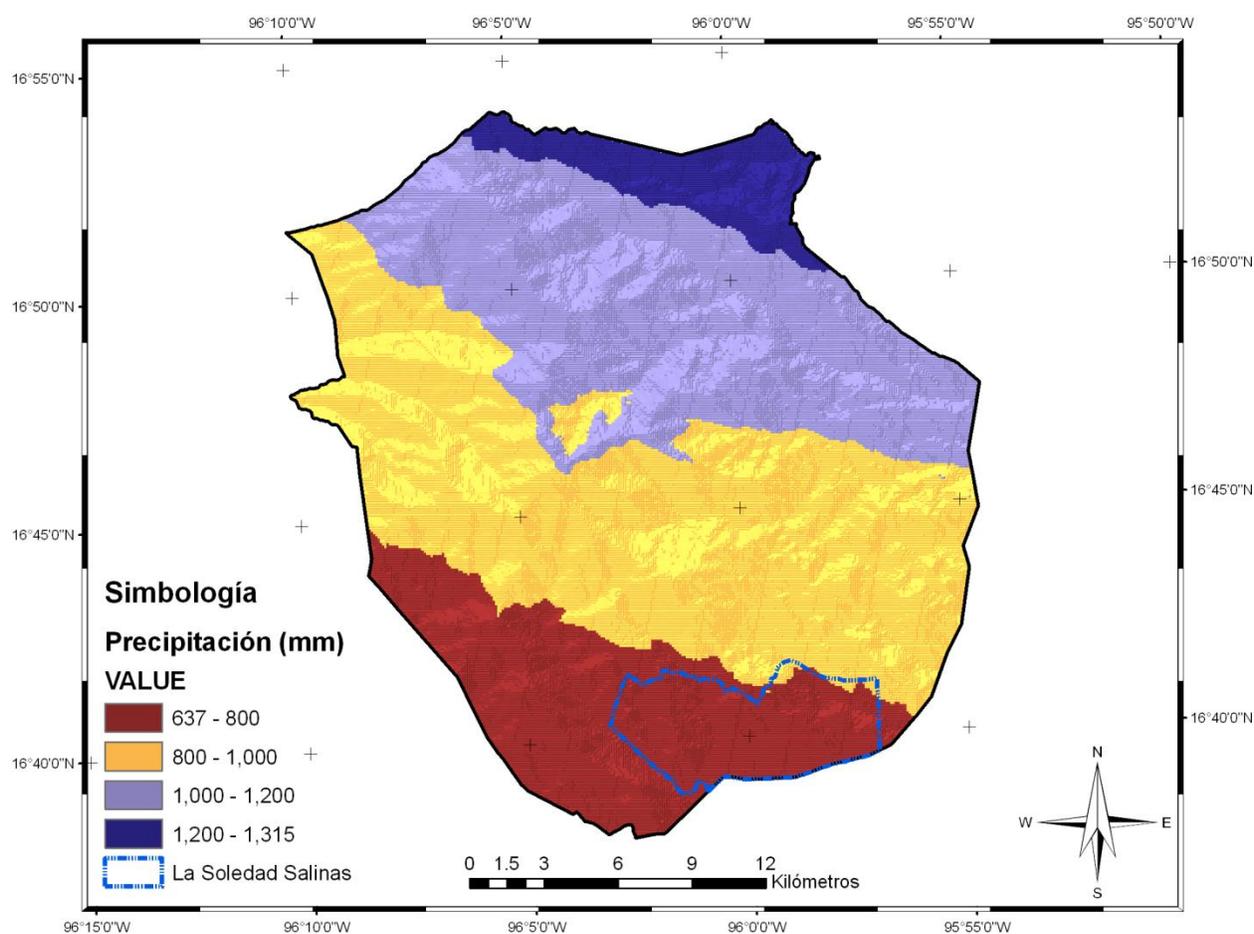


Figura 10. Precipitación Anual en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.

4.1.4.3 Tipos de Clima

Los tipos de clima existentes son congruentes con las condiciones de altitud mencionadas anteriormente y se distribuyen en franjas concéntricas (Figura 11). Los climas secos (BS_1 y BS_0) se localizan al sur y al este; mientras que los climas semicálidos (A)C se ubican cerca de la parte central y el clima más húmedo (C) en las partes más altas al norte y centro del municipio (García, 1988). En la localidad predominan el clima semicálido (A)C y el clima seco BS_1 (INEGI, 2000).

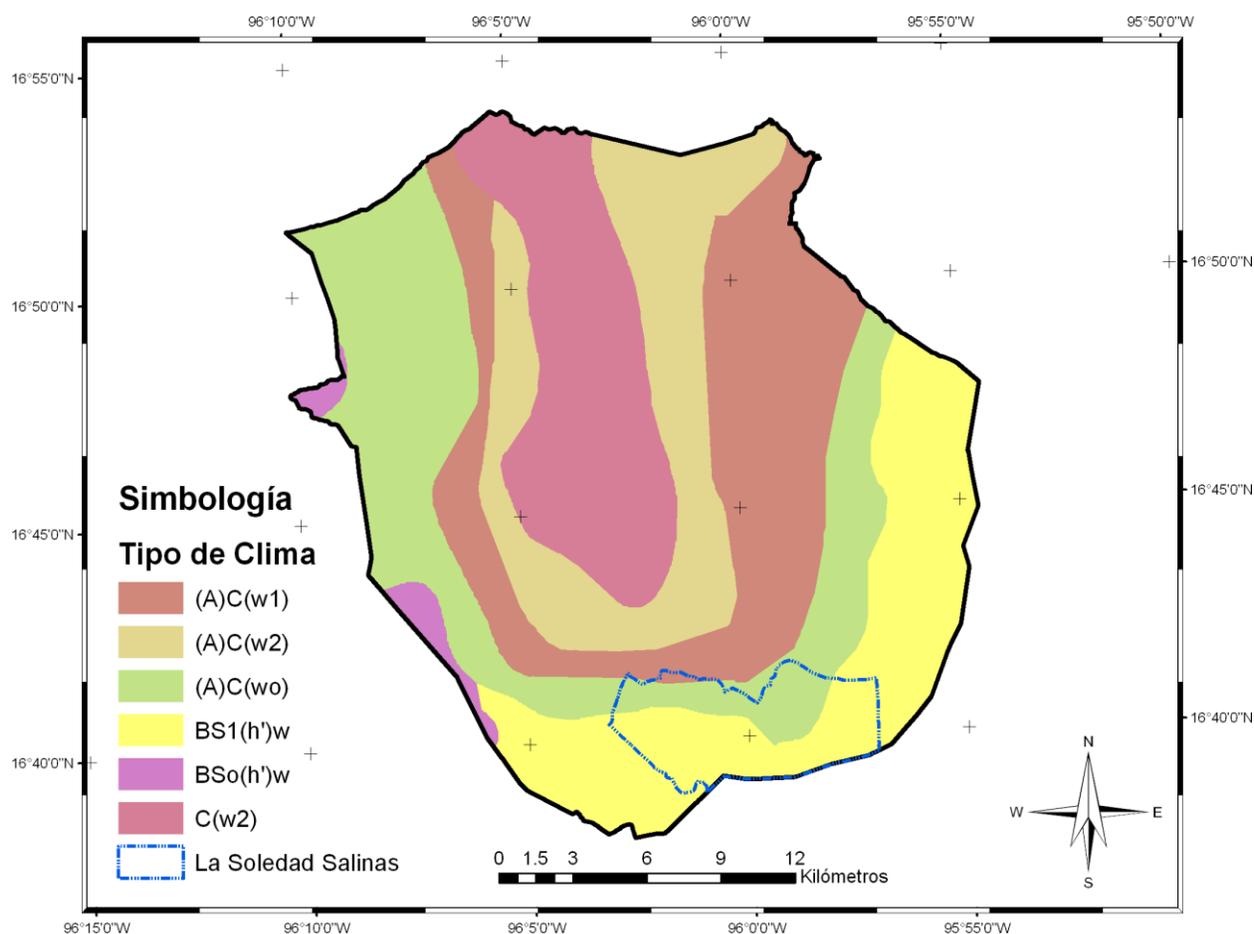


Figura 11. Tipo de clima en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.

4.1.5 Edafología

Se han reportado siete unidades de suelo, de acuerdo con INEGI (2011), en su versión más reciente serie II. Entre las unidades que dominan por superficie en San Pedro Quiatoni, se encuentran Leptosol, Feozem, Luvisol, Cambisol y Regosol (Figura 12). Con respecto a la Localidad de La Soledad Salinas, de acuerdo con INEGI, predomina Phaeozem, Kastañozem, Luvisol y en menor porción el Leptosol.

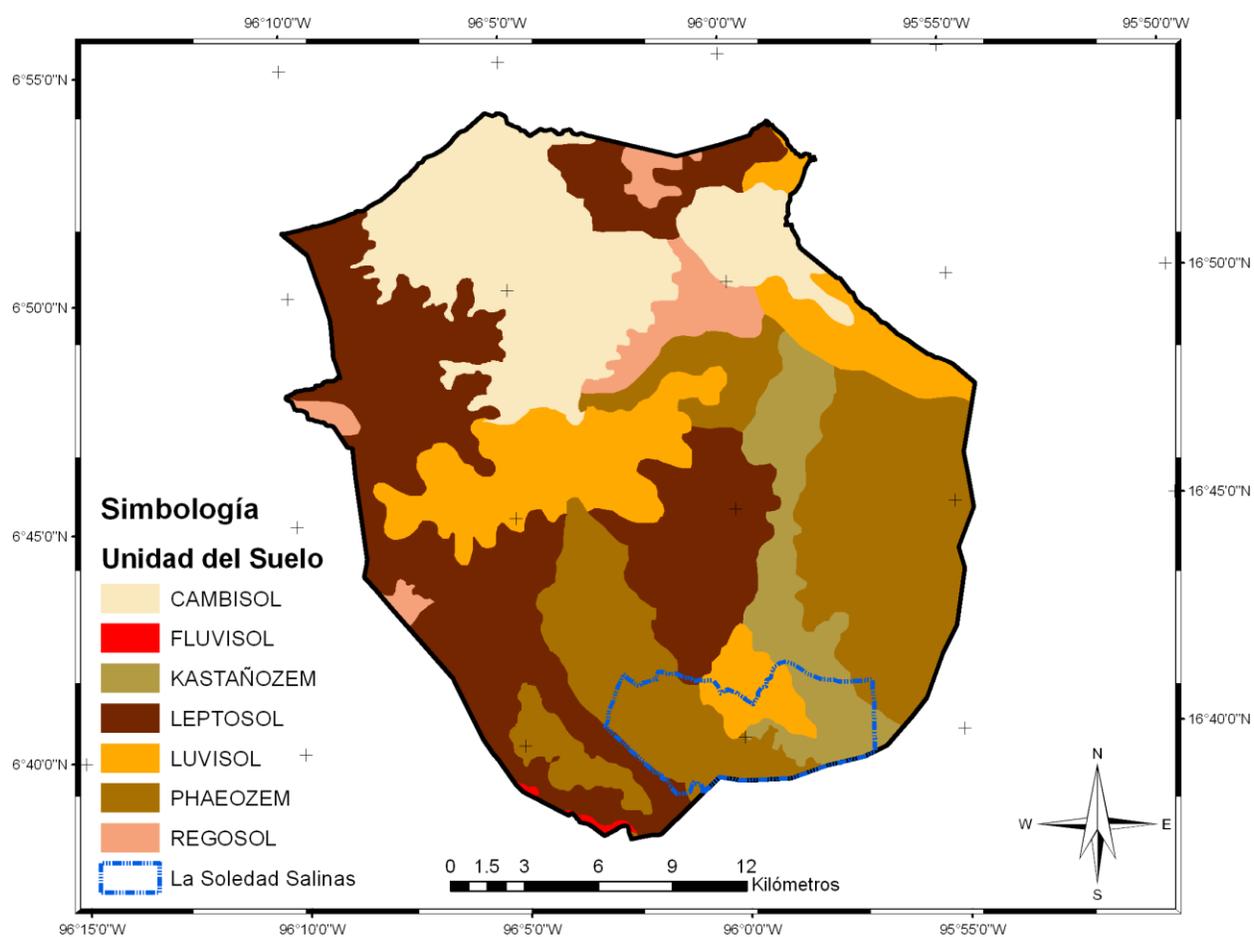


Figura 12. Distribución de las Unidades de Suelo en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.

4.1.6 Vegetación y Uso del suelo

La vegetación presente que domina es Selva Baja Caducifolia, siguiéndole el bosque de encino, bosque de pino, bosque de pino-encino (Figura 13) y en menor superficie esta la agricultura de temporal (INEGI, 2007). En la localidad de La Soledad Salinas sólo se tiene presencia de Selva Baja Caducifolia y Agricultura de Temporal.

7

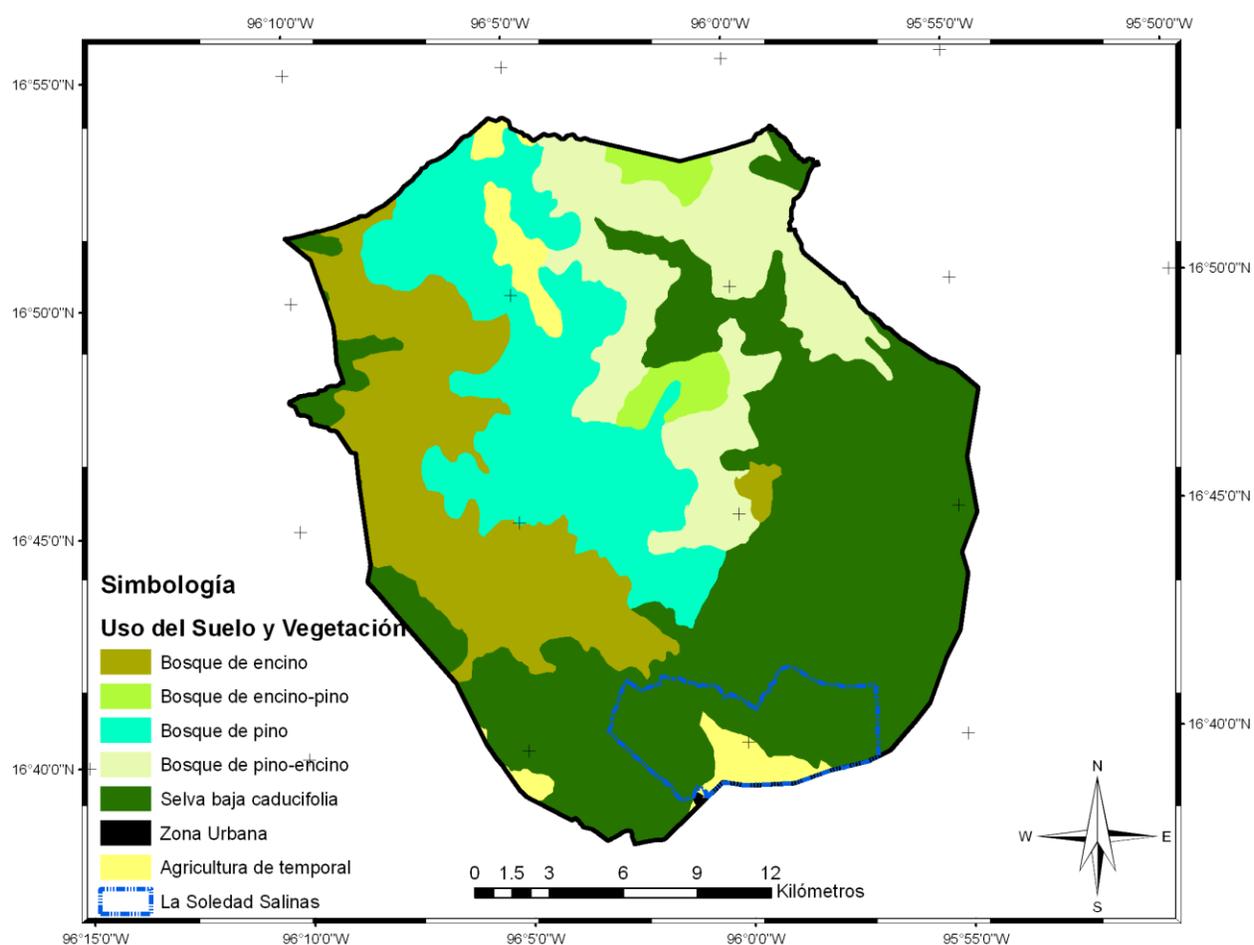


Figura 13. Vegetación y Uso del Suelo en San Pedro Quiatoni y La Soledad Salinas, Oaxaca.

4.1.7 Geología

La geología de San Pedro Quiatoni, Oaxaca indica que predominan las rocas ígneas extrusivas acidas, siguiéndole las calizas. Las rocas extrusivas intermedias y las rocas areniscas son las se presentan en menor proporción en el municipio (Figura 14). En La Soledad Salinas, domina el tipo de roca Ígnea Extrusiva Acida, Arenisca y en menor proporción la Caliza (INEGI, 1984).

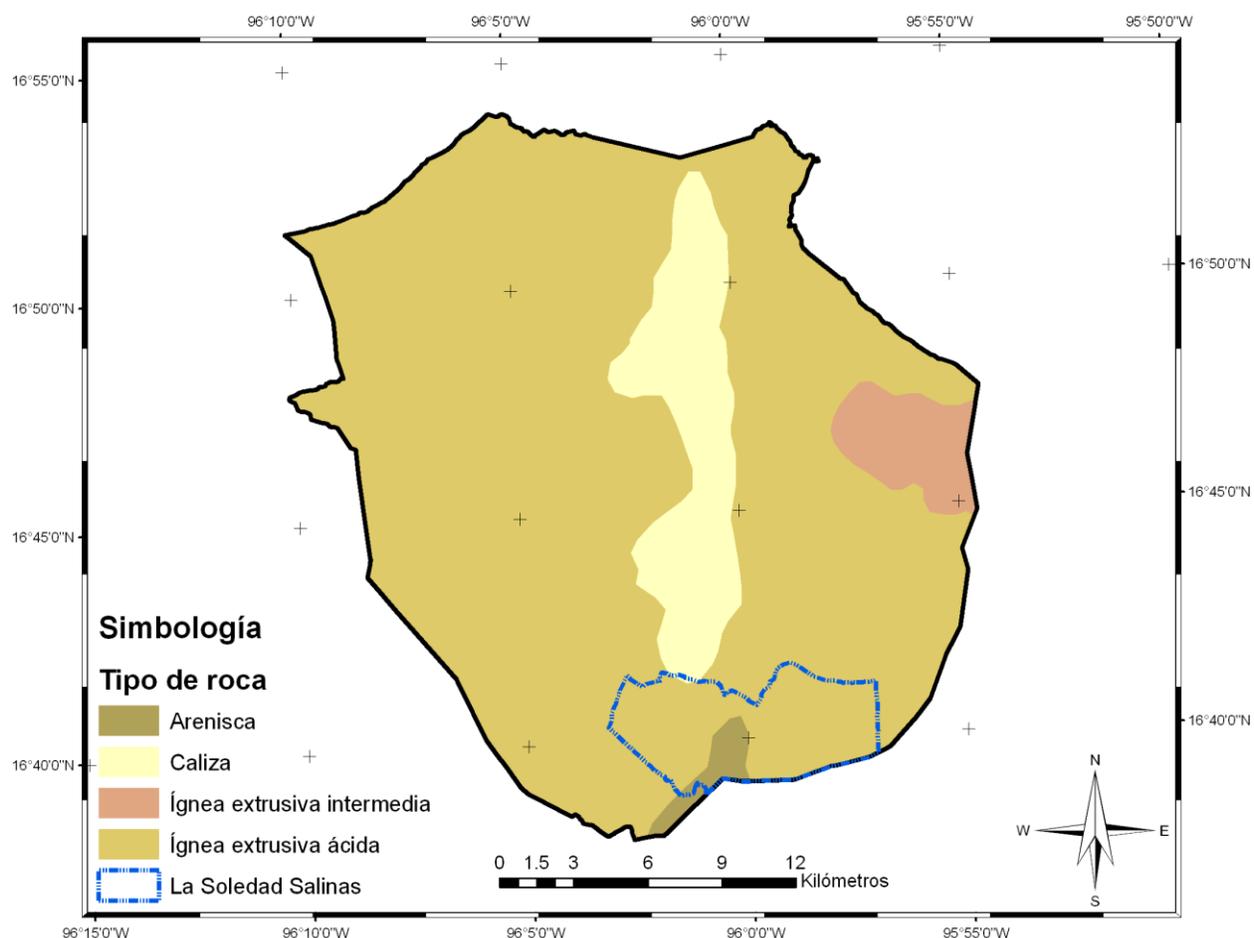


Figura 14. Geología por Tipos de Roca en San Pedro Quiatoni, Oaxaca.

Las rocas areniscas, ígneas extrusivas intermedias e ígneas extrusivas acidas corresponden a la era del cenozoico, mientras que la roca caliza pertenece a la era del mesozoico.

4.2 Metodología

El presente trabajo se realizó en la localidad de “La Soledad Salinas”, municipio de San Pedro Quiatoni y se llevó a cabo en siete etapas, las cuales se describen a continuación brevemente:

4.2.1 Recorridos de Campo en el Área de Estudio

Como etapa inicial del estudio se realizaron recorridos de campo con las autoridades de la Subcomunidad Agraria para reconocer los límites territoriales de la localidad y los diferentes caminos que la comunican.

4.2.2 Identificación de las Clases de Tierra Productoras de Agave

De acuerdo con la metodología de Williams y Ortiz (1981), se llevaron a cabo entrevistas a productores, para la identificación de las clases de tierra. Sin embargo, en el presente trabajo por tratarse de un cultivo específico se realizó la modificación consistente en la elaboración de un cuestionario con preguntas orientadas al reconocimiento de la calidad del maguey. Se seleccionaron como informantes clave a los productores de maguey con una participación libre, espontánea y no remunerada. No todos los productores contestaron lo que se les preguntaba, si no, solo parte de ellas. La aplicación del cuestionario estuvo condicionado al aporte de conocimientos nuevos, es decir, cuando la información comenzó a ser repetitiva, se terminó la aplicación de cuestionarios.

4.2.3 Mapa de Clases de Tierra

El mapa de clases de tierras se realizó con base en la metodología propuesta por Ortiz *et al.* (1990). Para ello, se realizaron otros recorridos de campo con miembros del Comité de la Subcomunidad Agraria, quienes indicaron donde iniciaban y terminaban cada una de las clases de tierras y apoyándose con una imagen de satélite QuickBird como mapa base, se trazaron sobre ella los límites entre las clases de tierra.

4.2.4 Clasificación de Suelos de las Clases de Tierra con el Sistema de la Taxonomía de Suelos y la WRB

Se realizaron perfiles de suelos de las diferentes clases de tierras, los cuales se describieron con base al manual de Cuanalo, (1990) y se tomaron muestras de suelo de cada horizonte identificado para realizar análisis de laboratorio, físicos y químicos. Posteriormente, con los datos de campo y laboratorio se clasificaron los suelos con los sistemas Taxonomía de Suelos y la WRB.

4.2.5 Definición del Concepto Local de Calidad del Maguey

A partir de los cuestionarios aplicados a productores de maguey se analizaron sus respuestas para obtener la información sobre la definición del concepto de calidad del maguey.

4.2.6 Evaluación del Contenido de Azúcares y Determinación del Color de Magueyes en las Clases de Tierra

Mediciones de grados Brix (°Brix) que representan el contenido de azúcares en el maguey se condujeron en las diferentes clases de tierra. Para ello, se utilizó el

refractómetro Atago ATC 1E Brix 0-32 y Atago ATC 2E Brix 28-62. Una técnica forestal se usó con un Taladro Pressler de 13 pulgadas y se extrajo una muestra de la piña del maguey para la medición.

Para obtener una estimación cualitativa del color del maguey como indicador del grado de madurez se utilizó la carta de colores de la Royal Horticultural Society.

4.2.7 Análisis de Resultados

Con los resultados obtenidos de los cuestionarios y las mediciones de grados Brix se buscó su relación con las diferentes clases de tierra, así como con las propiedades de suelos que resultaron de los análisis de laboratorio.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Clases de Tierras Productoras de Maguey Mezcalero

5.1.1 Información sobre las Clases de Tierra

Las clases de tierra productoras de maguey mezcalero se identificaron por medio de entrevistas a productores y recorridos de campo con autoridades y miembros de la Subcomunidad Agraria de la localidad de “La Soledad Salinas”, del Municipio de San Pedro Quiatoni. Estas autoridades se rigen por usos y costumbres y tienen la obligación de prestar servicio un año a la comunidad con la responsabilidad de atender problemas relacionados con las tierras. Ellos cuentan con un Comité de Vigilancia, cuyos integrantes son los encargados de realizar los recorridos de campo en la comunidad, lo que les permite tener conocimiento de las diferentes clases de tierras y sus linderos.

En los recorridos de campo se pidió a los integrantes de la Subcomunidad Agraria que indicaran las clases de tierras en las que se cultiva el maguey mezcalero, así como, una breve descripción de sus características y propiedades de cada una de ellas. Las características que más se mencionaron fueron el color, tamaño de piedras, la retención de humedad, y veteo (grietas). Esta información permitió obtener datos para diferenciar a seis clases de tierras y sus características, para reconocerlas durante los recorridos de campo. La ayuda de la Subcomunidad Agraria, fue de suma importancia, debido a que en esta región, la gente habla su lengua nativa, la cual es el Zapoteco de la Región de Valles Centrales de Oaxaca y para algunos productores que no entienden el español, los miembros de la Subcomunidad Agraria sirvieron como traductores de la información que aportaba durante la entrevista.

La información de cada una de las clases de tierras fue obtenida a través de una participación libre, espontánea y no remunerada de los productores y se dejó de realizar entrevistas cuando la información comenzó a ser repetitiva. En primer término se le preguntó a los productores como le llamaban a la clase de tierra en la que se encontraban trabajando mientras se tenía una plática con ellos. Todos los productores

identificaron las clases de tierras en Zapoteco y los productores que hablan el español, proporcionaron su nombre en este idioma. Las clases de tierra identificadas fueron las siguientes: Yuu gitaák (Tierra Pedrero), Yuu gebriu (Tierra de Cascajo), Yuu sea (Tierra Colorada), Yuu seed (Tierra Terrero), Yuu nkich (Tierra Blanca) y Yuu llas (Tierra Negra). En los siguientes párrafos se describen las características más relevantes, transcribiendo las opiniones de los productores, de las diferentes clases de tierra y se ilustran con una fotografía del paisaje.

5.1.2 Tierra Pedrero (Zapoteco, Yuu gitaák)

Esta clase de tierra tiene mucha piedra en proporciones que pueden llegar hasta un 90%. En esta tierra se obtienen piñas de maguey con un peso de 200 a 250 kg y se caracteriza porque guarda mucha humedad en el suelo debido al número de piedras. Por ello en esta clase de tierra el maguey siempre está verde y es donde crece más, sobre todo cuando se acaba de rozar el terreno (eliminar vegetación nativa de Selva Baja Caducifolia) y la calidad de esta tierra se mantiene durante los dos primeros ciclos porque la tierra es nueva.



Figura 15. Clase de Tierra Pedrero

5.1.3 Tierra Colorada (Zapoteco, Yuu sea)

Es una tierra de color rojizo con presencia de gravilla, tiene exposición al sol durante todo el día, no es pegajosa, tiene pedregosidad pero en menor proporción que en la Tierra Pedrero y se puede trabajar cuando la tierra esta mojada.



Figura 16. Clase de Tierra Colorada

5.1.4 Tierra Blanca (Zapoteco, Yuu nkich)

Es una tierra de color blanco, suelta, salada con poca piedra, no es pegajosa, no es chiclosa y no es buena para la producción de maguey porque produce un maguey con poco jugo, tamaño y peso. Es una tierra de cal en la que el exceso de agua impide el buen desarrollo del maguey y éste no tiene azúcar.



Figura 17. Clase de Tierra Blanca

5.1.5 Tierra de Cascajo (Zapoteco, *Yuu gebriu*)

Es una clase de tierra con menos piedra (aproximadamente un 60%) y más pequeña que en la Tierra Pedrero, además de que tiene piedrillas y gravilla. En la ladera guarda humedad y tiene más fuerza para el maguey. Es la tierra que más le gusta al maguey porque sus raíces pueden crecer mejor, pero por las piedras sólo se puede trabajar con la barreta para hacer los cajetes para el maguey. Los productores reconocen diferentes tierras de cascajo de acuerdo al color (Blanco, Negro y Colorado).



Figura 18. Clase de Tierra de Cascajo Colorado

5.1.6 Tierra Negra (Zapoteco, Yuu llas)

Esta clase de tierra se localiza en el llano, no guarda mucha humedad, es muy chiclosa y se caracteriza porque se vetea (presencia de grietas), además de que no tiene nutrientes. Se inunda en época de lluvias porque no le entra el agua y se estanca, además de que en época de cuaresma (secas) la planta se marchita mucho por la falta de agua. Esta tierra produce un maguey de 100 a 150 kg.



Figura 19. Clase de Tierra Negra

5.1.7 Tierra Terrero (Zapoteco, Yuu seed)

Es una clase de tierra suelta que se encuentra en las partes planas, es muy resbalosa cuando llueve y no se puede entrar a laborar. Es buena para el maguey porque éste si crece, pero no tiene mucho peso. Esta tierra retiene poca humedad y se marchita el maguey en época de secas.



Figura 20. Clase de Tierra Terrero

5.2 Cartografía de Clases de Tierras productoras de maguey mezcalero.

La cartografía de las clases de tierras se efectuó a partir de la identificación realizada por los integrantes de la Subcomunidad Agraria de la localidad y utilizando como mapa base a una imagen de satélite QuickBird con fecha de toma del 13 de enero del 2013 y con una resolución de 60 centímetros por pixel.

En esta imagen (Figura 21), se observa en primer término la zona urbana de La Soledad Salinas en la parte central y algunas áreas agrícolas distintivas principalmente en las áreas al sur, sureste y al este del pueblo. La línea sólida que atraviesa la imagen es el límite entre el Municipio de San Pedro Quiatoni (al norte) y Nejapa de Madero.

Con el objeto de mostrar la distribución espacial de las parcelas identificadas por los productores, en ésta imagen también se muestra que la Tierra Pedrero es la que tiene la mayor cobertura en la zona de estudio, mientras que la Tierras de Cascajo y Tierra Blanca, se concentran en la parte sureste del pueblo. La Tierra Colorada se localiza en la parte noroeste en donde también se encuentran parcelas con Tierra Negra al igual que en la zona sureste. Por su parte, las Tierras Terrero y Cascajo Colorado y Cascajo Negro, ocupan lugares muy específicos que no representan una superficie significativa, es decir, no son cartografiables.

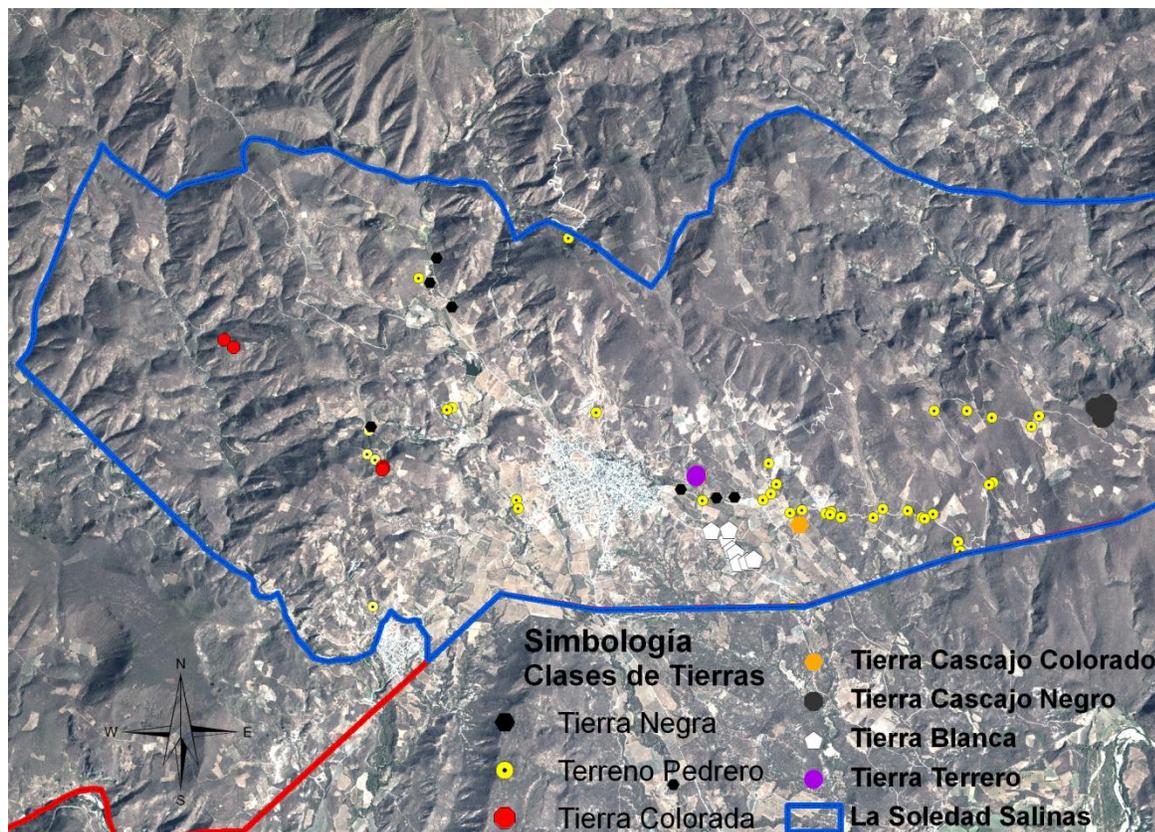


Figura 21. Distribución de las Clases de Tierras.

Los linderos de las clases de tierras identificados por los productores se trazaron durante los recorridos de campo sobre una copia impresa de la imagen de satélite (Figura 21). Posteriormente, los linderos fueron digitalizados y se obtuvieron los polígonos de las diferentes clases de tierras (Figura 22). Es importante señalar que aunque en campo se identificaron a seis clases de tierra, la clase denominada Terrero, no ocupa una superficie significativa y la Tierra Blanca con un área mínima se ubica dentro del polígono de la clase de Tierra de Cascajo y por ello no aparecen como polígonos, no son cartografiables a la escala usada, en el mapa generado de clases de tierras.

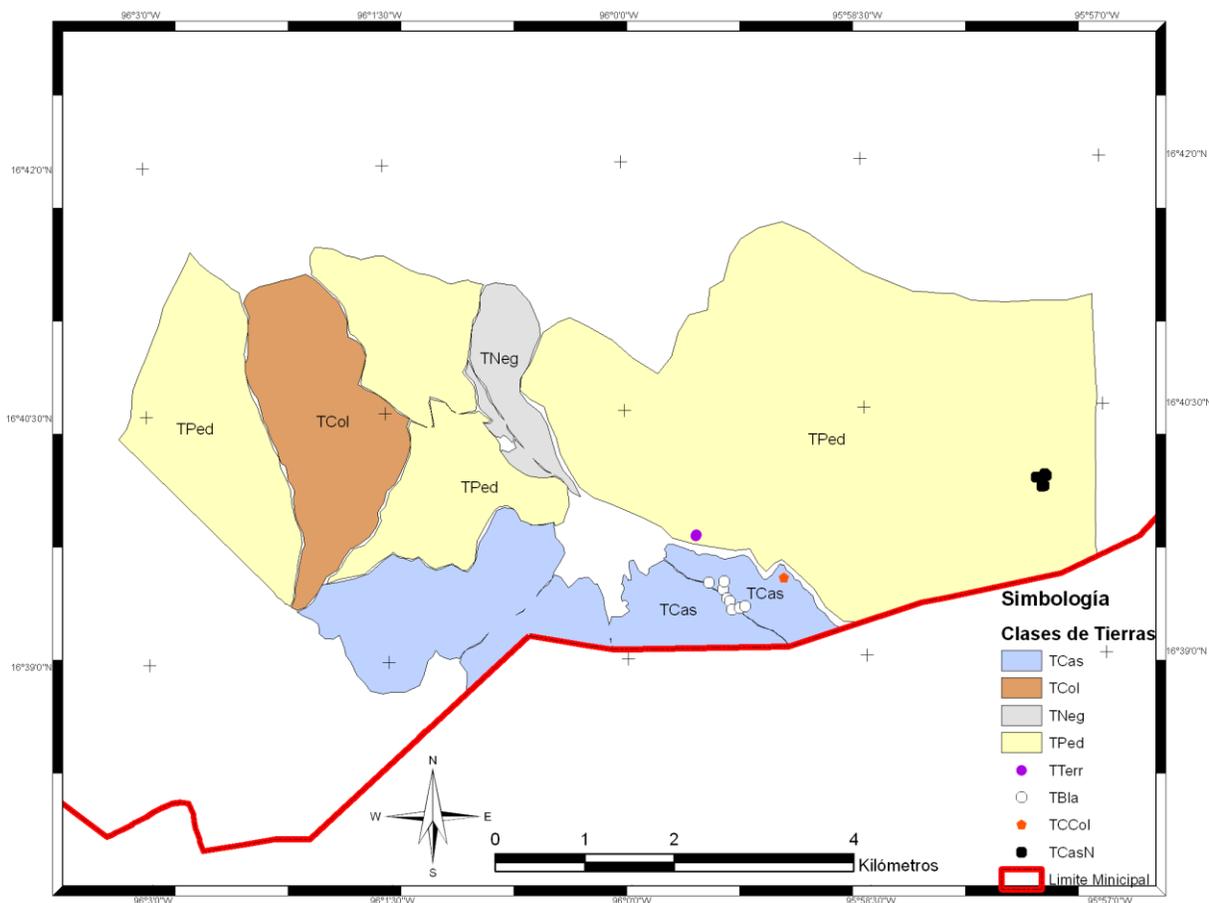


Figura 22. Clases de tierra identificadas en la localidad de La Soledad Salinas, Oaxaca.

Posteriormente sobre el mapa de clases de tierras, se cuantificó su superficie, dominando la Tierra Pedrero con 2,703 ha, seguida por la Tierra de Cascajo, la Tierra Colorada y al final la Tierra Negra como se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clases de Tierras productoras de maguey mezcalero en La Soledad Salinas, Oaxaca.

Clase de tierra		Superficie	Extensión
Zapoteco	Español	(ha)	(%)
Yuu gitaák	Tierra Pedrero	2,703.0	71.3
Yuu gebriu	Tierra de Cascajo	581.0	15.3
Yuu sea	Tierra Colorada	377.0	10.0
Yuu llas	Tierra Negra	128.0	3.4
		3,789.0	100.0

5.3. Clasificación de Suelos

Un perfil de suelo se describió por cada una de las clases de tierras, excepto para la Tierra Blanca. En el caso de la tierra de Cascajo se describieron tres perfiles (Cascajo Colorado, Cascajo Blanco y Cascajo Negro) para un total de siete perfiles. Los análisis de laboratorio físicos y químicos (Anexo I, donde están las descripciones de los perfiles, de las clases de Tierra Colorada, Pedrero, Terrero, Negra y Cascajo (Negro, Colorado y Blanco)) se realizaron con la finalidad de realizar la clasificación de los suelos donde se cultiva el agave.

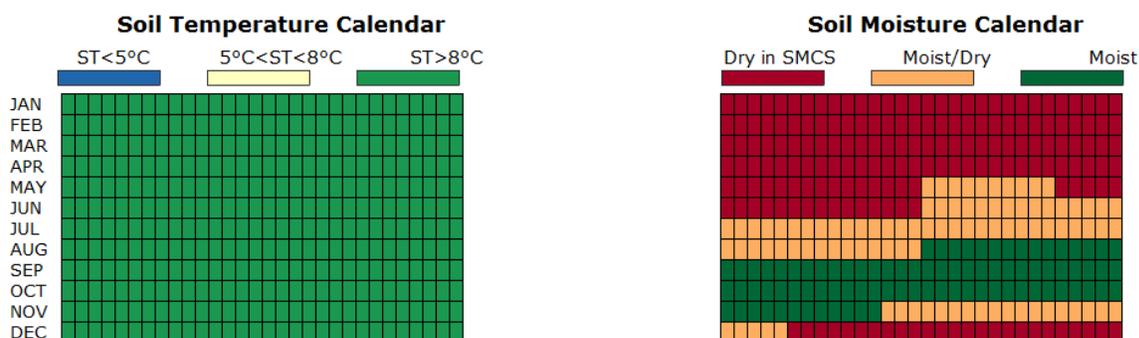
5.3.1 Sistema de Taxonomía de suelos

De acuerdo con las Claves de la Taxonomía de Suelos (2010) se requiere determinar los horizontes de diagnóstico, epipedones y horizontes subsuperficiales y propiedades de diagnóstico.

En relación a los horizontes de diagnóstico en el área de estudio para las clases de Tierra Colorada, Pedrero, Cascajo Colorado y Cascajo Negro, no presentan horizontes de diagnóstico, a diferencia de la Tierra Negra que tiene propiedades vérticas, y la

Tierra Cascajo Blanco, donde la presencia de carbonato de calcio secundarios en todo el perfil del suelo.

El Epipedon Ocrico se definió en los siete perfiles analizados. Con respecto a las propiedades de diagnóstico fue necesario definir a los regímenes de humedad y temperatura; para ello, se utilizaron los datos de la estación identificada con la clave 20184 y denominada Camarón Yautepec. La localización geográfica de esta estación es en una latitud norte de 16.5033 grados y una longitud oeste de 96.1083 grados y tiene una elevación de 846 m. Los datos analizados comprenden el periodo de 1951 – 2010 y corresponden a sus normales históricas. Con el uso del Programa de Simulación Newhall se encontró que el Régimen de Temperatura del suelo es Isohipertérmico y el Régimen de Humedad del Suelo es Ústico. Se generó un calendario de Temperatura del Suelo y Humedad del Suelo, datos que son utilizados para realizar la clasificación de suelos (Figura 23).



*Soil Climate terms include Soil Moisture Regime and Soil Temperature Regime classes as defined in Soil Taxonomy, 1975 and Subgroup Modifiers (Tentative Subdivisions of Moisture Regimes) as proposed in Newhall source code (Van Wambeke, et al., 2000 and Van Wambeke, 1982) and not the moisture subgroups used in the Keys to Soil Taxonomy, 2010

Figura 23. Calendarios de Temperatura y Humedad del Suelo.

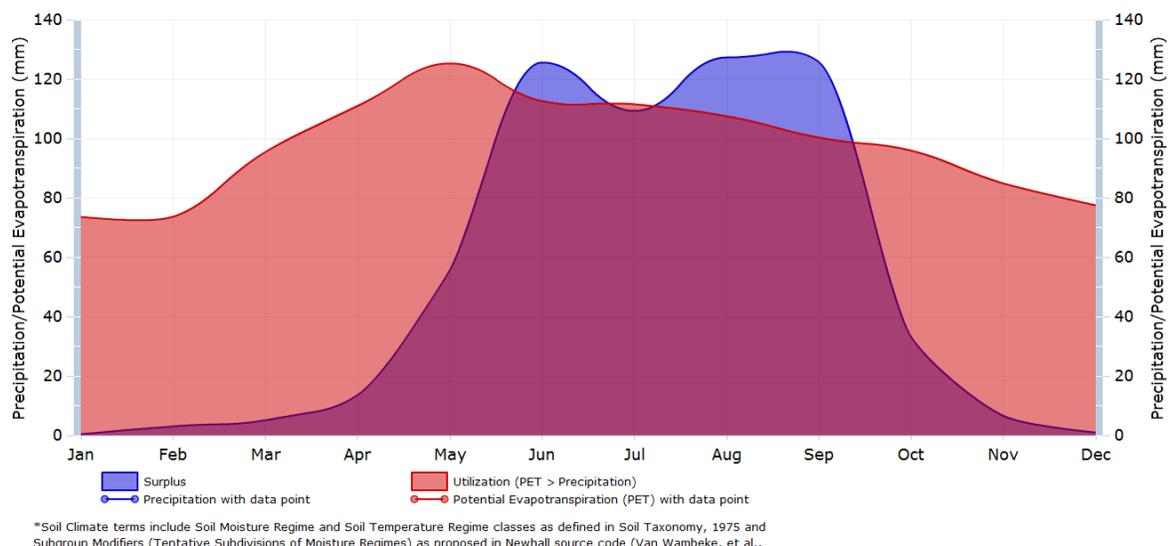


Figura 24. Climograma de Precipitación y Evapotranspiración potencial.

Los suelos de La Soledad Salinas se clasificaron a nivel de Subgrupo de Suelo. Los Órdenes por su importancia son Entisols e Inceptisols. Los primeros representan 81.3% de la localidad y se caracterizan por ser suelos de reciente formación y su desarrollo de horizontes de diagnóstico es casi nulo; mientras que los Inceptisols ocupan solo el 18.7% y son suelos débilmente desarrollados con evidencias de horizontes cámbico, cálcico y un fragipán. Esto implica que son suelos de reciente formación o dicho de otra manera, son suelos que no presentan un desarrollo marcado de horizontes de diagnóstico. Los Subórdenes Orthents, son Entisols que no tienen horizontes desarrollados, debido a que están sobre pendientes muy pronunciadas o prácticamente sobre la roca donde los procesos erosivos limitan la formación del suelo, por lo que siempre son delgados. Estos suelos están presentes en cuatro clases de tierras, además, se presentan los Ustepts, que son Inceptisols con un régimen de humedad ústico, presente en tres clases. Los Grandes Grupos son los Ustorthents (entisoles de régimen ústico sin desarrollo de horizontes), Haplustepts (entisol sin horizontes y sin evolución) y Calciustepts (entisol con carbonatos de calcio). A nivel de Subgrupos se encontró que, la clase de Tierra Colorada, Pedrero, Cascajo Colorado y Cascajo Negro se clasifican como: Lithic Ustortents, es decir, son suelos someros mientras que Tierra Negra se clasificó como: Vertic Haplustepts (propiedades vérticas) y la Tierra Cascajo

Typic Calciustepts (Inceptisol con acumulación de carbonatos de calcio) y la de Terrero como Typic Haplustepts (Inceptisol sin ningún proceso), estas dos clases de tierra, no son significativas, ya que se presentan solo en pequeños manchones en la localidad, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación con la Taxonomía de Suelos de las clases de tierra en La Soledad Salinas, San Pedro Quiatoni, Oaxaca.

Clase de Tierra	Profundidad (cm)	Epipedon	Orden	Suborden	Gran grupo	Subgrupo
Colorada	60	Ocrico	Entisol	Orthents	Ustorthents	Lithic Ustorthents
Pedrero	42	Ocrico	Entisol	Orthents	Ustorthents	Lithic Ustorthents
Cascajo Colorado	30	Ocrico	Entisol	Orthents	Ustorthents	Lithic Ustorthents
Negra	50	Ocrico	Inceptiso I	Ustepts	Haplustepts	Vertic Haplustepts
Cascajo Blanco	50	Ocrico	Inceptiso I	Ustepts	Calciustepts	Typic Calciustepts
Cascajo Negro	55	Ocrico	Entisol	Orthents	Ustorthents	Lithic Ustorthents
Terrero	60	Ocrico	Inceptiso I	Ustepts	Haplustepts	Typic Haplustepts

A partir del Cuadro 2, es posible indicar que los suelos productores de maguey mezcalero son suelos con un desarrollo que varía de reciente a incipiente y con un poco desarrollo.

5.3.2 Sistema de la Base Referencial de Suelos (WRB)

Con base en los resultados de la descripción de campo y los análisis de laboratorio se realizó la clasificación con el Sistema WRB, en donde de acuerdo con las características de los siete perfiles, se encontró que existen tres Unidades, cuatro Calificadores Grupo I y cinco Calificadores Grupo II. En relación a las Unidades, la dominante es la denominada como Leptosol, que se define como suelos someros o extremadamente gravosos y caracteriza a los suelos de las Tierras Colorada, Pedrero, Cascajo Colorado y Cascajo Negro. Existe además, la unidad llamada Cambisol, que son suelos moderadamente desarrollados y es representativa de la Tierra Negra y la Tierra Terrero y un Calcisol en la Tierra Cascajo, que son suelos con acumulación de Carbonatos de calcio secundarios (Cuadro 3). A nivel de Calificadores Grupo I se tienen cuatro: Háptico (no se parece a ningún otro suelo); Hiper-esquelético (menos de 20% de tierra fina, es decir, suelos someros); Vértico (presencia de grietas), e Hiper-esquelético/Cámbico (evidencias de alteración en horizontes, y; a nivel de Calificadores Grupo II se definen cinco: Eútrico-Esquelético (40% o más de gravas o más de fragmentos gruesos, más de 50% de saturación de bases y mucha pedregosidad); Eútrico (más de 50% de saturación de bases); Eútrico-Arcílico (presencia de arcillas) y Epiarcílico (textura arcillosa en la parte de arriba), Arídico-Esquelético y Calcárico-Eútrico (altos contenidos de carbonatos de calcio)(Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación con la Base Referencial de Suelos de las clases de tierra en La Soledad Salinas, San Pedro Quiatoni, Oaxaca.

Clase de tierra	Profundidad (cm)	Material parental	Unidad	Calificador Grupo I	Calificador Grupo II
Colorada	60	Esquisto (metamórficas)	Leptosol	Háplico	Eutrico-Esqueletico
Pedrero	42	Andesita	Leptosol	Hiperesqueletico	Eutrico
Cascajo Colorado	30	Andesita	Leptosol	Hiperesqueletico	Eutrico
Negra	50	Rocas ígneas extrusivas	Cambisol	Vertico	Eutrico-Arcillico (Epiarcillico)
Cascajo Blanco	50	Conglomerado calizo	Calcisol	Haplico	Aridico-Esqueletico
Cascajo Negro	55	Rocas ígneas extrusivas	Leptosol	Hiperesqueletico /Cambico	Eutrico
Terrero	60	Sedimentos	Cambisol	Haplico	Calcarico-Eutrico

Los Leptosoles son los suelos dominantes de la localidad de la Soledad Salinas; son someros y extremadamente gravosos. Los Cambisoles son suelos moderadamente desarrollados, con un horizonte Cámbico que inicia en los primeros 50 cm de la superficie del suelo. Su Calificador Grupo I es Vértico, debido a que tiene propiedades vérticas que de acuerdo con los productores; es el veteo (grietas) una de las características principales de la Tierra Negra. Para el caso de la Tierra Terrero, el Calificador Grupo I Háplico, se refiere a que tiene una expresión típica de ciertos rasgos y solo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos.

5.4 Calidad del Maguey de acuerdo con el criterio de los productores

Para la definición del concepto de calidad del maguey mezcalero, por parte de los productores, se diseñó un cuestionario con cinco preguntas iniciales, que son las siguientes:

1. ¿Cómo define usted calidad del maguey?
2. ¿Cómo se identifica en campo el mejor maguey?

3. ¿Cómo relaciona la calidad del maguey con las clases de tierra donde se cultiva?
4. ¿Cuál es el tiempo de maduración del maguey?
5. ¿De qué manera se obtienen mejores rendimientos?

Aun cuando el tiempo de maduración y la manera de obtener buenos resultados no son parte del concepto de calidad del maguey, es importante conocer la percepción de los productores acerca de estos temas para entender e interpretar el concepto de calidad.

Estas preguntas se aplicaron a 29 productores, mientras ellos trabajaban en sus parcelas en diferentes clases de tierras, siguiendo algunos de los principios de la metodología de Williams y Ortiz (1981). En particular fue relevante el utilizado para el número de personas entrevistadas, de tal manera que cuando la información comenzó a ser repetitiva se detuvo la aplicación de cuestionario.

El concepto de calidad del maguey, desde el punto de vista del productor, está relacionado con aspectos como la clase de tierra, posición del terreno, tiempo de maduración del maguey, plagas y enfermedades, color, sazón, cogollo, tamaño y peso.

De acuerdo con los productores, un maguey de calidad buena y de sazón, se define por una piña pesada. En las clases de tierras Pedrero y Cascajo se cultivan los mejores magueyes; en cambio, en la Tierra Negra se desarrollan los magueyes de menor peso, es decir, que a pesar de que son piñas grandes, están bofas, debido a que no tienen mucho peso. En relación a la calidad técnica del maguey, esta se mide en grados Brix, pues es donde se refleja el contenido de azúcares del maguey.

Los productores comentan que cuando el comprador hace referencia a los magueyes de calidad, indica que son aquellos que tienen más jugo cuando se está produciendo el mezcal, ya que según ellos son los de mejor rendimiento.

La clase de tierra y la posición del terreno, son dos factores que se relacionan, según opiniones de los productores, con el buen crecimiento y desarrollo de la planta; por ejemplo en la clase de Tierra Colorada, es en donde se tiene la exposición del sol

durante la mañana y tarde y eso le ayuda al maguey a madurar en menos tiempo; pero también cuando ya está maduro se tiene poco tiempo para la cosecha, debido a que comienza el brote del quiote en el maguey, parte en donde se concentran más los azúcares. A diferencia de los magueyes que tienen una sola exposición del sol durante el día, por ejemplo en la Tierra Pedrero y Cascajo, se presenta esta situación y como consecuencia el maguey tarda un poco más de tiempo en madurar; además, el maguey que se produce en la ladera tiene más peso que el que se produce en las tierras sin pendiente (ver (Anexo II. Descripción del proceso del corte del maguey)).

Muchos productores opinan que la calidad del maguey se relaciona con una planta sana, sin plagas y enfermedades, que es lo que lo daña y no le permite vivir los seis años que requiere para cumplir su ciclo. Por ello, para controlar plagas como el toro y el picudo del maguey aplican insecticidas como folidol (Metamidofos) o tamaron (Paratión metílico) cada mes y es lo que les permite mantenerlas controladas. Es importante señalar que estos insecticidas pertenecen al grupo de los organofosforados y son altamente tóxicos por lo que se requiere mayor capacitación para los productores en este sentido.



Figura 25. Aplicación de Folidol.



Figura 26. Plaga del picudo del maguey.

Existe una plaga en la penca del maguey al que los productores le llaman el piojo, el cual es un mosquito de color verde que chupa el agua del maguey y si no se detiene a tiempo, todo el maguey se llena de esta plaga y la planta muere. La araña es otra plaga que se come al hijuelo del maguey, pues chupa las pencas al igual que el piojo, hasta que se seca.



Figura 27. Plaga del piojo en el maguey.

El tizón es una enfermedad que retrasa el crecimiento del maguey y hace que no se desarrolle bien, la planta se seca por completo por efecto de la enfermedad. Otra enfermedad de importancia que se tiene es cuando la penca del maguey se seca y se va pasando la enfermedad a otras y hasta el momento, los productores no han encontrado la forma de controlarla.



Figura 28. Enfermedad de la secazon en el maguey.

Cabe mencionar que los productores reconocen que en todas las clases de tierras se tiene el mismo riesgo de plagas y enfermedades, debido a que dependen del cuidado que se tenga en las plantaciones. Además, considerando que en años anteriores el productor dejaba perder su cosecha porque no se tenía precio en el mercado, las plantaciones eran abandonadas y como consecuencia se tenían plagas y enfermedades.

La información sobre plagas y enfermedades presentada anteriormente es meramente enunciativa como resultado de la percepción de los productores. Para información técnica sobre las principales plagas y enfermedades del maguey mezcalero, sus efectos y recomendaciones de control, se recomienda consultar a Espinosa *et al.* (2005).

Los productores entrevistados en su totalidad coinciden en que la calidad del maguey se relaciona con la clase de tierra en la que se cultiva. En la Figura 29 se muestra que la mayoría de los productores opinaron que en la Tierra Pedrero es en la que se produce el maguey de mejor calidad, pues es en donde tiene más peso y crece mejor. Los productores argumentaron que esto se debe a la alta proporción de piedra presente en esta clase de tierra, que le permite al maguey un mejor desarrollo, ya que puede mantenerse vivo aún en temporada de cuaresma, que es la época de sequía. La humedad, que guardan las piedras, es lo que le ayuda al suelo a mantenerse húmedo a pesar del clima seco y caluroso que predomina. Algunos productores comentaron que

la Tierra Negra es buena para el cultivo del maguey, mientras este asociado con el cultivo del maíz, debido a que la hoja del maíz proporciona materia orgánica en el suelo y es lo que ocasiona que el maguey tenga un mejor desarrollo.

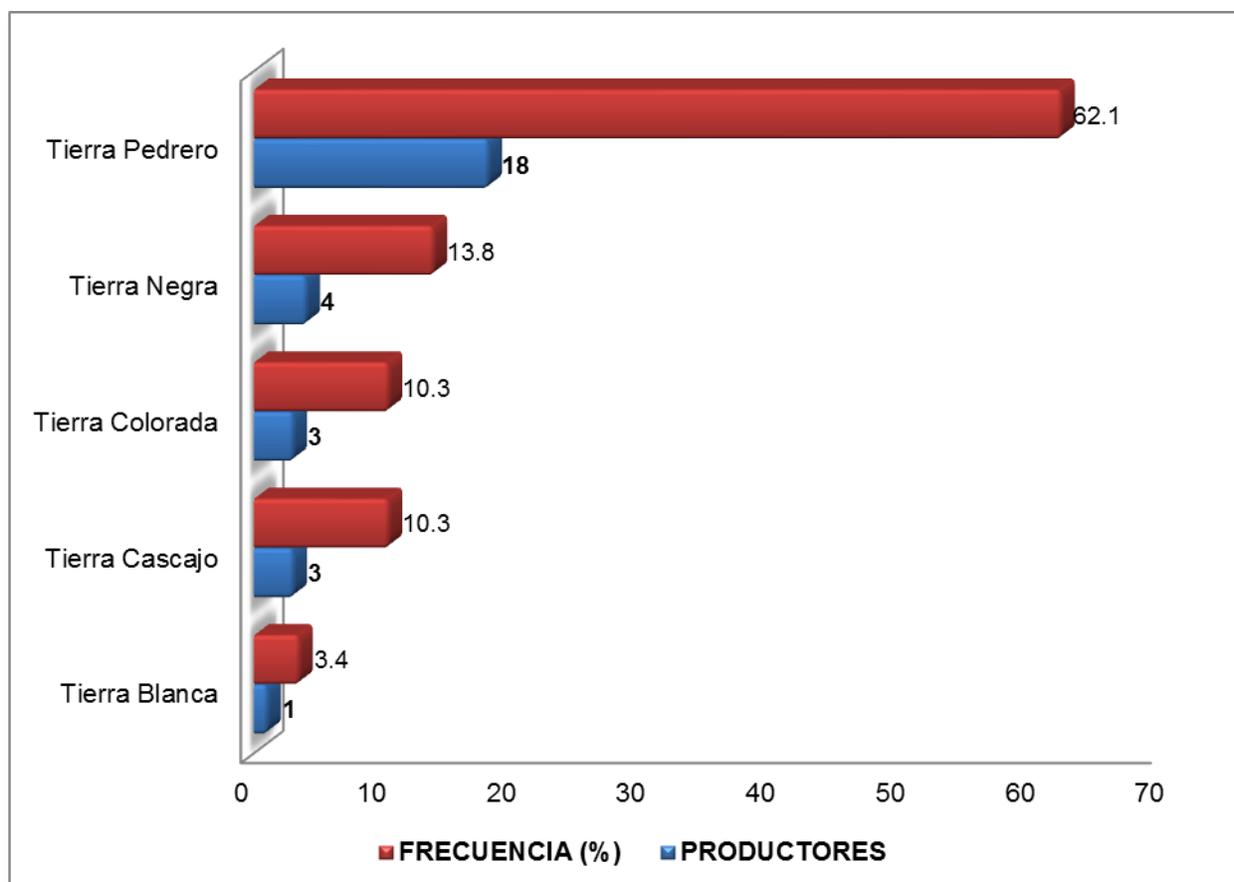


Figura 29. Opiniones sobre la Mejor Clase de Tierra para el Maguey.

El cogollo es la parte central del maguey en donde las pencas nuevas emergen y van abriéndose poco a poco durante su ciclo vegetativo. Los productores comentan que mediante el grosor del cogollo, se dan cuenta cuando el maguey se encuentra listo para su cosecha. Los productores aprovechan su conocimiento acerca de la maduración del maguey que se evidencia con la aparición del qurote o escapo floral del maguey.

De acuerdo con los productores, cuando el cogollo se adelgaza es señal de que pronto emergerá el quiote y el maguey debe ser cosechado antes de que esto ocurra o los azúcares se concentrarán en el quiote dejando a la piña con baja concentración de azúcares. El término que los productores utilizan para el maguey que se encuentra en ésta condición es el de “sazón” y se relaciona con su edad y color. Cuando los productores por alguna razón aún no quieren cosechar, dejar emerger el quiote y lo cortan a una altura de entre 30 cm y 1 m de su base y de ésta manera la piña puede durar en el campo hasta un año sin perder su calidad. A este tipo de maguey se le llama maguey “capón”. Al maguey que se cosecha antes de que emerja el quiote, se le llama maguey de cogollo.



Figura 30. Maguey con cogollo delgado, indicativo de madurez del maguey.

El color amarillento es un indicativo de un maguey maduro o “sazón”. Once de los productores entrevistados contestaron que el color es también lo que ayuda a saber si el maguey está listo para la cosecha y el color amarillento es una característica de madurez. Un maguey maduro es cuando el cogollo esta delgado y el color es parecido al del mango, amarillento o verde limón. Los compradores comentan a los productores que el maguey amarillo es el que tiene más azucares y les sirve mejor a ellos para la producción de mezcal. Un maguey capón, como lo llaman los productores, es aquel al que se le cortó el quiote hasta una altura de un metro. Este maguey tiene diferencia en color y es más amarillo. Un maguey de cogollo es de color verde amarillo claro.

Además, los productores comentan que el color amarillo en el maguey también puede indicar que hay una plaga en la planta; por ejemplo la del picudo, debido a que cuando el picudo entra por el cogollo se comienza a poner amarillento. En época de lluvias entra el toro del maguey por el tallo y se pone amarillento, además de que la planta se marchita.



Figura 31. Determinación del color del maguey en campo con carta de colores.

Los productores también coincidieron en señalar que la calidad del maguey tiene una relación con el tiempo de maduración. La mayoría de ellos comentaron que se requieren seis años para que el maguey esté listo para el corte, como se muestra en la Figura 32. Incluso algunos productores consideran que a los 4 o a los 5 años, el maguey está listo para su cosecha.

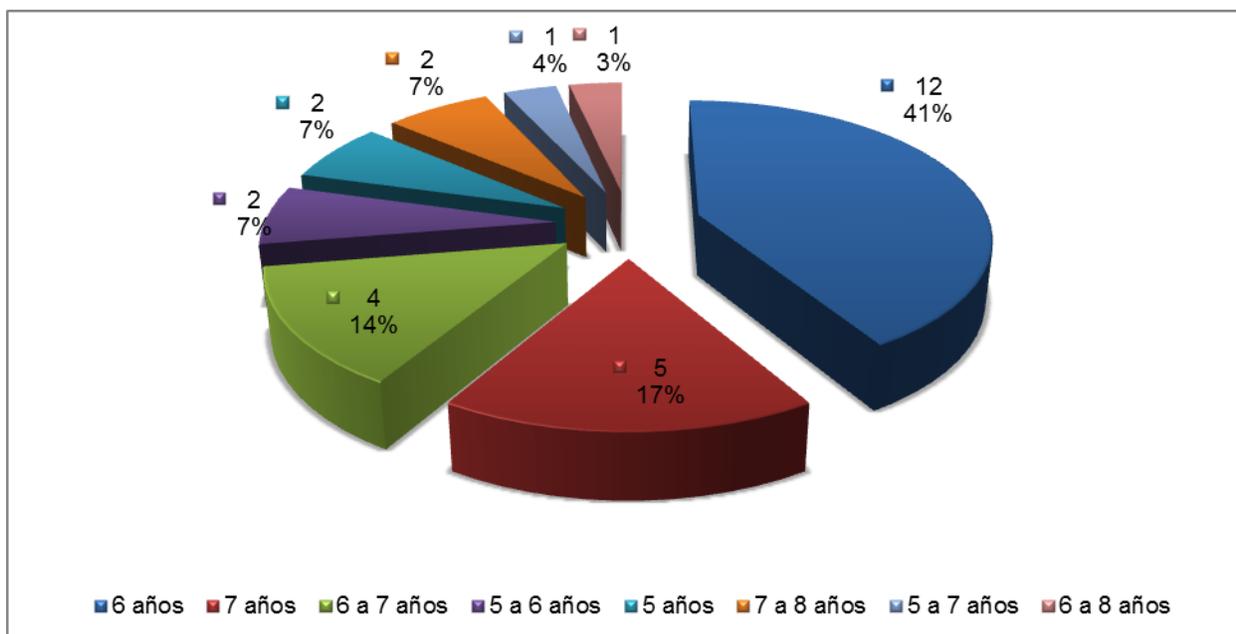


Figura 32. Tiempo de Maduración del Maguey

Un maguey de calidad también está relacionado con la procedencia de la planta; es decir si la planta procede de hijuelos de la raíz o del quiote. Con base en la experiencia de los productores, un maguey de quiote enraíza más rápido que los hijuelos, debido a que estos últimos tienen hoja seca y tronco que tarda en enraizar y muchas veces no es suficiente el temporal para que sobreviva en el suelo. El maguey proveniente del quiote crece más grande que el de hijuelo.

El maguey se debe de limpiar una vez antes del temporal y tres veces durante la época de lluvias debido a que crece la maleza y esta le quita fuerza a la planta para que se siga desarrollando: además, de que en las noches y mañanas el sereno (alta humedad relativa durante la madrugada) no puede ser aprovechado si el maguey no está limpio porque se queda en la hierba que esta alrededor, sin que el maguey lo aproveche.

Los productores de maguey cultivan maíz como autoconsumo dentro de las hileras de maguey durante los dos primeros años, pues después del tercer año el maíz ya le quita fuerza al maguey para que se siga desarrollando.



Figura 33. Maguey Despuntado y Limpio

Algunos productores aplican fertilizantes nitrogenados como la urea y sulfato de amonio para que crezca rápido y se obtengan magueyes más grandes, pero por economía esta práctica es poco común.

De acuerdo con la información proporcionada por los productores, resulta evidente que manejan un concepto de calidad del maguey que les permite tomar decisiones durante su cultivo. Se basan en características visuales como: tamaño, cogollo, color y quote; además, de la edad de la plantación y estimaciones del peso de la piña para acuñar el término “sazón” que integra todas estas características para establecer que el maguey tiene la calidad suficiente para ser cosechado.

Otro aspecto importante para el concepto de calidad de los productores lo constituyen los factores que se suman para producir un maguey de calidad o “sazón”. Características específicas de clase de tierra como la pedregosidad superficial que “conserva humedad” o el tiempo de exposición al sol de las tierras que influye sobre el tiempo de maduración y el manejo de la plantación. Estas prácticas tratan de mantener plantas sanas sin plagas y sin enfermedades lo que asegura su calidad. La limpia de la maleza que ayuda a que la humedad del “sereno” sea aprovechada por el maguey y la asociación con maíz, durante los dos primeros años, que le aporta materia orgánica al suelo o el origen de la planta para siembra de quote o de hijuelo.

Todos los aspectos antes mencionados son ampliamente conocidos por los productores como factores en los que se debe de prestar atención para modificar aquellos que pueden ser modificables para obtener maguey de calidad o “sazón” que les permita obtener mejores ingresos por la venta de su producto.

En conclusión, para el productor es importante el peso en el maguey, pues es lo que a ellos les reditúa económicamente su trabajo de seis a siete años. El mantenimiento de la parcela es a criterio de cada productor y de los recursos que se dispongan.

5.5 Evaluación de la calidad técnica del maguey mezcalero en las diferentes clases de tierra

La calidad técnica del maguey mezcalero se puede determinar mediante mediciones de variables como el tamaño y el peso de la piña y de la cantidad de grados Brix, que representa el porcentaje de alcohol que una piña tiene y en consecuencia la cantidad de mezcal que puede rendir. Estas determinaciones se realizaron inmediatamente después de la cosecha.

5.5.1 Toma de datos de las piñas de maguey mezcalero.

Debido a la facilidad de contar con materiales (piñas de magueyes) en el Centro de Acopio, se solicitó permiso a los miembros del Comité para tomar datos de peso, perímetro, diámetro, altura y grados Brix de las piñas de maguey de productores que hacían sus entregas. El procedimiento seguido fue que cuando un productor llegaba con un lote de magueyes cosechados en tierras de la localidad, se le preguntaba por la ubicación de la parcela y por la clase de tierra que tenía. Debido a que en la misma parcela existe variación en el tamaño de las piñas (Figura 34), se clasificaron visualmente en tres categorías: chicas, medianas y grandes, y se seleccionaron tres piñas por cada tamaño para la obtención de datos. La verificación de la clase de tierra,

se realizó en campo mientras se desarrollaba la cosecha y en algunos casos después de ella pero siempre en compañía del productor. También se le preguntó a cada productor acerca del manejo que le daba a la plantación y al arreglo topológico en cuanto a distancia entre hileras y entre plantas de maguey para realizar una estimación del número de plantas por parcela.

La variación en el tamaño de las piñas en una misma parcela, es resultado principalmente de los cambios en las condiciones de suelo, ocasionadas a su vez por diferencias en la pendiente.



Figura 34. Variación en el tamaño de piñas de maguey mezcalero.

En el Centro de acopio se procedió al registro de información, anotando los siguientes datos:

1. Productor o parcela
2. Clase de tierra
3. Peso total de las piñas cortadas (kg)
4. Distancia entre plantas (m)
5. Distancia entre hileras (m)
6. Tamaño (grande, mediana, chica)
7. Edad (Años)
8. Perímetro (cm)
9. Altura (cm)

10. Peso (kg)

11. Grados Brix ($^{\circ}$ Brix)

La medición del perímetro de la piña se realizó con una cinta métrica flexible en la parte más ancha de la piña (Figura 35). También se tomó la medida de la altura de la piña debido a que la combinación de estas dos variables representa una estimación del tamaño. El peso de las piñas se obtuvo mediante una báscula portátil con capacidad hasta de 1200 kg (Figura 35).



Figura 35. Medición del perímetro y peso de las piñas

Para la medición de grados Brix ($^{\circ}$ Brix), se utilizó un Taladro Pressler de 13 pulgadas con el que se extrajo una muestra de la piña de la cual se obtuvieron unas gotas de jugo con la ayuda de un exprimidor manual. Para la lectura de los grados Brix se utilizó el refractómetro Atago ATC 1E Brix 0-32 y Atago ATC 2E Brix 28-62 en donde se colocó una gota del jugo extraído y se tomó la lectura de cada muestra de las diferentes piñas (Figura 36).

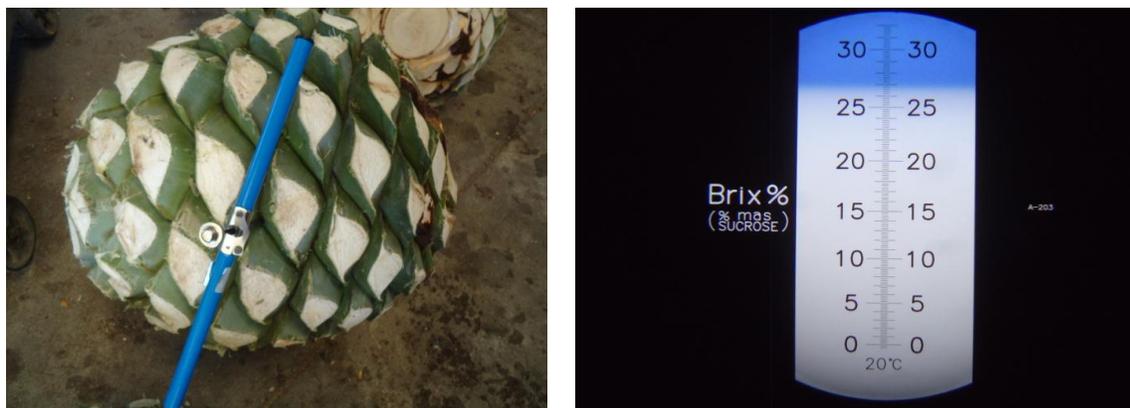


Figura 36. Medición de los grados Brix

Con este procedimiento se obtuvo información en 17 parcelas las cuales de acuerdo con los productores se agruparon en siete clases de tierras. En total se obtuvieron 162 datos (Cuadro 4), correspondiendo a 54 datos para cada uno de los tamaños de piña considerados.

Cuadro 4. Numero de piñas muestreadas por clase de tierra y tamaño

Clase de tierra	Parcela	Grand e	Median a	Chica	Total
1. Cascajo blanco	1. Álvaro	3	3	3	9
	2. Vitalico	3	3	3	9
2. Cascajo colorado	3. Cristóbal P1	3	3	3	9
	4. Cristóbal P2	3	3	3	9
	5. Mateo	3	3	3	9
3. Cascajo negro	6. Vicente	3	3	3	9
	7. Vitalico	3	3	3	9
4. Colorada	8. Álvaro	6	6	6	18
	9. Eulogio P1	3	3	3	9
	10. Eulogio P2	3	3	3	9
5. Negra	11. Facundo	3	3	3	9
	12. Librado	3	3	3	9
6. Pedrero	13. Anselmo	3	3	3	9
	14. Cirilo	3	3	3	9
	15. Julián	3	3	3	9
	16. Mateo	3	3	3	9
7. Terrero	17. Baldomero	3	3	3	9
Total		54	54	54	162

5.5.2. Relación entre peso, perímetro, altura y volumen de las piñas

Con el objeto de establecer la relación entre el peso de las piñas y variables como perímetro y altura, se realizaron ajustes de modelos a través del análisis de regresión. La regresión lineal produjo valores de R^2 menores a 0.5 por lo que se procedió a determinar relaciones polinomiales con las que se encontraron correlaciones significativas entre el perímetro de la piña y su peso (Figura 37) y entre la altura de la piña y su peso (Figura 38). Espinosa *et al.*, (2005) reportaron valores de correlación de 0.9102 para la relación entre el perímetro y el peso de piñas de *A. angustifolia*.

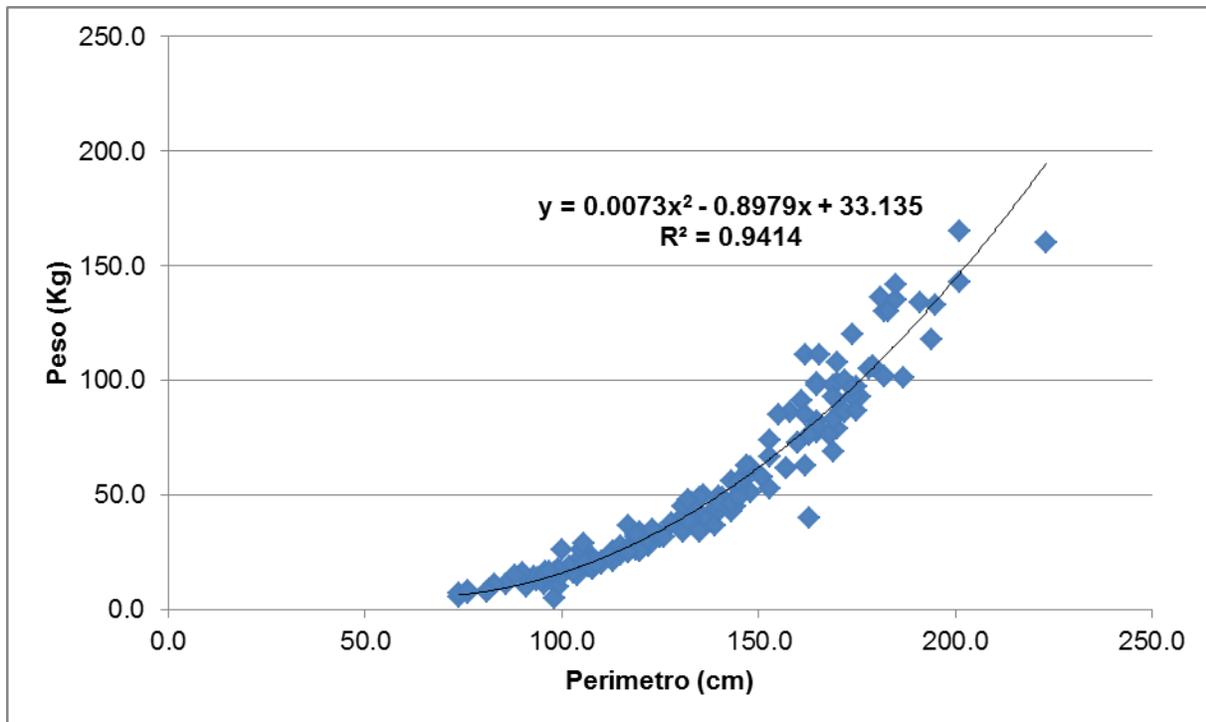


Figura 37. Relación entre el Perímetro y el Peso de la Piña.

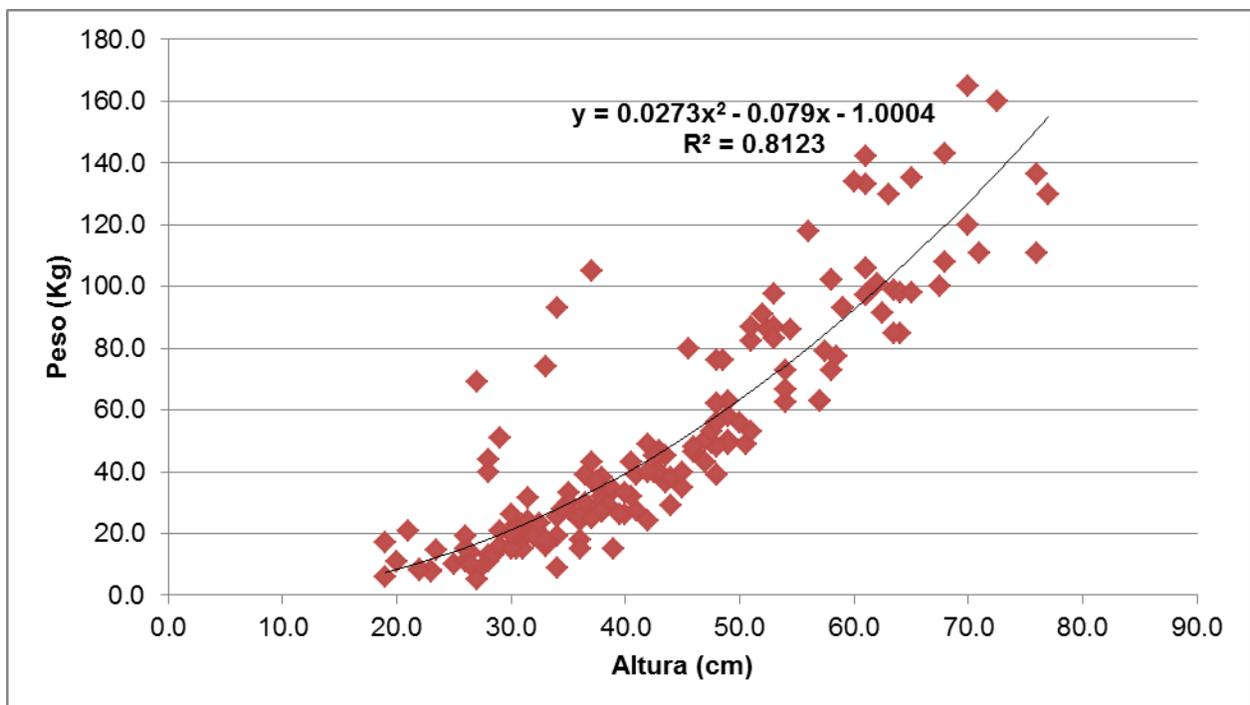


Figura 38. Relación entre la Altura y el Peso de la Piña.

La relación entre el peso de la piña y los grados Brix no resultó significativa, con un coeficiente de determinación de 0.2561.

Como estimador del tamaño de la piña, se obtuvo su volumen asumiendo que tenía la forma de un esferoide. Aunque es claro que la forma de la piña puede ser ligeramente diferente, el valor obtenido mediante el procedimiento descrito, proporciona un parámetro cuantitativo del tamaño de la piña. La relación entre este volumen estimado y el peso de las piñas mejoró, comparativamente a la relación con el perímetro (Figura 39), con la ventaja de que en este caso se estableció una tendencia lineal.

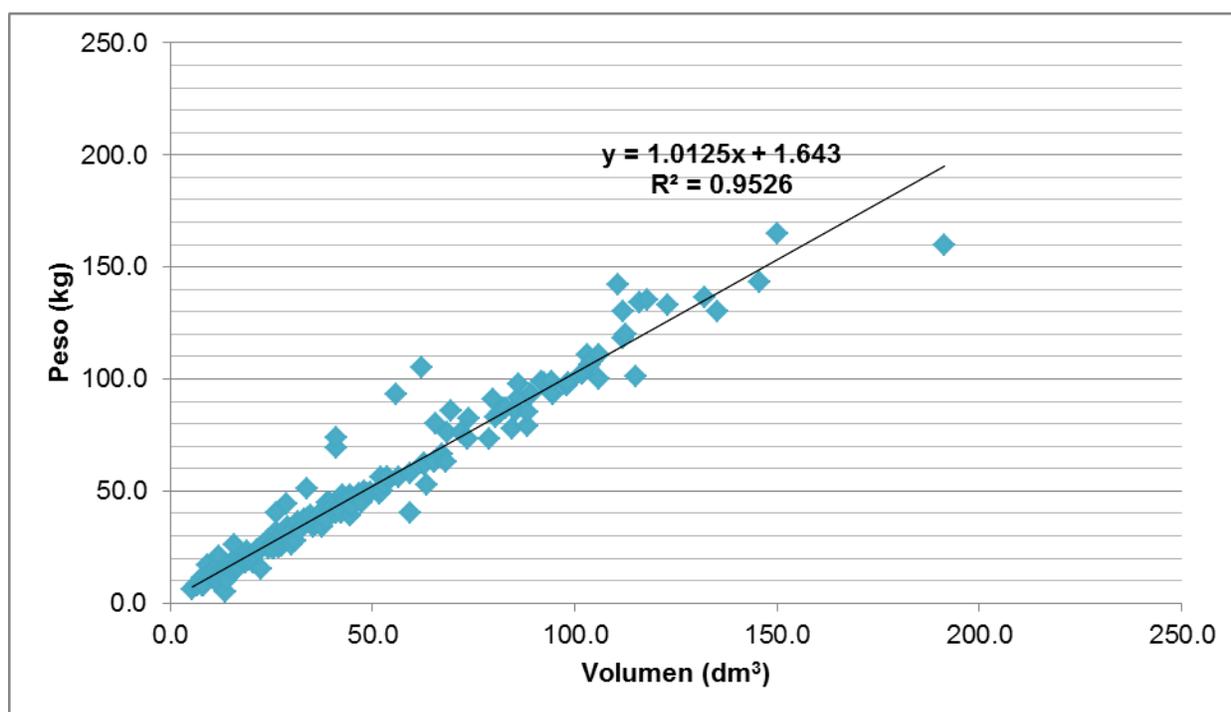


Figura 39. Relación entre Volumen estimado y Peso de las Piñas.

Este tipo de relaciones entre variables que pueden ser medidas con cierta facilidad como el perímetro y la altura de la piña y su peso, son útiles para que los productores puedan contar con buenas estimaciones acerca del peso total de las piñas a cosechar en una parcela determinada.

5.5.3 Relación entre las clases de tierra y la calidad técnica del maguey.

Análisis de varianza se realizaron para conocer si estadísticamente existen diferencias en la calidad técnica de las piñas producidas en las diferentes clases de tierra identificadas. La calidad técnica analizada se refiere a los valores de peso, grados Brix y contenido de azúcares, este último obtenido a partir del peso y los grados Brix, de las piñas analizadas. El procedimiento se aplicó a cada uno de los tamaños de las piñas y también en forma global en cada clase de tierra.

El análisis de varianza mostró que en las tres variables analizadas (peso, grados Brix y azúcares) existen diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en el efecto que tiene la clase de tierra tanto en los tres tamaños, como en el análisis conjunto, los resultados se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de varianza por tamaño y en conjunto para las variables analizadas.

Variable	Tamaño	Obs.	Prom	C.V.	P > F
Peso	Grande	54	90.89815	29.03999	<.0001
	Mediana	54	45.34259	36.09616	0.0073
	Chica	54	19.38889	7.82887	0.0401
	Conjunto	162	51.87654	69.53458	0.0086
Grados Brix	Grande	54	31.27778	12.55623	0.0006
	Mediana	54	29.62963	13.19435	<.0001
	Chica	54	26.35185	15.30789	<.0001
	Conjunto	162	29.08642	15.47139	<.0001
Azúcares	Grande	54	29.17880	36.20365	<.0001
	Mediana	54	29.62963	13.19435	<.0001
	Chica	54	5.26398	49.72848	0.0116
	Conjunto	162	16.12049	79.36630	0.0012

Una vez que se demostró estadísticamente el efecto que las diferentes clases de tierra tienen sobre las piñas producidas, se procedió a realizar el análisis de separación de

medias mediante al análisis de Tukey con $\alpha=0.05$. Debido a que el análisis de varianza mostró que las clases de tierra afectan al conjunto de todos los tamaños de piña, la separación de medias se realizó solamente para los datos en conjunto de todas las piñas.

5.5.3.1 Peso

Para el caso de la variable peso se identificaron de manera generalizada tres grupos con diferencias significativas. En el primer grupo se encuentra la Tierra de Cascajo Negro que produjo piñas con un peso global de 69.0 kg, superior a las piñas producidas por todas las demás clases de tierras excepto la Tierra Cascajo que produjo piñas de 51.9 kg. El siguiente grupo está integrado por las piñas de las clases de Cascajo blanco, Tierra de Cascajo Colorado, Tierra Negra, Tierra Colorada y la de Pedrero, que cuyos pesos variaron entre 45.0 y 51.9 kg. La clase de Tierra Terrero produjo las piñas de menor peso (16.3 kg) y estadísticamente fue inferior que las piñas producidas en el resto de las clases de tierras.

Es importante señalar que de acuerdo a los productores la mejor clase de tierra para la producción de maguey mezcalero es la Tierra Pedrero, pero en éste análisis no resultó de esa manera, debido a que produjo piñas con 24 kg menos que la Tierra de Cascajo Negro.

Cuadro 6. Prueba de separación de medias de la variable peso por clase de tierra en piñas de maguey mezcalero.

Clase de tierra	Peso (kg)	
Cascajo Negro	69.0	A
Cascajo Blanco	51.9	AB
Cascajo Colorado	51.7	B
Colorada	48.2	B
Negra	49.8	B
Pedrero	45.0	B
Terrero	16.3	C
F-Calculada	11.76	
Probabilidad	<0.0001	
R²	0.79	
Coef. de variación	35.43	
Dif. Mín. Significativa	17.89	

**Valores con distintas letras dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey con $\alpha=0.05$.

5.5.3.2 Grados Brix

En el análisis conjunto de todos los tamaños de piña, para la variable de grados Brix, se encontró que las clases de Tierra Colorada y Cascajo Negro produjeron piñas con valores de 32.2 y 31.8 respectivamente. Estadísticamente son superiores a las piñas producidas en el resto de las clases de tierras, excepto por la Tierra Pedrero que produjo piñas con 31.3 grados Brix. La tierra con las piñas con el menor valor de grados Brix (23.9) fue la de Cascajo Colorado, superada estadísticamente por las piñas producidas en la Tierra Negra y Pedrero; además, de la Tierra Colorada y Cascajo Negro, ya mencionadas como las superiores.

Cuadro 7. Prueba de separación de medias para la variable grados Brix por clase de tierra en piñas de maguey mezcalero.

Clase de tierra	Grados Brix	
Colorada	32.2	A
Cascajo Negro	31.8	A
Pedrero	31.3	AB
Negra	27.8	BC
Cascajo Blanco	26.9	CD
Terrero	24.4	CD
Cascajo Colorado	23.9	D
F-Calculada	15.33	
Probabilidad	<0.0001	
R²	0.56	
Coef. de variación	13.30	
Dif. Mín. Significativa	3.80	

**Valores con distintas letras dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey con $\alpha=0.05$.

5.5.3.3 Contenido de Azúcares

El contenido de azúcares en las piñas resultó de la combinación entre el peso de la piña y su porcentaje de azúcar, multiplicando los datos de peso y los grados Brix. El análisis de esta combinación mostró que solamente hubo una diferencia estadísticamente significativa entre las piñas producidas en la Tierra Colorada con un contenido total de 23.9 kg de azúcar, que superaron a las piñas producidas en la Tierra

Terrero con 4.176 kg de azúcares como se muestra en el Cuadro 8. La R^2 , de este análisis no resultó significativa.

5.5.4 Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y su relación con peso y contenido de azúcares, expresado en Grados Brix

En el laboratorio se realizaron análisis físicos y químicos de las muestras de suelo del horizonte superficial de los siete perfiles descritos (Anexo I) en cada una de las clases de tierra identificadas por los productores. La información de éstos análisis se muestra en los Cuadros 8 y 9.

Cuadro 8. Propiedades físicas de suelos en el horizonte superficial de siete perfiles en La Soledad Salinas, Oaxaca.

Clase de Tierra	Prof. (cm)	Dap	Color		%A	%L	%R	Clase Textural	PMP (%)	CC (%)
			Seco	Húmedo						
Cascajo Blanco	16	1.2	10YR 6/1	7.5YR 3/1	66.8	24.9	8.3	Franco arenoso	16.4	23.5
Colorada	20	1.0	10YR 6/2	7.5YR 4/4	43.3	30.0	26.6	Franco	19.1	29.4
Terrero	15	1.1	10YR 4/1	7.5YR 2.5/1	49.6	31.5	18.9	Franco	17.9	24.8
Cascajo Colorado	30	1.1	10YR 5/4	7.5YR 4/4	53.1	18.4	28.5	Franco arcillo arenoso	16.8	22.7
Pedrero	10/20	2.0	10YR 4/2	7.5YR 3/2	57.3	23.1	19.7	Franco arenoso	14.7	21.0
Negra	15	1.9	10YR 4/1	7.5YR 4/1	38.5	23.1	38.5	Franco arcilloso	28.6	38.6
Cascajo Negro	15	1.6	10YR 6/1	10YR 3/4	66.7	11.6	21.6	Franco arcillo arenoso	12.0	18.7

Dap=Densidad Aparente (g.cm³); A=Arena; L=Limo; R=Arcilla; PMP=Punto de Marchitez Permanente; CC=Capacidad de Campo.

Cuadro 9. Propiedades químicas de suelos en el horizonte superficial de siete perfiles en La Soledad Salinas, Oaxaca.

Clase de Tierra	Prof. (cm)	pH	CE	CO	MO	N	% CaCO ₃	Na	K	Ca	Mg	CIC	P ₂ O ₅
Cascajo Blanco	16	7.5	2.0	1.5	2.6	0.2	26.3	0.3	0.7	15.9	1.1	16.4	2.5
Colorada	20	6.0	0.4	0.8	1.4	0.1	0.5	0.3	0.4	11.1	0.3	18.3	2.3
Terrero	15	7.6	1.1	1.2	2.1	0.1	1.9	0.3	1.4	19.5	2.8	21.0	12.7
Cascajo Colorado	30	7.3	0.8	0.8	1.6	0.1	0.1	0.3	1.4	15.8	2.8	20.9	3.5
Pedrero	10/20	7.6	0.7	0.7	1.3	0.1	2.5	0.3	0.8	11.9	1.8	17.7	2.9
Negra	15	7.3	0.5	1.0	1.7	0.1	0.3	1.6	1.6	16.6	3.8	29.6	4.3
Cascajo Negro	15	6.8	0.6	0.7	1.3	0.1	0.1	0.5	0.9	7.4	1.2	14.0	3.7

pH= Potencial Hidrógeno; CE=Conductividad Eléctrica (dSm⁻¹); CO=Carbono Orgánico (%); O=Materia Orgánica (%); N=Nitrógeno (%); CaCO₃=Carbonatos de Calcio (%); Na=Sodio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); K=Potasio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Ca=Calcio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Mg=Magnesio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); P₂O₅=Fósforo (Mg Kg⁻¹)

Con la información del peso y los grados Brix de las piñas de maguey mezcalero producidas en cada una de las seis clases de tierra se realizaron análisis de regresión buscando encontrar relación entre las propiedades físicas y químicas de los suelos y el peso y grados Brix de las piñas de maguey.

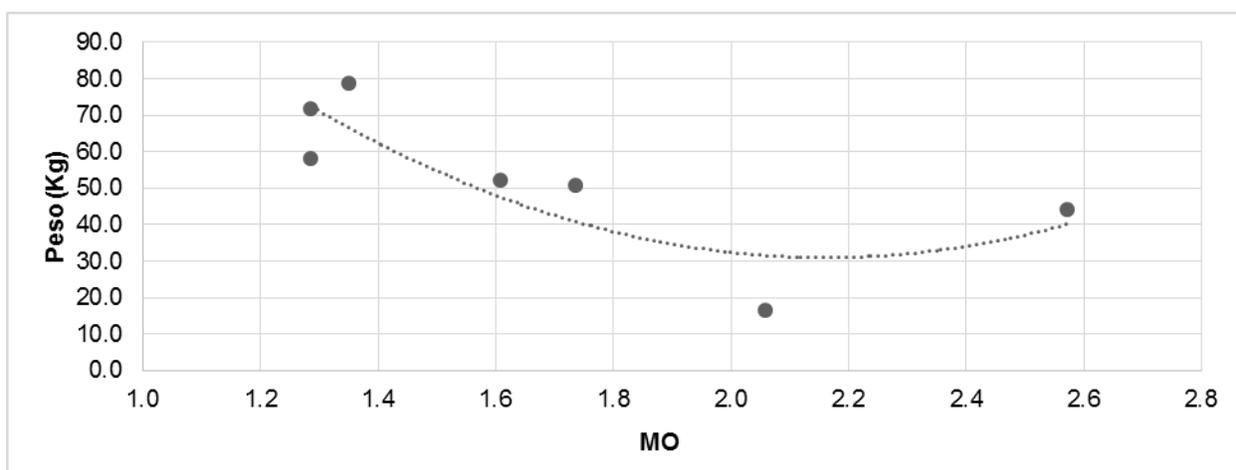
El análisis de regresión lineal arrojó valores bajos de coeficientes de determinación por lo que se procedió a realizar regresiones polinomiales de segundo orden. Para las propiedades físicas, las relaciones encontradas fueron con bajas.

A lo que respecta a las propiedades químicas del suelo se encontraron coeficientes de determinación mayores a 0.6 para su relación con las variables de peso y grados Brix de las piñas de maguey mezcalero, las cuales se describen en los siguientes párrafos.

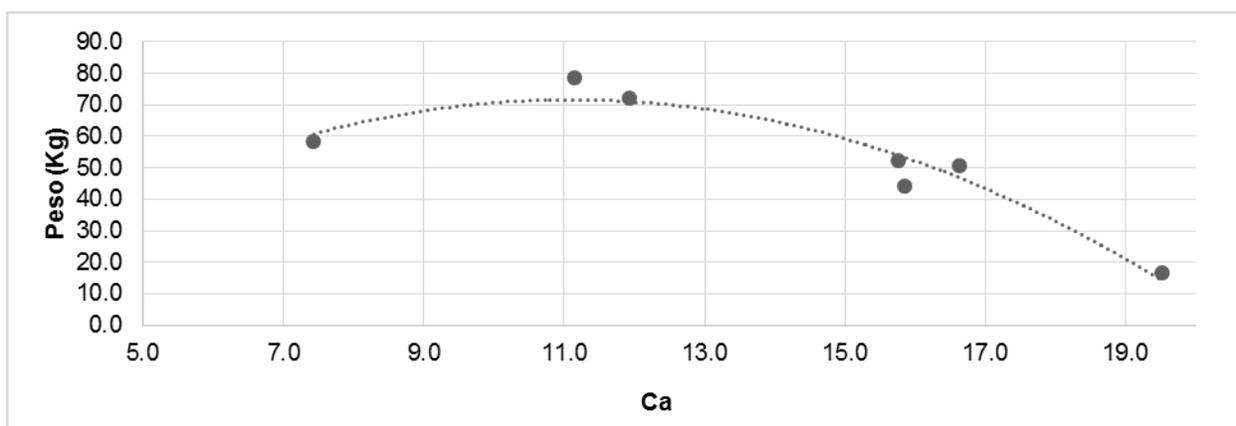
5.5.4.1 Propiedades químicas del suelo y su relación con el peso de las piñas de maguey mezcalero

Las propiedades del suelo de Materia Orgánica (MO), Calcio (Ca) y Fósforo (P_2O_5) produjeron coeficientes de determinación mayores al 0.6 (Figura 40).

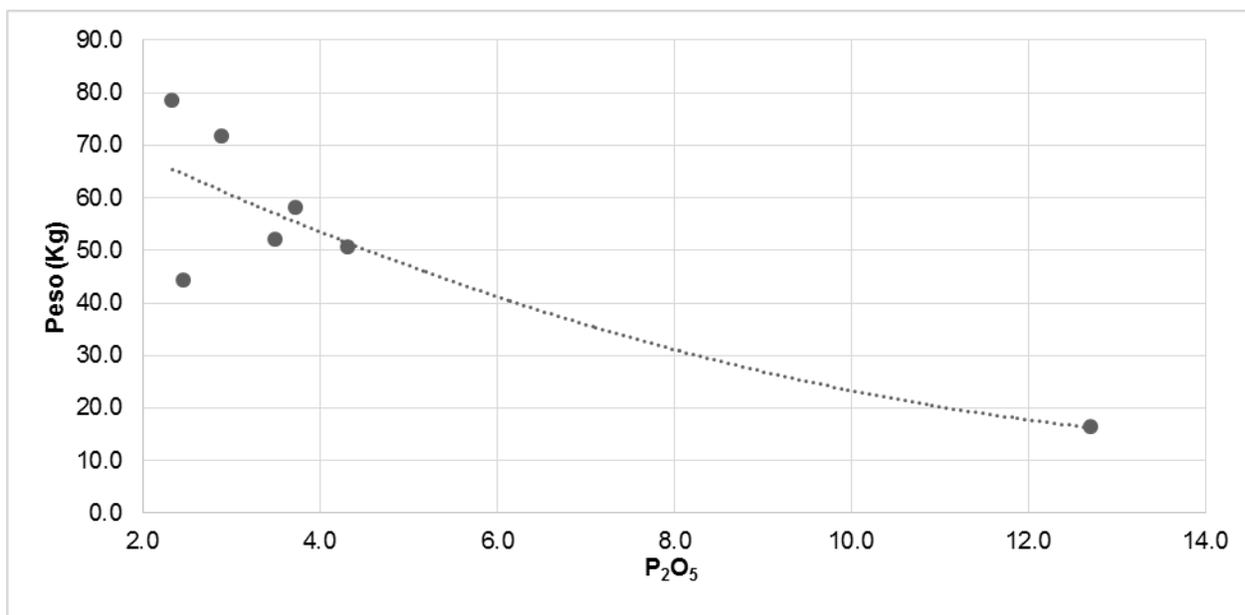
Estas relaciones generalmente son inversamente proporcionales, de tal manera que al incrementarse el valor de la propiedad del suelo se reduce el valor del peso. El contenido de calcio en el suelo es la propiedad con el mayor coeficiente de determinación y su comportamiento indica que a partir de valores mayores de 10 unidades, con cada incremento en el contenido de calcio, se reduce el peso de la piña.



(a)



(b)

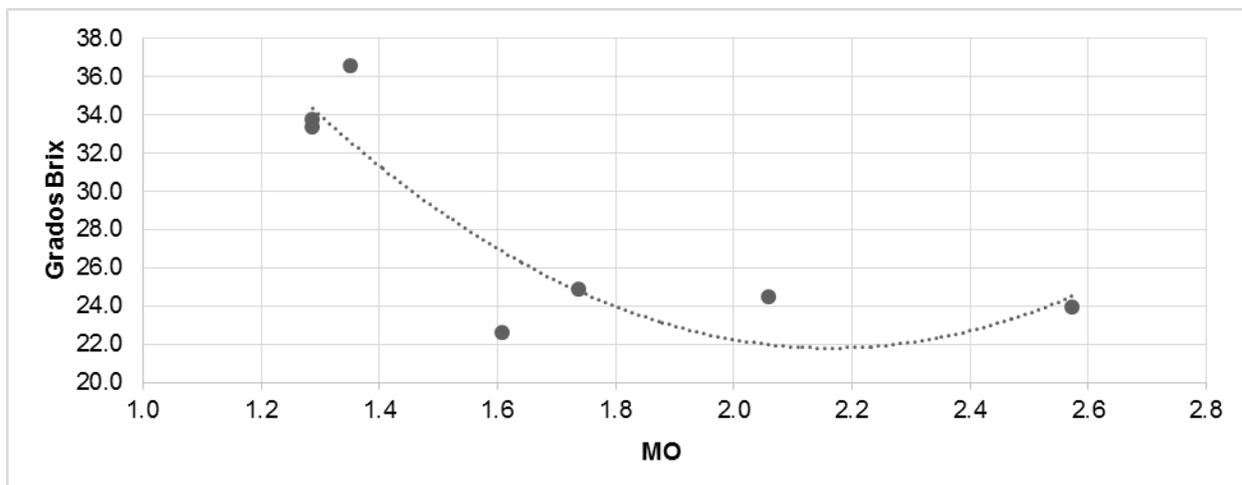


(c)

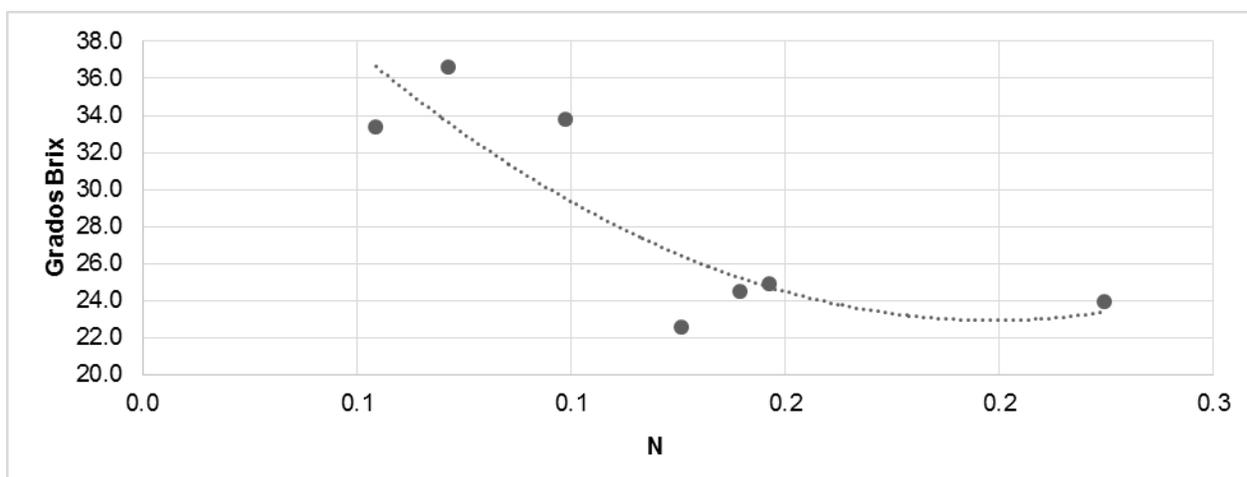
Figura 40. Propiedades Químicas de Suelo con R^2 mayor a 0.6 con el Peso.

5.5.4.2 Propiedades químicas del suelo y su relación con Grados Brix de las piñas de maguey mezcalero

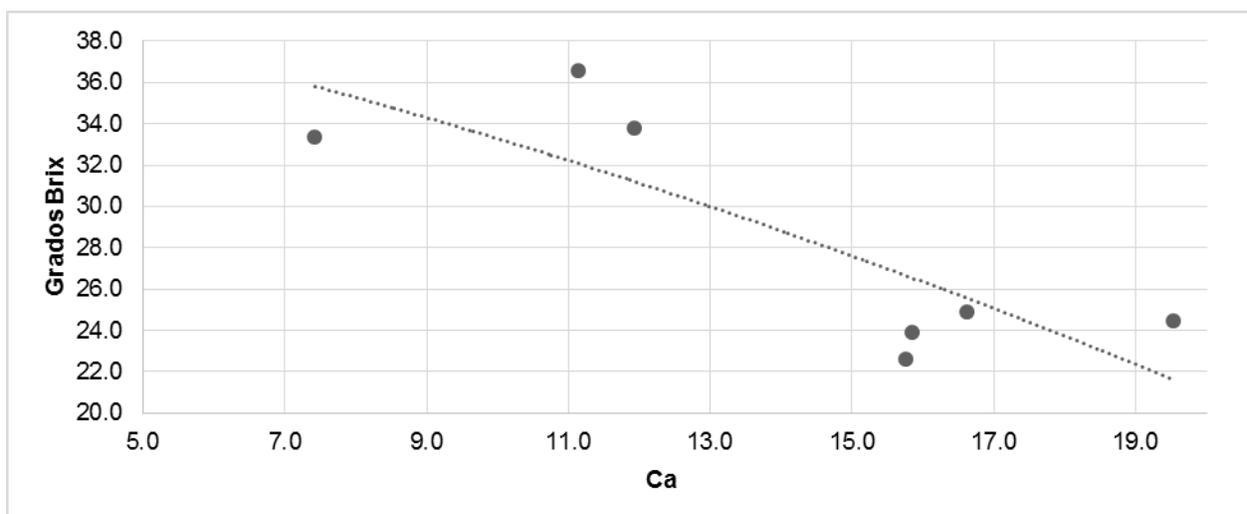
Para los valores de grados Brix las propiedades químicas: Materia Orgánica (MO), Nitrógeno (N) y Calcio (Ca) tuvieron coeficientes de determinación, mayores al 0.6. Como en el caso del peso de las piñas, la relación con las propiedades químicas del suelo es inversamente proporcional; de tal manera que al incrementarse el valor de alguna de estas propiedades, la lectura de grados Brix relacionada con el contenido de azúcares disminuye.



(a)



(b)



(c)

Figura 41. Propiedades Químicas de Suelo con R^2 mayor a 0.6 con Grados Brix

V. DISCUSIÓN

La clasificación de las clases de tierras, a partir del conocimiento de los productores, permitió identificar de manera relativamente rápida y a bajo costo, seis clases de tierras en las que se cultiva maguey mezcalero. La conveniencia de utilizar el conocimiento de los agricultores para estos fines ha sido documentada por Williams y Ortiz (1981), Luna (1982), Barrera (1983), Calderón (1983), González (1988), Escalón (1990), Ortiz (1990), Licona (1991), Lleverino (1999) Ortiz y Gutiérrez (2001), Sánchez (2001), Ortiz (2012). Todos ellos coinciden en señalar que con esta metodología se ahorran considerablemente recursos económicos y tiempo, además de que se obtiene un mayor detalle que en cartografías técnicas con escalas pequeñas Brady y Weil (2010).

Los productores con los que se trabajó en la zona de estudio se basan principalmente en características visuales de los suelos como es el color, pedregosidad superficial, grietas, dificultad de laboreo cuando existe humedad, consistencia y retención de humedad. Esto es congruente en los resultados que se reportaron autores como Dawoe et al. (2012); Barrera-Bassols y Zinck (2003); Krasilnikov y Tabor (2003) y Shan (1993), en donde las características antes mencionadas son los estudios realizados.

Las clases de tierra identificadas fueron relacionadas con la clasificación obtenida mediante la Taxonomía de Suelos encontrándose que cuatro de ellas correspondieron al mismo Orden, con lo que se puede inferir que el detalle del conocimiento local permite diferenciar un mayor número de clases de tierra. En éste caso, la identificación de cuatro diferentes clases de tierra (Colorada, Pedrero y Cascajo Colorado y Cascajo Negro) de acuerdo con el productor en el mismo Subgrupo de la Taxonomía de Suelos (Lithic Ustorthents – Suelos Someros) y fue posible debido a las características superficiales como el color y el grado de pedregosidad que se observó en cada clase de tierra.

La clasificación obtenida mediante el sistema de la WRB (2006) sólo agrupó en una unidad a cuatro clases de tierra (Colorada, Pedrero, Cascajo Colorado y Cascajo Negro) y tres de estas dentro de un Calificador Grupo I (Hiperesquelético). Para la

unidad Cambisol agrupo a dos clases de tierra: Negra y Terrero y sólo la tierra Cascajo, se agrupo como Calcisol. Dentro de la unidad Leptosol, correspondió un Calificador del Grupo I (Hiperesqueletico) y tres a Haplico, sólo uno a Vértico. Referente al Calificador Grupo II diferente para cada clase de tierra. En éste caso, la clase de Tierra Colorada que mediante Taxonomía de Suelos había quedado en el mismo Subgrupo que Pedrero y Cascajo, se diferenció por su calificador Grupo I que le asignó el término Háplico y a las primeras el calificador de Hiperesquelético, debido a que los suelos de La Soledad Salinas, son suelos con características de suelos someros o delgados por el material parental del que se han formado.

La diferencia más notoria resultó al comparar los resultados contra lo reportado en la Carta Edafológica del INEGI que para la zona de estudio se realizó a una escala de 1:250,000. De acuerdo con ésta cartografía, los suelos que predominan en La Soledad Salinas son los Phaeozems, Kastañozems, Luvisoles y en una pequeña proporción los Leptosoles. Sin embargo, la información recabada en los siete perfiles en la zona de estudio mostró que de acuerdo con la WRB la unidad que más predomina es la de los Leptosoles. Por otro lado, con base en la descripción de campo, análisis físicos y químicos que se realizaron en laboratorio, se encontraron suelos Cambisoles y Calcisoles, unidades no reportadas por INEGI en esta zona de estudio. Es claro que el nivel de detalle es la principal causa de las grandes diferencias encontradas entre la clasificación campesina y la cartografía de INEGI.

La Geología de la localidad de acuerdo con INEGI, indica que la mayor parte está formada por rocas ígneas extrusivas acidas y en menor proporción por arenisca. Los muestreos de campo indicaron que se tiene material parental derivado de la formación de Rocas Metamórficas, específicamente de Esquistos, lo cual se clasifico como la Tierra Colorada. Por otro lado, se tiene Andesita, que se clasificó en las Tierras Pedrero y Cascajo Colorado. Además, se tiene material parental de Rocas Sedimentarias, no reportadas en la cartografía de INEGI. Solamente la Tierras Negra y Cascajo Negro están presentes en el material geológico reportado por INEGI.

Mediante la información proporcionada por los productores fue posible conocer el concepto de calidad del maguey mezcalero que ellos manejan. En primer término un maguey de calidad es aquel que ha cumplido su ciclo vegetativo, además de ser pesado; cuando reúne estas características se le llama maguey “sazón”. Para reconocer a un maguey maduro, los productores observan las características del meristemo del maguey al que le llaman “cogollo” y con ello conocen cuando el escapo floral o qurote está a punto de emerger, momento en el cual el maguey está con la mayor concentración de azúcares en la piña. Utilizando criterios principalmente de demanda, los productores pueden entonces cosechar el maguey justo antes de que emerja el qurote o dejar que éste crezca y cortarlo a determinada altura para que el maguey permanezca en campo hasta un año más sin que pierda su calidad. Aunque el manejo que los productores le dan al maguey mezcalero en campo no se relaciona con el concepto de calidad, éste tiene el objetivo principal de producir buen maguey. En éste sentido, las limpiezas oportunas de maleza para que estas no compitan con el maguey por humedad del suelo y los esfuerzos por mantener plantas sanas, sin plagas ni enfermedades son las principales prácticas que los productores reconocen para lograr producir maguey de calidad. Además, para ellos el plantar maguey en las tierras que conocen como buenas para el maguey también influye en su objetivo de producir maguey mezcalero con la calidad requerida para obtener buenos ingresos por su venta. Para fines de producción de mezcal, la calidad técnica del maguey mezcalero consiste esencialmente en la cantidad de azúcares que es directamente proporcional a la cantidad de mezcal que se obtiene de la piña de maguey. La determinación de los grados Brix del jugo en una piña de maguey mezcalero es una expresión aproximada del porcentaje de azúcares que contiene (Bautista *et al.* (2001), Nuñez *et al.* (2011), Mancilla-Margalli y López (2006), Vera *et al.* (2009), Iñiguez-Covarrubias *et al.* (2001), Cifuentes *et al.* (2010), Esqueda *et al.* (2011), González-Cruz *et al.* (2011), Ávila *et al.* (2012), Martínez *et al.* (2012). La combinación entre el porcentaje de azúcar que contiene una piña de maguey mezcalero y su peso, determinan la cantidad absoluta de azúcares en una piña determinada y en consecuencia, también el peso es un indicador de la calidad del maguey mezcalero.

Los datos obtenidos a partir de mediciones de peso, grados Brix, diámetro y altura de 162 piñas de maguey mezcalero cosechadas en 17 parcelas clasificadas en siete clases de tierras permitieron en primer término analizar las relaciones entre mediciones como el perímetro y la altura de la piña y su peso. En éste sentido se encontró una excelente correlación entre el perímetro de la piña y su peso al utilizar una regresión polinomial de segundo grado que produjo una R^2 de 0.9414. Espinosa *et al.* (2005), reportaron una R^2 de 0.9102 Para la relación entre el perímetro y el peso de piñas de maguey mezcalero localizadas en la región del mezcal en Oaxaca, principalmente en los distritos de Tlacolula y Yautepec. El coeficiente de determinación mejoró mediante la combinación de perímetro y altura contra peso y se obtuvo un valor de 0.9526 utilizando solamente regresión lineal. Esta información es útil para los productores que tomando unas mediciones sencillas de perímetro y altura de las piñas cosechadas, pueden utilizar el modelo de regresión generado para contar con una estimación muy aproximada del peso de maguey cosechado y evitar subestimaciones realizadas visualmente por los compradores.

Por otro lado, el análisis de regresión entre el peso y los grados Brix no fue satisfactorio pues el coeficiente de determinación fue apenas de 0.27 lo que indica una muy baja correlación entre estas dos variables.

El análisis de varianza realizado para conocer el efecto de la clase de tierra sobre las variables de peso y grados Brix en las piñas de maguey cosechado mostró que efectivamente la clase de tierra influye en producir piñas de diferente calidad. La comparación de medias mostró que la tierra de Cascajo Negro produjo las piñas con el mejor peso con un promedio de 69.0 kg y estadísticamente diferente a las piñas producidas en las otras tierras que produjeron piñas con un peso de 51.7 kg o menos, excepto por la tierra de Cascajo Blanco con piñas de 51.9 kg. La clase de tierra con la peor calidad en esta variable fue la Tierra Terrero que produjo piñas con un peso promedio de 16.3 kg, estadísticamente diferentes al resto de las tierras.

La comparación de medias para la variable de grados Brix mostró que la tierra Colorada fue mejor con un promedio de 32.2 grados Brix, y que aunque no fue

diferente estadísticamente de las tierras Cascajo Negro y Pedrero, si superó a las otras tierras en las que se encontró un promedio de grados Brix de 27.8 o menos. La tierra Cascajo Colorado fue la que presentó el valor menor de grados Brix con 23.9 aunque estadísticamente no fue diferente de cascajo blanco y terrero.

La calidad técnica determinada de esta manera difirió de la percepción de los productores pues la mayoría de ellos opinaron que la mejor tierra para el maguey mezcalero era la tierra Pedrero. Sin embargo, hubo coincidencia en cuanto a que la tierra Terrero produce la menor calidad de maguey pues esto se confirmó mediante las mediciones de peso y grados Brix y su análisis estadístico.

La diferencia encontrada entre la información de los productores sobre las mejores tierras para maguey mezcalero y los análisis estadísticos de variables medidas en campo es posible que se deba al manejo diferenciado que las plantaciones pudieron tener en las diferentes parcelas. Es decir, en un momento dado, una plantación de maguey con buen manejo en una parcela considerada por los productores como no buena para el maguey pudiera producir mejor que la clase de tierra considerada como la mejor para los productores pero un manejo deficiente no le permite expresar su potencial de producción.

Los análisis de regresión lineal realizados a las propiedades físicas y químicas determinadas en laboratorio sobre muestras de suelos tomadas en el horizonte superficial de siete parcelas, mostró coeficientes de determinación menores a 0.60. Sin embargo, utilizando las propiedades químicas, de carbono orgánico, materia orgánica, Nitrógeno y Calcio se encontraron tendencias con determinadas propiedades para la variable peso. En el caso de grados Brix, en las propiedades químicas de Carbono Orgánico, Materia Orgánica, Nitrógeno, Calcio y Fósforo se encontraron de igual forma, tendencias significativas para estas.

De manera general estos modelos muestran una tendencia negativa que indica que a mayor valor de estas propiedades químicas del suelo, disminuye el del peso y grados Brix de las piñas de maguey mezcalero. Estos resultados no proporcionan elementos

para explicar su comportamiento, lo cual es similar a lo encontrado por Espinosa *et al.* (2005) quienes al aplicar diferentes tratamientos de fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasio sobre maguey mezcalero, no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el peso de las plantas estudiadas.

VI. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

En la comunidad de La Soledad Salinas con base al conocimiento del recurso suelo se identificaron seis clases de tierra para el cultivo del maguey mezcalero.

La calidad del maguey mezcalero, de acuerdo con el productor, se evalúa en términos de peso y está relacionada con las clases de tierra donde se cultiva, siendo las mejores: Tierra Colorada, Cascajo Negro y Pedrero.

Las propiedades químicas del suelo que se relacionan con el peso y grados Brix en el maguey mezcalero fueron: Materia Orgánica, Nitrógeno, Calcio y Fósforo.

El material parental del suelo afecta y condicionan la calidad del maguey en algunas clases de tierras, siendo el mejor Esquisto (Tierra Colorada), Rocas Ígneas (Tierra Negra y Cascajo Negro) y Andesita (Tierra Pedrero y Cascajo Colorado).

VII. LITERATURA CITADA

- Arredondo, V. C., Bravo, M. E., Cano, G. M. A., Espinosa, P. H., Gómez, C. M., López, L. P. y Rodríguez, H. R. 2000. Programa Nacional de Agave mezcalero. SAGAR. INIFAP, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. 39 p.
- Ávila, N. R., B. Rivas P., R. Hernández M. y M. Chirinos. 2012. Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en *Agave cocui* Trelease. *Multiciencias* 12 (2):129-135.
- Bautista-Cruz, A.; Carrillo-González, R.; Arnaud-Viñas, M.R.; Robles, C. y León-González, F. 2007. Soil fertility properties on *Agave angustifolia* Haw. Plantations. *Soil & Tillage Research*. 96: 342-349 p.
- Bautista-Cruz, A; León-González, F.; Carrillo-González, R. and Robles, C. 2011. Identification of soil quality indicators for maguey mezcalero (*Agave angustifolia* haw.) plantations in Southern México. *African Journal of Agricultura Research*. 6 (20): 4795-4799 p.
- Bautista-Justo, M., L. García-Oropeza, R. Salcedo-Hernández y L. A. Parra-Negrete. 2001. Azúcares en Agaves (*Agave tequilana* Weber) cultivados en el estado de Guanajuato. *Acta Universitaria* 11(1): 33-38.
- Bautista-Justo, M., L. García-Oropeza, J. E. Barbosa-Corona y L. A. Parra-Negrete. 2011. El *Agave tequilana* Weber y la producción de tequila. *Acta Universitaria* 11(2): 26-34.
- Barrera, B. N. 1988. Etnoedafología Purhépecha en México Indígena. *Ecología*. Sep-Oct. Instituto Nacional Indigenista. No. 24. 72 pp. 47-52.
- Barrera-Bassols N. y Zinck J. A. 2003. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. *Geoderma* 111 (2003) 171–195

- Barrera-Bassols, N.; Zinck J. A. and Van, R. E. 2006. Symbolism, knowledge and management of soil and land resources in indigenous communities: Ethnopedology at global, regional and local scales. *Catena* 65:118-137 p.
- Barrios, E. and Trejo, M.T. 2003. Implications of local soil knowledge for integrated soil management in Latin America. *Geoderma* 111: 217-237 p.
- Bellon, M. R. 1996. Landholding fragmentation: Are Folk Soil Taxonomy and Equity Important? A Case Study from México. *Human Ecology*. Vol 24:3 1-21 p.
- Brady, N, and Weil, R. 2010. Elements of the nature and properties of soils. Third Edition. Upper Saddle River Prentice-Hall Inc. 383 p.
- Bravo M. E, Espinosa, P. H. y López L. P. 2007. Tecnología para la producción de maguey mezcalero en Oaxaca. Libro Técnico No. 7. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP. 160 p.
- 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.
- Cifuentes, D. L. A., G. Orea, L. y S. Gómez, O. 2010. Contenido de azúcares reductores totales en piñas de agave mezcalero cosechadas en tres ejidos del municipio de Suchil, Durango. VI Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. Acapulco, Guerrero, México.
- Consejo Oaxaqueño Maguey Mezcal A. C. 1994. Guía para el productor magueyero de Oaxaca.
- Consejo Oaxaqueño Maguey Mezcal A. C. 2004. Diagnostico de la cadena productiva del sistema producto maguey mezcal. Inédito (Mimeografiado) 208 p.
- Consejo Regulador del Mezcal (CRM) 2014. www.crm.org.mx (Consultado, 22 de Julio de 2013).

- Consejo Regulador del Tequila (CRT). <http://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/> (Consultado, 22 de Julio de 2013).
- Cuanalo, C. H. 1990. Manual para la descripción de perfiles de suelos en el campo. Tercera edición. Centro de edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 40 p.
- Davis, S., C., F. G., Dohleman, S. P., Long. 2011. The global potential for *Agave* as a biofuel feedstock. *GCB Bioenergy* 3:48-78.
- Dawoe, E. K.; Quashie-Sam, J.; Isaac, M.E. and Oppong, S. K. 2012. Exploring farmers' local knowledge and perceptions of soil fertility and management in the Ashanti Region of Ghana. *Geoderma*. 179-180(2012): 96-103 p.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. Denominación de Origen del Mezcal. México, D.F., pp. 27-30.
- Diario Oficial de la Federación. 2001 Denominación de Origen del Mezcal. México, D.F. 1-4. pp.
- Diario Oficial de la Federación. 2003. Denominación de Origen del Mezcal. México, D.F. 1-29 pp.
- Diario Oficial de la Federación. 2012 Denominación de Origen del Mezcal. México, D.F. 1-29 pp.
- 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, México.

- Espinosa, P.H., Arredondo V.C., Cano G.M., Canseco L. A. y Vázquez Q.F. 2002. La materia prima para producir el mezcal Oaxaqueño. Catálogo de diversidad de agaves. Folleto Técnico No. 2. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP. 66 p.
- Espinosa, P.H., Bravo M.E., López, L.P. y Arredondo V.C. 2005. El agave mezcalero de Oaxaca. Avances de investigación. Libro Técnico No. 3. INIFAP. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. México. 178 p.
- Espinosa, P. H., Arredondo, V. C. y Bravo, M. E. 2008. Practicas de conservación de suelo y agua en maguey mezcalero cultivado en laderas. INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacifico Sur, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Folleto Técnico Núm. 13. Santo Domingo Barrio Bajo, Etna, Oaxaca. 38 p.
- Esqueda, M., A. Gutiérrez, G. Palomino, A. García-Mendoza and T. Terrazas. 2011. Morphological characterization and variation in the total content of reducing sugars in wild populations of *Agave angustifolia* Haw. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 6 (4): 462-468.
- FAO. 2014. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Version 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy. <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Cuarta edición. Talleres Offset Larios S.A. México D.F. 252 p.
- García-Mendoza, A. 1992. Con sabor a maguey. Guía de la colección nacional de Agaváceas y Nolináceas. Jardín botánico Instituto de biología, UNAM. 113 p.
- García-Mendoza, A. 2007. Los Agaves de México. Ciencias 87:14-23.
- Gentry, H. S. 1982. Agaves of continental North America. 1st Edition. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. United States. 670 p.

- Gómez-Pompa, M. 1963. El género Agave: Cactáceas y suculentas Mexicanas, 8(1):3-28, México.
- González-Cruz, L., M.E. Jaramillo F., A. Bernardino-Nicanor and R. Mora-Escobedo. 2011. Influence of planta ge on fructan content and fructosyltransferase activity in Agave atrovirens Karu leaves. African Journal of Biotechnology 10 (71):15911-15920.
- González M., R. 1988. La clasificación campesina como un sustituto de los levantamientos detallados de suelos. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Granados S., D. 1993. Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 252 p.
- Hutchinson, J. 1979. The families of flowering plants. Third ed. Oxford niversity Press, West Germany. 968 p.
- ICAPET. 1999. Primer censo de la industria del mezcal. Gobierno del Estado de Oaxaca.
- INEGI. 1984. Carta Geológica E14-12, Escala 1:250,000. Dirección General de Geografía, INEGI. Aguascalientes Ags, México.
- INEGI. 2000. Clima, Escala 1:1,000,000, Serie I. Dirección General de Geografía, INEGI. Aguascalientes Ags, México.
- INEGI. 2001. Fisiografía Serie I, Escala 1:1,000,000, Serie I. Dirección General de Geografía, INEGI. Aguascalientes Ags, México.
- INEGI. 2007. Carta de Vegetación y Uso del suelo, Serie IV. E14-12, Escala 1:250,000. Dirección General de Geografía, INEGI. Aguascalientes Ags, México.

- INEGI. 2010. Marco Geoestadístico Nacional. Dirección General de Geografía, INEGI. Aguascalientes Ags, México.
- INEGI. 2011. Carta Edafológica, Serie II. E14-12, Escala 1:250,000. Dirección General de Geografía, INEGI. Aguascalientes Ags, México.
- INEGI. 2013. Modelo digital de elevación versión 3.0, Escala 1:10,000. Dirección General de Geografía, INEGI. Aguascalientes Ags, México.
- INIFAP. 1993. Determinación del potencial productivo de especies vegetales en el Estado de Oaxaca. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Centro de Investigación Regional Pacifico Sur, Campo experimental Valles Centrales de Oaxaca.
- INIFAP. 1999. Proyecto Nacional de Maguey Mezcalero. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Centro de Investigación Regional Pacifico Sur, Campo experimental Valles Centrales de Oaxaca. 27 p.
- Iñiguez-Covarrubias, G., R. Díaz-Teres, R. Sanjuán-Dueñas, J. Anzaldo-Hernández and R. M. Rowell. 2001. Utilization of by-products from the tequila industry. Part 2: potential value of Agave tequilana Weber azul leaves. *Bioresource Technology* 77: 101-108.
- IUSS Grupo de trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelos. Primera actualización 2007. Informes sobre recursos mundiales de suelos No. 103. FAO, Roma. 117 p.
- Krasilnikov, P. V. and Taborb, J. A. 2003. Perspectives on utilitarian Ethnopedology. *Geoderma* 111:197-215 p.
- Lawrence, H.M.G. 1951. Taxonomy of vascular plants. McMillan Publishing., Co; Inc. New York.

- 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.
- López, M.G, N.A. Mancilla-Margalli and G. Mendoza-Díaz. 2003. Molecular structures of fructanes from *Agave tequilana* Weber var. *azul*. J. Agric. Food. Chem 51:7835-7840.
- 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.
- Lleverino 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.
- Lleverino, G. E., Ortiz, S. C. A. y Gutiérrez C. M. C. 2000. Calidad de los mapas de suelos en el ejido de Atenco, Estado de México. Terra, 18, pp. 103-113.
- Mancilla-Margalli, N. A. and M. G. López. 2006. Water soluble carbohydrates and fructan structure patterns from *Agave* and *Dasyilirion* species. J. Agric. Food. Chem 54:7832-7839.
- Mariles, F. V., Cruz, C. E. y Cano G. M. A. 2010. Determinación del Impacto Ambiental de las Plantaciones de Maguey Mezcalero (*Agave angustifolia* Haw.) en los Ecosistemas del Estado de Oaxaca. (Informe mimeografiado). Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP. 40 p.
- Mariles, F. V., Cruz, C. E. Bravo, M. E y Cano G. M. A. 2012. Estimación de superficie con plantaciones de maguey mezcalero en la región del mezcal, Oaxaca, mediante imágenes de Satélite Spot. Folleto técnico No. 39. INIFAP. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. México. 22 p.

- Martínez, R. S. 2006. Crecimiento de magueyes mezcaleros que los sustentan en la cuenca alta del Río Mixteco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 110 p.
- Martínez, R. S., A. Trinidad S., C. Robles, A. Galvis S., T. M., Hernández M., J. A. Santizo R. y E. C. Pedro S. 2012. Crecimiento y sólidos solubles de *Agave potatorum* Zucc. Inducidos por riego y fertilización. Rev. Fitotec. Mex. 35(1): 61-68.
- Nobel, P. S. 1990. Environmental influences on CO₂ uptake by Agave, CAM plants with high productivities. Economic Botany 44: 488-502.
- Núñez, H. M., L. F. Rodríguez and M. Khanna. 2011. Agave for tequila and biofuels: an economic assessment and potential opportunities. GCB Bioenergy 3:43-57.
- Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable del estado de Sonora (OEIDRUS). 2011. Estadísticas agrícolas. <http://www.oeidrus-oaxaca.gob.mx/>. (Consultado septiembre, 2012).
- Ortiz S., C. A., D. Pájaro H. y V. M. Ordaz CH. 1990. Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas. Serie Cuadernos de Edafología 15. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Ortiz, (1991). El concepto campesino de tierra. La investigación edafológica. Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hidalgo, México.
- Ortiz-Solorio. C. A. y Gutiérrez-Castorena, M. C. 2001. La etnoedafología en México: Una visión retrospectiva. Etnobiología. 1: 44-62.
- Ortiz-Solorio, C. A., Gutiérrez-Castorena, M. C., Licona-Vargas, A. L and Sánchez-Guzmán, P. 2005. Contemporary influence of indigenous soil (land) classification in Mexico. Eurasian Soil Science, 38, pp. S89-S94.

- Ortiz, Solorio C. A. 2012. Cartografía de Tierras Campesinas. CONABIO. Biodiversitas 105: 1 – 5.
- Orlove, B. S. 1993. The ethnography of maps: the cultural and social contexts of cartographic representation in Peru. *Cartographica*. Volume 30. Number 1. Spring. P: 29-46.
- Rivera (1990) Rivera, V. J. J. 1990. El uso del maguey (*Agave sp.*) en la conservación del suelo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 172 p.
- Robinson, A. H. and Petchenik, B. B. (1976). The nature of maps: essays toward understanding maps and mapping. Chicago. Chicago University Press.
- Ruiz, C. J. A., Medina, G. G., Ortiz, T. C., Martínez, P. R., González, A. I. J., Flores, L. H. E. y Byerly, M. K. F. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. INIFAP. SAGAR. Centro de Investigación Regional Pacifico Centro. 324 p.
- Sánchez, L., A. 1989. Oaxaca, tierra de maguey y mezcal. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Oaxaca, Oax, 179 p.
- Sánchez, G., P. 2001. La 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.
- Serrano-Altamirano, V.; Silva-Serna, M. M.; Cano-García, M.A.; Medina-García, G. y Ruiz-Corral, A. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del Estado de Oaxaca. (Período 1961-2003). INIFAP. SAGARPA: Libro Técnico No. 4. Oaxaca, México. 272 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. Fuente: www.siap.gob.mx. (Consultado el 8 de octubre de 2014).

- Shah, P. B. 1993. Clasificación local de tierras agrícolas en la cuenca Jhiku Khola. In: Tamang, G. J. Gill and G.B. Thapa (eds). Indígenas manejadores de los recursos naturales. HMG Ministry of Agriculture/Winrock International, Kathmandu/London: 159-163
- Shah, P. B. 1995. Clasificaciones indígenas de tierras agrícolas y de suelos clasificaciones de suelos. Processes, Trends and Dynamics in the Middle Mountain Watershed. IDRC/ICIMOD, Kathmandu, Nepal: 203-210.
- Siderius, W. y Bakker, H. 2003. Toponymy and soil nomenclature in the Netherlands. Geoderma 111: 521–536
- Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (SNIDRUS). Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Oaxaca (OEIDRUS), 2011. Maguey mezcal, regiones productoras de Oaxaca, 2011. Gobierno del Estado de Oaxaca – SAGARPA. 91 p.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. 871 p.
- Vera, G. A., P. A. Santiago G. y M. G. López. 2009. Compuestos volátiles aromáticos durante la elaboración de mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. Rev. Fitotec. Mex. 32(4): 273-279.
- Watson, H. (1989). Aboriginal-australian maps. In: Turnbull, D. Maps are territories: science is an Atlas: a portfolio of exhibits. Deakin University. pp: 28-36.
- Williams, B. J y Ortiz, S. C. A. 1981. Middle American folk Soil Taxonomy. Annals of Association of American Geographers 71(3): 335-358.

VIII. ANEXO I. DESCRIPCIÓN DE PERFILES

Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Colorada

Perfil No: 1

Descrito por: Verónica Mariles Flores y Patricio Sánchez Guzmán

Supervisado por: Dra. Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena y Dr. Carlos Ortiz Solorio

Fecha: 21 de Marzo de 2014

Localización geográfica: 16° 40' 027.0660" N, 96° 02' 01.8660" O

Altitud: 1010 m

Localidad: La Soledad Salinas

Municipio: San Pedro Quiatoni

Estado: Oaxaca

Pendiente: 40%

Relieve: Convexa - Cóncava

Pedregosidad superficial: 60%, piedras angulosas (20 -30 cm)

Drenaje superficial: Sitio donador

Material parental: Esquisto (metamórficas)

Flora: Selva Baja Caducifolia

Fauna: Conejo, Iguana, Venado, Serpiente Cascabel

Descripción general del paisaje: Lomeríos de pendientes complejas



Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción en campo
	Ap	0 - 20	10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro cuando húmedo; 10YR 6/2 gris parduzco claro cuando seco; textura franco arenosa; estructura granular (50%) y bloques subangulares (50%); firme, seco, poros intersticiales, raíces abundantes finas y delgadas; permeabilidad rápida, pH 6, con reacción nula al HCl y reacción moderada al H ₂ O ₂ ; transición abrupta a la siguiente capa.
	C	20 - 50	7.5YR 5/3 pardo cuando húmedo; 5YR 5/3 pardo rojizo oscuro cuando seco; roca intemperizada, firme, seco, poros intersticiales, raíces pocas delgadas; permeabilidad rápida, pH 6, con reacción nula al HCl y al H ₂ O ₂

Análisis químicos y físicos del perfil 1. Tierra Colorada

Profundidad	pH	CE	CO	MO	N	%CaCO ₃	Na	K	Ca	Mg	CIC	P ₂ O ₅
0-20	6.0	0.4	0.8	1.4	0.1	0.5	0.3	0.4	11.1	0.3	18.3	2.8
20-50	7.0	0.3	0.3	0.5	0.0	0.2	0.6	0.6	14.5	0.2	22.6	2.6

pH= Potencial Hidrógeno; CE=Conductividad Eléctrica (dSm⁻¹); CO=Carbono Orgánico (%); MO=Materia Orgánica (%); N=Nitrógeno (%); %CaCO₃=Carbonatos de Calcio (%); Na=Sodio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); K=Potasio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Ca=Calcio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Mg=Magnesio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); P₂O₅=Fósforo (Mg Kg⁻¹)

Profundidad	Dap	Color en Seco	Color en Húmedo	A (%)	L (%)	R (%)	Clase Textural	PMP (%)	CC (%)
0-20	1.0	10YR 6/2	7.5YR 4/4	43.3	30.0	26.6	Franco	19.1	29.4
20-50	1.1	7.5YR 5/4	7.5YR 4/4	50.7	22.0	27.3	Franco arcillo arenoso	18.6	26.0

Dap=Densidad Aparente (g.cm³); %A=Porcentaje de Arena, %L=Porcentaje de Limo; %R=Porcentaje de Arcilla, PMP=Punto de Marchitez Permanente; CC=Capacidad de Campo.

Clasificación WRB: Leptosol

Calificador grupo I: Háptico

Calificador grupo II: Eútrico-Esquelético

Clasificación Taxonomía de suelos:

Régimen de temperatura del suelo: Isohipertérmico

Régimen de humedad del suelo: Ústico

Suelo: Mineral

Epipedon: Ocrico

Orden: Entisol

Suborden: Orthents

Gran grupo: Ustorthents

Subgrupo: Lithic Ustorthents

Material parental: Esquisto (metamórficas)



Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Pedrero

Perfil No: 2

Descrito por: Verónica Mariles Flores y Patricio Sánchez Guzmán

Supervisado por: Dra. Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena y Dr. Carlos Ortiz Solorio

Fecha: 21 de Marzo de 2014

Localización geográfica: 16° 40' 05.6820" N, 96° 00' 54.4980" O

Altitud: 866 m

Localidad: La Soledad Salinas

Municipio: San Pedro Quiatoni

Estado: Oaxaca

Pendiente: 15%

Relieve: Cóncava

Pedregosidad superficial: 90% (piedras redondeadas de 40 – 90 cm)

Drenaje superficial: Sitio donador

Material parental: Andesita

Flora: Selva Baja Caducifolia

Fauna: Conejo, Iguana, Venado, Serpiente Cascabel

Descripción general del paisaje: Lomeríos de pendientes suaves



Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción en campo
	Ap	0 – 10/20	10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro cuando húmedo; 10YR 5/2 pardo grisáceo cuando seco; textura franco arcillo arenosa; estructura bloques subangulares; firme, seco, poros intersticiales, raíces comunes delgadas; permeabilidad rápida, pH 7, con reacción nula al HCl y reacción fuerte al H ₂ O ₂ ; transición media a la siguiente capa.
	CA	10/20 - 42	10YR 3/3 pardo oscuro cuando húmedo; 10YR 4/3 pardo cuando seco; textura franco arcillo arenosa; estructura bloques subangulares; firme, seco, poros intersticiales, raíces pocas delgadas; permeabilidad rápida, con reacción nula al HCl y reacción fuerte al H ₂ O ₂ . El material suelto ocupa el 15% del horizonte.

Análisis químicos y físicos del perfil 2. Tierra Pedrero

Profundidad	pH	CE	CO	MO	N	%CaCO ₃	Na	K	Ca	Mg	CIC	P ₂ O ₅
0-10/20	7.6	0.7	0.7	1.3	0.1	2.5	0.3	0.8	11.9	1.8	17.7	3.5
10/20-42	7.1	0.5	0.5	0.8	0.1	0.6	0.3	0.7	16.4	2.2	21.5	2.6

pH= Potencial Hidrógeno; CE=Conductividad Eléctrica (dSm⁻¹); CO=Carbono Orgánico (%); MO=Materia Orgánica (%); N=Nitrógeno (%); %CaCO₃=Carbonatos de Calcio (%); Na=Sodio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); K=Potasio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Ca=Calcio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Mg=Magnesio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); P₂O₅=Fósforo (Mg Kg⁻¹)

Profundidad	Dap	Color en Seco	Color en Húmedo	A (%)	L (%)	R (%)	Clase Textural	PMP (%)	CC (%)
0-10/20	2.0	10YR 4/2	7.5YR 3/2	57.3	23.1	19.7	Franco arenoso	14.7	21.0
10/20-42	1.9	7.5YR 6/2	7.5YR 4/6	42.5	14.9	42.6	Arcilloso	20.0	28.9

Dap=Densidad Aparente (g.cm3); %A=Porcentaje de Arena, %L=Porcentaje de Limo; %R=Porcentaje de Arcilla, PMP=Punto de Marchitez Permanente; CC=Capacidad de Campo.

Clasificación WRB: Leptosol

Calificador grupo I: Hiper-esquelético

Calificador grupo II: Eútrico

Clasificación Taxonomía de suelos:

Régimen de temperatura del suelo: Isohipertérmico

Régimen de humedad del suelo: Ústico

Epipedon: Ocrico

Orden: Entisol

Suborden: Orthents

Gran grupo: Ustorthents

Subgrupo: Lithic Ustorthents

Material parental: Andesita



Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Cascajo Colorado

Perfil No: 3

Descrito por: Verónica Mariles Flores y Patricio Sánchez Guzmán

Supervisado por: Dra. Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena y Dr. Carlos Ortiz Solorio

Fecha: 21 de Marzo de 2014

Localización geográfica: 16° 39' 06.1800" N, 96° 01' 13.1760" O

Altitud: 777 m

Localidad: La Soledad Salinas

Municipio: San Pedro Quiatoni

Estado: Oaxaca

Pendiente: 60%

Relieve: Cóncavo

Pedregosidad: 90% (piedras desde 5 a 30 cm; dominan en 10 y 20 cm)

Drenaje superficial: Sitio donador

Material parental: Andesita

Flora: Selva Baja Caducifolia

Fauna: Conejo, Iguana, Venado

Descripción general del paisaje: Lomeríos



Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción en campo
	AC	0 - 30	10YR 3/3 pardo oscuro cuando húmedo; 10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro cuando seco; textura franco arcillo arenoso; estructura bloques subangulares; friable, seco, poros intersticiales, raíces pocas; permeabilidad rápida, pH 6.5, con reacción al HCl y reacción violenta al H ₂ O ₂

Análisis químicos y físicos del perfil 3. Tierra Cascajo Colorado

Profundidad	pH	CE	CO	MO	N	%CaCO ₃	Na	K	Ca	Mg	CIC	P ₂ O ₅
0-30	7.3	0.8	0.8	1.6	0.1	0.1	0.3	1.4	15.8	2.8	20.9	4.2

pH= Potencial Hidrógeno; CE=Conductividad Eléctrica (dSm⁻¹); CO=Carbono Orgánico (%); MO=Materia Orgánica (%); N=Nitrógeno (%); %CaCO₃=Carbonatos de Calcio (%); Na=Sodio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); K=Potasio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Ca=Calcio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Mg=Magnesio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); P₂O₅=Fósforo (Mg Kg⁻¹)

Profundidad	Dap	Color en Seco	Color en Húmedo	A (%)	L (%)	R (%)	Clase Textural	PMP (%)	CC (%)
0-30	1.1	10YR 5/4	7.5YR 4/4	53.1	18.4	28.5	Franco arcillo arenoso	16.8	22.7

Dap=Densidad Aparente (g.cm³); %A=Porcentaje de Arena, %L=Porcentaje de Limo; %R=Porcentaje de Arcilla, PMP=Punto de Marchitez Permanente; CC=Capacidad de Campo.

Clasificación WRB: Leptosol

Calificador grupo I: Hiper-esquelético

Calificador grupo II: Eútrico

Clasificación Taxonomía de suelos:

Régimen de temperatura del suelo: Isohipertérmico

Régimen de humedad del suelo: Ústico

Epipedon: Ocrico

Orden: Entisol

Suborden: Orthents

Gran grupo: Ustorthents

Subgrupo: Lithic Ustorthents

Material parental: Andesita



Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Negra

Perfil No: 4

Descrito por: Verónica Mariles Flores y Patricio Sánchez Guzmán

Supervisado por: Dra. Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena y Dr. Carlos Ortiz Solorio

Fecha: 21 de Marzo de 2014

Localización geográfica: 16° 38' 52.6" N, 95° 59' 1.9" O

Altitud: 686 m

Localidad: La Soledad Salinas

Municipio: San Pedro Quiatoni

Estado: Oaxaca

Pendiente: 10%

Relieve: Cóncava

Pedregosidad superficial: 70% (piedras redondeadas de 3 -20 cm)

Drenaje superficial: Sitio donador pasivo

Material parental: Rocas ígneas extrusivas

Flora: Selva Baja Caducifolia

Fauna: Conejo, Iguana, Venado, Serpiente Cascabel

Descripción general del paisaje: Lomeríos de pendientes suaves



Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción en campo
	Ap	0 - 15	10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro cuando húmedo; 10YR 5/1 gris cuando seco; textura arcilla; estructura bloques subangulares de 2 a 4 cm; firme, seco, poros fisuras de 3 mm, raíces comunes medias; permeabilidad rápida, con reacción nula al HCl y reacción fuerte al H ₂ O ₂ ; transición media a la siguiente capa.
	Bw	15 - 35	10YR 4/1 gris oscuro cuando húmedo; textura arcilla; estructura bloques subangulares de 5 a 7 cm; firme, ligeramente húmedo, poros fisuras de 8 mm, raíces pocas medias; permeabilidad moderada, con reacción nula al HCl y reacción fuerte al H ₂ O ₂ ; transición marcada a la siguiente capa.
	C	35 - 50	10YR 3/1 Gris muy oscuro cuando húmedo; textura arcilla; estructura bloques subangulares de 10 cm; firme, húmedo, raíces finas raras; permeabilidad lenta, con reacción ligera al HCl y reacción nula al H ₂ O ₂ . Lecho rocoso.

Análisis químicos y físicos del perfil 4. Tierra Negra

Profundidad	pH	CE	CO	MO	N	%CaCO ₃	Na	K	Ca	Mg	CIC	P ₂ O ₅
0-15	7.3	0.5	1.0	1.7	0.1	0.3	1.6	1.6	16.6	3.8	29.6	4.8
15-35	8.3	0.3	0.3	0.5	0.0	0.5	2.5	0.8	17.3	2.7	29.8	17.2
35-50	8.5	0.6	0.2	0.4	0.0	0.4	4.7	0.9	19.3	3.5	24.4	17.5

pH= Potencial Hidrógeno; CE=Conductividad Eléctrica (dSm⁻¹); CO=Carbono Orgánico (%); MO=Materia Orgánica (%); N=Nitrógeno (%); %CaCO₃=Carbonatos de Calcio (%); Na=Sodio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); K=Potasio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Ca=Calcio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Mg=Magnesio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); P₂O₅=Fósforo (Mg Kg⁻¹)

Profundidad	Dap	Color en Seco	Color en Húmedo	A (%)	L (%)	R (%)	Clase Textural	PMP (%)	CC (%)
0-15	1.9	10YR 4/1	7.5YR 4/1	38.5	23.1	38.5	Franco arcilloso	28.6	38.6
15-35	1.5	10YR 5/1	7.5YR 4/1	37.1	19.2	43.7	Arcilloso	24.2	40.0
35-50	1.7	7.5YR 4/10	7.5YR 4/1	32.1	19.6	48.3	Arcilloso	31.9	52.0

Dap=Densidad Aparente (g.cm³); %A=Porcentaje de Arena, %L=Porcentaje de Limo; %R=Porcentaje de Arcilla, PMP=Punto de Marchitez Permanente; CC=Capacidad de Campo.

Clasificación WRB: Cambisol

Calificador grupo I: Vértico

Calificador grupo II: Eútrico-Arcílico (Epiarcílico)

Clasificación Taxonomía de suelos

Régimen de temperatura del suelo: Isohipertérmico

Régimen de humedad del suelo: Ústico

Epipedon: Ocrico

Orden: Inceptisol

Suborden: Ustepts

Gran grupo: Haplustepts

Subgrupo: Vertic Haplustepts

Material parental: Rocas ígneas extrusivas



Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Cascajo Blanco

Perfil No: 5

Descrito por: Verónica Mariles Flores y Patricio Sánchez Guzmán

Supervisado por: Dra. Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena y Dr. Carlos Ortiz Solorio

Fecha: 21 de Marzo de 2014

Localización geográfica: 16° 39' 16.7" N, 95° 59' 21.2" O

Altitud: 734 m

Localidad: La Soledad Salinas

Municipio: San Pedro Quiatoni

Estado: Oaxaca

Pendiente: 10%

Relieve: Cóncava

Pedregosidad superficial: 30% (5 – 10 cm con revestimientos de CaCO₃)

Drenaje superficial: Sitio donador

Material parental: Conglomerado calizo

Flora: Selva Baja Caducifolia, Maguey mezcalero

Fauna: Conejo, Iguana, Venado, Serpiente Cascabel

Descripción general del paisaje: Lomeríos de pendientes suaves



Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción en campo
	Ap	0 - 16	10YR 5/2 pardo grisáceo cuando seco; textura franco; estructura bloques subangulares de 3 a 5 cm; friable, seco, poros intersticiales, raíces abundantes medias; permeabilidad rápida, con reacción moderadamente fuerte al HCl y reacción moderada al H ₂ O ₂ ; presencia de piedras redondeadas que ocupan el 40%, transición media a la siguiente capa.
	Bk	16 - 42	10YR 7/1 gris claro cuando seco; textura franco; estructura bloques subangulares de 2 a 4 cm; friable, ligeramente húmedo, poros intersticiales, raíces pocas medias; permeabilidad rápida, con reacción moderadamente fuerte al HCl y reacción moderada al H ₂ O ₂ ; presencia de piedras redondeadas que ocupan el 10%, transición media a la siguiente capa.
	CBk	42 - 60	10YR 6/3 pardo opaco (Pale Brown) cuando seco; textura franco; estructura bloques subangulares; friable, húmedo, poros intersticiales, raíces pocas medias; permeabilidad rápida, con reacción moderadamente fuerte al HCl y reacción moderada al H ₂ O ₂ . presencia de piedras redondeadas que ocupan el 5%.

Análisis químicos y físicos del perfil 5. Tierra Cascajo Blanco

Profundidad	pH	CE	CO	MO	N	%CaCO ₃	Na	K	Ca	Mg	CIC	P ₂ O ₅
0-16	7.5	2.0	1.5	2.6	0.2	26.3	0.3	0.7	15.9	1.1	16.4	2.5
16-42	7.7	1.0	0.3	0.6	0.0	28.6	0.3	0.1	15.2	0.2	14.2	2.1
42-60	7.9	0.8	0.3	0.5	0.0	25.3	0.3	0.2	14.3	0.1	14.3	2.3

pH= Potencial Hidrógeno; CE=Conductividad Eléctrica (dSm⁻¹); CO=Carbono Orgánico (%); MO=Materia Orgánica (%); N=Nitrógeno (%); %CaCO₃=Carbonatos de Calcio (%); Na=Sodio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); K=Potasio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Ca=Calcio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Mg=Magnesio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); P₂O₅=Fósforo (Mg Kg⁻¹)

Profundidad	Dap	Color en Seco	Color en Húmedo	A (%)	L (%)	R (%)	Clase Textural	PMP (%)	CC (%)
0-16	1.2	10YR 6/1	7.5YR 3/1	66.8	24.9	8.3	Franco arenoso	16.4	23.5
16-42	1.3	7.5YR 8/1	10YR 6/2	70.0	19.0	11.0	Franco arenoso	46.4	36.9
42-60	1.3	10YR 8/1	10YR 6/2	59.0	25.6	15.4	Franco arenoso	12.4	20.9

Dap=Densidad Aparente (g.cm3); %A=Porcentaje de Arena, %L=Porcentaje de Limo; %R=Porcentaje de Arcilla, PMP=Punto de Marchitez Permanente; CC=Capacidad de Campo.

Clasificación WRB: Calcisol

Calificador grupo I: Haplico

Calificador grupo II: Aridico-Esqueletico

Clasificación Taxonomía de suelos

Régimen de temperatura del suelo: Isohipertérmico

Régimen de humedad del suelo: Ústico

Epipedon: Ocrico

Orden: Inceptisol

Suborden: Ustepts

Gran grupo: Calcustepts

Subgrupo: Typic Calcustepts

Material parental: Rocas Sedimentarias (Conglomerado Calizo)



Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Cascajo Negro

Perfil No: 6

Descrito por: Verónica Mariles Flores y Patricio Sánchez Guzmán

Supervisado por: Dra. Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena y Dr. Carlos Ortiz Solorio

Fecha: 22 de Marzo de 2014

Localización geográfica: 16° 40' 00.7" N, 95° 57' 22.9" O

Altitud: 850 m

Localidad: La Soledad Salinas

Municipio: San Pedro Quiatoni

Estado: Oaxaca

Pendiente: 3%

Relieve: Cóncavo

Pedregosidad superficial: 40% (piedras redondeadas de 20 cm -1 m)

Drenaje superficial: Sitio receptor

Material parental: Rocas ígneas y Andesita

Flora: Selva Baja Caducifolia y maguey mezcalero

Fauna: Conejo, Iguana, Venado, Serpiente Cascabel

Descripción general del paisaje: Lomeríos suaves



Perfil	Horizonte	Profundidad d (cm)	Descripción en campo
	A	0 - 15	10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro cuando húmedo; 10YR 6/2 gris pardo claro cuando seco; textura franco arcilloso; estructura bloques subangulares; firme, seco, poros intersticiales, raíces comunes medias; permeabilidad rápida, con reacción nula al HCl y reacción fuerte al H ₂ O ₂ ; transición marcada a la siguiente capa.
	C	15 - 38	10YR 2/1 negro cuando húmedo; 10YR 4/1 gris oscuro cuando seco; textura franco arcilloso; estructura bloques subangulares; firme, seco, poros intersticiales, raíces pocas medias; permeabilidad rápida, con reacción nula al HCl y reacción ligera al H ₂ O ₂ ; transición marcada a la siguiente capa.
	R	38 - 55	10YR 4/1 gris oscuro cuando húmedo; 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro cuando seco; textura arcillo arenoso; firme, seco, poros intersticiales, raíces muy raras; permeabilidad rápida, con reacción al HCl y reacción fuerte al H ₂ O ₂

Análisis químicos y físicos del perfil 6. Tierra Cascajo Negro

Profundidad	pH	CE	CO	MO	N	%CaCO ₃	Na	K	Ca	Mg	CIC	P ₂ O ₅
0-15	6.8	0.6	0.7	1.3	0.1	0.1	0.5	0.9	7.4	1.2	14.0	4.3
15-38	8.0	0.7	0.3	0.5	0.0	0.5	0.8	1.1	9.0	1.2	12.3	2.0
38-55	8.3	0.3	0.2	0.4	0.0	0.6	1.6	1.8	13.4	2.3	28.4	2.7

pH= Potencial Hidrógeno; CE=Conductividad Eléctrica (dSm⁻¹); CO=Carbono Orgánico (%); MO=Materia Orgánica (%); N=Nitrógeno (%); %CaCO₃=Carbonatos de Calcio (%); Na=Sodio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); K=Potasio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Ca=Calcio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Mg=Magnesio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); P₂O₅=Fósforo (Mg Kg⁻¹)

Profundidad	Dap	Color en Seco	Color en Húmedo	A (%)	L (%)	R (%)	Clase Textural	PMP (%)	CC (%)
0-15	1.6	10YR 6/1	10YR 3/4	66.7	11.6	21.6	Franco arcillo arenoso	12.0	18.7
15-38	2.0	10YR 6/1	7.5YR 3/2	55.5	15.4	29.1	Franco arcillo arenoso	12.7	20.7
38-55	1.8	7.5YR 5/1	7.5YR 4/1	40.1	12.9	47.0	Arcilloso	21.6	32.3

Dap=Densidad Aparente (g.cm3); %A=Porcentaje de Arena, %L=Porcentaje de Limo; %R=Porcentaje de Arcilla, PMP=Punto de Marchitez Permanente; CC=Capacidad de Campo.

Clasificación WRB: Leptosol

Calificador grupo I: Hiper-esquelético/Cambico

Calificador grupo II: Eútrico

Clasificación Taxonomía de suelos

Régimen de temperatura del suelo: Isohipertérmico

Régimen de humedad del suelo: Ústico

Epipedon: Ocrico

Orden: Entisol

Suborden: Orthents

Gran grupo: Ustorthents

Subgrupo: Lithic Ustorthents

Material parental: Rocas ígneas y Andesita



Descripción del Perfil del Suelo en Tierra Terrero

Perfil No: 7

Descrito por: Verónica Mariles Flores y Patricio Sánchez Guzmán

Supervisado por: Dra. Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena y Dr. Carlos Ortiz Solorio

Fecha: 22 de Marzo de 2014

Localización geográfica: 16° 38' 57.1" N, 95° 59' 55.0" O

Altitud: 726 m

Localidad: La Soledad Salinas

Municipio: San Pedro Quiatoni

Estado: Oaxaca

Pendiente: 30%

Relieve: Cóncava

Pedregosidad superficial: 30% (piedras redondeadas, rocas ígneas de 5 -30 cm)

Drenaje superficial: Sitio donador

Material parental: Sedimentos

Flora: Selva Baja Caducifolia y maguey mezcalero

Fauna: Conejo, Iguana, Venado, Serpiente Cascabel

Descripción general del paisaje: Lomeríos de pendientes suaves



Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción en campo
	Ap	0 - 15	10YR 4/1 pardo oscuro cuando seco; textura franco arcillo arenosa; estructura bloques subangulares; friable, seco, poros intersticiales, raíces comunes finas; permeabilidad moderada, con reacción moderada al HCl y reacción fuerte al H ₂ O ₂ ; transición media a la siguiente capa.
	Bk	15 - 40	10YR 3/1 gris muy oscuro cuando seco; textura franco arcillo arenosa; estructura bloques subangulares; firme, seco, poros intersticiales, raíces pocas y medias; permeabilidad moderada, con reacción moderada al HCl y reacción violenta al H ₂ O ₂ ; transición abrupta y ondulada a la siguiente capa.
	Ck	40 - 60	5Y 7/1 gris claro cuando seco; textura franco arcillo arenosa; estructura bloques subangulares; friable, seco, poros intersticiales, raíces muy raras medias; permeabilidad moderada, con reacción fuerte al HCl y reacción moderada al H ₂ O ₂

Análisis químicos y físicos del perfil 7. Tierra Terrero

Profundidad	pH	CE	CO	MO	N	%CaCO ₃	Na	K	Ca	Mg	CIC	P ₂ O ₅
0-15	7.6	1.1	1.2	2.1	0.1	1.9	0.3	1.4	19.5	2.8	21.0	12.6
15-40	7.6	0.4	0.9	1.5	0.1	0.8	0.5	0.8	19.2	2.0	20.8	3.9
40-60	8.7	1.4	0.3	0.5	0.0	6.4	2.0	0.9	13.5	2.0	19.2	9.5

pH= Potencial Hidrógeno; CE=Conductividad Eléctrica (dSm⁻¹); CO=Carbono Orgánico (%); MO=Materia Orgánica (%); N=Nitrógeno (%); %CaCO₃=Carbonatos de Calcio (%); Na=Sodio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); K=Potasio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Ca=Calcio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); Mg=Magnesio (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol₍₊₎ Kg⁻¹); P₂O₅=Fósforo (Mg Kg⁻¹)

Profundidad	Dap	Color en Seco	Color en Húmedo	A (%)	L (%)	R (%)	Clase Textural	PMP (%)	CC (%)
0-15	1.1	10YR 4/1	7.5YR 2.5/1	49.6	31.5	18.9	Franco	17.9	24.8
15-40	1.5	10YR 5/1	7.5YR 3/1	50.5	11.3	38.2	Arcillo arenoso	20.7	28.3
40-60	1.5	2.5Y 6/2	2.5Y 5/3	60.8	12.1	27.1	Franco arcillo arenoso	16.6	26.0

Dap=Densidad Aparente (g.cm³); %A=Porcentaje de Arena, %L=Porcentaje de Limo; %R=Porcentaje de Arcilla, PMP=Punto de Marchitez Permanente; CC=Capacidad de Campo.

Clasificación WRB: Cambisol

Calificador grupo I: Háptico

Calificador grupo II: Calcarico-Eútrico

Clasificación Taxonomía de suelos

Régimen de temperatura del suelo: Isohipertérmico

Régimen de humedad del suelo: Ústico

Epipedon: Ocrico

Orden: Inceptisol

Suborden: Ustepts

Gran grupo: Haplustepts

Subgrupo: Typic Haplustepts

Material parental: Rocas Sedimentarias



IX. ANEXO II. PROCESO DEL CORTE DEL MAGUEY MEZCALERO

El Proceso del Corte de Maguey Mezcalero en Campo

El proceso de corte del maguey inicia cuando ya está maduro, lo cual ocurre en la zona de estudio a partir de los seis años de establecida la plantación. Se inicia cortando las pencas del maguey, para solo dejarle la piña, que es lo que se aprovecha.



Posteriormente se inicia el corte de la piña con la coa para ir eliminando las pencas secas que se quedaron en la parte baja a donde no se puede quitar con el machete, para ello se usa un hacha hasta lograr dejar limpia la piña del maguey (Figura 33). En ocasiones en las que la piña es muy pesada, el cortador que usa la coa tiene que pedir ayuda al que utiliza el hacha debido a que si se forza a sacar solo con coa, muchas veces esta se rompe del mango debido a que es madera y se le dan golpes con el mazo para así sacar la piña.

Anexo II. Proceso del corte de maguey



Una vez que termina el proceso de corte, se inicia el arrastre de las piñas y como este se siembra en lomeríos, la pendiente ayuda a los productores a ponerlos en la parte baja, que es donde se acumulan todas las piñas para iniciar el proceso de carga y traslado al centro de acopio. Cabe mencionar que los productores estiman el tonelaje acordado a vender a partir del número y tamaño de piñas y que algunas veces se pasan de peso y en otras ocasiones, les falta un poco para cubrir lo requerido.

Anexo II. Proceso del corte de maguey



En el centro de acopio en La Soledad Salinas se tiene una báscula con capacidad de 30 toneladas, en la que se pesa el maguey con el vehículo que lo transporta, se da el peso total y se descarga para que posteriormente se pese solo el vehículo y se descuenta del peso total, dando como resultado sólo el peso del maguey.

