



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA

**PERCEPCIÓN Y MANEJO DE LA
FERTILIDAD DE CLASES DE
TIERRA AGRÍCOLAS EN EL
EJIDO DE TIERRA COLORADA,
GRO.**

RICARDO GONZÁLEZ ZAVALA

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

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2019

La presente tesis titulada: **MANEJO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DEL EJIDO DE TIERRA COLORADA, GUERRERO**, realizada por el alumno: **Ricardo González Zavaleta**, bajo la dirección del Consejo Particular indicando, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EDAFOLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Carlos Alberto Ortiz Solorio

ASESOR



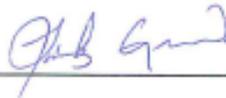
Dra. Ma. Del Carmen Gutiérrez Castorena

ASESOR



Dr. Atenógenes Leobardo Licona Vargas

ASESOR



M. C. Patricio Sánchez Guzmán

Montecillo, Texcoco, Estado de México, diciembre de 2019

PERCEPCIÓN Y MANEJO DE LA FERTILIDAD DE CLASES DE TIERRA AGRÍCOLAS EN EL EJIDO DE TIERRA COLORADA, GRO.

Ricardo González Zavaleta, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

RESUMEN

Los sistemas agrícolas de pequeños productores son heterogéneos por lo cual el conocimiento local de los productores puede ser importante en la identificación y percepción de la fertilidad de sus tierras. El objetivo es utilizar a la etnoedafología y el sistema de Capacidad de fertilidad para establecer un marco geográfico en las clasificaciones interpretativas. El presente trabajo se llevó a cabo en el Ejido de Tierra Colorada, Gro. La etnoedafología considera los conocimientos que poseen los productores acerca de las clases de tierras y ubicación; mientras que la percepción de la fertilidad se evaluó utilizando el sistema capacidad fertilidad (SCF) para agrupar a los suelos de acuerdo con su manejo agronómico e indicar las principales limitaciones relacionadas con la fertilidad. En cada clase de tierra se realizaron perfiles de suelos y se tomaron muestras por horizonte para determinar sus propiedades edáficas y clasificarlos científicamente utilizando a la IUSS Grupo de trabajo (WRB, 2015) y la Taxonomía de Suelos (2014). Los resultados indican que en el área de estudio ocurren cuatro clases de tierra, las cuales son: Barro, Texalt, Loma y Lama. Estas tierras están relacionados con tres grupos de referencia: Vertisols, Calcisols y Fluvisols (WRB) y órdenes de suelos: Vertisols, Inceptisols y Entisols (ST). Al aplicar el SCF se consideró dos ciclos de cultivo (temporal y riego) y se incluyó un nuevo modificador "f": anegamiento. Con los datos de los perfiles, de las clases de tierra se generaron tres unidades. Posteriormente, se realizaron muestreos dentro de cada unidad y se volvió aplica el SCF para determinar variación dentro de las mismas. Los aciertos para las clases de Tierra en orden decreciente fueron: Loma y Texalt (100%), Barro (88.89 %) y Lama (20%). Se concluye que el SCF genera información más detallada que la clasificación

científica, con lo cual se puede dar recomendaciones más particulares de manejo a nivel parcela dentro de cada clase de tierra.

Palabra Clave: Etnoedafología, clasificación científica, calidad de suelo.

PERCEPTION AND MANAGEMENT OF THE FERTILITY OF AGRICULTURAL LAND CLASSES IN THE EJIDO DE TIERRA COLORADA, GRO.

Ricardo González Zavaleta, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

Agricultural systems of small producers are heterogeneous, so local knowledge is important in the identification and perception of the fertility of their land. Ethnoedaphology is a viable tool, consider the knowledge of producers about the soil resource. Fertility perception was assessed with the fertility capacity system (SCF), which groups the soils according to their agronomic management problems and physical, chemical properties and indicates limitations related to fertility. This work was carried out in the Ejido of Tierra Colorada, Gro. Four classes of Tierras Barro, Texalt, Loma and Lama were determined and mapped. In each one, soil profiles were made and samples were taken by horizon, for scientific classification with the WRB systems (2015) which generated three units of soils and Soil Taxonomy (2014) that generated four subgroups of soils. When applying the SCF, two crop cycles (Temporary and irrigation) were considered, a new modifier "f" was included: waterlogging to the SCF. With the profile data, the SCF was applied, thus the land classes were interpreted and converted into SCF units generating three units of this interpretive technical classification. Subsequently, sampling was carried out within each land class at plot level and the SCF was applied again with the objective of determining variation within the plots. It was observed that for the land class Barro has a success of 89%, for Loma and Texalt there was no variation having 100% success, and for the Loma class had a success of 20% with respect to the profile data. It is concluded that the SCF generates more detailed information than the scientific classification, which can give more specific management recommendations.

Keyword: Ethnoedaphology, soil classification, soil quality.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Colegio de Postgraduados y en especial al área de Génesis, Morfología y Clasificación del programa de Edafología por permitirme realizar la Maestría en Ciencias

Al Dr. Carlos A. Ortiz Solorio, por haberme aceptado como alumno para realizar mi trabajo de investigación, su dedicación, tutoría, consejos, amistad y conocimientos compartidos durante clases y durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Dra. Ma. Del Carmen Gutiérrez Castorena, por sus observaciones, conocimientos compartidos durante y fuera de sus clases, los cuales ayudaron mucho en mi formación profesional.

Al Dr. Atenógenes L. Licona Vargas, por sus comentarios y observaciones las cuales contribuyeron mucho en la presente investigación.

Al M. C. Patricio Sánchez Guzmán por sus consejos, conocimientos fuera y dentro de clases, su tutoría en la realización de los análisis de laboratorio, por su amistad, así como sus observaciones y comentarios en este trabajo de investigación.

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 mis amigos Juan Carlos, Sandy, Monse, Iris, Moy, Lalo, Lino, Don Pedro, Gabriel, Rosita, Paco y Tania los cuales hicieron esta estancia de investigación muy placentera, además de brindar siempre momentos inolvidables y su gran amistad.

A Carmen Bojorges, por el apoyo brindado en el área administrativa.

A los productores del ejido Tierra Colorada, por su fina atención en la realización de este trabajo.

Con cariño y respeto. Ricardo González Zavaleta

DEDICATORIA

A la memoria de mi abuelita, Mama fany siempre te llevare en mi corazón, gracias por todo el tiempo que estuviste conmigo, tus consejos y tu increíble forma de ser.

A mis padres Sandra Zavaleta, y Ricardo González son un ejemplo a seguir, en todo momento de mi vida me han orientado y apoyado, no hay palabras suficientes para agradecerles todo lo que han hecho por mí y mis hijos, mil gracias.

A mis hijos, Valeria, Ricardo y Regina, por su apoyo y comprensión, los amo muchísimo, no podría pedir mejores hijos, son increíbles, cada uno con sus respectivas formas de ser.

A mis hermanos y mi familia por todos los buenos momentos que siempre pasamos.

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

Ricardo González Zavaleta

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	v
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE CUADROS	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Etnoedafología	4
2.1.1 Definición de Etnoedafología.....	4
2.1.2 Desarrollo Histórico de la Etnoedafología	4
2.2 Estudios Etnoedafológicos	5
2.2.1 Cartografía de Clases de Tierras	5
2.2.2 Generación de Información	6
2.3 Usos de la Clasificación de Tierras	7
2.4 Evaluación de la Cartografía de Clases de Tierras	9
2.5 La Fertilidad de Suelos según el Conocimiento Local.....	10
2.6 Fertilidad del Suelo desde una Perspectiva Científica	15
2.7 Evaluación de la Fertilidad del Suelo	16
2.8 Clasificación de Capacidad-Fertilidad	18
III OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	21
3.1 Objetivo General	21
3.2 Objetivos Específicos	21
3.3 Hipótesis	21
IV MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1 Zona de estudio	22
4.1.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	22
4.1.2 Edafología.....	23
4.1.3 Clima.....	24
4.1.4 Geología	26
4.1.5 Cuencas Hídricas.....	27
4.1.6 Hidrografía	28
4.1.7 Uso de suelo	29
4.1.8 Fisiografía	30
4.1.9 Tipos de Degradación de Suelos	31

4.2	Metodología	32
4.2.1	Estudio Etnoedafológico.....	32
4.2.2	Clasificación Científica de Suelos.....	33
4.2.3	Clasificación por Capacidad Fertilidad.....	34
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
5.1	Cartografía de Tierras	35
5.2	Clases de Tierras del Ejido Tierra Colorada.....	39
5.2.1	Clase Barro	40
5.2.2	Tierra de Loma.....	42
5.2.3	Tierra de Lama.....	43
5.2.4	Tierra Texalt.....	44
5.3	Propiedades Edáficas de las Clases de Tierras.....	45
5.4	Génesis y Clasificación de Suelos	46
5.5	Clasificación con la Taxonomía de Suelos.....	48
5.6	Clasificación con la Base de Referencial Mundial de Suelos (WRB)	51
5.7	Mineralogía	54
5.8	Percepción Local de la Fertilidad de los Suelos.....	56
5.8.1	Destino de la Producción	56
5.8.2	Dosis de Fertilizante	57
5.8.3	Costos de Producción.....	57
5.8.4	Plagas.....	58
5.8.5	Enfermedades.....	59
5.8.6	Deficiencias Nutrimientales.....	59
5.9	Clasificación por Capacidad Fertilidad	64
5.10	Evaluación del Sistema Capacidad Fertilidad a nivel de parcela	81
VI	CONCLUSIONES.....	87
VII	RECOMENDACIONES	88
VIII	LITERATURA	89
	ANEXOS 1. DESCRIPCIÓN DE PERFILES	98
	ANEXOS II. DATOS ANALÍTICOS DE LAS PARCELAS.....	113

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de Tepecoacuilco.....	22
Figura 2. Mapa de suelos Tepecoacuilco, Gro.	23
Figura 3. Mapa de clima en el municipio de Tepecoacuilco, Gro.	24
Figura 4. Climograma de estación climática 12085 Tepecoacuilco, Gro,.....	25
Figura 5. Tipo de rocas del municipio de Tepecoacuilco, Gro.....	26
Figura 6. Región Hidrológica del municipio de Tepecoacuilco, Gro.	27
Figura 7. Hidrografía del municipio de Tepecoacuilco, Gro.	28
Figura 8. Uso de suelo del municipio de Tepecoacuilco, Gro.....	29
Figura 9. Fisiografía del municipio de Tepecoacuilco y Ejido de Tierra Colorada, Gro.	30
Figura 10. Tipos de degradación del municipio de Tepecoacuilco y ejido Tierra colorada, Gro.....	31
Figura 11. Mapa base Ejido Tierra Colorada.....	35
Figura 12. Entrevista y recorridos de campo.....	35
Figura 13. Mapa de clases de tierras.	36
Figura 14. Clases de Tierras del Ejido de Tierra Colorada.....	38
Figura 15. Cultivo de jícama.....	41
Figura 16. Vista aérea Tierra Colorada	41
Figura 17. Riego en parcela de maíz	41
Figura 18. Cosecha de jícama.....	41
Figura 19. Cultivo de maíz.	42
Figura 20. Potreros en la clase de tierra Loma.....	42
Figura 21. Vista aérea de la clase de Tierra Loma.....	42
Figura 22. Cultivo de maíz.	43
Figura 23. Vista aérea de la tierra Lama	43
Figura 24. Vista aérea de la clase de tierra Texalt.	44
Figura 25- Perfil del suelo.....	44
Figura 26. Cultivo de maíz.	44
Figura 27. Perfiles de los suelos de cuatro clases de tierras	47

Figura 28. Mapa de Subgrupos de Suelos del Tierra Colorada Gro.....	49
Figura 29. Unidades de suelo de acuerdo con la WRB (2015) en el Ejido de Tierra Colorada, Gro.....	53
Figura 30. Difractograma de los horizontes Ap y Bkss del perfil Barro.....	54
Figura 31. Difractograma del horizonte Ap del perfil Texalt.....	55
Figura 32. Daño por araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>).....	58
Figura 33. Mancha de asfalto (<i>Phyllachora maydis Maubl</i>).....	59
Figura 34. Clorosis férrica.	60
Figura 35. Deficiencia de Potasio.....	60
Figura 36. Deficiencia de Nitrógeno.	61
Figura 37. Deficiencia de Fósforo.....	61
Figura 38. Deficiencia de Zinc.....	61
Figura 39. Mapa de las unidades Capacidad Fertilidad con los modificadores Ciclo de Temporal, Tierra Colorada.....	67
Figura 40. Mapa de las Unidades de Capacidad Fertilidad y modificadores ciclo de riego, Tierra Colorada.....	68
Figura 41. Distribución pH.....	86
Figura 42. Distribución de Carbonatos.....	86
Figura 43. Distribución de arcillas.	86
Figura 44. . Distribución de arenas.....	86

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Superficies y extensiones de las clases de tierra del Ejido de Tierra Colorada, Gro.....	37
Cuadro 2. Propiedades de las clases de Tierra según los productores.	40
Cuadro 3. Propiedades químicas y físicas de la capa superficial de las clases de tierra del ejido Tierra Colorada, Gro.	45
Cuadro 4. Subgrupos de acuerdo a la Taxonomía de suelos en el ejido de Tierra Colorada, Gro.....	49
Cuadro 5. Unidades de suelo de acuerdo al sistema WRB (2015) del Ejido de Tierra Colorada.....	51
Cuadro 6. Distribución de las unidades de suelos por Capacidad Fertilidad en el ciclo de cultivo de temporal y riego de Tierra Colorada.	66
Cuadro 7. Relación de la clasificación Capacidad Fertilidad dentro de las parcelas.....	85

I. INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia para la vida, el suelo no ha recibido de la sociedad la atención que merece. Su degradación es una seria amenaza para el futuro de la humanidad. Por lo tanto, los científicos se enfrentan al triple desafío de intensificar, preservar e incrementar la calidad de la tierra. Para ello, es necesario contar con una sólida concepción de la calidad y con indicadores de calidad o salud de la tierra y de manejo sostenible de la misma, tal como se cuenta para dar seguimiento a variables sociales y económicas (Bautista *et al.*, 2004).

El suelo es un recurso natural no renovable a corto plazo y muy importante desde el punto de vista agrícola. Los productores del Estado de Guerrero requieren información de la potencialidad de los suelos para establecer un balance nutrimental, que consiste en la demanda del nutrimento para el cultivo, menos los suministros del nutrimento por el suelo entre la eficiencia de recuperación de fertilizante; esta premisa podrá reducir los costos de producción e incrementar los rendimientos de los cultivos estratégicos. La capacidad de suelo se relaciona con atributos de fertilidad, productividad, sostenibilidad y calidad ambiental, su conocimiento permitirá desarrollar capacidades humanas sobre innovaciones tecnológicas para la transferencia de las mejores prácticas de manejo sobre fuentes, dosis y época de fertilización con base en potencialidad del suelo. En 2103 se analizaron 504 muestras de suelo, 72% de áreas maiceras, 12% de mango, 8% de aguacate y el resto mango y sorgo. El 30% de las muestras provino del municipio de Tepecuacuilco, Guerrero. Dichos suelos presentan niveles bajos de NPK, ricos en Ca^{++} por la meteorización del material parental, pH ligeramente alcalino (74%), contenido medio en Mg^{++} , deficientes en Fe^{++} (50.33%), óptimo en Cu (59.56%) y contenidos medios en Mn (5.88%), (González *et al.*, 2013).

Los productores del Estado de Guerrero demandan información sobre potencial del suelo para la transferencia de tecnología de fertilizantes. A través del diagnóstico se determinó el estado nutrimental de los suelos y se estimó la capacidad de abastecer nutrientes a los cultivos. Por sus características físicas y químicas naturales o por defecto residual del manejo previo, en partículas, la adición de fertilizantes y enmiendas, resulta fundamental para alcanzar rendimientos

máximos posibles en un agroecosistema. Posteriormente, se analizaron 686 muestras de suelo, 60% de áreas maiceras, 22% de mango 10% de aguacate y el resto a otros cultivos. El 75% de las muestras de los suelos analizados registraron pH con < 5 a 6.4, condiciones que limitan la selección de cultivos, mineralización de materia orgánica, toxicidad y Al intercambiable, (González *et al.*, 2014).

De acuerdo con los datos reportados en el SIAP (2017), el estado de Guerrero reporta una superficie sembrada de maíz grano de 439, 281 ha, teniendo un rendimiento medio de 2197 kg ha⁻¹. En cuanto al distrito Iguala se reporta una superficie sembrada de 64,773 ha con un rendimiento medio de 3556 kg ha⁻¹.

González *et al.* (2018) realizaron una evaluación de genotipos de maíz de temporal y la respuesta a la forma de aplicación del fertilizante parcelas demostrativas establecidas en las seis regiones del estado de Guerrero por el INIFAP en el ciclo 2009 y reportaron rendimientos máximos para la zona norte desde de 5514 a 9676 kg ha⁻¹. En cuanto al área de estudio se encuentra en un clima Aw con una posición fisiográfica plana y una densidad de población de 65 mil plantas ha⁻¹ para lo cual alcanza un rendimiento de 7044 kg ha⁻¹.

La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter *et al.*, 1997). El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo (Romig *et al.*, 1995).

En el pasado, este concepto fue equiparado con el de productividad agrícola por la poca diferenciación que se hacía entre tierras y suelo. Tierras de buena calidad eran aquellas que permitían maximizar la producción y minimizar la erosión. Para clasificarlas se generaron sistemas basados en esas ideas (Doran y Parkin, 1994). El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos (Doran y Parkin, 1994; Karlen *et al.*, 1997).

Las definiciones más recientes de calidad del suelo se basan en la multifuncionalidad del suelo y no sólo en un uso específico, pero este concepto continúa evolucionando (Singer y Ewing, 2000). Estas definiciones fueron sintetizadas por el Comité para la Salud del Suelo de la Soil Science Society of America (Karlen *et al.*, 1997) como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat.

Los objetivos del presente trabajo fueron generar a través de un estudio etnoedafológico el conocimiento local sobre la fertilidad del suelo y sus clases de Tierra para establecer un marco de referencia geográfico adecuado para las clasificaciones interpretativas.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Etnoedafología

2.1.1 Definición de Etnoedafología

La Etnoedafología es una rama de la ciencia del suelo que estudia la percepción del campesino sobre las propiedades y procesos del suelo, su clasificación y taxonomía, las relaciones con otros factores y fenómenos ecológicos, el manejo agrícola y su aprovechamiento en otras actividades productivas (Barrera, 1988; Williams y Ortiz, 1981). Además, es considerada como una disciplina que se encarga de estudiar los conocimientos que los productores poseen sobre el recurso suelo (Ortiz y Gutiérrez, 2001).

2.1.2 Desarrollo Histórico de la Etnoedafología

Evolutivamente, el desarrollo de la Etnoedafología en México se puede subdividir en tres períodos: el inicial de 1978 a 1981, en el cual se trabaja conjuntamente con Bárbara J. Williams de la Universidad de Wisconsin (pionera en esta disciplina); se conocen sus investigaciones sobre códigos y se propone y define al concepto de Etnoedafología (Williams y Ortiz, 1981). En el periodo intermedio, a partir de 1981, resultó muy notorio 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. Finalmente, el periodo Cartográfico, de 1987 a la fecha, 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. La gran enseñanza que proporcionó la elaboración de mapas de clases de tierras campesinas fue el entender y aceptar que era posible integrar al conocimiento científico con el conocimiento tradicional a través de su mezcla, como si se tratara de un fenómeno

físico, es decir, respetando la integridad de ambos. Esta situación, sin proponerlo, se convirtió en un puente de comunicación eficiente entre productores y técnicos, el cual abrió una puerta a un mundo desconocido, que ha producido y continúa produciendo numerosas investigaciones, no solo desde la perspectiva de la ciencia aplicada sino también para la ciencia básica.

En el trabajo realizado por Ortiz (2012) se reconoció que el conocimiento nativo sobre clases de tierras podía sustituir al trabajo de campo de los levantamientos de suelos. Indicaron además, que en lugar de emplear las técnicas para conocer las clases, su patrón de distribución, comprobar linderos y seleccionar sitios representativos, el técnico sólo necesitaba preguntar al productor sobre ellos.

2.2 Estudios Etnoedafológicos

En la actualidad la realización de un estudio etnoedafológico consta de dos partes: 1) Cartografía de las Clases de Tierras y 2) Generación de la Información requerida, las cuales se describen a continuación.

2.2.1 Cartografía de Clases de Tierras

Para realizar un Mapa de Clases de Tierras se requiere contar con un mapa base de la zona de estudio, sobre el cual se trazarán los límites de cada tipo de tierra. Como mapa base se seleccionaron en los primeros trabajos a los planos parcelarios que poseían los ejidatarios, los cuales no siempre resultaron apropiados, estos mapas en ocasiones eran muy antiguos requiriéndose de una actualización (Pájaro y Ortiz, 1987), la distribución parcelaria había cambiado, requiriéndose una actualización. En otros casos se usaron planos topográficos, fotografías aéreas, orto-fotos o imágenes de satélite. Estas últimas están disponibles en internet para todo el país.

Es recomendable que el mapa base tenga una escala de 1:15,000 o mayor, lo cual es un reflejo del nivel de detalle encontrado del conocimiento que poseen los productores de sus tierras. En ocasiones, un ejido abarca varias imágenes por lo que será necesario crear un mosaico, uniendo todas las partes que lo integran.

También es importante entender que los informantes se dividen en dos grupos: uno para la cartografía de las clases de tierras y otro para la caracterización de la información. Ortiz (2012) menciona que el primer grupo puede integrarse con dos o tres personas, que conozcan toda el área; los mejores resultados se han obtenido con los comisariados ejidales en funciones o los anteriores.

En la realización de la cartografía se requiere, primero, aprender del productor con el cual se realizan recorridos de campo, parcela por parcela y durante ese recorrido se les debe preguntar de manera sistemática dos cuestiones: ¿dónde cambian las clases de tierras? Y ¿cómo se diferencia cada clase de sus vecinas? Es necesario enfatizar que la intención de la cartografía es establecer un marco de referencia geográfico común a los intereses de productores y técnicos, y que, a partir de ese marco, el productor plantee sus inquietudes y el técnico aplique sus conocimientos para responder a ellas.

2.2.2 Generación de Información

Como siguiente etapa se requiere conocer la información que interesa en la investigación que poseen los productores para cada una de las clases de tierra. Esto es similar a lo que en los levantamientos de suelos se conoce como la aplicación de las clasificaciones interpretativas o el establecimiento de predicciones sobre el comportamiento de los suelos bajo un determinado uso y con diferentes niveles de manejo. Para ello, se requiere realizar entrevistas a un conjunto de productores, cuya característica en común es que posean la misma clase de tierra y su número depende del aporte de conocimiento nuevo. Las entrevistas terminarán en cada clase de tierra cuando el conocimiento de los productores se vuelva repetitivo y siempre su participación debe ser: libre, espontánea y no remunerada (Williams y Ortiz, 1981).

Es importante que el investigador reconozca su habilidad o dificultad para comunicarse con los productores, ya que se convierte en el medio para transmitir información en ambos sentidos. El investigador debe, cuando sea necesario, tener un cambio de mentalidad, que le permita tratar al productor de igual a igual.

En ocasiones la comunicación se dificulta porque el investigador usa un lenguaje muy técnico, que no entiende el productor o se hacen preguntas sobre aspectos que no son de uso cotidiano. A su vez el productor explica sus conceptos y experiencias de forma no ortodoxa y es en ambos casos cuando el investigador requiere una habilidad especial para entender y dar a conocer distintos temas.

También es necesario contar con la autorización del productor para grabar su entrevista o hacer anotaciones en una libreta o en su defecto aceptar que no podremos realizar ninguna de ellas. Aun cuando, durante la entrevista el productor es quien proporciona toda la información sobre las tierras, en diversos casos ha resultado adecuado hacer algunas preguntas sobre los temas de interés.

2.3 Usos de la Clasificación de Tierras

La clasificación campesina de tierras tiene fines utilitarios, particularmente, se puede indicar que las clases de tierras se relacionan con cultivos específicos, con el uso de abonos, con la labranza y las herramientas de trabajo, con arvenses, con métodos de recuperación y con usos no agrícolas. A continuación, se da descripción breve de tales relaciones.

En cada comunidad estudiada se ha detectado consistentemente la asociación entre clases de tierras y cultivos, siendo común, el encontrar cultivos que se adaptan a más de una clase de tierra y cultivos que se establecen solo en una. Varios productores de diferentes localidades han indicado que las mejores tierras son aquellas en las que se produce mayor número de cultivos (Lima *et al.*, 2011).

En repetidas ocasiones se ha mencionado que en toda el área de estudio se realizan las mismas labores de cultivo para todas las clases de tierras; sin embargo, los implementos agrícolas que se emplean difieren por clases de tierras. Más aún, se han detectado productores que modifican o crean implementos para solucionar sus problemas (Ortiz, 1990).

El campesino conoce el efecto benéfico del empleo de fertilizantes y estiércoles, para cada cultivo y para cada clase de tierras donde se produzca, tanto en términos de cantidad como de su frecuencia de aplicación. Lo que ha llamado la atención es la preferencia de estiércoles sobre los fertilizantes y algunos de sus

argumentos son que los fertilizantes solo duran un año; que necesitan agua o sino queman a las plantas, o en el caso del maíz, indicaron que produce una cañuela gruesa que no les gusta a sus animales, entre muchas otras razones (Gruver *et al.*, 2007).

También se ha reportado el uso de otros materiales como abonos, como los sedimentos de ríos o avenidas, empleados para mejorar a las tierras menos productivas o la ceniza doméstica, que al analizarla resultó con mayores contenidos de fósforo y potasio en comparación con los estiércoles y otros abonos o las aguas negras en diferentes zonas del país (Mairura *et al.*, 2007).

Contrario al principio de la agricultura comercial de eliminar toda competencia al cultivo de interés, el campesino tradicional o de autoconsumo aprovecha todo lo que la naturaleza le ofrece. Conoce cuales especies son comestibles, forrajeras, medicinales y hasta ornamentales y en cuales tierras se presentan. La recolección de plantas comestibles es una práctica común en los terrenos de cultivo y junto con el reconocimiento formal de la herbolaria, son ejemplos de la importancia de los arvenses en el medio rural mexicano y en consecuencia, repercute sobre las clases de tierras, por la relación que existe entre ellas (Hararurema *et al.*, 1997).

Para Buthelezi *et al.* (2013), el conocimiento indígena acerca del suelo es bastante abstracto en comparación con el conocimiento científico. Estos toman en cuenta la capa superficial con la cual perciben y evalúan la fertilidad del suelo, y consideran las propiedades visibles del suelo y cultivo. A pesar de esta perspectiva la clasificación y evaluación de la idoneidad del suelo de los productores se correlaciona con la científica.

Lelago *et al.* (2016) mencionan que los agricultores indican que han desarrollado un sistema local de clasificación de los suelos basado en su experiencia del potencial y las limitaciones de sus suelos, los cuales les ayudan a diferenciar entre tipos de suelos y darles nombres locales. Los agricultores distinguen hasta diez tipos diferentes de suelo, principalmente en función de su color, textura, el estado de la fertilidad del suelo y la capacidad de retención de humedad.

De acuerdo con Tesfahunegn *et al.* (2016), la evaluación de la calidad del suelo desde el punto de vista de los agricultores se puede utilizar como un indicador primario para la planificación de la agricultura sostenible. Los agricultores conocen especies de malezas, tipos de cultivos y prácticas de manejo, lo que sugiere que dichos indicadores de calidad de suelos se usan para evaluar el estado (degradación) al ubicar los campos que se van a utilizar con estrategias de manejo.

2.4 Evaluación de la Cartografía de Clases de Tierras

Pájaro y Ortiz (1987) realizaron el primer mapa de clases de tierras campesinas y compararon a la cartografía de los productores contra el mapa de fases de series de suelo, concluyeron que sus linderos no coincidían y que las clases campesinas eran más detalladas.

González (1988) validó la calidad de la clasificación campesina como alternativa de los levantamientos detallados de suelos en la que se concluye que es posible sustituir a tales levantamientos con los mapas de clases de tierras campesinas. Con algunas ventajas como son: el usar una metodología simple, que no demanda personal especializado, que no requiere material costoso ni equipo sofisticado, y genera más información que la proporcionada por un levantamiento detallado.

Alfaro *et al.* (2000) realizaron un estudio con una clasificación técnica en combinación con el conocimiento local en Santa María Jajalpan, Estado de México y estos autores compararon la carta edafológica de INEGI, la cual reporta dos unidades de suelos en el área de estudio: Vertisoles pélicos e Histosoles eútricos; En el estudio, los suelos que se clasificaron con FAO (1974) a partir de las clases de tierras campesinas, resultaron: Fluvisoles eútricos, Fluvisoles districos y Litosoles, que cambiaron a Leptosoles eútricos con la versión FAO (1990), por lo cual se descartó el mapa de INEGI debido a su baja calidad y se empleó como mapa base al de clases de tierras.

En los estudios anteriores se realizaron evaluaciones cualitativas mostrando de forma consistente el mayor detalle que resultaba al trabajar con el conocimiento de los productores.

Fue hasta el trabajo realizado por Lleverino *et al.* (2000), donde se aplicó un procedimiento cuantitativo, al comparar la calidad de tres mapas de suelos en una parte del ejido de Atenco. Específicamente se estudiaron a la Carta Edafológica del INEGI, al levantamiento de suelos del área de influencia de Chapingo (Cachón *et al.*, 1972), elaborado por el Colegio de Postgraduados y el mapa de clases de tierras campesinas (Pájaro y Ortiz, 1987). La evaluación se realizó considerando la precisión y exactitud, de cada mapa. La precisión se refiere a la capacidad de predecir los suelos que se presentan dentro de una unidad cartográfica y la exactitud a la posición correcta de los linderos. Se concluye que el mejor mapa es el de Clases de tierras, al contar con una precisión de 76% y una exactitud de 94%; mientras que los elaborados por el CP e INEGI tienen poca precisión de 4 y 8%, y poca exactitud 14 y 0% respectivamente, por lo que se clasificaron como mapas de baja calidad.

2.5 La Fertilidad de Suelos según el Conocimiento Local

En los últimos años, sobre todo en el siglo actual, los estudios que tratan de considerar la opinión de los productores en diferentes temas realizan encuestas más que entrevistas y tratan de establecer indicadores más que conceptos. La fertilidad de los suelos no es ajena a esta situación, como podrá notarse en los siguientes estudios.

Para Gruver *et al.* (2007), el conocimiento de los productores proporciona un punto de referencia útil para evaluar la relación entre los parámetros de suelos a la gestión y los indicadores de calidad. Indicadores como materia orgánica del suelo es uno de los más reconocidos por los agricultores, seguido por la condición del cultivo; por ejemplo, rendimiento, la tolerancia a la sequía, daño de plagas y la apariencia de la raíz. Como los agricultores tienen más contacto visual con cultivos que con sus suelos, es lógico que consideren estas características como indicadores de calidad de suelo. En cuanto a indicadores con la función hidrológica, suponen que la capacidad de retención del agua es la más distintiva entre los suelos de buena y mala calidad. Asimismo, no mencionan la fertilidad mineral del suelo como un indicador, lo que sugiere que perciben que la productividad actual de suelo no está limitada por su fertilidad mineral.

Para Lima *et al.* (2011), los agricultores demostraron tener un conocimiento detallado de los suelos que cultivan y definen once indicadores de calidad de suelo, los cuales se basan en procesos dinámicos de integración química, características físicas y biológicas del suelo. Los indicadores considerados por los productores como buenos para la calidad del suelo son: lombrices de tierra, color del suelo, rendimiento, vegetación espontánea, materia orgánica del suelo, desarrollo de raíces, friabilidad del suelo, desarrollo de la planta de arroz, color de la planta de arroz, número de cultivadores de arroz y ganado. De estos, tres indicadores resultaron ser útiles en la toma de decisiones de los agricultores: vegetación espontánea, desarrollo de plantas de arroz y color del suelo. Los agricultores son conscientes del hecho de que la calidad del suelo varía de un campo a otro debido a las características inherentes del suelo y la gran influencia del manejo.

Para Dawoe *et al.* (2012), el conocimiento de los agricultores sobre la fertilidad del suelo y las estrategias de manejo juegan un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad de las tierras agrícolas y contribuye al desarrollo participativo, este conocimiento se basa en plantas observables y relaciones con el suelo, dichos indicadores de los agricultores son puramente cualitativos; sin embargo, fue congruente con la evaluación científica de los suelos fértiles o infértiles. Asimismo, recomiendan complementar el conocimiento científico con el local para facilitar la inclusión de las perspectivas de los agricultores en la planificación de desarrollo agrícola y los procesos de formulación de políticas, uso de programas y desarrollo de capacidades.

Buthelezi *et al.* (2013) mencionan que el conocimiento indígena acerca del suelo es bastante abstracto en comparación con el conocimiento científico, lo cual se evidencia en la clasificación de suelos de los agricultores que solo toman en cuenta a la capa superficial con la cual perciben y evalúan la fertilidad del suelo. Los indicadores de fertilidad y taxonomía de los productores se basan únicamente en las propiedades visibles del suelo y cultivo, en contraste el enfoque científico busca comprender los procesos de formación del suelo y tiene atributos específicos medibles que influyen en la fertilidad del suelo. A pesar de las aparentes diferencias del enfoque científico e indígena sus resultados muestran vínculos entre estos dos

sistemas en términos de evaluación de la tierra. La clasificación y evaluación de la idoneidad del suelo de los productores se correlacionan con la científica.

Rushemuka *et al.* (2014) encontraron que los agricultores cuentan con un gran conocimiento del suelo y su manejo, e indica que es importante conocer sus perspectivas debido a que los formuladores de políticas y expertos en manejo de la fertilidad de suelo. Agrónomos y extensionistas suelen conocer poco a la pedología y los pedólogos están poco involucrados en el proceso del manejo de la fertilidad de suelo (Papadakis, 1975). Para ello se recomienda incorporar la comprensión del entorno biofísico en términos de unidades terrestres y los tipos de suelo de los agricultores a las tecnologías de manejo de la fertilidad de suelo.

Jyoti *et al.* (2015) encontraron que el conocimiento de los agricultores es amplio e importante en la clasificación de los suelos agrícolas; sin embargo, sus usos agroforestales tradicionales han sido poco estudiados. Dichos agricultores establecen una relación entre el índice de calidad de suelo y la productividad de bambú.

Michel *et al.* (2015) indican que los agricultores, utilizan para la diferenciación de los suelos, al color, textura, profundidad, drenaje y vegetación. Si bien el índice de fertilidad de suelo se aproxima al enfoque convencional, las percepciones de los agricultores podrían diferenciar los niveles de fertilidad entre los suelos. Este conocimiento es relevante para el diseño de innovaciones técnicas en nichos de fertilidad percibida. El uso del conocimiento de los agricultores es importante para la identificación de información relevante para la elección de unidades de tierras agrícolas.

De acuerdo con Tesfahunegn *et al.* (2016), la evaluación de la calidad del suelo desde el punto de vista de los agricultores se puede utilizar como un indicador primario para la planificación de la agricultura sostenible. Los agricultores conocen especies de malezas, tipos de cultivos y prácticas de manejo de calidad del suelo, lo que sugiere que dichos indicadores de calidad de suelo se deben usar para evaluar dicho estado (gravedad de degradación) al ubicar los campos que se van a utilizar con estrategias de manejo adecuado.

Lelago *et al.* (2016) mencionaron que los agricultores de Kedida Gamela, Etiopia indican que han desarrollado un sistema local de clasificación de suelos basado en su experiencia del potencial y las limitaciones de sus suelos que les ayudan a diferenciar entre los tipos de suelo en su área y dar nombres locales para diferentes tipos de suelo. Utilizan este sistema para determinar cómo manejarán la fertilidad del suelo. Los agricultores de la región distinguieron hasta diez tipos diferentes de suelos, principalmente en función del color, la textura, el estado de la fertilidad del suelo y la capacidad de retención de humedad.

Bajgai *et al.* (2018) señalan que los agricultores tienen un conocimiento único sobre sus prácticas agrícolas y sistemas de manejo del suelo, que son sus bases para la toma de decisiones a nivel de granja. En total, 75 granjas, el 24% de los hogares en el bloque Guma en el occidente y centro de Bhutan fueron encuestados para captar las percepciones de los agricultores sobre los indicadores de fertilidad del suelo. Los 10 indicadores más importantes fueron: rendimiento del cultivo (mencionado por el 100% de los hogares), textura del suelo (86.7%), color del suelo (92%), compactación del suelo (92%), profundidad del suelo (48%), respuesta a estiércol / fertilizante (18.7%), maleza (18.7%), laboreo del suelo (12%) y pendiente de la tierra (14.7%). Concluyen que los indicadores de fertilidad del suelo de los agricultores se relacionaban con los atributos o características que pueden medir, ver o sentir en sus granjas o en las operaciones agrícolas. El indicador clave y de mayor importancia relativa (peso) fue el rendimiento del cultivo porque es fácilmente medible para los agricultores y refleja su preocupación por la seguridad alimentaria de los hogares. La textura del suelo, manejo y la compactación se pueden sentir; mientras que los agricultores pueden ver el color del suelo, la profundidad, la maleza, la pedregosidad y la pendiente. Los hallazgos proporcionan información útil sobre la percepción de los agricultores sobre los indicadores de fertilidad del suelo y sus valores para investigadores, extensionistas y encargados de formular políticas en la utilización y manejo de las tierras.

Brinkmann *et al.* (2018) identificaron la problemática de la producción alimentaria de bajos insumos, para lo cual proponen al conocimiento de suelo indígena (etnopedología) como una ayuda para definir enfoques de manejo

sustentable del uso de la tierra. Si se entiende cómo los indígenas caracterizan a los suelos se podrá tener una comunicación entre científicos y agricultores locales, requisito indispensable para la implementación de enfoques de uso sustentable de la tierra. Además, la nomenclatura indígena reconoce las diferentes propiedades del suelo, su espacio de distribución dentro del pueblo y su idoneidad para diferentes terrenos y los mapas resultantes se pueden usar para recomendaciones de uso del suelo específicas del sitio o para un análisis detallado de la tierra.

Kuria *et al.* (2018) mencionan que los sistemas agrícolas de pequeños productores son heterogéneos y dinámicos y los enfoques convencionales para mejorar el manejo del suelo se han centrado en promover una o dos tecnologías, estas están basadas en evaluaciones de resolución general, en lugar de adoptar tecnologías al contexto y como consecuencia de ello no han sido adoptadas a nivel local. Para ello el conocimiento de los productores en cuanto a indicadores de calidad de suelo y prácticas de manejo puede ayudar a identificar diferencias contextuales de gran escala y se recomienda incorporar dicho conocimiento para ofrecer opciones adecuadas con lo cual los productores serán más propensos a su adopción.

Kome *et al.* (2018) indican que los agricultores realizan varias prácticas de manejo de la fertilidad del suelo basándose en su apreciación del estado de la fertilidad. Para ello dichos agricultores utilizan al menos siete indicadores de calidad. Los agricultores con experiencia podrían identificar suelos fértiles e infértiles a través de la presencia de malezas y especies de árboles particulares. Por su parte, Buthelezi-Dube *et al.* (2018) mencionan que la etnopedología ha contribuido significativamente a comprender las percepciones locales del suelo y uso. Los criterios de clasificación local reflejaron una comprensión detallada del comportamiento del suelo, uso potencial basado en observaciones a largo plazo y experiencia con propiedades morfológicas clave del suelo. En consecuencia, los mapas de suelo generados por los agricultores locales en áreas con distintas unidades geomórficas se correlacionaron estrechamente con los mapas científicos. Los agricultores clasificaron los suelos a niveles más altos que el sistema de

clasificación sudafricana, con lo cual contienen información pedológica detallada que puede contribuir al desarrollo de sistemas de clasificación.

2.6 Fertilidad del Suelo desde una Perspectiva Científica

Una definición científica de la fertilidad del suelo es "un suelo debe proporcionar una profundidad adecuada de las raíces, nutrientes, oxígeno, agua y una temperatura adecuada y sin toxicidad" (Wild, 2003). Para explicar los diversos factores, los científicos del suelo se centran en los parámetros individuales y miden la fertilidad del suelo predominantemente mediante análisis químicos o biológicos adicionales o mediciones físicas en laboratorios y mediante la medición directa de los valores ambientales (Landon, 1984).

La FAO (1980) describe la fertilidad del suelo como "la capacidad del suelo para suministrar nutrientes esenciales para las plantas y agua del suelo en cantidades y proporciones adecuadas para el crecimiento y la reproducción de las plantas en ausencia de sustancias tóxicas que puedan inhibir el crecimiento de las plantas. Mäder *et al.* (2002) extienden el alcance al proponer que un suelo fértil "proporciona nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas de cultivo, apoya a una comunidad biótica diversa y activa, exhibe una estructura típica del suelo y permite una posición de descomposición sin perturbaciones". Sin embargo, el concepto de fertilidad del suelo generalmente está operado químicamente y en parte físicamente en términos de la provisión de cultivos de nutrientes y agua solamente.

Cortes *et al.* (2017) evaluaron el estado de la fertilidad de los suelos de la zona de producción de la zona de Rosa en San Martín Texmelucan, utilizando análisis físicos y químicos a las muestras de suelos se les determinó el pH relación, materia orgánica, nitrógeno por el método micro-Kjeldhal y el P extraíble (P_{ex}), bases intercambiables Na⁺⁺, K⁺⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ y los microelementos Fe⁺⁺, Zn⁺⁺, Cu⁺⁺, Mn⁺⁺. La mayor variabilidad entre los suelos se observó en los valores de pH y los contenidos de MO, P extraíble. En la condición física del suelo se evaluó el efecto de diferentes fuentes de materia orgánica en los macroagregados. Esta evaluación definió el estado de la fertilidad del suelo del agroecosistema.

Estrada-Herrera *et al.* (2017) utilizaron indicadores para evaluar a fertilidad de los suelos de la Mixteca Alta Oaxaqueña, principalmente relacionados con acciones del manejo agronómico de suelos y evitar su degradación. Los atributos químicos y fisicoquímicos evaluados fueron: pH, materia orgánica, P extraíble (P_{ex}), bases de intercambio (Ca, Mg y K) capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE); además, uno biológico, el carbono en biomasa microbiana. Con esto los indicadores de calidad se establecieron los valores y las clases de calidad de suelos en sitios agrícolas y degradados.

Chimweta *et al.* (2018) determinaron el estado de la fertilidad de las llanuras de inundación en el norte de Zimbabue utilizando la densidad aparente, textura, perdida por ignición del carbono orgánico del suelo, nitrógeno, pH, plasma acoplado por inducción (ICP) para Mehlich 3 elementos extraíbles.

2.7 Evaluación de la Fertilidad del Suelo

Las características que se asocian con la fertilidad de suelo son: el pH, CE, materia orgánica, capacidad de intercambio de cationes, porcentaje de saturación de bases, porcentaje de carbonato de calcio, relación de adsorción de sodio, porcentaje de sodio intercambiable, acidez y aluminio intercambiable. También se puede medir el índice de la disponibilidad de un nutrimento en el suelo. Estos índices de disponibilidad pueden ser la fracción soluble, intercambiable, extraíble, fijada o mineralizable. Ejemplos de determinaciones de fracciones son: el N- nítrico, que es esencialmente una fracción soluble, el P soluble o extractable, la concentración de K, Ca, Mg, Na solubles, intercambiables o extractables, la concentración de Fe, Mn, Zn, Cu y Mo extractable, y el B soluble en agua, (Etchevers, 1999).

Desde un punto de partida de la evaluación de la fertilidad del suelo por los agricultores y los científicos del suelo es el mismo: el rendimiento del cultivo (Vilenskii, 1959; Murage *et al.*, 2000). Además, los agricultores también explican las características de los suelos fértiles o no fértiles, las cuales son visuales y morfológicas, como textura y color que se utilizaron como criterios universales de fertilidad del suelo (Mairura *et al.*, 2007; Kamidohzono *et al.*, 2002). Los criterios de los agricultores para distinguir la productividad del suelo incluyeron el rendimiento

del cultivo, la inclinación del suelo, la humedad y el color y la presencia de malezas e invertebrados del suelo. Todos los agricultores atribuyeron la baja fertilidad al uso inadecuado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos (100%) y la eliminación de residuos de cultivos (100%). Otras causas incluyeron cultivos continuos (83%), falta de rotación de cultivos (66%) y erosión del suelo (42%) (Murage *et al.*, 2000). Desde el mismo punto de partida, la dirección de los intereses es diferente. Los científicos de suelos miden el suelo como un recurso natural utilizando un análisis cuantitativo; mientras que los agricultores evalúan los suelos como parte de su experiencia diaria en el campo (Ingram *et al.*, 2010). Los agricultores tienen más "conocimientos" o "conocimientos prácticos" sobre el suelo, y los científicos tienen más conocimientos científicos o "saber por qué" sobre el suelo (Ingram, 2008).

La fertilidad relativa de los diferentes tipos de suelos fue percibida por los agricultores en términos de producción de sus cultivos, y la relacionara con las propiedades intrínsecas del suelo como la cantidad crítica de lluvia en un año dado. No obstante, las clasificaciones de fertilidad no se perciben como una propiedad intrínseca del suelo, sino más bien como una interacción entre una combinación de características del suelo que abarca el contenido de nutrientes y la textura y la lluvia (Osbaahr *et al.*, 2003).

Los productores Kenianos utilizan los rendimientos de los cultivos como un indicador clave de fertilidad de los suelos sin embargo, no pueden ser incapaces de identificar patrones dinámicos importantes en la fertilidad del suelo y pueden ser lentos en actualizar sus evaluaciones. Esta respuesta demorada puede dar como resultado un deterioro significativo en la fertilidad de los suelos (Berazneva *et al.*, 2018).

Los agricultores de Nepal utilizan 62 indicadores como herramienta para evaluar la fertilidad de sus suelos; fértiles o infértiles y malos, altos o bajos; además del color del suelo, la textura y la calidad del agua. Los indicadores del suelo se establecieron para determinar entre pueblos fértiles o infértiles, en la gestión del suelo, rendimiento de cultivo: características del cultivo que reflejan el estado de fertilidad del suelo. Además, utilizan factores externos que los agricultores sienten que influyen en la fertilidad del suelo e indicadores biológicos: plantas o animales y

estado de la fertilidad del suelo. Hubo una fuerte correspondencia entre la evaluación de los agricultores sobre la fertilidad del suelo y las características químicas del suelo medidas. Se encontró que los campos que los agricultores describieron como fértiles tenían en promedio valores significativamente más altos de porcentaje de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible y potasio intercambiable, y un pH más alto; aunque esta diferencia no fue significativa (Desbiez *et al.*, 2004).

2.8 Clasificación de Capacidad-Fertilidad

Boul *et al.* (1972) proponen un sistema técnico de clasificación de suelos de acuerdo con su capacidad fertilidad y dan ejemplos sobre la manera de cómo utilizarlo. Dicho sistema podría cubrir el vacío entre los especialistas de fertilidad y de mapeo de suelos. El grupo encargado de mapeo de suelos anhela producir mapas, en los cuales se cuantificarán las condiciones existentes; mientras que el grupo de fertilidad evalúa el potencial del suelo para la producción de cultivos, a través de un análisis de suelos y experimentos de campo. Por lo general, los especialistas en fertilidad muestrean solamente la capa arable, o los 20 cm superficiales; mientras que los sistemas taxonómicos de suelos enfatizan las características del subsuelo como principal criterio de diagnóstico utilizando las características superficiales solamente en categorías inferiores; por lo tanto, los dos grupos estudian dos suelos diferentes mientras examinan el mismo perfil. Boul *et al.* (1975) concluyeron que dicho sistema técnico de clasificación de suelos agrupa con criterios importantes para especialistas en fertilidad y análisis de suelos. Provee un mecanismo por el cual los datos de mapeo de suelos existentes, pueden ser usados para agruparlos en clases razonables homogéneas con el propósito de extrapolar prácticas de fertilidad. El efecto de homogenización ocasionado por el uso de estos criterios tiende a reducir el número de unidades de mapeo o series de un área extensa a unas pocas clases.

Sánchez *et al.* (1982) realizaron un resumen de los primeros cinco años de prueba y evaluación del Sistema de clasificación de suelos según su Capacidad Fertilidad y presentaron una versión mejorada además de interpretación y de

aplicabilidad. Concluyeron que el sistema capacidad fertilidad, es un sistema técnico para agrupar suelos según los tipos de problemas que presentan para el manejo agronómico y enfatizaron sobre los parámetros cuantificables de la capa superior del suelo, así como las propiedades del subsuelo directamente relevantes para el crecimiento de la planta. Las clases de Capacidad fertilidad indican las principales restricciones del suelo relacionadas con la fertilidad, que pueden interpretarse en relación con sistemas agrícolas específicos o tipos de utilización de la tierra. En 1975, el sistema fertilidad ha sido probado, evaluado y utilizado en varios países (Boul, 1972; 1975). Como resultado, se han cambiado las definiciones de varios modificadores y se han introducido modificadores adicionales. Los mapas de suelo se pueden interpretar y volver a dibujar como unidades de FCC cuando los datos necesarios están disponibles.

Masotta *et al.* (1994) aplicaron el sistema capacidad fertilidad con el fin de ampliar la interpretación del mapa taxonómico de suelos. Las unidades taxonómicas fueron convertidas en unidades de capacidad fertilidad de acuerdo con el sistema de Bould (1972 y 1975). Dichas interpretaciones se realizaron con base en los principales cultivos, análisis químicos de suelos y sistemas de explotación con el fin de construir información adecuada para llenar espacios por falta de resultados.

A partir de la literatura revisada es posible resaltar los siguientes puntos:

1) Los estudios Etnoedafológicos son una alternativa viable para reemplazar a los levantamientos detallados de suelos; además, se puede generar información local, útil con diversos propósitos en cuanto al uso y manejo de los suelos.

2) Actualmente, la percepción de la fertilidad de los suelos se recopila mediante encuestas, lo cual limita o dirige la información de los productores. Las entrevistas son una herramienta más eficiente para recopilar información, permitiendo que los agricultores den a conocer la percepción de su entorno, y en particular sobre el manejo de las tierras y la forma como entienden a la fertilidad de sus suelos.

3) Los productores de diferentes partes del mundo tienen una percepción de la fertilidad de sus suelos y se basa principalmente en un diagnóstico visual sobre todo en cuanto al vigor del cultivo, color del suelo y retención de humedad. Los

científicos por su parte caracterizan la fertilidad utilizando únicamente a las propiedades químicas del suelo, sin considerar las propiedades físicas como la retención de humedad, profundidad del suelo, estabilidad de agregados, estructura, consistencia y textura.

III OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo General

Generar a través de un estudio etnoedafológico el conocimiento local sobre la fertilidad del suelo y sus clases de Tierra para establecer un marco de referencia geográfico adecuado para las clasificaciones interpretativas relacionadas con el tema.

3.2 Objetivos Específicos

De manera particular con este estudio se pretende:

1. Generar un mapa de clases de tierras basado en los conocimientos locales y establecer la clasificación formal de los suelos que las integran;
2. Rescatar el conocimiento campesino sobre la fertilidad de los suelos y su manejo;
3. Comparar la percepción de la fertilidad del suelo de los productores contra las definiciones técnicas;
4. Evaluar la utilidad de las clases de tierras campesinas al usarlas como marco geográfico de la clasificación interpretativa de capacidad fertilidad.

3.3 Hipótesis

Se plantea como hipótesis que:

“El conocimiento de los productores sobre la fertilidad del suelo y su manejo están relacionadas con las propiedades físicas, químicas de los suelos”.

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 Tepecoacuilco de Trujano se ubica entre los paralelos $17^{\circ} 55'$ y $18^{\circ} 20'$ de latitud norte, y los meridianos $99^{\circ} 19'$ y $99^{\circ} 39'$ de longitud oeste, a una altitud entre 400 y 1800 m. Colinda al norte con los municipios de Iguala de la Independencia y al este con el municipio de Huitzuc de los Figueroa, al sur con los municipios de Mártir de Cuilapa, Eduardo Neri; al oeste con los municipios de Eduardo Neri, Cocula. Ocupa el 1.33% de la superficie del Estado. Cuenta con 80 localidades y una población total de 28989 habitantes

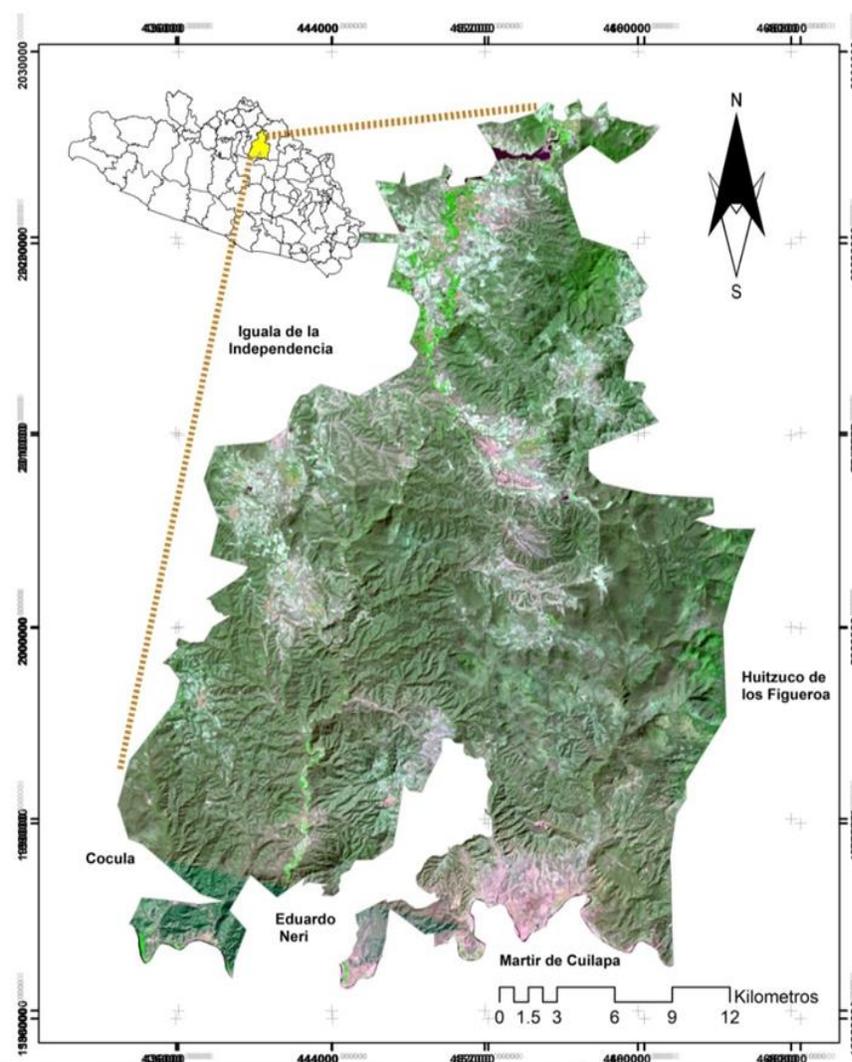


Figura 1. Localización del municipio de Tepecoacuilco.

4.1.2 Edafología

De acuerdo con el INEGI, los suelos dominantes para el municipio de Tepecuacuilco son: Leptosols (56.2%), Regosols (15.9%), Phaeozems (12%), Calcisols (4.4%), Cambisols (4.3%), Luvisols (2.5%), Vertisols (1.8%), Fluvisols (1.2%), Kastañozems (0.9%) y Gypsisols (0.2%). La distribución de los suelos Figura 2.

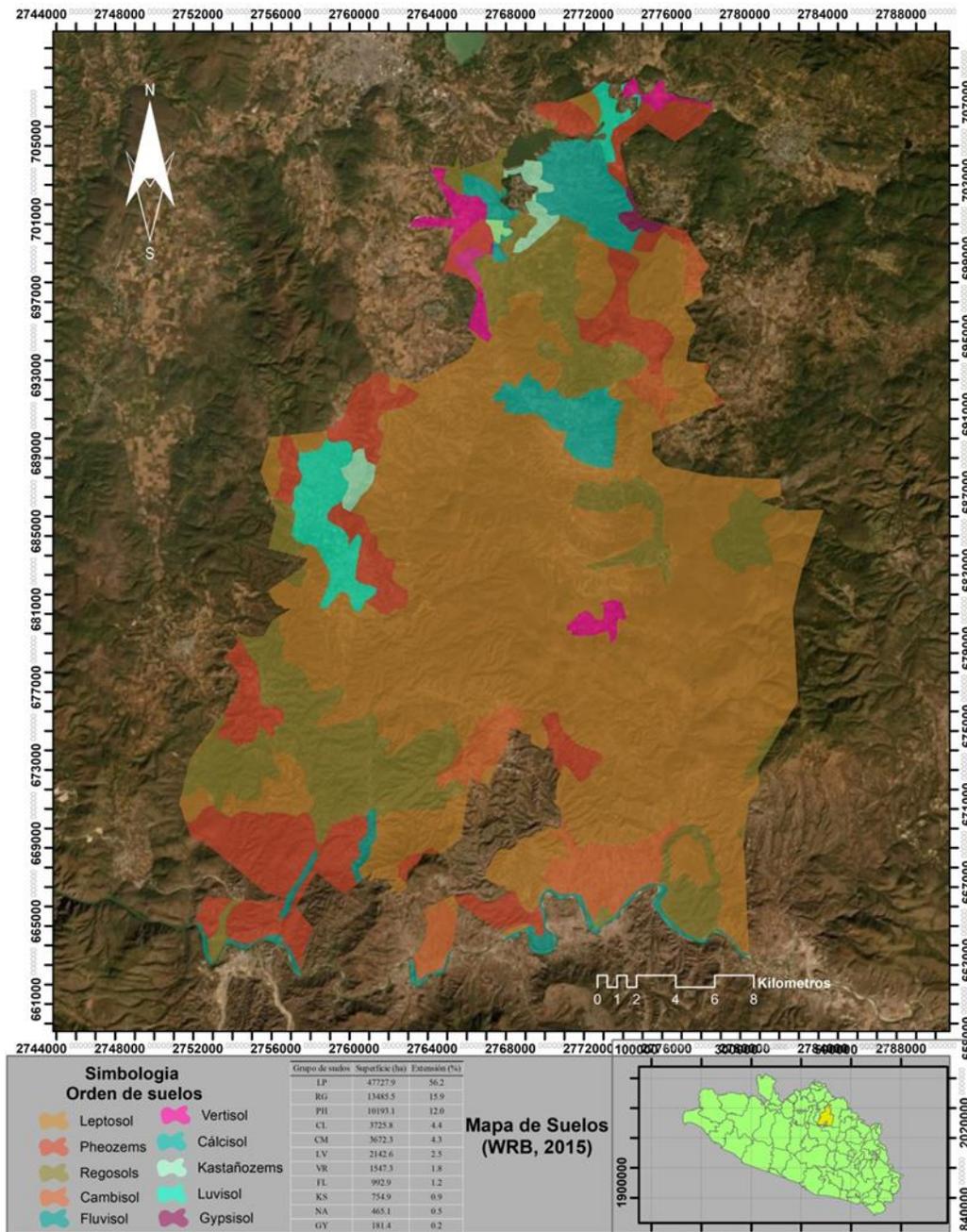


Figura 2. Mapa de suelos Tepecuacuilco, Gro.

4.1.3 Clima

El municipio presenta tres tipos climáticos: un Aw cálido sub húmedo con lluvias en verano (81%), BS seco con lluvias en verano (17.39%) y AC semicálido subhúmedo con lluvias en verano (1.34%) (INEGI, 2008; INEGI 2010b), los cuales se muestran en la Figura 3. La temperatura para el ejido Tierra Colorada, zona específica del trabajo, oscila entre los 18.4 a 33.6 °C, con una precipitación anual de 732.7 mm. Las temperaturas más altas se presentan en el mes de abril con 38.1 °C. Las temperaturas más bajas en el mes de enero con 14.4 °C, el mes con mayor precipitación es agosto con 156.8 mm y el más bajo es marzo con 0.6 mm según lo reporta el SMN periodo 1951-2010.

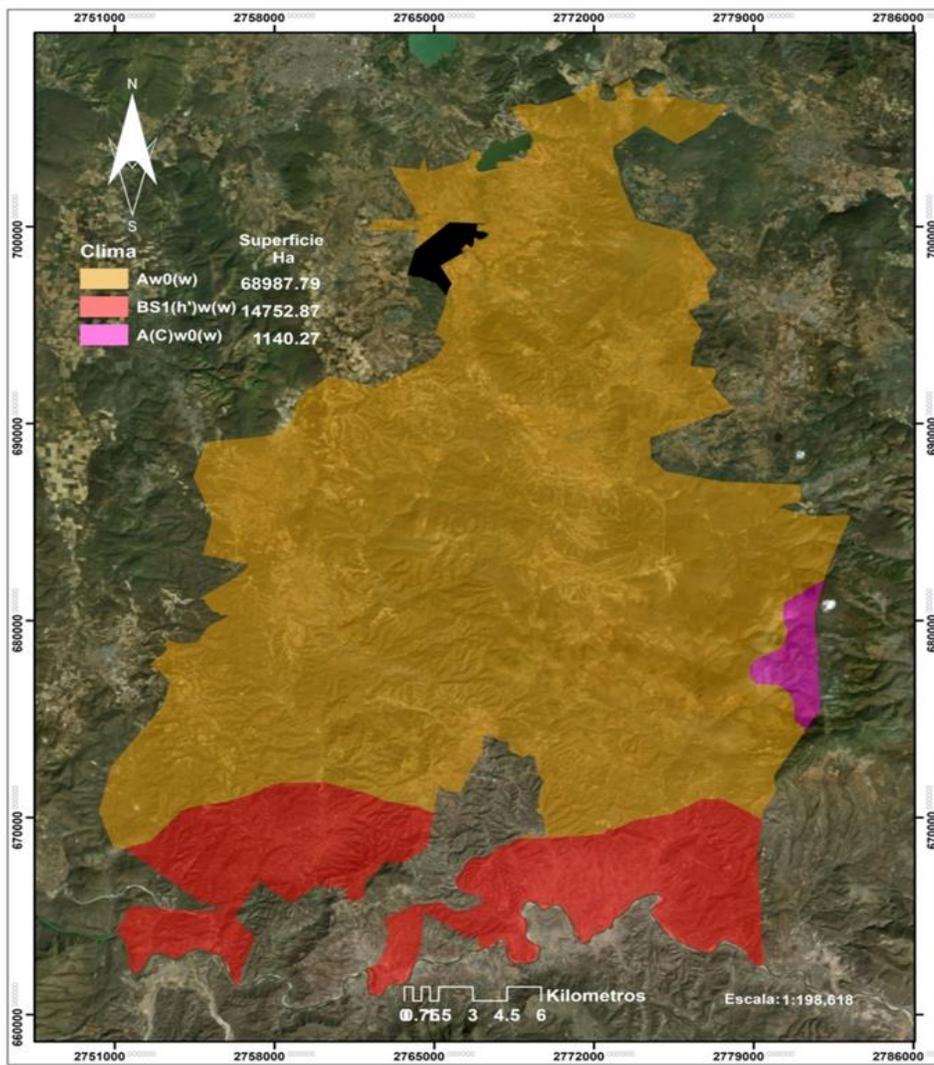


Figura 3. Mapa de clima en el municipio de Tepecoacuilco, Gro.

De acuerdo al software “Newhall” y los datos climáticos de las normales del periodo 1951-2010 de la estación 12085 Tepecoacuilco, el régimen de humedad de los suelos es Ustico (De L. *ustus*, quemado; implica sequedad), el cual es intermedio entre el régimen arídico y el údico. Este régimen tiene humedad limitada, pero ocurre cuando las condiciones son adecuadas para el crecimiento vegetal. Además, el régimen de temperatura del suelo es Isohipertérmico, en el cual la temperatura media anual del suelo es 22 °C o mayor. En la Figura 4 se presenta el climograma resultante.

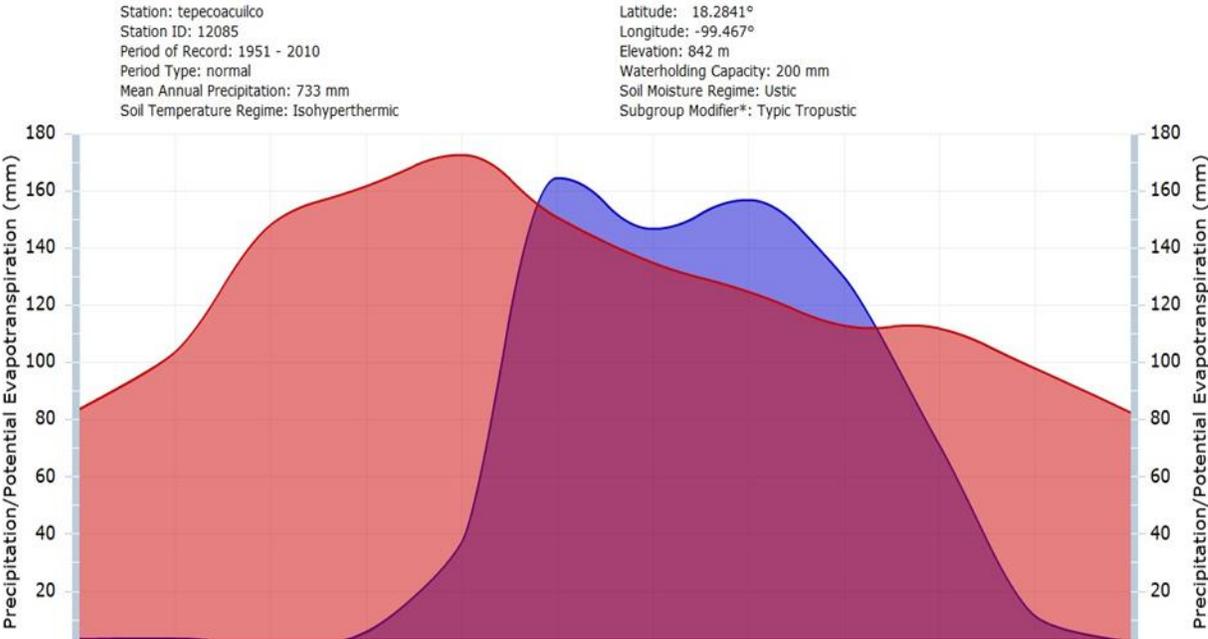


Figura 4. Climograma de estación climática 12085 Tepecoacuilco, Gro,

4.1.4 Geología

La geología del municipio de Tepeoacuilco está integrada por rocas sedimentarias e ígneas extrusivas, presentando en mayor proporción calizas, seguida de lutita-arenisca, conglomerado y toba ácida, de las eras cenozoica y mesozoica (INEGI 2010b; INEGI, 2011).

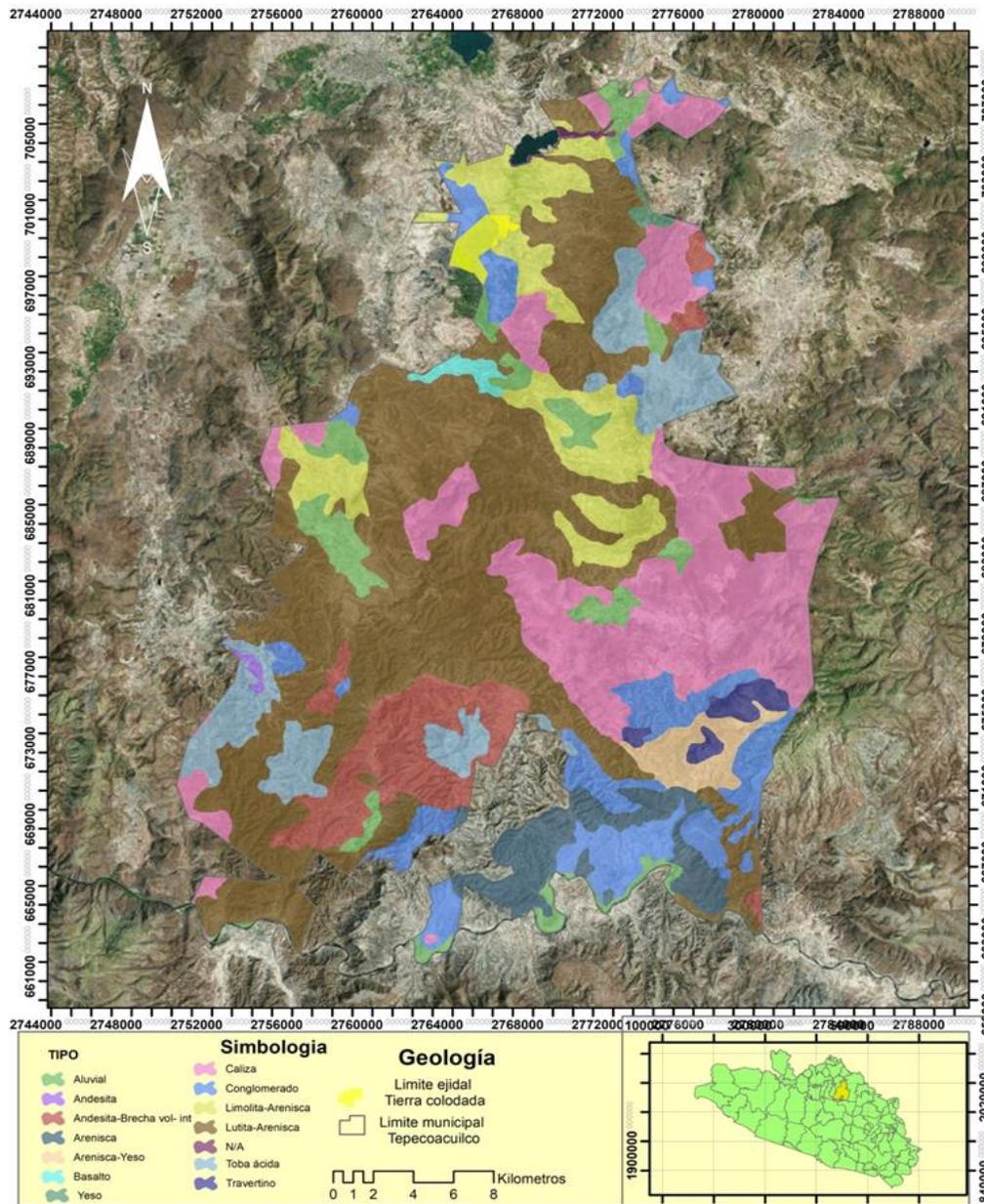


Figura 5. Tipo de rocas del municipio de Tepeoacuilco, Gro.

4.1.5 Cuencas Hídricas

El municipio de Tepecoacuilco se encuentra en la región hidrológica del Balsas, en la cuenca Rio Balsas- Mezcala y en la subcuenca Tepecuauilco de acuerdo con el INEGI (2010b; 2011).

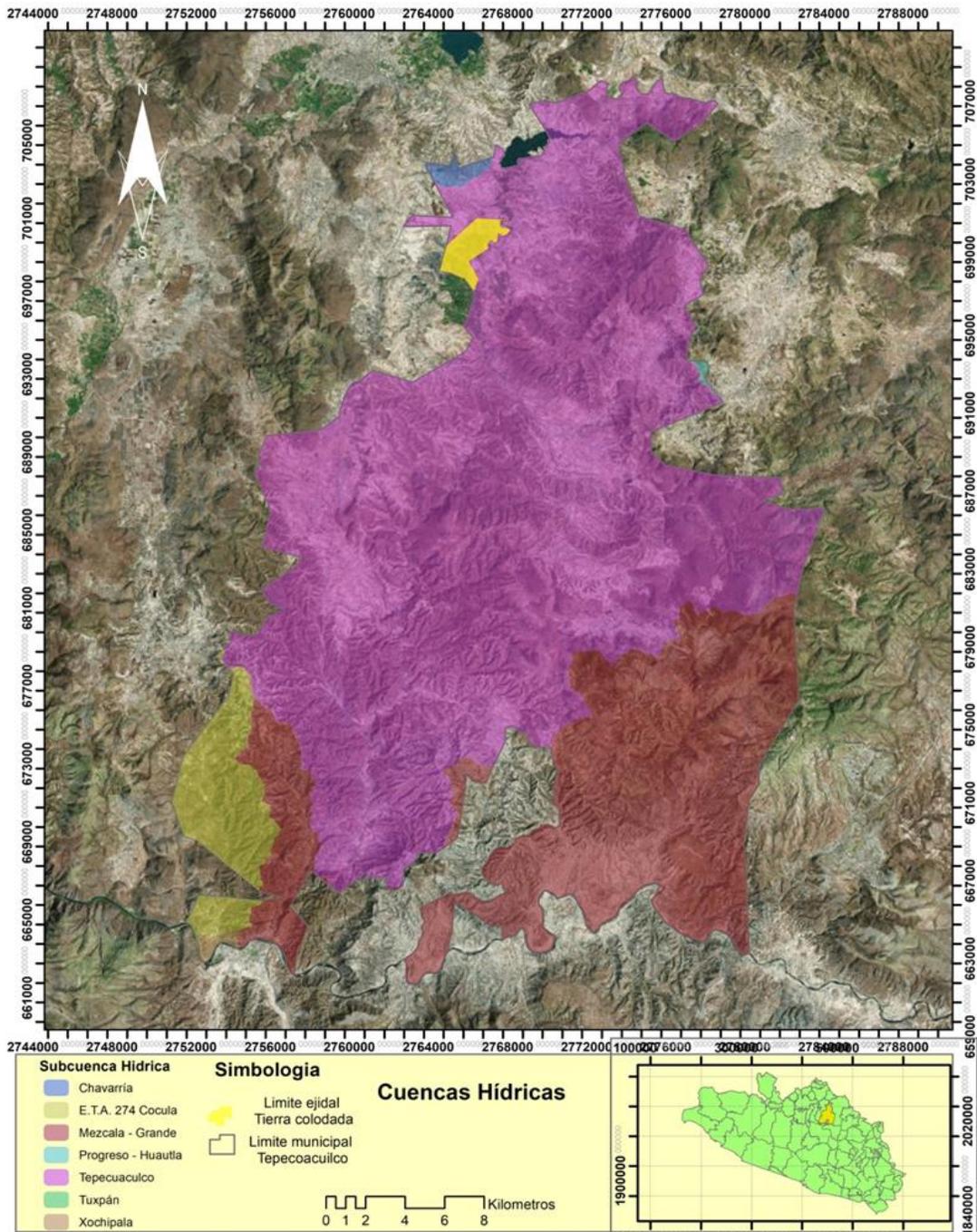


Figura 6. Región Hidrológica del municipio de Tepecoacuilco, Gro.

4.1.6 Hidrografía

En el municipio de Tepeacouilco ocurren 25 microcuencas, las de mayor extensión son la de San Miguel Tecuicipan, Tepeacouilco, Las Tunas y Tetelilla. El ejido de Tierra Colorada se encuentra entre las microcuencas Tepeacouilco e Iguala; con afluente de la presa y ríos intermitentes (INEGI, 2010b; 2011).

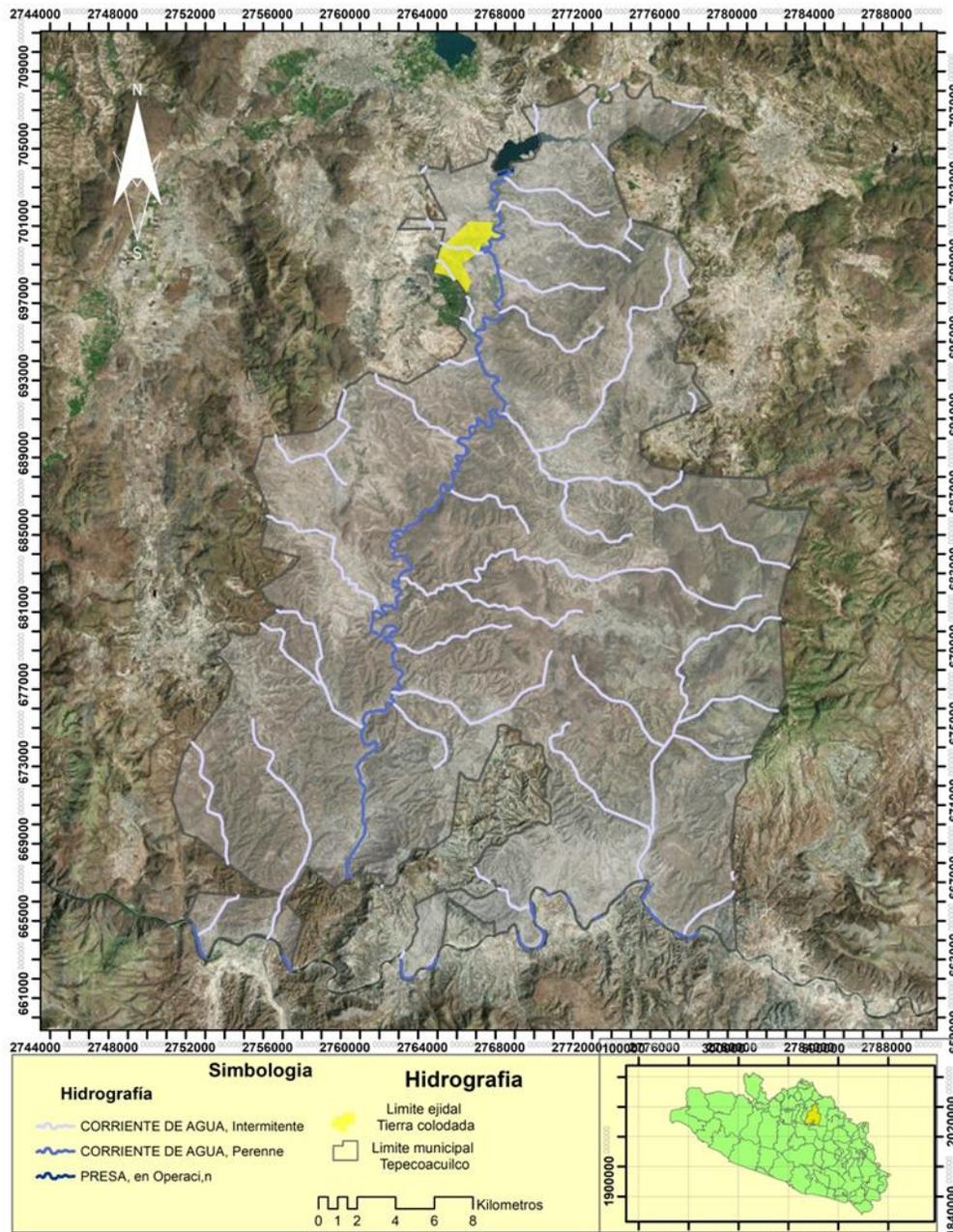


Figura 7. Hidrografía del municipio de Tepeacouilco, Gro.

4.1.7 Uso de suelo

La vegetación dominante en el municipio de Tepecoacuilco es la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia seguida de la agricultura de temporal anual, pastizal inducido y la vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia. Para el ejido de Tierra Colorada la mayor superficie la ocupa la agricultura de riego anual seguida de la agricultura de temporal anual, de acuerdo con el INEGI (2010b; 2011).

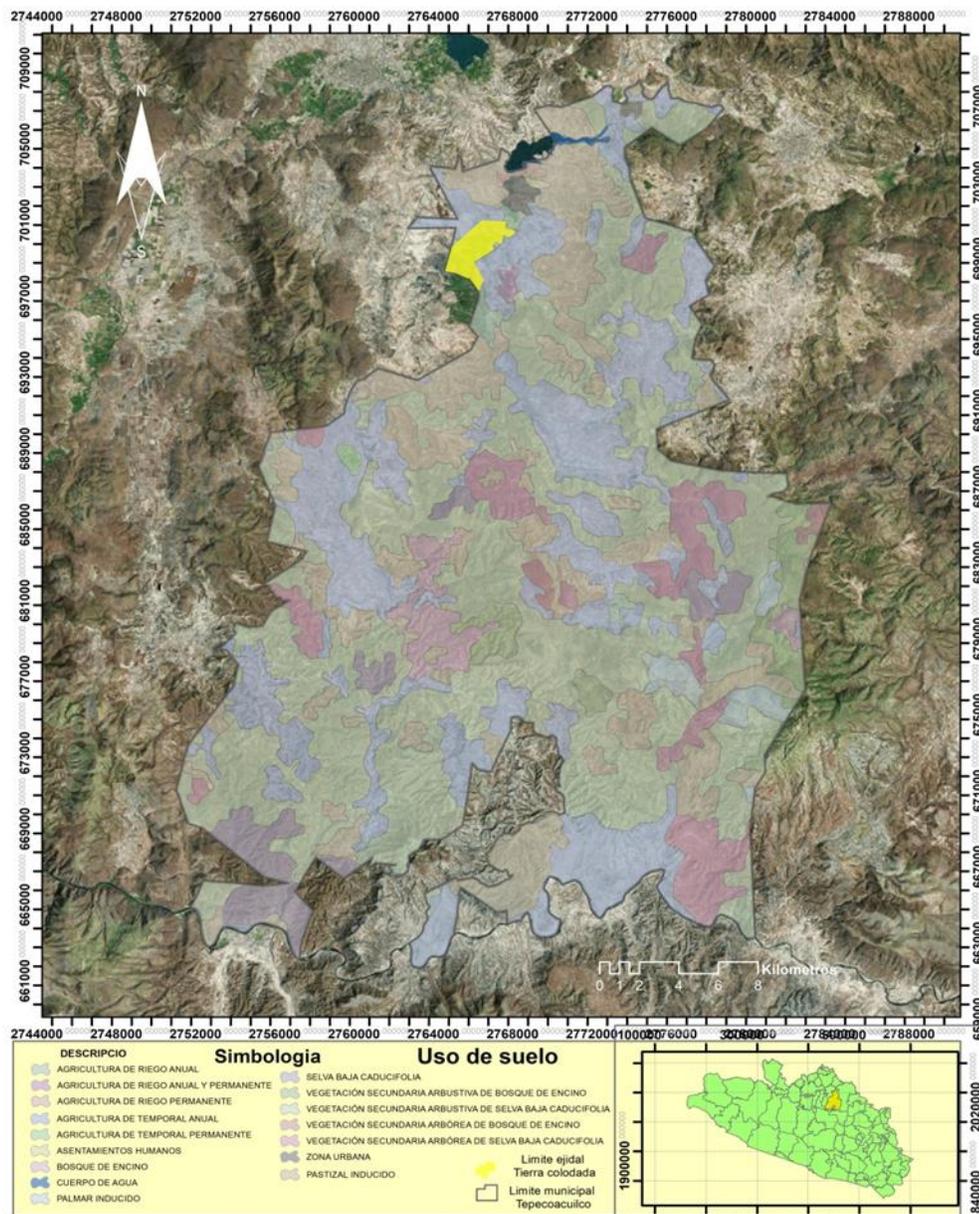


Figura 8. Uso de suelo del municipio de Tepecoacuilco, Gro.

4.1.8 Fisiografía

El municipio de Tepeacoacuilco se ubica en la Provincia de la Sierra Madre del Sur, en la Subprovincia de Sierras y valles Guerrerenses, el ejido de Tierra Colorada se encuentra en la topoforma de Valles de laderas tendidas en lomeríos según lo reporta INEGI (2010b; 2011).

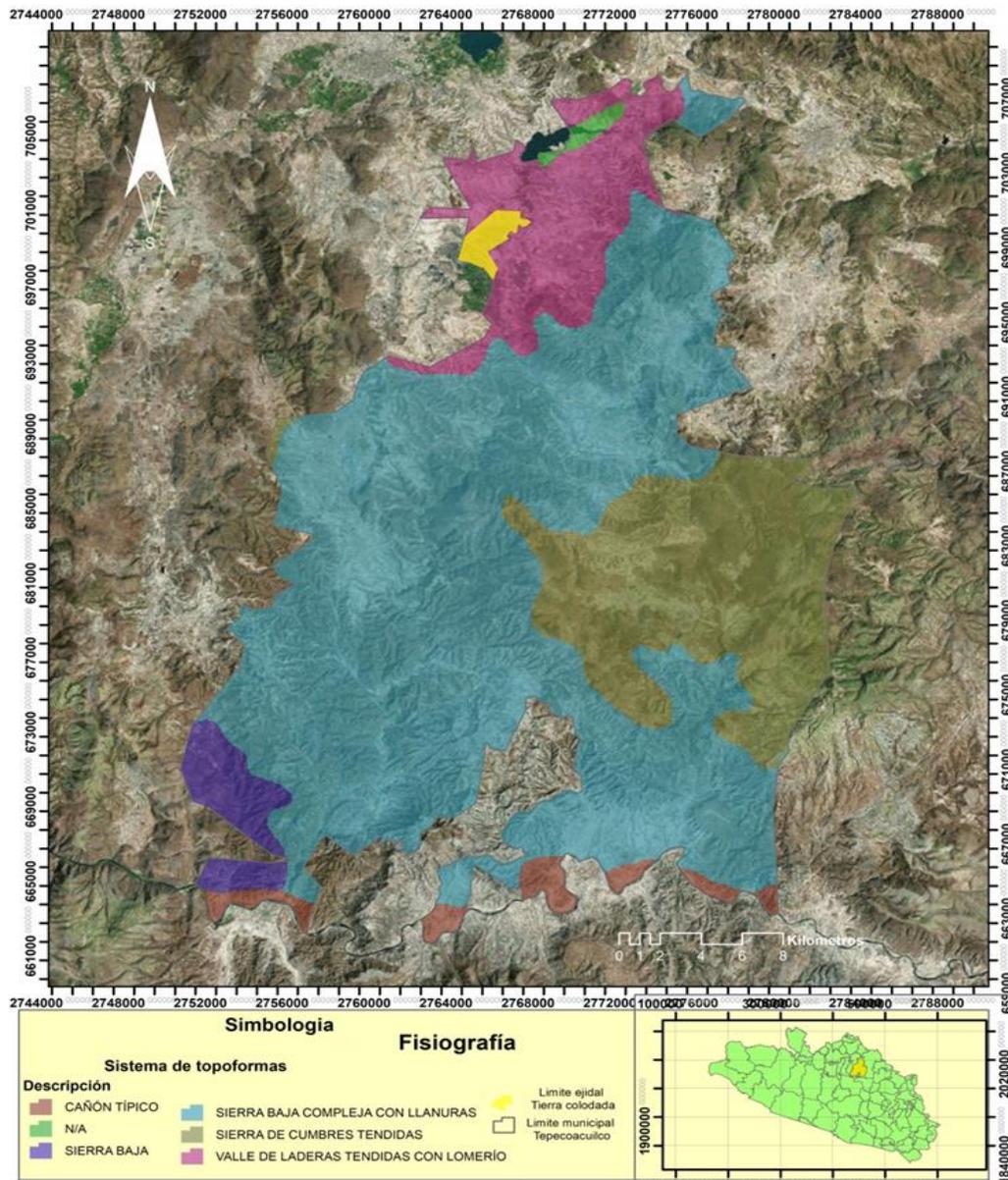


Figura 9. Fisiografía del municipio de Tepeacoacuilco y Ejido de Tierra Colorada, Gro.

4.1.9 Tipos de Degradación de Suelos

De acuerdo con la metodología ASSOD (Van Lyden, 1997), los Tipos de degradación de suelos reportados para el municipio de Tepecoacuilco son: Hs erosión hídrica con pérdida superficial de suelo (laminar o lavado superficial), seguida de NUm o terrenos montañosos sin uso, Qd degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica. Para el ejido de Tierra colorada la mayor superficie se distribuye Qd (SEMARNAT-CP, 2002).

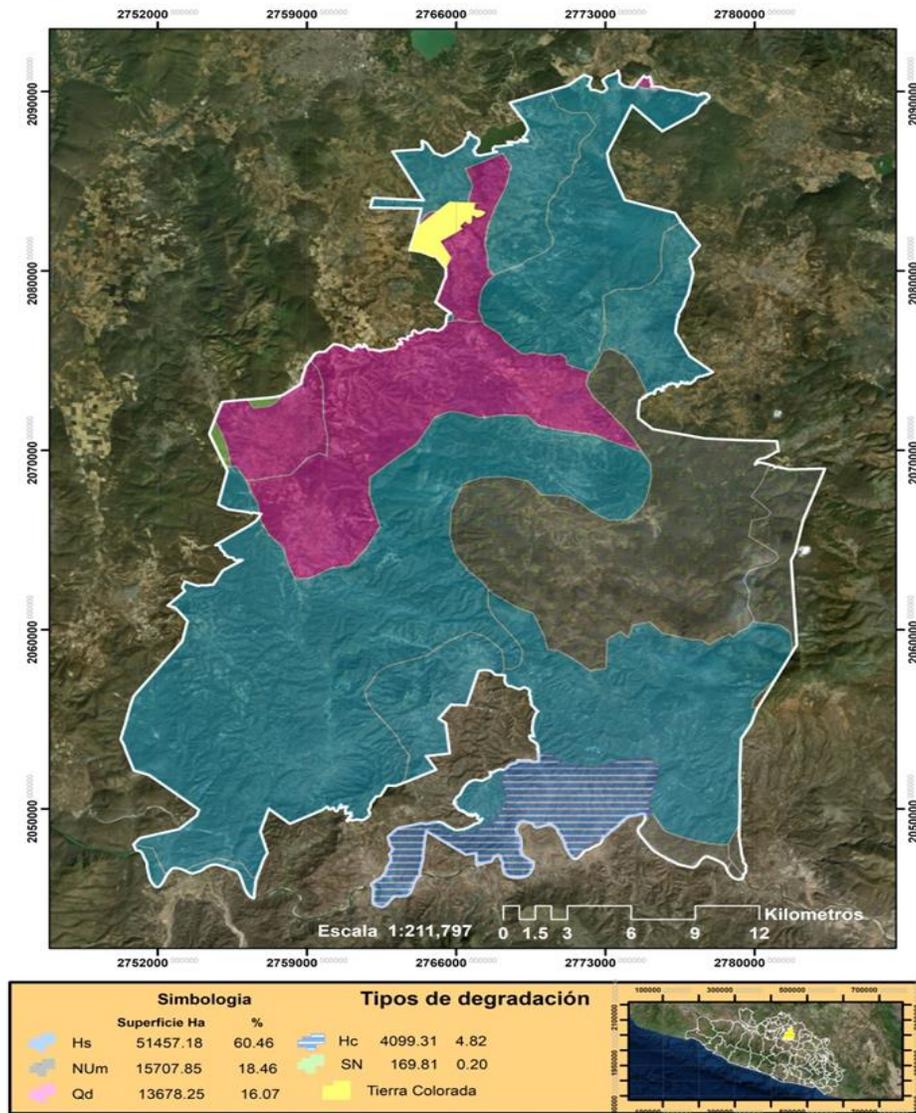


Figura 10. Tipos de degradación del municipio de Tepecoacuilco y ejido Tierra colorada, Gro.

4.2 Metodología

La presente investigación contempla la aplicación tres grandes procedimientos que durante su ejecución se mezclan, en particular nos referimos a: un estudio etnoedafológicos, la clasificación científica y la clasificación técnica o interpretativa de suelos según su Capacidad Fertilidad. Los cuales se describen en forma resumida en los siguientes párrafos.

4.2.1 Estudio Etnoedafológico

Para la elaboración de este tipo de estudio se aplicó la metodología propuesta por Ortiz *et al.* (1990), con la finalidad de generar un mapa de clases de tierras y la información requerida.

Cartografía de Clases de Tierras

El mapa de clases de tierras, para su realización, requiere contar como etapa inicial de un mapa base que fue generado con la capa de información del registro agrario nacional (RAN, 2017); posteriormente, se tuvo una reunión con las autoridades del ejido de Tierra Colorada para exponer el trabajo de investigación y solicitar los permisos y la participación de sus habitantes.

Después se realizaron recorridos de campo en compañía de un número reducido de autoridades ejidales y productores, que conocen toda el área para delimitar sobre el mapa base las clases de tierra. En esta etapa se efectuaron dos preguntas clave sobre las clases de tierras: ¿Cómo son? y ¿Dónde cambian?

A partir de lo anterior, se obtuvo el mapa, los nombres y las características de las clases de tierras reconocidas por los productores.

Generación de Información

En cada una de las clases de tierra reportadas se realizaron entrevistas a ejidatarios y productores de la localidad con la metodología descrita por Williams y Ortiz (1981), las cuales constaron de preguntas abiertas con la finalidad de obtener una participación espontánea, libre y no remunerada. Dichas entrevistas fueron orientadas a obtener información acerca de las características de las clases de tierra que poseen, la percepción acerca de la fertilidad del suelo, manejo de plagas y enfermedades, dosis de fertilización, idoneidad de cultivos, costos de producción y

rotación de cultivos. El número de entrevistas depende del aporte de conocimientos nuevos, es decir, el proceso termina cuando la información se vuelve repetitiva.

4.2.2 Clasificación Científica de Suelos

En cada clase de tierra se seleccionan sitios representativos para excavar pozos pedológicos para describir perfiles de suelos empleando el manual de Cuanalo (1990), así como coleccionar muestras de suelos por horizontes, en una cantidad aproximada de 2 kilogramos, para posteriormente realizar las determinaciones físicas y químicas en laboratorio necesarias para su clasificación taxonómica.

En el laboratorio, las muestras de suelo se secan a la sombra para posteriormente tamizar y obtener la fracción de tierra fina (<2mm) dejando terrones para la determinación de densidad.

Los análisis físicos y químicos que se llevaron a cabo fueron: pH en agua (relación 2:1); Textura (método de la pipeta americana); Densidad aparente (método del terrón-parafina); color (carta de colores Munsell); Carbonatos totales (método de Horton-Newson); Carbón orgánico y materia orgánica (método Walkley y Black); Nitrogeno total (método micro-Kjeldahl); Fósforo intercambiable (método Olsen), Capacidad de intercambio catiónico (método del acetato de amonio 1N pH 7.00); porcentaje de saturación de bases (cociente de la suma de las bases intercambiables y la CIC) y Bases intercambiables (método de extracción de acetato de amonio 1N pH7), Na^{++} y K^{++} por espectrometría de emisión de flama, Ca^{++} y Mg^{++} (por espectrometría de absorción atómica).

Con los datos de campo y de laboratorio se efectúa la clasificación formal de los suelos, siguiendo las claves de los dos sistemas más ampliamente usados en los trabajos de investigación, es decir, la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2014) y la WRB (IUSS Grupo de trabajo. WRB 2015). Este proceso permite verificar si la percepción local de las tierras genera clases formales de suelos diferentes.

4.2.3 Clasificación por Capacidad Fertilidad

Los suelos que integran a cada clase de tierra reconocida por los productores serán clasificados con el sistema interpretativo desarrollado por Boul (1978), conocida como clasificación según su capacidad fertilidad.

El sistema cuenta con tres niveles. El tipo es la categoría superior y está determinado por la textura promedio de la capa arable o de los 20 cm superficiales. El subtipo que es definido con la textura del suelo que ocurre entre los 20 y 50 cm de profundidad. Se incluye sólo si esta difiere de la textura de la capa arable (TIPO) dentro de los límites definidos. El tercer nivel lo constituyen los modificadores que se refieren a las propiedades físicas y químicas de la capa arable o los 20 cm superficiales, salvo excepciones indicadas, que se relacionan con limitaciones específicas de la fertilidad de los suelos.

La aplicación de la clasificación interpretativa se efectuó de dos maneras: una fue en los sitios representativos empleados para la clasificación formal de los suelos, con la finalidad de establecer si las clases de tierras reflejaban diferentes problemáticas técnicas en su fertilidad y la segunda fue a nivel puntual dentro de parcelas específicas, con el interés de conocer el grado de detalle con el que pudieran usarse las clasificaciones locales de tierras para dar recomendaciones de uso y manejo, en este caso sobre la fertilidad de los suelos.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Cartografía de Tierras

Con la metodología descrita por Ortiz *et al.* (1990) se realizó el mapa de clases de tierras campesinas, apoyándose de la información proporcionada por los productores del ejido Tierra Colorada y como mapa base al plano ejidal que se obtuvo del Registro Nacional Agrario (2018).

Los informantes en esta etapa constituyen la parte fundamental para establecer las clases de tierras, ya que con ellos se realizaron los recorridos de campo y sobre el mapa base se trazaron los linderos de las clases de tierras. Para la selección de dichos informantes se consideró que contaran con conocimientos de toda el área de estudio y que tuvieran experiencia en la producción de cultivos en sus tierras, mediante entrevistas semiestructuradas se obtuvo dicha información.



Figura 11. Mapa base Ejido Tierra Colorada.



Figura 12. Entrevista y recorridos de campo

Con el apoyo del plano ejidal los productores seleccionados identificaron las clases de tierras que se presentan en el ejido estudiado; posteriormente se trazaron los linderos de cada uno de ellas. Después de establecer los linderos de las clases de tierras, sobre el mapa base y haberlos digitalizado, se generó una capa de información de las clases, el cual se cargó a una aplicación con la cual se logra visualizar en un Smartphone (Figura 13). Con la capa de información y un grupo

reducido de productores y ejidatarios se procedió a realizar los recorridos de campo, con la finalidad de corroborar estos linderos de las clases de tierra reportadas.

De acuerdo con la percepción de los productores en el área de estudio ocurren cuatro clases de tierra: Barro, Texalt, Loma y Lama cuyas superficies y extensiones se reportan en el Cuadro 1 y su distribución en la Figura 14. Las características y propiedades de cada una de ellas se describen posteriormente.

El ejido de Tierra Colorada pertenece al Distrito de Riego Iguala, en donde el 90 % de su superficie agrícola cuenta con riego, que se aplica casi en su totalidad en la tierra Barro. Debido a ello, los agricultores con esa tierra tienen la posibilidad de cosechar en dos ciclos de cultivo, uno de temporal que se realiza entre los meses de mayo a octubre y el otro de riego de noviembre a abril.



Figura 13. Mapa de clases de tierras.

Cuadro 1. Superficies y extensiones de las clases de tierra del Ejido de Tierra Colorada, Gro.

Clases de Tierra	Superficie (ha)	Extensión (%)
Barro*+	407.40	88.11
Texalt*	28.21	6.10
Loma*	20.79	4.50
Lama**	6	1.30

*= solo ciclo de temporal; **= solo ciclo de riego; *+= con ciclos de riego y temporal.

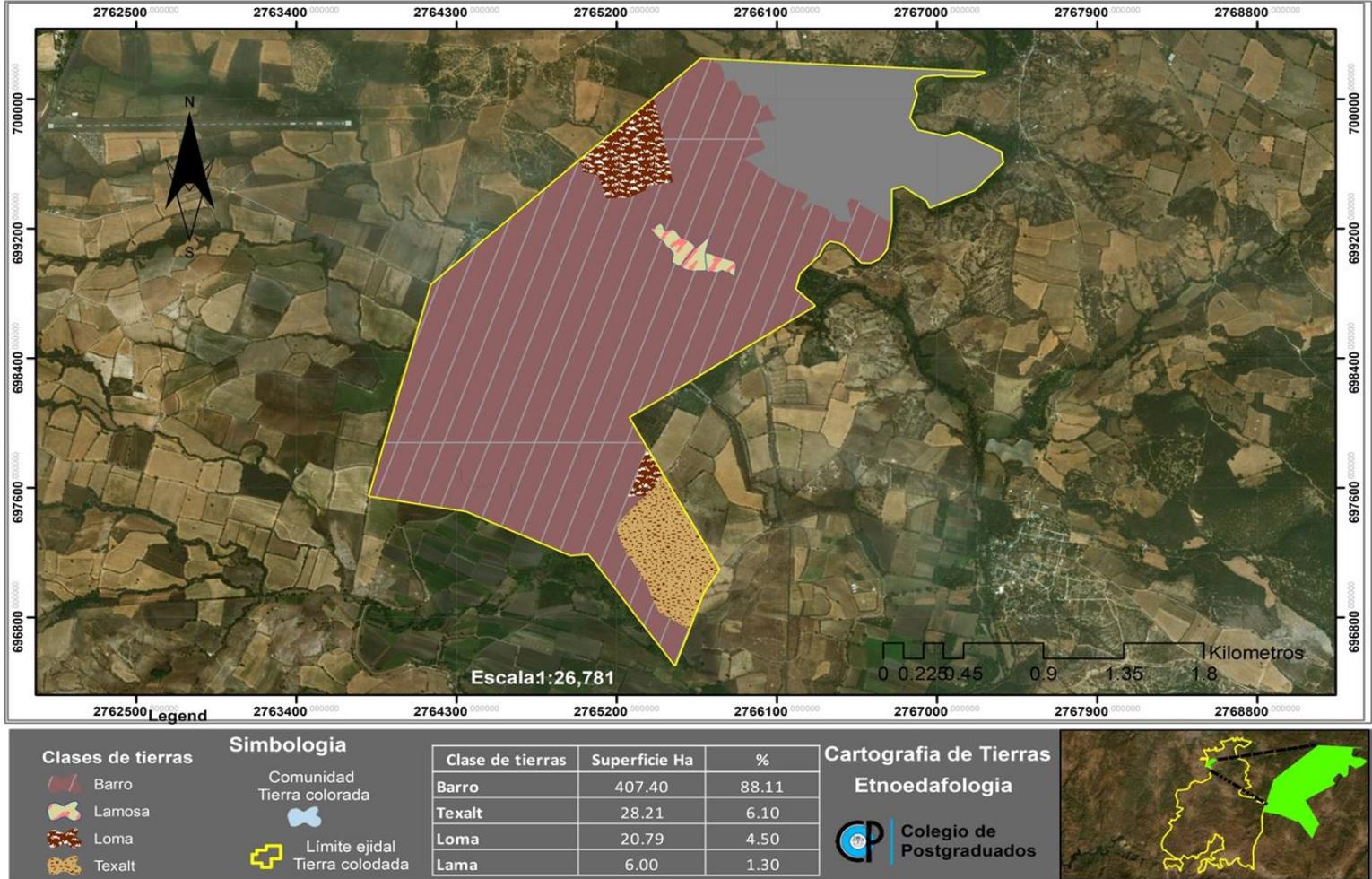


Figura 14. Clases de Tierras del Ejido de Tierra Colorada.

La Etnoedafología genera a partir del conocimiento y percepción de los productores la cartografía de tierras de manera rápida, no se necesita capacitación técnica especializada; su metodología es simple, de bajo costo y sustituye a un levantamiento de suelos detallado como lo han reportado González *et al.* (1988), Licona *et al.* (1992), Licona *et al.* (1993), Habarurema *et al.* (1997), Cruz *et al.* (1998), Ortiz *et al.* (2001) y Sánchez *et al.* (2002).

5.2 Clases de Tierras del Ejido Tierra Colorada

De los 30 productores entrevistados, 12 realizan sus actividades en la clase de tierra Barro, 7 en las tierras de Loma, 3 en las tierras de Lama y 8 en las tierras de Texalt; después de entrevistar al quinto productor la información sobre la capacidad de fertilidad y calidad de las tierras fue repetitiva. Las clases de tierras se clasifican con base en textura, retención de humedad, color y ubicación en el paisaje. Esta clasificación concuerda con lo reportado por varios autores (Williams y Ortiz, 1981; Pájaro y Ortiz, 1987; González *et al.*, 1988; Licona *et al.*, 1992; Sánchez *et al.*, 2002; Barrera-Bassols y Zinc, 2003).

Las características de las clases de tierras identificadas por los productores se reportan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Propiedades de las clases de Tierra según los productores.

Atributo técnico	Clase de Tierra			
	Barro	Texalt	Loma	Lama
Pedregosidad	Muy baja, piedras pequeñas	Alta, piedras de pequeñas a grandes	Media, piedras de tamaño pequeño a medio	Baja, piedras pequeñas
Textura	Se agrieta en época de secas	No se agrieta	Se agrieta	No se agrieta, tierra muy fina
Consistencia en húmedo	Chiclosa, aguañosa	Poco pegajosa	Chiclosa	Pegajosa
Retención de Humedad	Muy alta, se agua	Muy baja	Retención de media a alta	Baja, no se agua
Laboreo	Difícil manejo	Fácil manejo	Difícil a medio	Fácil manejo
Color	Negro	Rojiza, cafe	Amarillenta	cafe
Ubicación	En el valle	En las lomas	En laderas con lomeríos	Zonas bajas del valle y cercanas al canal de riego.

A continuación, se describen las características de las clases de tierras con términos tanto locales como técnicos.

5.2.1 Clase Barro

Es una tierra de color oscuro, arcillosa; su uso agrícola es de temporal y riego en la cual se pueden obtener dos cosechas de maíz al año por la duración de su ciclo que es de 120 días. El alto contenido de arcilla limita su manejo al momento de realizar la labranza y la siembra, por ello los agricultores una vez que cae la primera lluvia pesada o aplican una lámina de riego dejan reposar al suelo por 10 días para que llegue a saturación; posteriormente, realizan labores agrícolas. La ubicación de esta clase de tierra en el ejido ocurre en el valle, ocupa 89 % de la superficie. Los cultivos que se siembran además del maíz (híbridos como D-kal, Pionner y la variedad (VS-535), son la jícama y sorgo, frutales como mango y pastos para el ganado bovino como la cuba 22, clon 51 y marafalfa. El ejido se encuentra

en un distrito de riego pequeño y se considera de medio a alto potencial productivo por alcanzar rendimientos de hasta 10 t ha^{-1} de maíz. En cuanto al cultivo de jícama, los productores llevan a cabo dos barbechos con la finalidad de romper la estructura del suelo para que la planta se desarrolle de una manera más favorable. El ejido se encuentra en un distrito de riego pequeño considerado de medio a alto potencial productivo por alcanzar rendimientos de hasta t ha^{-1} en cuanto al cultivo de maíz. La ubicación de esta clase de tierra en el ejido ocurre en el valle, ocupa el 89 % de la superficie. Los cultivos que se siembran son maíz (híbridos como D-kal, Pionner y la variedad VS-535), jícama y sorgo, frutales como mango y pastos para el ganado bovino como la cuba 22, clon 51 y marafalfa.



Figura 15. Cultivo de jícama.



Figura 16. Vista aérea Tierra Colorada



Figura 17. Riego en parcela de maíz



Figura 18. Cosecha de jícama



Figura 19. Cultivo de maíz.

5.2.2 Tierra de Loma

Esta clase de tierra es de color pardo grisáceo oscuro, textura arcillosa, presenta más pedregosidad y retiene menos humedad que la clase Barro; está integrada por suelos derivados de rocas sedimentarias. Su uso agrícola es de temporal y ganadero; los cultivos dominantes son el maíz y sorgo; su ubicación en el ejido es en los lomeríos y ocupa el tercer lugar en términos de superficie (Cuadro 2). En cuanto al cultivo de maíz y sorgo los productores la perciben como una de las mejores tierras comparando su calidad con la de Barro, en especial cuando el temporal es bueno, pues llegan a alcanzar rendimientos de 7 a 10 t ha⁻¹ en el cultivo de maíz.



Figura 20. Potreros en la clase de tierra Loma.



Figura 21. Vista aérea de la clase de Tierra Loma

5.2.3 Tierra de Lama

Es una tierra de color gris y suave; textura media (franca); su principal uso es agrícola donde se producen cultivos como jitomate, maíz y sorgo. El término Lama, al igual que en otros sitios con poblaciones de ascendencia nahua, corresponde a sedimentos aluviales producto del desbordamiento de agua de los canales de riego. Los sedimentos aluviales provienen de la presa Valerio Trujano, la cual provoca un período de inundación en la época de lluvias (temporal), que hace que esta tierra sea improductiva por no poder cultivarse. Esta característica limita al ciclo de riego únicamente entre los meses de octubre a abril. Los sedimentos se detectan a través de discontinuidades litológicas en cuanto a su textura. Los productores la consideran como una tierra de gran potencial productivo y ocupa el cuarto lugar en cuanto a su superficie en el ejido



Figura 22. Cultivo de maíz.



Figura 23. Vista aérea de la tierra Lama

5.2.4 Tierra Texalt

Se ubica en la zona de lomeríos y valles; su principal uso es agrícola y ganadero, en ella se establecen potreros para estabular ganado, cuenta con una capa cementada con carbonatos de calcio después de los 25 a 30 cm de profundidad, limitando su retención de humedad. Su textura es franca con alta pedregosidad y ocupa el segundo lugar de importancia en cuanto a su superficie en el ejido.



Figura 24. Vista aérea de la clase de tierra Texalt.



Figura 25- Perfil del suelo.



Figura 26. Cultivo de maíz.

5.3 Propiedades Edáficas de las Clases de Tierras

En el Cuadro 3 se muestran las propiedades químicas y físicas de la capa superficial de las clases de tierra del ejido Tierra Colorada, Gro.

El pH de los suelos se encuentra entre 7.6 y 7.9, que de acuerdo con la interpretación de Hazelton y Murphy (2016) son suelos ligeramente alcalinos, por lo tanto, presentan un alto contenido de bases intercambiables como Ca^{++} y Mg^{++} . La presencia de estratos endurecidos por carbonato de calcio no solo limita la profundidad del suelo sino también generan antagonismo que dificultan la asimilación del hierro, manganeso y zinc. Andrade y Martínez (2001) indican que el CaCO_2 disminuye la asimilación de fósforo que se precipita dando formas insolubles

El contenido de materia orgánica va de baja a alta según la clasificación de Emerson (1991) y Charman and Roper (2000). La estabilidad estructural varía en las clases de tierras desde pobre hasta alta en las clases de tierras. Los contenidos más bajos los presenta la tierra Texalt y el más alto ocurre en la tierra Lama.

Cuadro 3. Propiedades químicas y físicas de la capa superficial de las clases de tierra del ejido Tierra Colorada, Gro.

CT	pH1 1:2 H ₂ O	CO %	Na	Mg	K	Ca	CIC	PSB	N	CaCO ₃	Dap	A	L %	R	CLASE TEXTURAL
											g cm ⁻³				
Barro	7.6	0.99	0.43	20.5	7.4	61.1	50.2	100	0.105	31.8	1.75	10.9	38.1	51.0	Arcilloso
Loma	7.7	1.83	0.31	13.4	1.6	35.8	32.9	100	0.147	14.0	1.90	19.2	9.7	71.1	Arcilloso
Lama	7.8	0.73	0.31	14.7	1.0	38.2	37.8	100	0.098	20.1	1.97	3.0	49.1	48.0	Arcilla limosa
Texalt	7.9	0.61	0.21	11.8	0.2	32.3	16.6	100	0.154	18.2	2.18	3.1	76.8	20.1	Franco limoso

CT: Clase de tierra; pH relación 1:2 con H₂O, CO: Carbono orgánico; Na: Sodio; k: Potasio; Ca: Calcio; CIC: Capacidad de intercambio catiónico; PSB: Porcentaje de saturación de bases; N: nitrógeno; CaCO₃: Carbonato de calcio; Dap: Densidad aparente; %A: Porcentaje de arena; %L: Porcentaje de Limo; R: Porcentaje de arcilla.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) va de alta a moderada para la tierra Barro de acuerdo con Hazelton y Morphy (2016). Una CIC alta proporciona un amortiguador a los cambios en el pH, nutrientes disponibles para el crecimiento de plantas, estabilidad en la estructura del suelo y la reacción del suelo a fertilizantes y otros mejoradores Hazelton y Morphy (2016); por otro lado, una CIC baja significa

que el suelo tiene baja resistencia a los cambios en la química del suelo causados por el uso de la tierra Rengasamy y Churchman. (1990).

Las bases intercambiables es el porcentaje de la capacidad de cationes que está saturada con iones de potasio, calcio, magnesio y sodio, proporciona un indicador de cómo los nutrientes se acercan a la fertilidad potencial. Las clases de tierras presentan valores muy altos de bases intercambiables de acuerdo con Metson (1960); Eckert (1987) y Abort (1989).

El carbonato de calcio es la principal fuente de calcio de los suelos estudiados. Estos cationes tienen una acción positiva sobre la estructura del suelo y sobre la actividad de los microorganismos (Marschner, 1995; Vasconcelos y Grusak, 2007), pero un exceso puede causar problemas de nutrición en plantas por antagonismo con otros elementos (Álvarez-Fernández *et al.*, 2006; Chen y Barak, 1982; Hansen *et al.*, 2006; Mortvedt, 1991). El contenido de carbonatos totales en la capa superficial de los suelos va de normal a alto; sin embargo, conforme aumenta la profundidad estas concentraciones incrementan en todas las clases de tierras (Rodríguez y Martínez, 2001).

La principal fuente de Nitrógeno en las plantas es la materia orgánica y el nitrógeno total mide la cantidad presente en el suelo, que puede ser mineralizado o en formas disponibles. Este afecta la tasa de aparición y expansión foliar modificando el área foliar y la intercepción de radiación solar por el cultivo (Echeverría, 1998). El nitrógeno en la capa superficial de las clases de tierras va de bajo a medio según la clasificación de Bruce y Rayment. (1982)

5.4 Génesis y Clasificación de Suelos

De acuerdo con la geología, los suelos de la localidad se forman a partir de rocas sedimentarias (calcita), conglomerados y arenisca lutita INEGI.2010b; INEGI, 2011). La fisiografía del lugar se encuentra en un valle de laderas rodeados de lomerío (INEGI 2010b; INEGI, 2011) y donde la erosión y sedimentación permitió la formación de suelos arcillosos o tierras de Barro sobre estratos calcáreos o con alto contenido de carbonato de calcio secundario. La presencia de grietas, la alta plasticidad y pegajosidad de suelo indican que las arcillas son del tipo 2:1 (Brady y

Weil, 2010), que limitan el drenaje de los suelos de ahí que presenten condiciones redoximórficas. Las tierras de Lama se originan en los planos de inundación o en los márgenes de los canales en donde cada año el río se desborda aportando sedimentos, de ahí que las clases texturales varíen de franca limosa a franco arcillo arenosa. En los lomeríos se encuentra la clase de tierra Loma con una textura arcillosa, presencia de acumulación de carbonatos secundarios, por último, el Texalt con una textura franca a franca limosa solo en la capa arable, después de los 25 cm presenta una capa cementada con carbonatos calcio (Cuadro 3.) Los procesos de disolución y carbonatación (carbonatos secundarios), sedimentación, gleyzación, expansión y contracción (tierras de barro) son los procesos que dieron origen a estos suelos, lo cual muestra la complejidad de la zona de estudio.

A continuación, se muestran los perfiles de las cuatro clases de tierras:



Figura 27. Perfiles de los suelos de cuatro clases de tierras

5.5 Clasificación con la Taxonomía de Suelos

Los horizontes de diagnóstico superficiales de los suelos de la localidad se designaron como epipedones Ócrico, lo que indica que no presentan evidencia de algún proceso o el proceso es incipiente debido a que no cumple las características para incluirlos dentro de algún Epipedón (Bockheim *et al.*, 2000) Dentro de los horizontes de diagnóstico sub-superficiales se encontraron en los suelos de la localidad el cálcico, y petrocálcico y la Propiedad de Diagnóstico de caras de deslizamiento. El horizonte cálcico ha acumulado carbonato de calcio secundario en 15 % en un espesor de 15 cm y el horizonte petrocálcico es un horizonte iluvial en el cual el CaCO_3 se ha acumulado de tal forma que se ha cementado o endurecido. Este tipo de acumulación es común en regiones áridas y semiáridas en donde los carbonatos secundarios pueden acumularse cerca de la superficie. Si otros factores se consideran constantes, el aumento de la lluvia significa una mayor eliminación de carbonatos de las capas superiores y la deposición en capas más profundas o la eliminación del suelo. El movimiento puede ser vertical y / o lateral según la pendiente, la textura y la estratigrafía (Dixon *et al.*, 1990).

Los Vertisols su principal proceso de formación es la expansión contracción de las arcillas en el suelo debido a periodos de lluvia y sequía. Contienen un alto contenido de arcilla (>35%). Se desarrollan de roca caliza, basalto u otros materiales parentales ricos en calcio y manganeso, los cuales estimulan la formación de arcillas de alta actividad (Brady y Weil, 2010).

De acuerdo con la Taxonomía de suelos (Soil Survey Staff, 2014) se establecieron cuatro subgrupos los cuales se reportan en el Cuadro 4 y su distribución en la localidad se muestra en la Figura 28.

Cuadro 4. Subgrupos de acuerdo a la Taxonomía de suelos en el ejido de Tierra Colorada, Gro.

Clases de tierras	Subgrupos de suelo
Barro	Typic Calciusterts
Texalt	Lithic Petrocalcic Calciustepts
Loma	Vertic Calciustepts
Lama	Oxyaquic Ustifluents

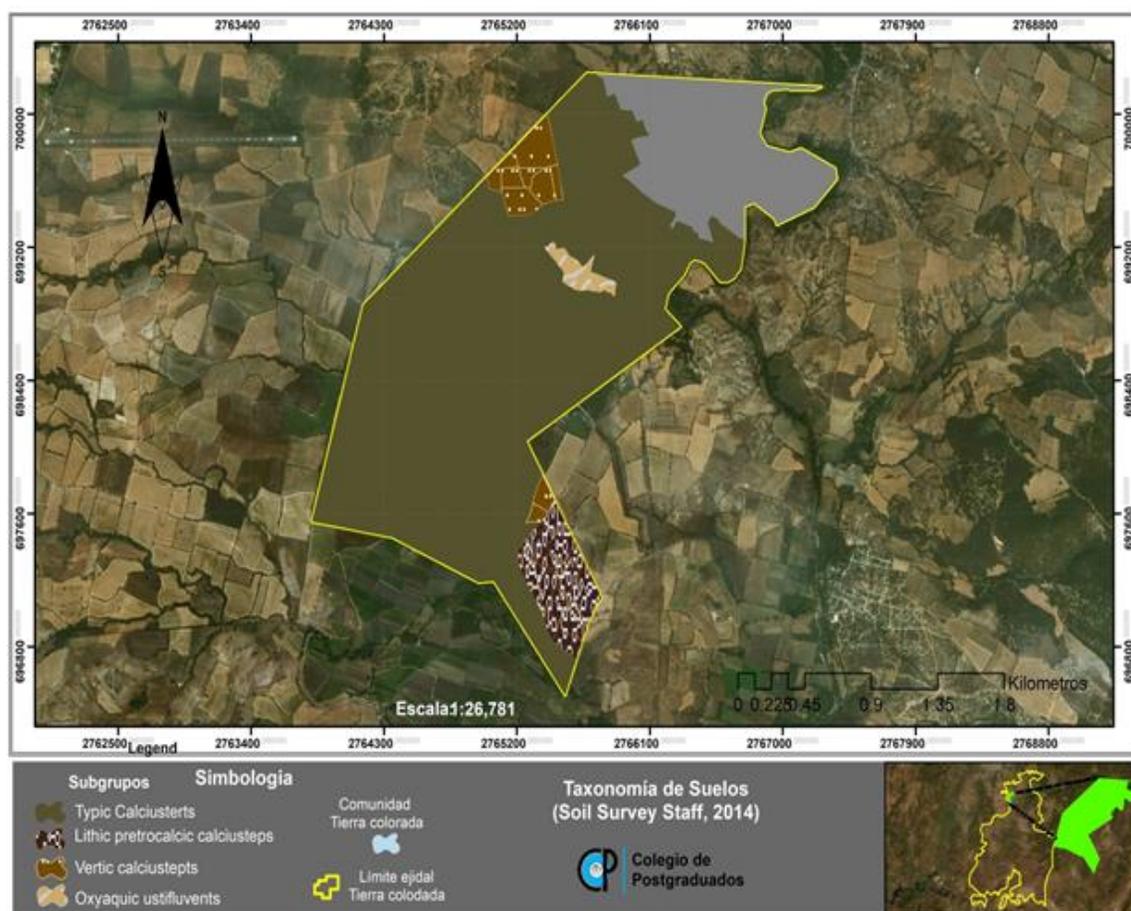


Figura 28. Mapa de Subgrupos de Suelos del Tierra Colorada Gro.

Se designaron tres órdenes de suelos: Vertisol, Entisol e Inceptisol, con un régimen de temperatura isohipertérmico y un régimen de humedad de suelo Ustico.

El Vertisol ocurre en la clase de tierra Barro con un contenido alto de carbonato de calcio (Calcita). Figura 29

Los Vertisols que se encuentran en el área de estudio corresponden a los Usterst, lo cual significa que tienen estaciones secas y humedad muy marcadas lo que genera que las propiedades vérticas se expresen fuertemente como los agregados en forma de cuña, grietas que se extienden desde la superficie y caras de fricción o superficies de deslizamiento (Boul *et al.*, 2011). Estos suelos en las zonas de acumulación presentan pobre drenaje lo que genera que los óxidos de Fe y Mn se segreguen (Gehring *et al.*, 1997; Boul *et al.*, 2011). El alto contenido de arcillas está asociado con una baja permeabilidad lo que lo hace ideal para cultivos que requieren alta retención de humedad como el arroz y la caña (Bould *et al.*, 2011; Bockheim *et al.*, 2000; Hallsworth *et al.*, 1955).

Los Entisols son suelos que tienen poca o ninguna evidencia de desarrollo pedogénico en sus horizontes; sin embargo, el crecimiento de las plantas es una condición suficiente para que los materiales parentales no consolidados funcionen como suelo. Los Entisols se desarrollan en materiales inertes o tienen una exposición tan leve y reciente a los procesos pedogénicos que los horizontes de diagnóstico suelen estar ausentes; aunque pueden haber epipedones ócricos, material sin soporte de vida (roca dura, cuerpos profundos de agua, etc.), sin rasgos distintivos o intermedios en el suelo (Bockheim *et al.*, 2000). Su distribución indica que puede tener varios factores involucrados como acumulación de material nuevo como depósitos de flujo de barro, deltas, pie de monte, áreas con depósitos de loess y tierras a las orillas de bordes de lagunas o estuarios. Además, la saturación con agua o incluso la inmersión del suelo durante un periodo largo que inhibe el desarrollo del horizonte; sin embargo, el desarrollo del suelo se produce en el suelo subacuático (Bockheim *et al.*, 2000). Las discontinuidades texturales en los Entisols significan que el movimiento del agua está obstruido, incluso cuando los materiales gruesos se encuentran debajo del material fino (Miller, 1973).

Los Inceptisols son suelos que no tienen características de desarrollo para otros ordenes, pero tienen características de adición del epipedón ócrico, son suelos

muy jóvenes donde los procesos de desarrollo no están tan expresados (Boul *et al.*, 2011).

5.6 Clasificación con la Base de Referencial Mundial de Suelos (WRB)

De acuerdo con el IUSS Grupo de trabajo de la WRB (2015) se determinaron cuatro unidades de suelo con sus calificadores primarios y suplementarios. En el Cuadro 5 se reporta dicha clasificación para los suelos que integran a las clases de tierra del ejido de Tierra Colorada, Gro.

En cuanto a esta clasificación no hubo epipedones de diagnóstico debido a que ninguno de los atributos refleja algún proceso de formación quedando como incipientes.

A diferencia de la Taxonomía, esta clasificación incluye el horizonte vértico como horizonte de diagnóstico y no como propiedad de diagnóstico y solo se cuenta con dos endopedones de diagnóstico el Cálcico y el Vértico, y agrupando a una unidad de suelos según su propiedades de diagnóstico flúvicas.

Cuadro 5. Unidades de suelo de acuerdo al sistema WRB (2015) del Ejido de Tierra Colorada.

Clase de tierra	Unidad de suelo	Calificadores principales	Calificadores suplementarios
Barro	Vertisol	Pellic Calcic	<i>Aric, Hypereutric</i>
Texalt	Calcisol	Petric Skeletic	<i>Aric, Fractic</i>
Loma	Calcisol	Cambic	<i>Clayic, Aric, Vertic</i>
Lama	Fluvisol	Eutric Calcaric Orthofluvic	<i>Geoabruptic, Aric</i>

La clase de tierra Barro corresponde a Vertisols, los cuales se caracterizan por tener alta proporción de arcillas expandibles, forman grietas profundas y anchas hacia abajo cuando se secan. Además, la acumulación de carbonato de calcio es originado del material parental y de los procesos de disolución y precipitación. Andrade y Martínez (2001) indican que esto se debe a su origen pedogenético de rocas sedimentarias como la caliza. Estos suelos tienen una alta capacidad de

intercambio catiónico ($50 \text{ Cmol}(+) \text{ Kg}^{-1}$) y alto PSB (100%) (Hazelton y Murphy, 2016) lo cual le da el calificador suplementario de Hypereutric.

Los Calcisols son suelos con una acumulación sustancial de carbonatos secundarios y frecuentemente asociados con materiales parentales altamente calcáreos (IUSS, Grupo de Trabajo, WRB, 2015) y están integrados por dos clases de tierras: Texalt esta tierra presenta un horizonte cálcico con un porcentaje de carbonatos totales de 18.18%. Andrade y Martínez (2001) mencionan que estos valores son normales aunque una densidad aparente de 2.18 gcm^{-3} , es muy alta

Para Gile *et al.* (1965) corresponde a una capa cementada después de la capa arable de 25 cm. Es Skeletic por el alto contenido de fragmentos gruesos en la capa arable. En cuanto a su manejo estos suelos al ser de textura franca limosa permiten el desarrollo de cultivos como el cacahuate, jícama, tomate y maíz, y tienen una CIC moderada ($16.5 \text{ Cmol}(+) \text{ Kg}^{-1}$) de acuerdo con Rengasamy y Churchman. (1999). La clase de tierra Loma presenta un horizonte cálcico, pero los contenidos de carbonatos totales de acuerdo a su profundidad. Estos valores son normales según Andrade y Martínez (2001) y presenta un horizonte más profundo hasta los 120 cm; sin embargo, sus procesos pedogenéticos son incipientes por lo cual su calificador principal es Cambic. A diferencia de la clase de tierra Texalt, esta tierra es arcillosa en todo el perfil, no presenta restricción en cuanto a capas cementadas y muestra agregados en forma de cuña y caras de deslizamiento; no obstante, no están totalmente expresadas para considerarlo como un horizonte vértico. Presenta una CIC que va de alta a muy alta ($32\text{-}45 \text{ Cmol}(+) \text{ Kg}^{-1}$) y una PSB de 100% (Metson, 1961).

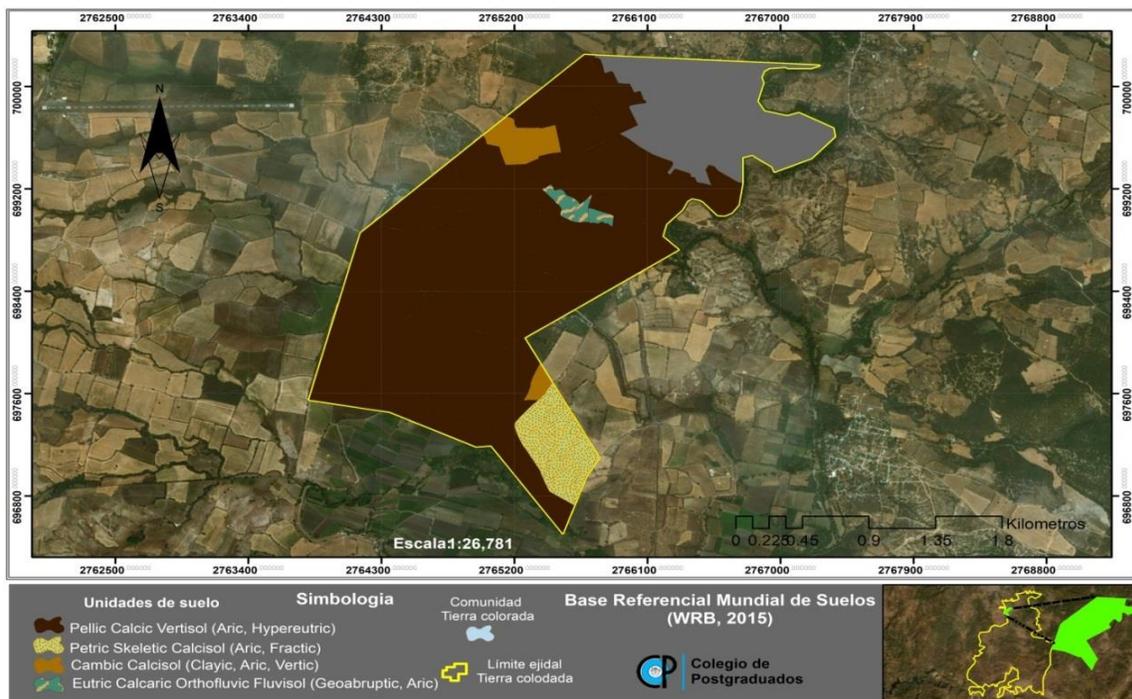


Figura 29. Unidades de suelo de acuerdo con la WRB (2015) en el Ejido de Tierra Colorada, Gro.

Los Fluvisols son suelos genéticamente jóvenes en depósitos fluviales, lacustres o marinos, muchos en condiciones naturales se inundan periódicamente y presentan una alta fertilidad (Brady y Weil, 1999). Ellos ocurren en la clase de tierra Lama, la cual presenta discontinuidades y un contenido de bajo a alto de materia orgánica con distribución irregular en toda la profundidad del perfil (Emerson, 1991). Estos suelos presentan altos contenidos de carbonato de calcio en toda la profundidad del perfil (Andrade y Martínez, 2001), así como discontinuidades litológicas evidenciadas por los cambios texturales.

De acuerdo con la clasificación WRB (2014), los suelos se agrupan en tres unidades con sus calificadores primarios y suplementarios, cuyo número coincide con las clases de tierras del Ejido de Tierra Colorada, lo cual indica que los productores identifican sus tierras con características muy puntuales.

Tanto la clasificación con la Taxonomía de suelos como con la WRB los horizontes de diagnóstico se relacionan entre sí, generando cuatro clases de suelos con los dos sistemas. En ambos casos cumple con las características del horizonte vértico (slickenside, agregados en forma de cuña, un contenido de arcillas >30%,

grietas de expansión contracción y el espesor >25 cm) que corresponde a los Vertisols. Asimismo, el horizonte cálcico cumple en ambos casos con los contenidos de carbonato de calcio, el espesor; y el horizonte petrocálcico que provoca la diferenciación en dos tipos de Calcisols.

5.7 Mineralogía

Se utilizó la técnica de difracción de polvo cristalino en rayos X de la fracción de tierra fina de los horizontes superficiales (0-20 cm) y subsuperficiales (30-50cm) de las cuatro clases de tierra para caracterizar su composición mineral.

En base a los resultados, el mineral dominante de la fracción gruesa en las cuatro clases de tierra es el cuarzo (100%), y la calcita (23 a 88%). El cuarzo es el componente más común de las fracciones de arena y limo en la mayoría de los suelos; este es altamente resistente al intemperismo, se hereda principalmente del material parental del suelo (Dixon *et al.*, 1990). En los cálcicos y petrocálcicos domina la calcita.

La calcita es otro mineral común en los suelos en regiones secas (subhúmedas a áridas), y menudo constituye gran parte de la masa del suelo, especialmente en horizontes cálcicos o petrocálcicos (Dixon *et al.*, 1990). Se pueden producir como componentes heredados en materiales fuertemente calcáreos como es el caso de la zona de estudio.

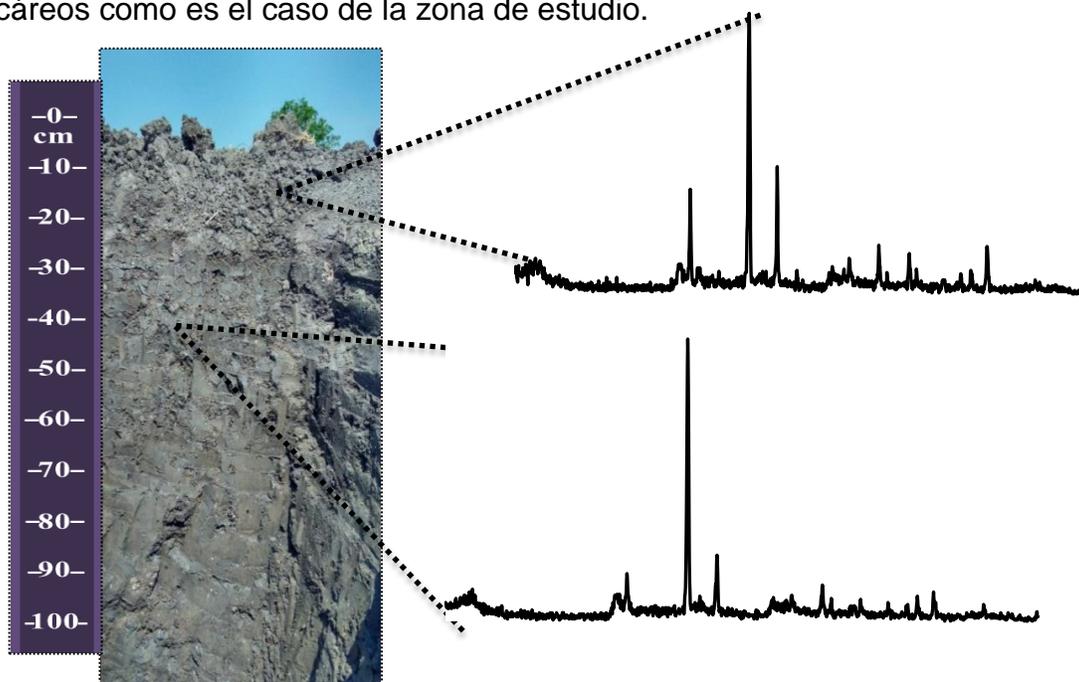


Figura 30. Difractograma de los horizontes Ap y Bkss del perfil Barro.

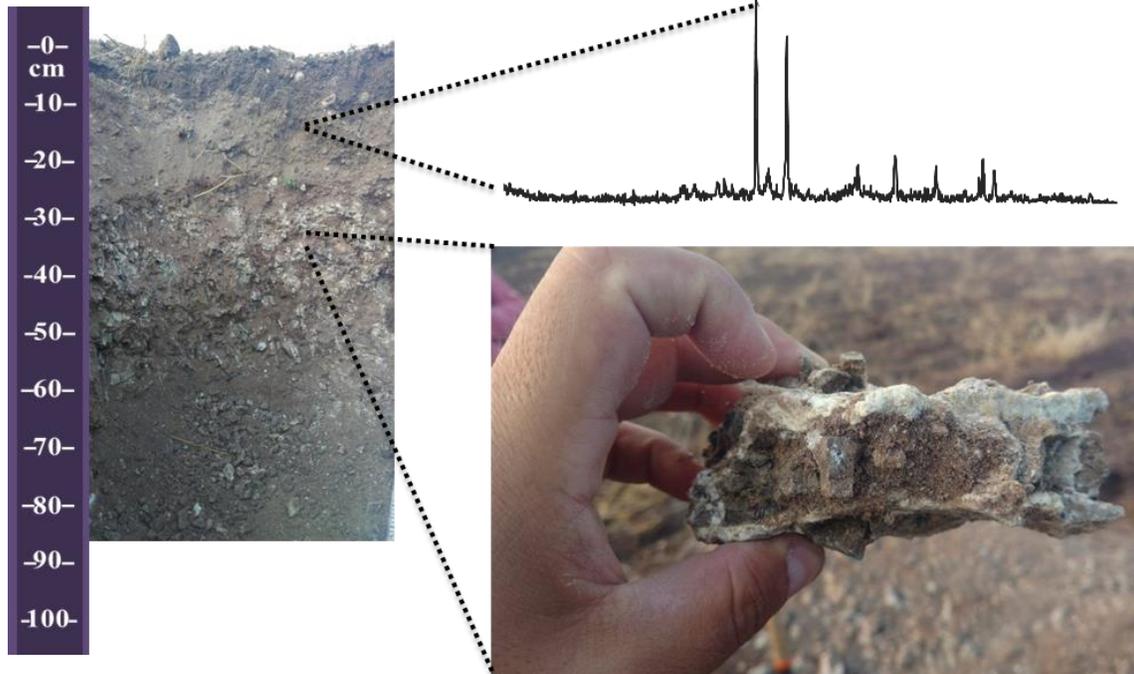


Figura 31. Difractograma del horizonte Ap del perfil Texalt.

Los difractogramas de las cuatro clases de tierras que se muestran en las Figuras 30 y 31 se observa que el mineral dominante en todo el suelo es el cuarzo (3.34 Å), (77, 82, 43) en las clases de tierra Lama, Texalt y Barro y disminuye su frecuencia en los horizontes subsuperficiales debido al aumento de la calcita.

Por el contrario, en el caso de los horizontes de la clase de tierra Loma, la calcita tiene una mayor frecuencia en el horizonte subsuperficial (62) respecto al horizonte suprayacente.

Las condiciones climáticas del ejido Tierra Colorada permiten la ocurrencia de los carbonatos secundarios que se acumulan en la superficie del suelo, asimismo el incremento en la precipitación aumenta la remoción de los carbonatos de las capas superiores y los deposita en los horizontes inferiores del suelo.

La textura y la pendiente del suelo influyen en la remoción de los carbonatos de manera lateral lo cual permite la presencia de calcita en la parte superficial y carbonatos libres en la parte inferior del perfil, además de laminaciones lo cual

genera en el caso del suelo Texalt un horizonte petrocálcico endurecido tal como se puede observar en la Figura 31.

5.8 Percepción Local de la Fertilidad de los Suelos

En base con las 30 entrevistas semiestructuradas, los agricultores de Tierra Colorada perciben como indicadores de calidad de sus suelos la retención de humedad, color de suelo y vigor del cultivo. Tomando en cuenta estos parámetros consideran que la clasificación de la calidad de sus tierras por su fertilidad en orden descendiente Barro, Lama, Loma y Texalt. Sin embargo, los productores aprecian que la fertilidad de sus suelos no es inherente sólo a las propiedades de los suelos, ya que toman en cuenta las condiciones climáticas y los recursos que emplean en sus cultivos (aplicación de fertilizantes tanto edáficos como foliares, deshierbe, densidad de población, control de plagas y enfermedades). Además, incorporan la idoneidad de cultivos para cada clase de tierra; por ejemplo, el Barro lo consideran la mejor tierra para la siembra de maíz, sorgo y pastos, mientras que, para jícama, tomate y cacahuate, la mejor tierra es el Texalt debido a su textura franca. Para la Loma y Lama mencionaron que su fertilidad depende del temporal y el manejo, se si se presenta un buen temporal y se aplican los insumos necesarios sus rendimientos son comparables con el Barro. Por tal motivo no consideran que en sus tierras presenten una declinación de la fertilidad, sino más bien cuando en un ciclo de cultivo disminuye el rendimiento lo atribuyen a las condiciones climáticas e insumos que cada productor invierta en su parcela y no a las condiciones presentes en ella.

5.8.1 Destino de la Producción

La mayoría de los productores no realizan una rotación de cultivos. En los dos ciclos de cultivos (riego y temporal) siembran maíz sobre todo en el Barro y el destino de la producción del maíz varía en cada ciclo. En la época de temporal lo utilizan como una fuente de alimentación para su ganado, en tanto que el maíz del ciclo de riego por lo general lo destinan para venderlo como elote.

En cuanto a la producción de jícama los agricultores no tienen datos del rendimiento en toneladas de su producción; ellos venden la parcela al comprador la cual pagan entre 40 a 50 mil pesos por ha. Con las utilidades que le genera esta producción el productor la invierte o paga los insumos que ocupa en la producción de maíz.

Para el cultivo de tomate de cascara los agricultores de tierra colorada reportan rendimientos de hasta 80 t ha⁻¹ en la clase de tierra Texalt, las cuales cosechan entre tres a cuatro cortes antes de derribar el cultivo, dicha producción es para venta.

5.8.2 Dosis de Fertilizante

La dosis de fertilizantes que aplican en los dos ciclos de cultivo es la misma para todas las clases de tierra lo que indica que a pesar de que los agricultores diferencian y clasifican a cada una de estas tierras con sus características muy puntuales, no toman en cuenta dicha clasificación en la aplicación de la fertilización edáfica.

Para maíz aplican 12 bultos de fertilizante (8 de sulfato de amonio y 4 de 18-46) en la primera fertilización, en la segunda aplican siete bultos solo de sulfato de amonio; asimismo suministran entre tres y cuatro aplicaciones foliares con micronutrientes por ha.

La cantidad de nitrógeno aproximada que aplican por ha es de 167.75 kilos de nitrógeno y 69 de fósforo en las dos a tres fertilizaciones edáficas.

5.8.3 Costos de Producción

Realizando una estimación de los costos de producción consideran que es lo mismo sembrar en temporal que en riego; mientras en el ciclo de temporal invierten más en herbicidas para el control de malezas y la preparación del terreno (rastreo, siembra). En riego invierten en el pago del agua, la cual es de aproximadamente 1200 pesos por ha. Los productores aplican aproximadamente de 6 a 8 riegos, en el ciclo de riego los insumos primordiales son los plaguicidas y no el control malezas.

Asimismo, consideran que trabajando bien la tierra el mismo barbecho que realizaron en temporal se aprovechara para el ciclo de riego.

5.8.4 Plagas

Los productores de Tierra Colorada reportan que las plagas más frecuentes son la araña roja (*Tetranychus urticae*) y al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) las cuales tienen mayor incidencia en la temporada de riego, y durante el ciclo de temporal cuando hay periodos muy largos de sequía. Para el control de dichas plagas utilizan productos químicos; aunque actualmente se están incorporando otras opciones como el *Trichogramma* para el control biológico del gusano cogollero. Varios autores indican que este es un buen método de control (Andrews, 1988; Willink *et al.*, 1993 a y b; Artigas, 1994; Virla *et al.*, 1999; Clavijo y Pérez Greiner, 2000; Pogue, 2002).



Figura 32. Daño por araña roja (*Tetranychus urticae*).

5.8.5 Enfermedades

En el caso de las enfermedades, los productores de Tierra Colorada manifiestan tener problemas con la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis Maubl*) en todas las clases de tierras. La mayor incidencia ocurre en los ciclos de cultivo con mayor precipitación, alta humedad relativa y temperaturas alrededor de 22°C, aunado a factores como altos niveles de fertilización nitrogenada, siembra de varios ciclos de maíz y uso de genotipos susceptibles.



Figura 33. Mancha de asfalto (*Phyllachora maydis Maubl*).

5.8.6 Deficiencias Nutrimientales

Las deficiencias nutrimentales son causadas por el daño metabólico dentro de las plantas resultando en la aparición de síntomas visibles. Algunos síntomas son suficientemente característicos y permiten la identificación o el trastorno causado por daño en el metabolismo y reduce su crecimiento (Andrew y Pieters,

1972; Smith y Pieters, 1983; Smith *et al.*, 1983). El uso de síntomas visuales para el diagnóstico de trastornos tiene una clara ventaja para los extensionistas, agrónomos y agricultores entre otros. Entre las ventajas se consideran los siguientes aspectos: 1) es una técnica que puede ser utilizada en campo; 2) estas no son dependientes de un soporte técnico de laboratorio (Handson y Shelley, 1993). Sin embargo, tiene un número de desventajas el confiar solo en los síntomas visuales como la única herramienta de diagnóstico. Una desventaja principal es que un trastorno se diagnostica solo después de una deficiencia severa. Otra desventaja importante es que cuando se hacen evidentes es demasiado tarde para corregir el problema en la etapa de crecimiento (Macy, 1936).

Se registraron mediante fotografías las deficiencias nutrimentales del cultivo de maíz en diferentes clases de tierras. Figura 34



Figura 34. Clorosis férrica.



Figura 35. Deficiencia de Potasio.



Figura 36. Deficiencia de Nitrógeno.



Figura 37. Deficiencia de Fósforo.



Figura 38. Deficiencia de Zinc.

En el cultivo de maíz hubo una menor incidencia de síntomas de K (Figura36), en donde la expresión más frecuente es la clorosis y necrosis marginal en las hojas

viejas, que afecta el crecimiento de la planta resultando plantas más pequeñas, disminuye el área foliar (Mille y Pellerin, 2004). Las plantas que tuvieron dicha deficiencia presentan hojas más angostas y pequeñas; asimismo, se retarda la floración en maíz.

La clorosis férrica se manifiesta principalmente en suelos alcalinos y calcáreos como los presentes en Tierra Colorada; afecta el desarrollo de los cultivos debido a que existe un antagonismo entre los carbonatos y el Fe en el suelo (Millan, 1980). Además, se manifiesta como una clorosis intervenal la cual ocurre en las hojas más jóvenes; aunque dicha deficiencia no afecta al tamaño de la hoja (Figura 35). Las plantas con clorosis muestran una alta concentración de Fe en las raíces, por lo cual puede estar relacionada con problemas de movilización y translocación del suelo a la parte aérea de la planta (Schenkeveld y Temminghoff, 2011). Dicha deficiencia de Fe también causa cambios morfológicos en las raíces mediante la inhibición de la elongación radical.

La deficiencia de nitrógeno fue más común en el cultivo de maíz (Figura 37). La principal fuente de nitrógeno para las plantas es la materia orgánica del suelo, a partir de la cual se genera amonio y nitrato; este último una vez absorbido es reducido con gasto de energía proveniente de la fotosíntesis, el amonio no necesita ser reducido y es incorporado rápidamente a las aminos y amidas dado que no puede ser almacenado porque es tóxico para la planta. Afecta la aparición y expansión foliar modificando el área foliar y la intercepción de radiación solar, por tal motivo las reducciones en la disponibilidad de N pueden producir desfases entre la liberación de polen y la aparición de estigmas (Otegui, 1992).

Los síntomas visuales de deficiencias de N no son fácilmente detectables en los estadios tempranos del cultivo, pudiendo aparecer síntomas a partir de la hoja 6 o 7. El estrés nitrogenado hace que la hoja tome una coloración verde claro a amarillenta debido a la merma en el contenido de clorofila; este amarillamiento y senescencia foliar comienza en las hojas basales avanzando desde la punta hacia la base de la misma en forma característica de “V” invertida (Figura 37).

Después del nitrógeno como principal deficiencia nutrimental, le sigue la deficiencia de Fósforo (Figura 38). El P llega por difusión a las raíces por lo que a

mayor desarrollo y penetración de las mismas (menor distancia entre el punto de absorción y provisión). El fósforo no necesita ser reducido para su asimilación integrándose rápidamente a compuestos orgánicos. Spence y Welch (1977) han reportado que altas disponibilidades de P acelera el ciclo de cultivo y acorta el periodo de emergencia-floración como de floración-madurez fisiológica. La deficiencia de P afecta la partición de la materia seca hacia estructuras reproductivas; además, es parte importante de las enzimas fotosintéticas y de compuestos tales como ATP, NADP, fosfolípidos, ADN, ARN e interviene en procesos como la fotosíntesis, absorción de iones, síntesis de proteínas. Asimismo, deficiencias en este nutriente reducen el número de granos y rendimiento de grano (Echeverría, 1998).

Las deficiencias de P generan tonalidades moradas o purpuras en hojas y tallos, comenzando también por las hojas basales ya que el P es un elemento móvil dentro de la planta (Figura 39). La merma de P disminuye la translocación de asimilados acumulándose azúcares en hojas y tallos; estos generan antocianinas, que son los pigmentos que producen las tonalidades señaladas (Echeverría, 1998).

Las deficiencias de Zinc en el maíz se presentan frecuentemente en las primeras semanas del cultivo; se manifiesta como franjas de color amarillento entre las nervaduras de la lámina foliar (Figura 39). Este elemento es retenido por las arcillas silicatadas, carbonatos, óxidos de hierro y compuestos orgánicos Marschner, (1995). Este es importante para el crecimiento y reproducción del maíz ya que participa en numerosos procesos metabólicos (síntesis de proteínas, carbohidratos, hormonas, entre otros), tolerancia a la sequía y enfermedades, también juega un papel importante en la fertilización (Holloway, 1996). Las deficiencias de este elemento se relacionan principalmente con los suelos altamente degradados o suelos calcáreos como los presentes en Tierra Colorada. El Zinc se transporta en la planta ya sea como Zn^{2+} o unidos a ácidos orgánicos. En un pH alto del suelo es presumiblemente también tomado como catión monovalente ($ZnOH^+$). El Zinc se acumula en los tejidos del maíz y se trasloca a través del xilema al brote (Noulas *et al.*, 2018).

5.9 Clasificación por Capacidad Fertilidad

La clasificación técnica o interpretativa conocida como el sistema capacidad fertilidad se utilizó para agrupar a los suelos del ejido Tierra. Esta clasificación integra de dos subdisciplinas de la Edafología, en particular la cartografía y la fertilidad.

La primera consideración fue evaluar las clases de tierras tomando en cuenta dos ciclos de cultivo. Las características particulares sobre el manejo permitieron realizarlo de esta manera, al contar con 6 a 9 aplicaciones de agua cada 20 días en el ciclo de riego modifica al régimen de humedad de suelo; mientras que para el ciclo de temporal solo dispone del agua de lluvia. En consecuencia, mantiene el régimen de humedad del suelo el cual se determinó utilizando el software “NewHall” y los datos climáticos de las normales del periodo 1951-2010 de la estación 12085 Tepecoacuilco, resultando el régimen Ustico.

Una aportación de este trabajo fue incluir al sistema capacidad fertilidad un nuevo modificador “f”: anegamiento, que solo se considera para el ciclo de temporal ya que en las tierras bajas y cercanas al canal (Lama) cuando las lluvias son abundantes, inundan parcelas limitando su uso en el ciclo de temporal.

Una vez descritas las clases de tierra del ejido de Tierra Colorada y clasificadas mediante la clasificación Taxonómica de suelos (Soil Survey Staff, 2014), y la WRB, (2015) se utilizaron sus datos analíticos Cuadro 3, para aplicar el sistema capacidad fertilidad.

La primera evaluación, de acuerdo con la clasificación técnica, consistió en determinar cómo se agrupan los suelos de Tierra Colorada (Cuadro 4). De las cuatro clases de tierras identificadas por los productores la superficie de tipo C (suelos arcillosos) ocupa el 93.9% (434 ha) agrupando a las clases de tierra:

Barro, Loma y Lama y el resto lo constituye el tipo L R (Franco sobre una capa cementada) con 6.1% (28 ha), que corresponde a la clase de tierra Texalt.

La segunda evaluación fue considerar las propiedades físicas y químicas de la capa arable para determinar las características o limitaciones en cuanto a su fertilidad que puedan presentar las unidades de suelos.

Se tiene que considerar las interpretaciones integrando no solo los tipos, subtipo y modificadores de manera separada, sino considerando las interacciones de dos o más condiciones del suelo.

A continuación, se describen las combinaciones en el sistema Capacidad Fertilidad a nivel local considerando las propiedades físicas y químicas, así como las particularidades y características propias del manejo de los suelos del Ejido.

Cdvb****: Suelos con buena capacidad de retención de agua, aunque presentan problemas de infiltración y encharcamiento cuando hay exceso de lluvia, lo cual dificulta el manejo para la labranza tanto en periodos secos como exceso de humedad. Cuando un suelo presenta propiedades vérticas, que provocan procesos de expansión- contracción, no se recomienda labranza de conservación debido a que se tiene que romper la estructura del suelo para generar mejores condiciones para el crecimiento radicular. Asimismo, los altos contenidos de arcillas 2:1 fijan al K^{++} , que provocan que requiera la incorporación de este elemento a la dosis de fertilización. El alto contenido de carbonatos ayuda al vigor del cultivo; sin embargo, crea antagonismo en la absorción de nutrientes como con el Hierro y Zinc generando en el cultivo clorosis férrica principalmente. El régimen de temperatura puede provocar estrés hídrico en la planta en periodos prolongados de sequía.

LReb´d: Presenta una buena infiltración y una buena capacidad de retención de agua, pero al tener la capa cementada y alta pedregosidad es susceptible a la degradación de suelo sobre todo en condiciones de pendiente pronunciada; tiene una baja capacidad para retener nutrientes para las plantas, principalmente K^{++} , Ca^{++} y Mg^{++} ; se requiere aplicar dosis de fertilización fraccionadas. La presencia de carbonatos, como se mencionó, puede ayudar al vigor del cultivo pero provoca antagonismo en la absorción de nutrientes y deficiencias de elementos como el Hierro y Zinc. El régimen de temperatura en periodos prolongados de sequía lo afecta debido a que no retiene suficiente humedad en el suelo lo que provoca estrés hídrico en el cultivo.

Cdbf: Buena capacidad de retención de humedad y una baja infiltración, presenta dificultades para su laboreo. El régimen de humedad es una limitante durante periodos prolongados de sequía; la presencia de carbonato de calcio favorece al vigor del cultivo sin embargo provoca antagonismo y deficiencias en elementos como el Hierro y Zinc. Debido a que esta unidad ocurre en las partes bajas o cercanas a los canales de riego o ríos presenta problemas de exceso de humedad lo cual afecta al cultivo.

Cuadro 6. Distribución de las unidades de suelos por Capacidad Fertilidad en el ciclo de cultivo de temporal y riego de Tierra Colorada.

CT	Clasificación por capacidad fertilidad	
	Temporal	Riego
Barro	Cdvb	Cvb
Texalt	LReb´d	LRe´b
Loma	Cdvb	Cvb
Lama	Cdbf	Cb

Las unidades de suelos se pueden convertir en unidades del sistema capacidad fertilidad y a su vez en mapas, en los cuales se observa su distribución y ubicación (Figuras 38 y 39) en el Ejido, lo que da como resultado información más detallada mostrando diferencias dentro de los suelos en áreas más pequeñas.

El sistema de capacidad fertilidad es una herramienta que puede relacionar limitaciones en la fertilidad y afectar al rendimiento de los cultivos, sin embargo no es suficiente para predecir rendimientos ya que hay factores externos que los afectan (Sánchez *et al.*, 1981).

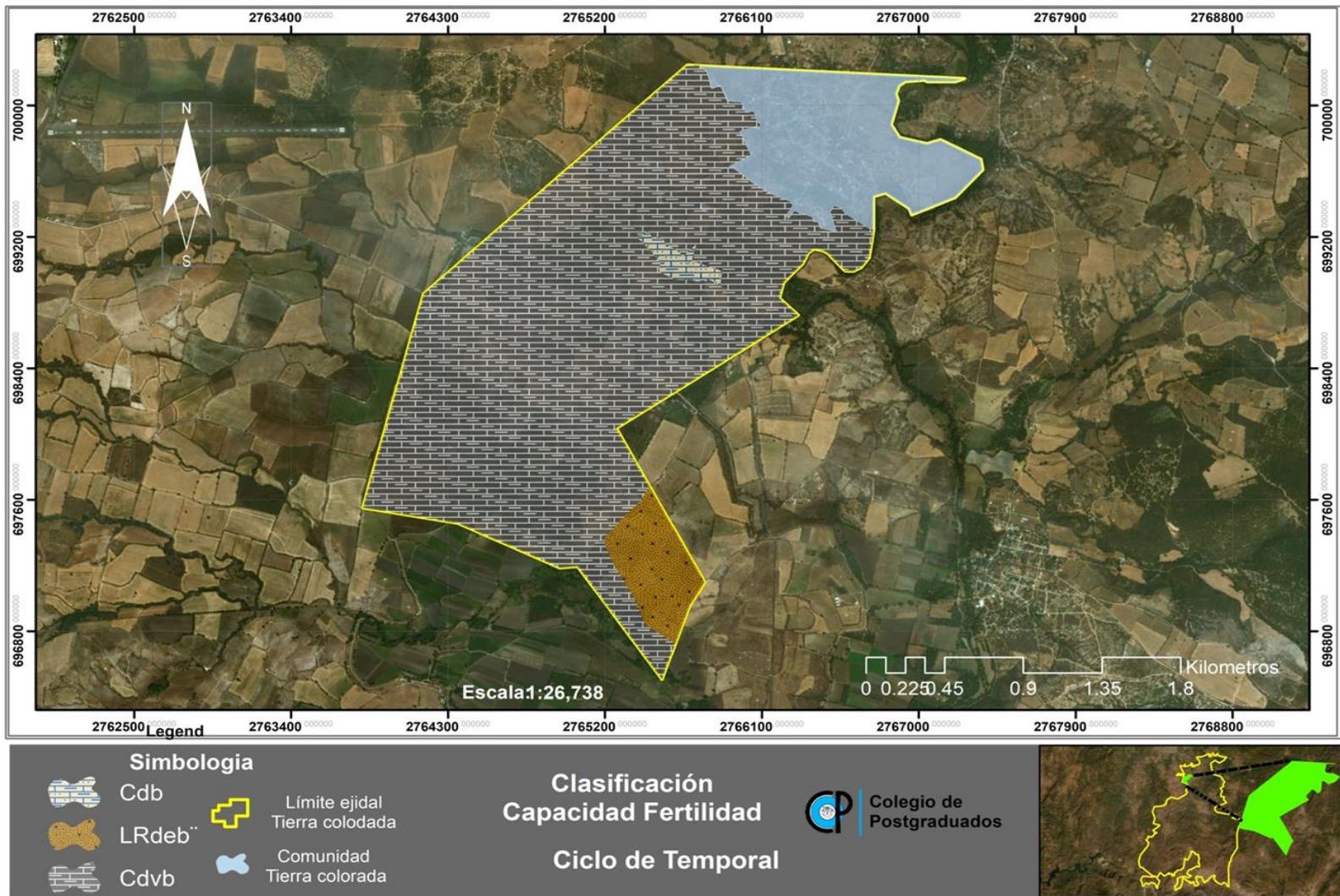


Figura 39. Mapa de las unidades Capacidad Fertilidad con los modificadores Ciclo de Temporal, Tierra Colorada.

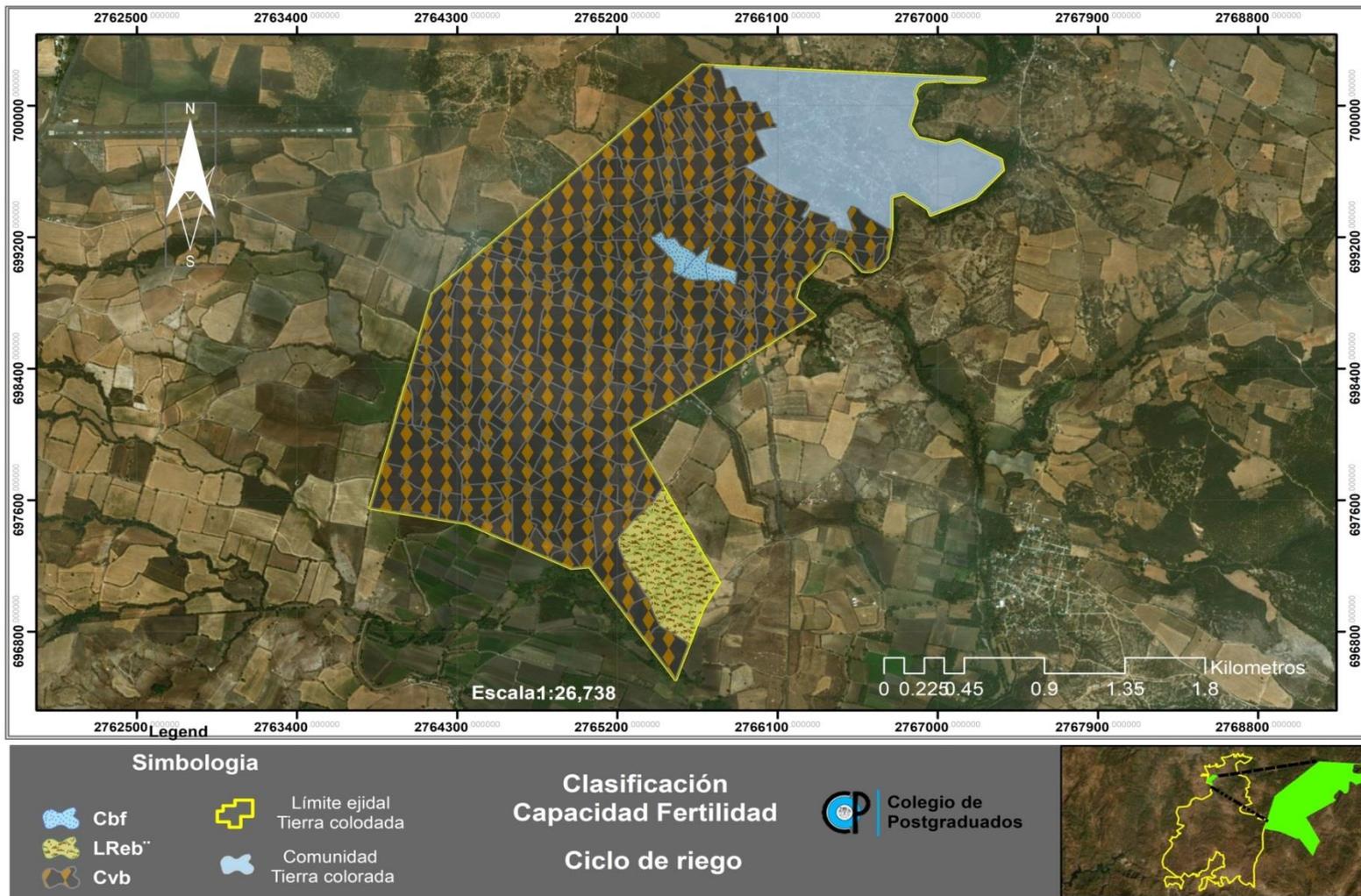


Figura 40. Mapa de las Unidades de Capacidad Fertilidad y modificadores ciclo de riego, Tierra Colorada.

5.10 Evaluación del Sistema Capacidad Fertilidad a nivel de parcela

Se realizaron muestreos aleatorios en parcelas utilizando la técnica del zigzag (ICA, 1992) para obtener muestras de suelos en las cuatro clases de tierra (Gutiérrez, 1997; Ruiz, 1997), considerando los requerimientos del sistema Capacidad Fertilidad, es decir, tanto en la capa arable (0-20 cm), como en el subsuelo (30-50 cm). En la clase de tierra Barro se muestrearon 7 parcelas y se colectaron un total de 54 (27 de la capa arable y 27 del subsuelo), en Loma dos parcelas y se colectaron 14 muestras (7 de la capa arable y 7 del subsuelo), en Lama una parcela y se colectaron 10 muestras de suelo (5 capa arable y 5 subsuelo). Por último 3 parcelas en la clase de tierra Texalt y se colectaron 12 muestras de suelo solo de la capa arable debido a que esta tierra presenta una capa cementada de carbonatos después de la capa arable. Los datos de las propiedades analíticas se presentan en los cuadros del anexo.

La primera consideración fue agrupar los puntos muestreados en tipos y subtipos de acuerdo con la textura de la capa arable y el subsuelo. Para el Barro, de los 27 puntos muestreados, se encontraron variaciones dentro de la parcela 2 en dos puntos de muestreo agrupando una unidad de capacidad fertilidad **L C** y en la parcela 3 en un punto de muestreo generando una combinación **C L**, lo que indica que presenta diferencias texturales entre la capa arable y el subsuelo dentro de los primeros 50 cm de profundidad. Los modificadores que incluyen las propiedades físicas y químicas, que pueden indicar una limitación de la fertilidad de la capa arable, no presentaron variaciones. Las unidades de suelo generadas con las siguientes combinaciones incluidos los modificadores son dos puntos de muestreo como **L C db**, lo que indica una textura franca en la capa arable con un cambio textural a arcilloso en el subsuelo, un punto de muestreo como **C L dvb** y 24 puntos de muestreo como **C dvb**. Estos muestra que tenemos 11.11 % de variación dentro de la clase de tierra Barro en cuanto a la clase textural, lo que indica que el sistema capacidad fertilidad ubica variaciones puntuales dentro de las parcelas, con lo cual se pueden generar recomendaciones de manejo y fertilización más precisas lo que podría redundar en mejores rendimientos a los productores.

Interpretación de las unidades de capacidad fertilidad

LCdb: excelente suelo en la parte superficial, una infiltración moderada y buena capacidad de retención de humedad; sin embargo, si llega haber erosión expondrá un suelo arcilloso difícil de manejar con problemas de infiltración, pero alta capacidad de retención de humedad. El régimen de humedad puede provocar estrés hídrico en periodos prolongados de sequía, la presencia de carbonatos ayuda al vigor del cultivo, por lo que también provoca antagonismo con algunos elementos como el Hierro y Zinc.

CLdwb: Buena capacidad de retención de agua, problemas de infiltración y encharcamiento cuando hay exceso de lluvia, lo cual dificulta el manejo para la labranza tanto en periodos secos como exceso de humedad, combinado con las propiedades vérticas la cual provoca procesos de expansión-contracción no se recomienda labranza de conservación debido a que se tiene que romper la estructura del suelo para generar mejores condiciones para el crecimiento radicular del cultivo; asimismo, el alto contenido de arcilla 2:1 retiene el K, por lo que se requiere la incorporación de este elemento a la dosis de fertilización. La textura franco en el subsuelo puede generar buena infiltración en caso de exceso de humedad. El alto contenido de carbonatos ayuda al vigor del cultivo, sin embargo, provoca antagonismo en la absorción de nutrientes como el Hierro y Zinc generando en el cultivo clorosis férrica principalmente. El régimen de temperatura puede provocar estrés hídrico en la planta en periodos prolongados de sequía.

Cdwb: Buena capacidad de retención de agua, problemas de infiltración y encharcamiento cuando hay exceso de lluvia, lo cual dificulta el manejo para la labranza tanto en periodos secos como exceso de humedad, combinado con las propiedades verticas la cual provoca procesos de expansión-contracción no se recomienda labranza de conservación debido a que se tiene que romper la estructura del suelo para generar mejores condiciones para el crecimiento radicular del cultivo, así mismo el alto contenido de arcilla 2:1 retiene el K, por lo que se requiere la incorporación de este elemento a la dosis de fertilización. El alto contenido de carbonatos ayuda al vigor del cultivo, por lo tanto provoca antagonismo

en la absorción de nutrientes como el Hierro y Zinc generando en el cultivo clorosis férrica principalmente. El régimen de temperatura puede provocar estrés hídrico en la planta en periodos prolongados de sequía.

En cuanto a la clase de tierra Loma de las dos parcelas muestreadas y los siete puntos de muestreo, no presentaron variaciones dentro de las parcelas, generando una unidad de capacidad fertilidad C d**vb** la interpretación se describe de la siguiente manera:

Cdvb****: Buena capacidad de retención de agua, problemas de infiltración y encharcamiento cuando hay exceso de lluvia, lo cual dificulta el manejo para la labranza tanto en periodos secos como exceso de humedad, combinado con las propiedades verticas la cual provoca procesos de expansión-contracción no se recomienda labranza de conservación debido a que se tiene que romper la estructura del suelo para generar mejores condiciones para el crecimiento radicular del cultivo, así mismo el alto contenido de arcilla 2:1 retiene el K, por lo que se requiere la incorporación de este elemento a la dosis de fertilización. El alto contenido de carbonatos ayuda al vigor del cultivo, sin embargo, provoca antagonismo en la absorción de nutrientes como el Hierro y Zinc generando en el cultivo clorosis férrica principalmente, estas deficiencias se pueden observar en el cultivo de maíz. El régimen de temperatura puede provocar estrés hídrico en la planta en periodos prolongados de sequía.

Para la clase de tierra lama se muestreo una parcela con cinco puntos de muestreo, de acuerdo con el sistema capacidad fertilidad solo en un punto de muestreo se observó variación en cuanto a la clase textural generando una combinación C L, los otros cuatro puntos de muestreo no presentaron variaciones texturales. Para esta clase de tierra se incorporó el modificador “f” (condición de anegamiento) el cual solo se considera para el ciclo de temporal.

A continuación, se interpreta las unidades de capacidad fertilidad

CLdb: Buena capacidad de retención de agua, problemas de infiltración y encharcamiento cuando hay exceso de lluvia, lo cual dificulta el manejo para la labranza tanto en periodos secos como exceso de humedad, la textura franco en el subsuelo puede generar buena infiltración en caso de exceso de humedad. El alto contenido de carbonatos ayuda al vigor del cultivo, por tal motivo, provoca antagonismo en la absorción de nutrientes como el Hierro y Zinc generando en el cultivo clorosis férrica principalmente como se observa en las deficiencias en el cultivo de maíz. El régimen de temperatura puede provocar estrés hídrico en la planta en periodos prolongados de sequía.

Ldbf: presenta una tasa de infiltración media con una capacidad de retención de humedad buena, el régimen de humedad del suelo puede provocar estrés hídrico en periodos prolongados de sequía, la presencia de carbonatos puede favorecer el vigor del cultivo sin embargo ocasiona problemas de antagonismo en elementos como el Hierro y Zinc, la condición de anegamiento por exceso de humedad provoca daños en los cultivos.

En cuanto a la clase de tierra Texalt se realizó muestreo en tres parcelas, se obtuvieron doce muestras de suelos de la capa arable debido a que toda la clase de tierra presenta una capa cementada de carbonatos a partir de los 25 cm de profundidad. No hubo variaciones dentro de las parcelas en cuanto a la clase textural generando una combinación L R d´b, a diferencia de la combinación que se realizó tomando en cuenta los datos analíticos del perfil de suelos, estas parcelas no presentaron baja capacidad de intercambio catiónico.

LRb´d: Presenta una buena infiltración y una buena capacidad de retención de agua pero al tener la capa cementada y alta pedregosidad es susceptible a la degradación de suelo sobre todo en condiciones de pendiente pronunciada. La presencia de carbonatos ayudan al vigor del cultivo pero provoca antagonismo en la absorción de nutrientes y deficiencias de elementos como el Hierro y Zinc. El régimen de temperatura en periodos prolongados de sequía lo afecta debido a que no retiene suficiente humedad en el suelo lo que provoca estrés hídrico en el cultivo.

Cuadro 7. Relación de la clasificación Capacidad Fertilidad dentro de las parcelas.

CT	No. parcelas	Capacidad Fertilidad	Acierto (%)	Error (%)
Barro	7 (54 muestras)	Cd vb	88.89	11.11
Loma	2 (14 muestras)	Cd vb	100	0
Lama	1 (10 muestras)	C bf	20	80
Texalt	3 (12 muestras)	LRd ve ' b	100	0

Una vez aplicada la clasificación del Capacidad Fertilidad dentro de las parcelas se observaron variaciones en ellas; además, cuando se comparó con los datos de los perfiles con los cuales se clasificó se observó que la clase de tierra que presentó la mayor variación fue la Tierra Lama. De acuerdo con los datos del perfil se consideraba como un C por el contenido de arcilla mayor a 35 %; sin embargo, dentro de la parcela el contenido de arcilla fue menos a 35%, en cuanto a los modificadores no hay variación. La siguiente en cuanto a variación fue la Tierra Barro la cual presentó un 11.11 % de error o diferencia con respecto a los datos del perfil. Para las clases de Tierra Loma y Texalt no se encontraron variaciones. Cabe señalar que la tierra Texatl se mantuvo la capa cementada después de los 25 cm en toda su superficie.

Comparando las cuatro clases de tierra se observa que hay diferencias altamente significativas entre ellas sobre todo en pH, CIC, CaCO₃, contenido de arena (A) y arcilla (R). En las Figuras 43-46 se puede apreciar la distribución de tales contenidos en donde el número 1 corresponde al Barro, el 2 al Texalt, 3 Lama y 4 Loma. En todas ellas la clase de tierra Lama difiere tanto en los valores máximos y mínimos, como en sus medias.

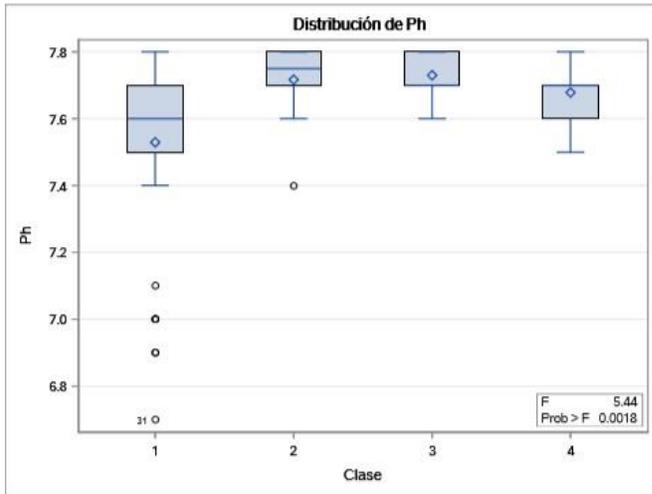


Figura 41. Distribución pH.

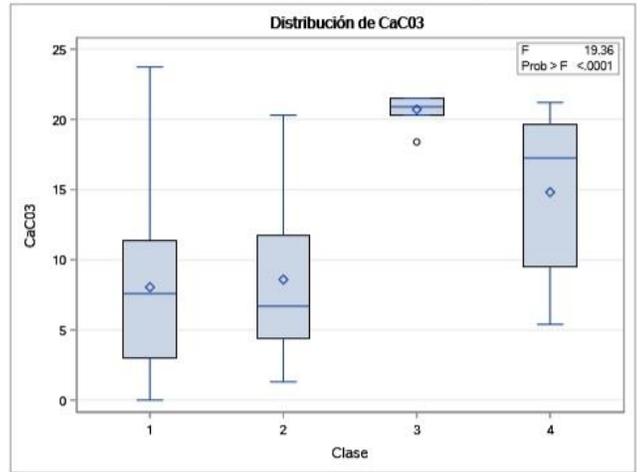


Figura 42. Distribución de Carbonatos.

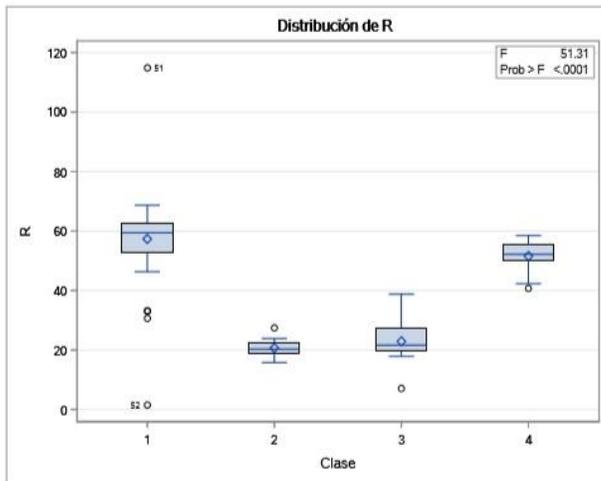


Figura 43. Distribución de arcillas.

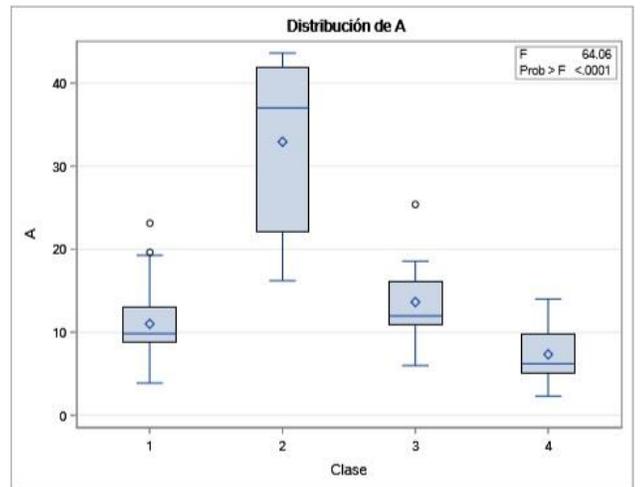


Figura 44. Distribución de arenas.

VI CONCLUSIONES

Mediante el conocimiento local de los productores sobre el recurso suelo se generaron mapas de clases de tierras, los cuales al evaluarlos con la clasificación técnica de capacidad fertilidad se obtuvo una precisión de 86.3 % o un mapa de alta calidad.

Los productores reconocen cuatro clases de tierras Barro, Texalt, Loma y Lama. Las cuales son identificados por su color, textura, retención de humedad, ubicación en el paisaje y manejo. Cuando se comparó la clasificación campesina con la clasificación científica se encontró que las cuatro clases de tierras se clasifican como Vertisols, Calcisols y Fluvisols (WRB, 2015) y como Vertisols, Entisols e Inceptisols (Soil Survey Staff, 2014).

La percepción de la fertilidad del suelo que tienen los campesinos es más integral que la del conocimiento técnico, debido a que toman en cuenta también su entorno. Además, los productores consideran que la fertilidad de sus tierras no depende sólo de las propiedades del suelo sino también de los insumos que le puedan aplicar (fertilizantes tanto foliares como edáficos, control de plagas y enfermedades, y deshierbes, entre otros).

Al aplicar el sistema capacidad fertilidad utilizando los datos analíticos de los perfiles de suelos con los cuales se realizó la clasificación científica, se agrupan en sólo dos categorías Tipo C y LR, al considerar los modificadores se generan tres categorías tanto en el ciclo de riego como en temporal.

El sistema capacidad fertilidad, al aplicarlo a nivel de parcelas dentro de una misma clase de tierra, genera información más detallada, observando variaciones tanto en la clase textural como en los modificadores, con lo cual se pueden producir recomendaciones más particulares en cuanto al manejo de las tierras y las dosis de fertilización.

VII RECOMENDACIONES

De acuerdo con los suelos del área de estudio los cuales son suelos calcáreos, estos se caracterizan por tener un pH entre 7.4 a 7.7 y un alto contenido de carbonato de calcio el cual retiene elementos como el Hierro y Zinc, por lo cual se recomienda realizar fertilizaciones foliares sobre todo con quelatos de Hierro y Zinc para proveer de manera foliar de estos elementos en diferentes etapas fenológicas del cultivo, debido a que estas deficiencias se pueden presentar desde etapas muy tempranas del cultivo.

VIII LITERATURA

- Alfaro O., E. C. A. Ortiz S., C. A. Tavarez, E., Ma. C, Gutiérrez C., A. Trinidad S. 2000. Clasificaciones técnicas de suelos en combinación con el conocimiento local sobre tierras, en Santa María Jajalpa, Estado de México Terra Latinoamericana.
- Andrades Rodríguez., M. & Martínez, M. 2001. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones
- Bajgai Y., & Sangchyoswat, C. 2018. Farmers knowledge of soil fertility in West-Central Bhutan. *Geoderma Regional*, 14, e00188.
- Barbazán M., 1998. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Informe de asistente de fertilidad de suelos. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo.
- Barrera B., N. 1988. Etnoedafología puépecha. En: México indígena. Revista del Instituto Indigenista. No. 24, Año IV, México. pp:47-52.
- Barrera-Bassols N., Zinck, J. A, & Van Ranst, E. 2009. Participatory soil survey: experience in working with a Mesoamerican indigenous community. *Soil use and Management*, 25(1), 43-56.
- Barrera-Bassols., N., & Zinck, J. A. 2003. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. *Geoderma*, 111(3-4), 171-195.
- Barrios E., Trejo, M. 2003. Implications of local soil knowledge for integrated soil management in Latin America. *Geoderma* 111, 217–231
- Bautista C., A., Etchevers, B. J, Castillo, R.F, Guitierrez. C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Departamento de Recursos Naturales CIIDIR IPN Oaxaca. Xoxocotlan, Oaxaca. México. Ecosistemas Vol. XIII. No. 2.
- Berazneva J., McBride, L Sheahan, M, & Güereña, D. 2018. Empirical assessment of subjective and objective soil fertility metrics in east Africa: Implications for researchers and policy makers. *World Development*, 105, 367-382.
- Bockheim J., G. & Gennadiyev, A. N. 2000. The role of soil-forming processes in the definition of taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. *Geoderma*, 95(1-2), 53-72.
- Boul S., W. Sanchez, P.A., Cate, R.B., Jr and Granger, M.A. 1972. Soil Fertility Capability Classification: a technical soil classification system for fertility management. In: E. Bornemisza and A. Alvarado (Editors), *Soil Management in Tropical America*. N.C. State Univ., Raleigh, NC, pp 129-146.
- Boul S., W., Southard, R. J., Graham R. C. and Mcdaniel, P. A. 2011. Soil génesis and classification. John Wiley and Sons.
- Boyer J. 1970. Soil Potasium. pp. 102-135. In: *Soil of the Humid Tropics*. National Academy of Science, Washington, D.C.

- Brady N., C. and Weil, R. R. 2010. Elements of the nature and properties of soils. Third edition. Upper Saddle River Prentice-Hall Inc.
- Brinkmann K., Samuel, L., Peth, S, & Buerkert, A. 2018. Ethnopedological knowledge and soil classification in SW Madagascar. *Geoderma Regional*, 14, e00179.
- Buthelezi N., N, Hughes, J. C. & Modi, A. T. 2013. The use of scientific and indigenous knowledge in agricultural land evaluation and soil fertility studies of two villages in KwaZulu-Natal, South Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 8(6), 507-518.
- Buthelezi-Dube., N. N., Hughes, J. C. & Muchaonyerwa, P. 2018. Indigenous soil classification in four villages of eastern South Africa. *Geoderma*, 332, 84-99.
- Carter M., R, Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H. y Pierce, F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. In *Soil quality for crop production and ecosystem health* (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.
- Cassman K. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. Agronomy and Horticulture Department. University of Nebraska. Paper 105.
- Clements H.F. 1961. Crop logging of sugar cane in Hawaii. In *Plant Analysis and Fertilizer Problems*. (Ed. W. Reuther.) pp. 131-147. (Am. Inst. Biol. Sci: Washington, D.C.)
- Cline M., G. 1949. Basic principles of soil classification. *Soil Sci.* 67:81-91.
- Cortez J., S., Etcheveres, B.J.D., Hidalgo, M.C.M and Navarro, G.H. 2017. Estado nutricional del agroecosistema rosa (*Rosa* spp.) en la ladera este del Iztaccíhuatl. *Terra Latinoamericana*, 35(3), 237-246.
- Cruz Balcázar., R, & Volke Haller, V, & Turrent Fernández, A., & Pájaro Huertas, D. 1998. Clasificación de tierras campesinas para la generación y transferencia de tecnología agrícola entre pequeños productores: caso del maíz en la región central de Veracruz. *Terra Latinoamericana*, 16 (1), 1-10.
- Cruz C., G. C. A., Ortiz S. Ma. Del C. Gutiérrez C, A. Villegas M. 2008. Las clases de tierras citrícolas del Ejido de Pueblillo, Papantla, Veracruz. *Terra* 26: 11-19.
- 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.
- Chimweta M., Nyakudya, I. W., & Jimu, L. 2018. Fertility status of cultivated floodplain soils in the Zambezi Valley, northern Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 105, 147-153.

- Dawoe E., K, Quashie-Sam, J., Isaac, M. E., & Oppong, S. K. 2012. Exploring farmers' local knowledge and perceptions of soil fertility and management in the Ashanti Region of Ghana. *Geoderma*, 179, 96-103. Bajgai, Y., & Sangchyoswat, C. (2018). Farmers
- Desbiez A., Matthews, R., Tripathi, B., & Ellis-Jones, J. 2004. Perceptions and assessment of soil fertility by farmers in the mid-hills of Nepal. *Agriculture, ecosystems & environment*, 103(1), 191-206.
- Doran J., W. y Parkin, B.T. 1994. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Echeverría H., E. 1998. El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción de maíz: diagnóstico de la fertilización nitrogenada y fosforada.
- Environmental Systems Research Institute 2015. ArcGis 10.3. Computer Software. Environmental Systems Research Institute Inc. Redlands, CA.
- Ericksen P., J. & Ardón, M. 2003. Similarities and differences between farmer and scientist views on soil quality issues in central Honduras. *Geoderma*, 111(3-4), 233-248.
- Espinoza L., Slaton, N. A., y Mozaffari, M. 2012. Como interpretar los resultados de los análisis de suelos. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, US Department of Agriculture, and county governments cooperating.
- Estrada-Herrera., I. R., Hidalgo-Moreno, C., Guzmán-Plazola, R., Almaraz Suárez, J. J., Navarro-Garza, H., & Etchevers-Barra, J. D. 2017. Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(8), 813-831.
- Etchevers B., J. D. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 209-219.
- FAO. 1985. Agriculture Organization of the United Nations. Soils Resources and Conservation Service. *Land Evaluation for Irrigation Agriculture: Guidelines* (Vol. 55). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO-UNESCO. 1971. *Soil map of the world (1:5000000) volumen IV. South America*. UNESCO, Paris.
- Gardner F., P. R.B. Pearce, y R.L. Mitchell. 1985. Mineral Nutrition. pp.98-131. In Iowa State University Press (ed.). *Physiology of crop plants*. Ames, USA.
- Gehring A., U., G. Guggenberger, W. Zech, and J. Luster. 1997. Combined magnetic, spectroscopic and analytical-chemical approach to infer genetic information for a vertisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:78-85.

- González M., R. 1988. La clasificación campesina como sustituto de los levantamientos detallados de suelos. Tesis de Maestría en ciencias. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De México. México.
- González M., R., Noriega, C. D. H., Pereyda, H. J., Domínguez, M. V. M., López, E. M. E. 2013. Potencialidad del suelo para cultivos estratégicos del estado de Guerrero. Congreso Internacional de Investigación. Celaya, Gto. Vol. 5 No. 3.
- González M., R., Noriega, C. D. H., Pereyda, H. J., González, Z. S. V. 2014. Transferencia de Tecnología para la aplicación de dosis de fertilización con base a la potencialidad del suelo en los cultivos estratégicos para el Estado de Guerrero. Congreso Internacional de Investigación. Celaya, Gto. Vol 6 No. 5.
- Gruber B., & Kosegarten, H. 2002. Depressed growth of non-chlorotic vine grown in calcareous soil is an iron deficiency symptom prior to leaf chlorosis. J. Plant Nutr. Soil Sci., Vol. 165, pp. 111-117, ISSN 1532-4087
- Grundon N., J. Robson, A. D., Lambert, M. J., & Snowball, K. 1997. Nutrient deficiency and toxicity symptoms. Plant Analysis: An Interpretation Manual.
- Gruver J., B., & Weil, R. R. 2007. Farmer perceptions of soil quality and their relationship to management-sensitive soil parameters. Renewable agriculture and food systems, 22(4), 271-281.
- Habarurema E., & Steiner, K. G. 1997. Soil suitability classification by farmers in southern Rwanda. Geoderma, 75(1-2), 75-87.
- Hardy F., 1946. Seasonal fluctuations of soil moisture and nitrate in a humid tropical climate. Trop. Agric. (Trin). 23:40-49.
- Hazelton P., & Murphy, B. 2016. Interpreting soil test results: what do all the numbers mean. CSIRO publishing.
- Holloway R., E. 1996. Zinc as a subsoil nutrient for cereals (No. Look under author name. CIMMYT.).
- ICA 1992. Fertilización de diversos cultivos. Quinta aproximación. Produmedios, Satafe de Bogota.
- INEGI. 2001. Conjunto de datos vectoriales fisiográficos, escala 1:1000000 Serie I. (Conjunto Nacional), Edición 2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI. 2008. Conjunto de datos vectoriales climaticos, escala 1:250 000 Serie II. (Conjunto Nacional), Edición 2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags., México

- INEGI. 2010. Conjunto de datos vectoriales hidrográfica, escala 1:1000000 Serie II. (Conjunto Nacional), Edición 2a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags., México
- INEGI. 2010. sistema de cuencas nacionales de México, Anuario estadístico 2010. Estados Unidos Mexicanos
- INEGI. 2011. Conjunto de datos vectoriales de geología, escala 1:1000000 Serie II. (Conjunto Nacional), Edición 2a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags., México
- INEGI. 2013. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, escala 1:250 000 Serie V (capa unión). (Conjunto Nacional), Edición 2a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags., México
- INEGI. 2014. Conjunto de datos vectoriales edáficos, escala 1:250 000 Serie II (continuo nacional). (Conjunto Nacional), Edición 2a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags., México
- Ingram J. 2008. Are farmers in England equipped to meet the knowledge challenge of sustainable soil management? An analysis of farmer and advisor views. *Journal of environmental management*, 86(1), 214-228.
- Ingram J., Fry, P., & Mathieu, A. 2010. Revealing different understandings of soil held by scientists and farmers in the context of soil protection and management. *Land Use Policy*, 27(1), 51-60.
- Jyoti N., A., Lal, R., & Das, A. K. 2015. Ethnopedology and soil quality of bamboo (*Bambusa sp.*) based agroforestry system. *Science of the Total Environment*, 521, 372-379.
- Kamidohzono A., Ishida, F., Masunaga, T., & Wakatsuki, T. 2002. Indigenous soil fertility evaluations in Sipisang Village of Minangkabau people, West Sumatra {Indonesia. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition (Japan)*.
- Karlen D., L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. y Schuman, G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America J.* 61: 4-10.
- Kome G., K., Enang, R. K., & Yerima, B. P. K. 2018. Knowledge and management of soil fertility by farmers in western Cameroon. *Geoderma regional*, 13, 43-51.
- Kuria A., W., Barrios, E., Pagella, T., Muthuri, C. W., Mukuralinda, A., & Sinclair, F. L. 2018. Farmers' knowledge of soil quality indicators along a land degradation gradient in Rwanda. *Geoderma Regional*, e00199.
- Landon J., R. 2014. *Booker tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics.* Routledge.

- Lelago A., Mamo, T., Haile, W., & Shiferaw, H. 2016. Agricultural Landscape Features and Farmers' Traditional Classification of Their Agricultural Soils in Kedida Gamela, Kachabira and Damboya Woredas (Administrative Districts) in Southern Ethiopia. *J. Environ. Earth Sci*, 6(5), 2224-3216.
- Licona V., A., C.A. Ortiz S. y D. Pájaro. 1993. El uso de la fotointerpretación en la cartografía de clases de tierras. *Rev. De Geografía Agrícola* 18: 85-93.
- Licona V., A., C.A. Ortiz. S., D. Pájaro. Y Ortega. P., R. 1992. Utilidad de las clases de tierras campesinas en el análisis de la técnica de producción agrícola en los ejidos del centro de Veracruz, México. *REv. Agrociencia*. Vol 3núm 4.
- Licona V., A.L., Ortíz. S. C.A.; Ma. Del C. Gutierrez C., Manzo. R, F. 2006. Clasificación local de tierras y tecnología del policultivo café-plátano para velillo-sombra en comunidades cafetaleras. *Terra*: 24:1-7.
- Lima A., C. R., Hoogmoed, W. B., Brussaard, L., & dos Anjos, F. S. 2011. Farmers' assessment of soil quality in rice production systems. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 58(1-2), 31-38
- Lleverino G., E, C.A. Ortiz S. y Ma. Del C. Gutiérrez C. 2000. Calidad de los mapas de suelos en el ejido de Atengo, Estado de México. *Terra*18:103-113.
- Mäder P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694-1697.
- Mairura F., S. Mugendi, D. N., Mwanje, J. I., Ramisch, J. J., Mbugua, P. K., & Chianu, J. N. 2007. Integrating scientific and farmers' evaluation of soil quality indicators in Central Kenya. *Geoderma*, 139(1-2), 134-143.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd. Edn. Academic Pres.
- Masotta H., T. & Berra, A. B. (1994). Relaciones suelo-paisaje en el campo experimental El Divisadero, Santa Rosa, Mendoza. *Multequina*, (3), 89-97.
- Michel N., B. S., Monique, A. A., Lucien, B. N., & Paul, B. 2015. Farmers' Perceptions of Soil Fertility Status in the Savannah Zone of Centre Cameroon. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 5, 723-731.
- Miller D., E. 1973. Water retention and flow in layered soil profiled. In R. R. Bruce, K. W. Flach, and H. M. Taylor, eds. *Field Soil Water Regime*. *Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ.* 5:107-117.
- Murage E., W., Karanja, N. K., Smithson, P. C., & Woomer, P. L. 2000. Diagnostic indicators of soil quality in productive and non-productive smallholders' fields of Kenya's Central Highlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 79(1), 1-8.
- Noriega C., D. H., Gomez, M. N. O., Cruzaley. S. R., González. M. R., Dominguez, M. V. M., Pereyda, H. J., Ariza, F. R., Guitierrez, V. A., González, C. M., Lopez, E. M. E., Alarcón, C. N., Garrido, R. E., Leyva. M. A., Martínez, A. U.,

- Manjarrez, S. M. 2010. La Producción de maíz de temporal en Guerrero. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro técnico No. 4. Centro de Investigaciones Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala, Iguala, Guerrero, Mexico. 2010, 130 p:
- Noulas C., Tziouvalekas, M., & Karyotis, T. 2018. Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 49, 252-260.
- Ortiz S., C. A. 1990. Desarrollo de la etnoedafología en México. Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx., México.
- Ortiz S., C. A.; Pájaro H. D. y Ordaz CH V. M. 1990. Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas. Serie Cuadernos de Edafología 15. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 62 p
- Osbahr H., & Allan, C. 2003. Indigenous knowledge of soil fertility management in southwest Niger. *Geoderma*, 111(3-4), 457-479.
- Otegui M., E. 1992. Influencia de la sequía alrededor de anthesis en el cultivo de maíz. Consumo de agua, producción de materia seca y determinación del rendimiento. Tesis M.S. Univ. Nac. de Mar del Plata, Buenos Aires. 93 pp.
- Pájaro H., D. y C. A. Ortiz S. 1987. Levantamiento de suelos y su relación con la cartografía y clasificación de clases de tierras campesinas. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Edo. De México. México.
- Papadakis J., (Ed.). 1975. *The World Food Problem: Another Low Cost Technology is Needed: The Failure of Conventional Agronomy*, Buenos Aires, Argentina.
- Pauli N., Barrios, E., Conacher, A. J., & Oberthür, T. 2012. Farmer knowledge of the relationships among soil macrofauna, soil quality and tree species in a smallholder agroforestry system of western Honduras. *Geoderma*, 189, 186-198
- RAN. (Registro Nacional Agrario). 2018. Registro Agrario Nacional. <http://datos.gob.mx/busca/dataset/datos-geograficos-perimetrales-de-los-nucleos-agrarios-certificados-por-estado>. (consultado Junio, 2018)
- Romig D., E. Garlynd, M.J., Harris, R.F. y McSweeney, K. 1995. How farmers assess soil health and quality. *J. Soil Water Conservation* 50: 229-236.
- Rushemuka N., P. Bizoza, R. A., Mowo, J. G., & Bock, L. 2014. Farmers' soil knowledge for effective participatory integrated watershed management in Rwanda: toward soil-specific fertility management and farmers' judgmental fertilizer use. *Agriculture, ecosystems & environment*, 183, 145-159.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Estadísticas del Sector agropecuario, México, DF. SAGARPA

- Saito K., Linqvist, B., Keobualapha, B., Shiraiwa, T., & Horie, T. 2006. Farmers' knowledge of soils in relation to cropping practices: A case study of farmers in upland rice based slash-and-burn systems of northern Laos. *Geoderma*, 136(1-2), 64-74.
- Sánchez G. P.; C. A. Ortiz S., Ma. C. Gutiérrez C., y Gómez D., J. D. 2002. Clasificación campesina de tierras y su relación con la producción de caña de azúcar en el sur de Veracruz. *Terra*. 20(4): 359-369
- Sanchez P. A., Couto, W. and Boul, S.W., 1982. The Fertility Capability Soil Classification System: interpretation, applicability and modification. *Geoderma*, 27(4): 283-309.
- Scott B., J. and Robson, A.D. 1990. Distribution of manganese in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) in relation to supply. *Aust. J. Agric. Res.* 41: 499-510
- Schenkeveld W., D. C. and E. J. M. Temminghoff. 2011. The effectiveness of FeEDDHA chelates in mending and preventing iron chlorosis in soil-grown soybean plants. pp. 83-108. In: H. A. El-Shemy (ed.). *Soybean physiology and biochemistry*. InTech. Rijeka, Croatia
- SEMARNAT-CP. 2002. Evaluación de la degradación de suelo causada por el hombre en la República Mexicana. Escala 1:250,000. Memoria Nacional. SEMARNAT Colegio de Postgraduados.
- SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Cierre de la producción por Estado. Fuente [http://www.gob.mx/siap\(consultadoabril2019\)](http://www.gob.mx/siap(consultadoabril2019)).
- Singer M., J. y Ewing, S. (2000). Soil Quality. En *Handbook of Soil Science*. Chapter 11.
- SMN. (Sistema Meteorológico Nacional). 2019. Información climática por estado. Fuente <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=gro>
- Soil Survey Staff. 1997. *National Soil Survey Handbook*. Revised December. Title 430-VI ed. Washintgton, DC: US Government Printing Office.
- Soil Survey Staff. 2014. *Claves para la Taxonomía de suelos*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de los Recursos Naturales.
- Soil Survey Staff. 2017. *Soil Survey Manual*. Fuente: <http://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Libre.pdf> (Consultada el 06 de marzo 2019).
- Spence C., O. y C.D. Welch. 1977. Phosporus fertilization for grain sorghum production in the Texas blackland. Texas A & M University. Leaflet L-1550.

- Tesfahunegn G., B., Tamene, L., Vlek, P. L., & Mekonnen, K. 2016. Assessing Farmers' Knowledge of Weed Species, Crop Type and Soil Management Practices in Relation to Soil Quality Status in Mai-Negus Catchment, Northern Ethiopia. *Land degradation & development*, 27(2), 120-133.
- Tisdale S., M., Nelson, W.L., Beaton, J.D. and Havlin, J.L. 1993. *Soil Fertility and Fertilizer*. 5th edn. (Macmillan Publishing Company: New York).
- U. S. Salinity Laboratory Staff. 1994. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Dep. of Agr. Handbook 60. U. S. Atlantic Coastal Plain. *Soils. Agron. J* 65: 595-600.
- Van Wambeke., A. R. The NewHall Simulation Model for estimating soil moisture and temperatura regimes. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, NY, USA.
- Vilenskii D., G. 1957. *Soil Science*. 3rd Englarg. State Tecacher's College. Publishing House, Moscow.
- Wild A. 2003. *Soils, land and food: managing the land during the twenty-first century*. Cambridge University Press.
- William B., J. 1980. Ethno-pedology and social ecology of soils in the 16th century Valley of Mexico. (Informe mimeografiado) Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Williams B., J. and C. A. Ortiz S. 1981. Middle american folk taxonomy. *Annals of Association of American Geographers*. Vol 71, No. 3:335-358.

ANEXOS 1. DESCRIPCIÓN DE PERFILES

Descripción del perfil de la clase de tierra Barro

Perfil No. 1

Descrito por: Ricardo González Zavaleta

Supervisado por: Dr. Carlos Alberto Ortiz Solorio, Dra Ma. Del Carmen Gutiérrez
Castorena, M.C Patricio Sánchez Guzmán

Fecha: 1 de junio 2018

Elevación: 739

Localización: E 448555.73, N 2019432.37

Localidad: Tierra Colorada

Municipio: Tepecoacuilco

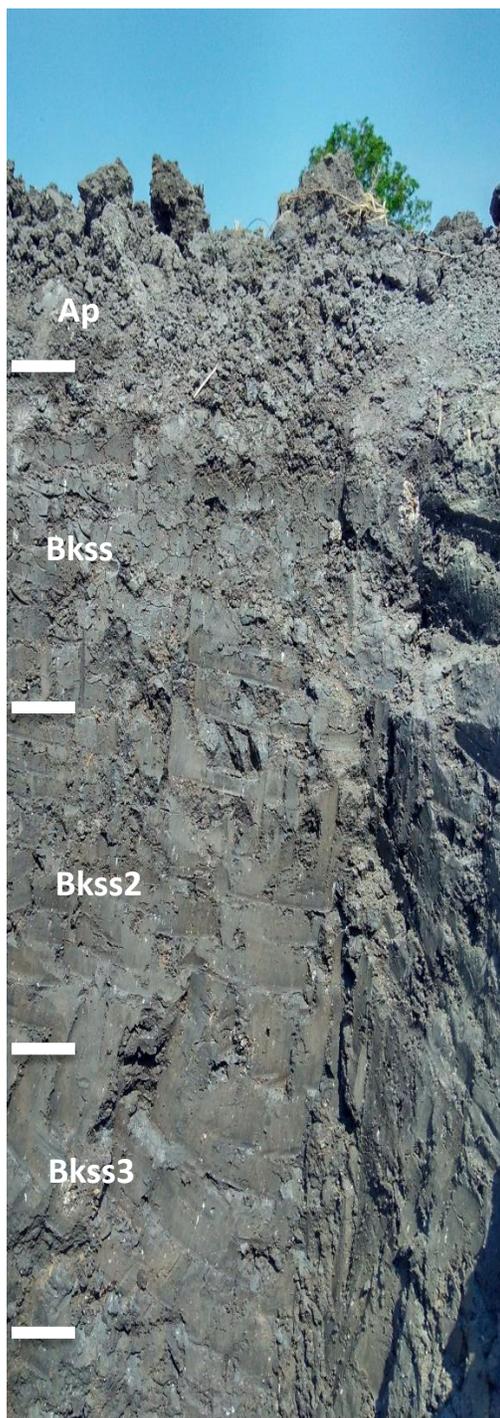
Estado: Guerrero

Pendiente: 5%

Material Parental: Rocas sedimentaria

Descripción del paisaje: Zona de cultivo (maíz y jícama) tierra preparada para cultivar, se ubica en la parte plana del paisaje.





Horizonte	Profundidad (cm)	DESCRIPCIÓN
Ap	0-30	Color en seco pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2). Duro. Textura Arcillosa. Estructura Bloques subangulares a granular con desarrollo moderado. Pedregosidad ligeramente pedregoso con piedras pequeñas subangulares. Consistencia en seco muy duro, en húmedo plástica, saturada pegajosa. Poros muy pocos, fisuras finas y microcanales. Reacción al HCl muy fuerte, violenta al H ₂ O ₂ . Permeabilidad moderada.
Bkss	30-60	Color en seco gris oscuro (7.5 YR 4/1), color en húmedo gris muy oscuro (10YR 3/1). Duro. Textura arcillosa. Estructura, agregados en forma de cuña, primas y slikensides. Desarrollo débil. Pedregosidad ligeramente pedregoso con piedras pequeñas de forma angular. Consistencia en seco muy duro, en húmedo firme, saturada: pegajosa. Poros muy pocos canales finos. Reacción ligera al HCl, violenta al H ₂ O ₂ , permeabilidad lenta.
Bkss2	60-80/90	Color en seco gris oscuro (10YR 4/1), color en húmedo gris muy oscuro (10YR 3/1). Textura arcillosa. Estructura agregados en forma de cuña, prismas slikensides. Desarrollo débil. Pedregosidad ligeramente

Bkss3	80-90/115	<p>pedregoso con piedras pequeñas de forma subangular. Consistencia en seco muy duro, en húmedo firme, saturado pegajosa. . Reacción ligera al HCl, violenta al H₂O₂, permeabilidad muy lenta.</p> <p>Color en seco gris muy oscuro (10YR 3/1), color en húmedo gris muy oscuro (7.5 YR 3/1). Textura arcillosa. Estructura agregados en forma de cuña, primas, slikenides con una laminación de arena. Desarrollo débil.</p> <p>Pedregosidad ligeramente pedregoso con grava subangulares. Consistencia en seco muy duro, en húmedo firma, saturada pegajosa. Poros muy pocos cavidades finas. . Reacción ligera al HCl, violenta al H₂O₂, permeabilidad muy lenta.</p>
--------------	-----------	--

Análisis de laboratorio

Horizonte	pH	CO	Na	Mg	K	Ca	CIC	PSB	CaCO ₃	Dap	%A	%L	%R	CLASE TEXTURAL
		%	cmol(+)Kg ⁻¹				%	%	g cm ⁻³					
Ap	7.	0.9	0.42	20.5	7.3	61.0	50.	100	31.82	1.7	10.8	38.1	50.99	Arcilloso
	6	9	9	3	6	6	2			5	9	2		
Bssk	7.	1.1	0.33	19.0	5.1	48.0	41.	100	36.36	2.0	14.2	35.2	50.56	Arcilloso
	6	5	8	7	4	7	4			3	0	4		
Bssk₂	7.	0.7	0.49	19.2	3.6	41.0	45.	100	31.49	2.0	15.9	37.4	46.67	Arcilloso
	6	6	6	9	2	3	8			1	0	4		
Bssk₃	7.	0.4	0.45	19.5	2.6	59.2	29.	100	31.49	2.0	11.7	33.3	54.90	Arcilloso
	6	6	1	7	9	5	9			1	5	5		

pH: coeficiente del grado de acidez o basicidad del suelo; CO: Carbono orgánico; Na: Sodio; k: Potasio; Ca: Calcio; CIC: Capacidad de intercambio catiónico; PSB: Porcentaje de saturación de bases; CaCO₃: Carbonato de calcio; Dap: Densidad aparente; %A: Porcentaje de arena; %L: Porcentaje de Limo; R: Porcentaje de arcilla

Clasificación Taxonómica

Orden: Vertisol

Suborden: Usters

Gran grupo: Calciusterts

Subgrupo: Typic Calciusterts

WRB 2015

Eutric Pelic Calcic Vertisol

Descripción del perfil de la clase de tierra Lama

Perfil: No. 2

Descrito por: Ricardo González Zavaleta

Supervisado por: Dr. Carlos Alberto Ortiz Solorio, Dra Ma. Del Carmen Gutiérrez
Castorena, M.C Patricio Sánchez Guzmán

Fecha: 1 de Junio 2018

Elevación: 730

Localización: E 448792.01, N 2019171. 22

Localidad: Tierra Colorada

Municipio: Tepecoacuilco

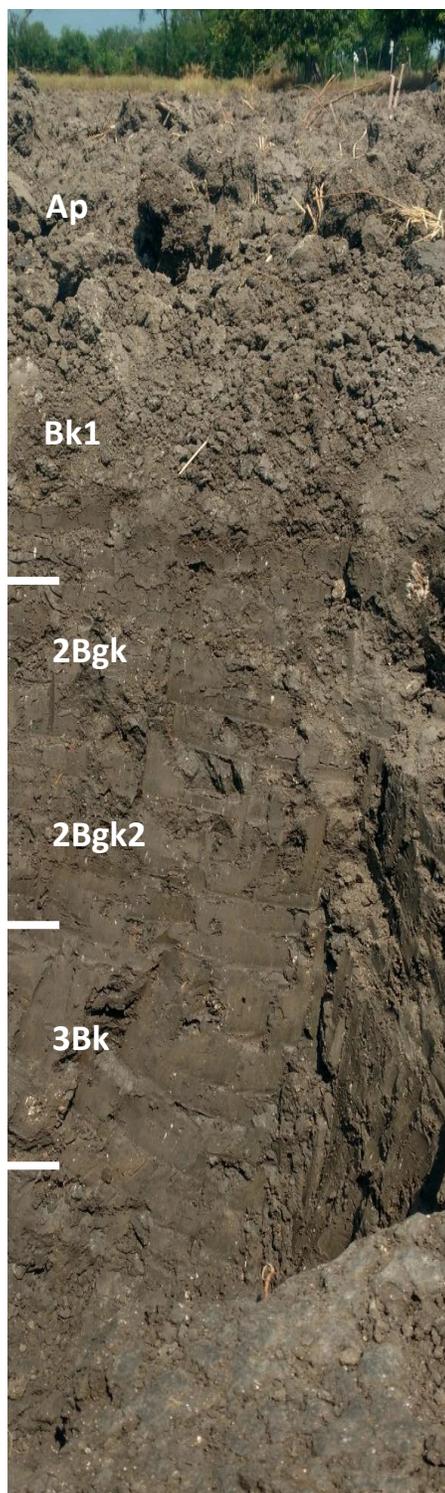
Estado: Guerrero

Pendiente: 3%

Material Parental: Rocas sedimentaria

Descripción del paisaje: Zona de cultivo (maíz y jitomate) tierra preparada para cultivar, se ubica en la parte más baja del paisaje cercana a los canales de riego.





Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-25	Color en húmedo 10 YR 4/1 gris oscuro, en seco 10YR 5/1 gris. Textura: arcillo-limosa, Estructura: Bloques subangulares con desarrollo fuerte, Consistencia: en seco; muy duro, en húmedo; firme, Saturado; pegajoso. Poros: grietas y canales frecuentes con diámetro fino. Reacción al HCl: violenta, reacción al H ₂ O ₂ : fuerte. Permeabilidad rápida.
Bk1	25-52	Color en húmedo 7.5 YR 6/2 gris rosado, en seco 10 YR 6/1 gris. Textura: Arcilla fina. Estructura: bloques subangulares con desarrollo moderado. Consistencia en seco: duro, en húmedo: muy firme, en saturado: ligeramente pegajoso. Poros frecuentes con diámetro fino. Reacción al HCl violenta, reacción al H ₂ O ₂ fuerte. Permeabilidad moderada.
2Bgk	52-70	Color en húmedo 10 YR 6/3 marrón pálido, en seco 7.5 YR 7/2 gris rosado. Textura: arcilla fina. Estructura: bloques angulares y subangulares con desarrollo muy pobre. Consistencia en seco dura, en húmedo muy firme, saturado ligeramente pegajosa. Poros: canales y fisuras con diámetros medianos, actividad biológica presencia de lombrices. Reacción al HCl violenta, al H ₂ O ₂ violenta. Permeabilidad lenta.

		Presencia de condiciones redox en agregados.
2Bgk2	70-88	Color en húmedo 10 YR 6/3 marrón pálido, en seco 10 YR 7/1 gris claro. Textura arcillo-limosa. Estructura bloques angulares con desarrollo muy pobre. Presencia de laminaciones. Consistencia: en seco duro, en húmedo firme, saturado pegajoso. Poros canales frecuentes de diámetro medio. Reacción al HCl violenta, reacción al H ₂ O ₂ violenta. Permeabilidad lenta. Presencia de condiciones óxido-reducción en agregados.
3Bk	88-115	Color en húmedo 10 YR 6/3 marrón pálido, en seco 10 YR 6/2 gris pardo claro. Textura arcilla fina. Estructura bloques angulares con desarrollo pobre. Consistencia en seco duro, en húmedo firme, en saturado muy pegajoso. Poros canales y cavidades frecuentes de diámetro medio. Reacción al HCl violenta, reacción al H ₂ O ₂ violenta. Permeabilidad muy lenta.

Horizonte	pH	CO	Na	Mg	K	Ca	CIC	PSB	CaCO3	Dap	%A	%L	%R	CLASE TEXTURAL
		%			cmol ⁽⁺⁾ Kg ⁻¹			%	%	g cm ⁻³				
Ap	7.8	0.70	0.314	14.696	1.016	38.183	37.801	100	20.13	1.97	2.98	49.06	47.96	Arcilla limosa
Bk	7.8	1.30	0.167	14.693	0.691	10.991	38.831	100	21.10	1.96	3.11	44.41	52.48	Arcilla limosa
Bgk	7.9	0.46	0.188	17.176	0.282	19.896	36.565	100	19.81	1.71	9.50	57.13	33.37	Franco arcillo limoso
Bgk₂	7.8	0.08	0.230	17.707	0.296	21.628	25.235	100	21.10	1.73	4.61	82.24	13.15	Franco limoso
Bk	7.8	0.38	0.272	17.137	0.310	17.064	33.681	100	24.03	1.84	17.57	66.46	15.97	Franco limoso

pH: coeficiente del grado de acidez o basicidad del suelo; CO: Carbono orgánico; Na: Sodio; k: Potasio; Ca: Calcio; CIC: Capacidad de intercambio catiónico; PSB: Porcentaje de saturación de bases; CaCO₃: Carbonato de calcio; Dap: Densidad aparente; %A: Porcentaje de arena; %L: Porcentaje de Limo; R: Porcentaje de arcilla

Clasificación Taxonómica

Orden: Entisol

Suborden: Fluvents

Gran grupo: Ustifluvents

Subgrupo: Oxyaquic Ustifluvents

WRB 2015

Distric Calcaric Orthofluvic Fluvisol

Descripción del perfil de la clase de tierra Loma

Perfil No. 3

Descrito por: Ricardo González Zavaleta

Supervisado por: Dr. Carlos Alberto Ortiz Solorio, Dra Ma. Del Carmen Gutiérrez
Castorena, M.C Patricio Sánchez Guzmán

Fecha: 2 de Junio 2018

Localidad: Tierra Colorada

Municipio: Tepecoacuilco

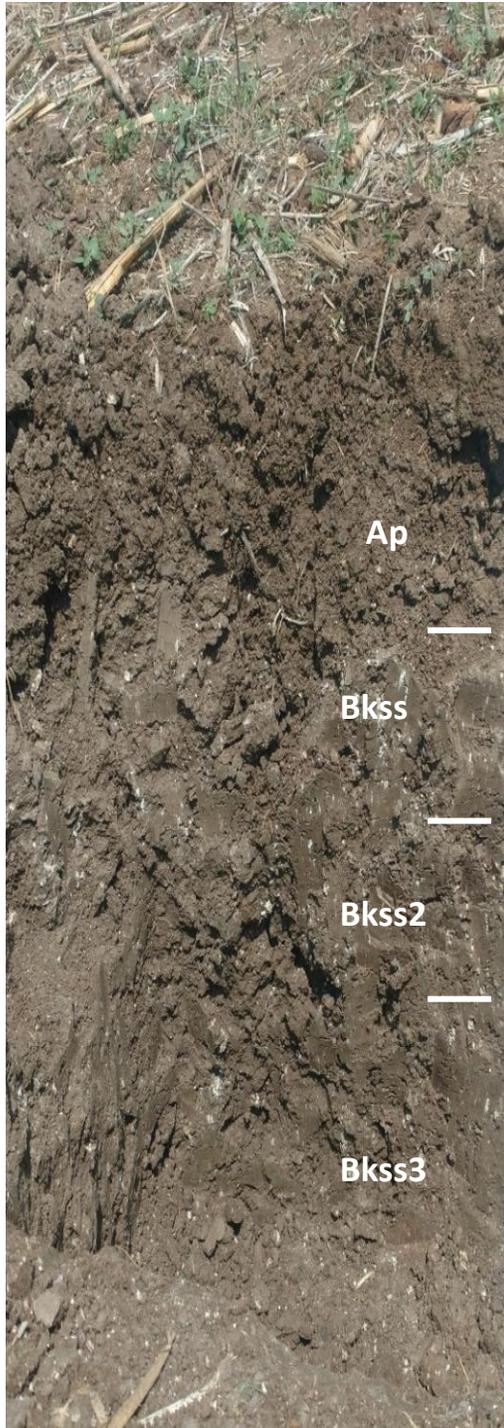
Estado: Guerrero

Pendiente: 10%

Material Parental: Rocas sedimentaria

Descripción del paisaje: Zona de cultivo (maíz) tierra preparada para cultivar, se ubica en la parte del lomerío del paisaje.





Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-31	Color en húmedo 10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro, en seco 10 YR 4/2 marrón grisáceo oscuro. Textura arcilla fina. Pedregosidad ligeramente pedregoso piedras pequeñas con forma subangular. Raíces fina y frecuente. Estructura granular con desarrollo moderado. Consistencia en seco ligeramente duro, en húmedo firme, en saturado pegajoso. Poros cavidades, canales y fisuras numerosas. Reacción al HCl muy violenta, reacción al H ₂ O ₂ muy violenta. Permeabilidad rápida.
Bkss		Color en húmedo 10 YR 5/2 pardo grisáceo, en seco 10 YR 4/2 marrón grisáceo oscuro. Textura arcilla fina. Pedregosidad pedregoso de tamaño de grava angular. Estructura bloques angulares con desarrollo pobre. Presencia de concreciones de carbonatos del tamaño de piedras pequeñas. Presencia de caras de fricción
Bkss2	31-60	Consistencia en seco extremadamente duro, en húmedo firme, en saturado pegajoso. Poros fisuras finas. Reacción al HCl muy violento, reacción al H ₂ O ₂ muy violenta. Permeabilidad moderada.
Bkss2	60-80	Color en húmedo 10 YR 5/2 pardo grisáceo, en seco 10 YR 5/2 marrón grisáceo. Textura arcilla fina. Presencia de concreciones de carbonatos del tamaño de gravas y piedras pequeñas. Estructura masiva que se rompe en bloques angulares con desarrollo pobre.

Bkss3	80-92	<p>Presencia de Slikenside. Consistencia en seco extremadamente duro, en húmedo firme, saturado pegajoso. Poros fisuras gruesas. Reacción al HCl muy violenta, reacción al H₂O₂ muy violenta. Permeabilidad moderada. Color en húmedo 10 YR 5/2 pardo grisáceo, en seco 10 YR 5/2 marrón grisáceo. Textura arcilla fina. Presencia de concreciones de carbonatos de tamaño de piedras pequeñas. Estructura masiva que se rompe en bloques angulares con desarrollo pobre. Presencia de Slikenside. Consistencia en seco extremadamente duro, en húmedo firme, en saturado pegajoso. Poros fisuras gruesas. Reacción al HCl muy violenta, reacción al H₂O₂ muy violenta. Permeabilidad moderada.</p>
--------------	-------	---

Horizonte	pH	CO	Na	Mg	K	Ca	CIC	PSB	CaCO ₃	Dap	%A	%L	%R	CLASE TEXTURAL
		%			cmol ⁽⁺⁾ Kg ⁻¹			%	%	g cm ⁻³				
Ap	7.7	1.83	0.309	13.425	1.552	35.832	32.9	100	13.96	1.90	19.16	9.73	71.11	Arcilloso
Bkss	7.7	0.54	0.167	12.360	0.663	39.515	31.2	100	18.83	1.94	13.04	36.59	50.37	Arcilloso
Bkss2	7.8	0.46	0.418	15.301	0.593	25.892	37.0	100	0.00	1.98	12.77	37.90	49.33	Arcilloso
Bkss3	7.8	0.46	0.293	14.820	0.522	30.263	45.6	100	16.88	2.00	11.25	36.45	52.30	Arcilloso

pH: coeficiente del grado de acidez o basicidad del suelo; CO: Carbono orgánico; Na: Sodio; k: Potasio; Ca: Calcio; CIC: Capacidad de intercambio catiónico; PSB: Porcentaje de saturación de bases; CaCO₃: Carbonato de calcio; Dap: Densidad aparente; %A: Porcentaje de arena; %L: Porcentaje de Limo; R: Porcentaje de arcilla

Clasificación Taxonómica

Orden: Inceptisol

Suborden: Usteps

Gran grupo: Calciustepts

Subgrupo: Vertic Calciustepts

WRB 2015

Eutric Calcaric Protovertic Cambisols (Clayic)

Descripción del perfil de la clase de tierra Texalt

Perfil No. 4

Descrito por: Ricardo González Zavaleta

Supervisado por: Dr. Carlos Alberto Ortiz Solorio, Dra Ma. Del Carmen Gutiérrez
Castorena, M.C Patricio Sánchez Guzmán

Fecha: 2 de Junio 2018

Localización geográfica:

Altitud:

Localidad: Tierra Colorada

Municipio: Tepecoacuilco

Estado: Guerrero

Pendiente: 10%

Material Parental: Rocas sedimentaria

Descripción del paisaje: Zona de cultivo (maíz y tomate) tierra preparada para cultivar, se ubica en la parte del lomerío del paisaje.





Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-25	Color en húmedo 5 YR 4/2 gris rojizo oscuro, en seco 5 YR 6/2 gris rosado. Textura migajón arcilloso. Estructura granular con desarrollo fuerte. Pedregosidad muy pedregoso de tamaño grande con forma angular y subangular. Consistencia en seco suelta, en húmedo ligeramente pegajosa, en saturado plástica. Poros cavidades numerosas. Raíces pocas finas y fue finas. Reacción al HCl violenta, reacción al H ₂ O ₂ violenta. Permeabilidad moderada.
Ckm	25-50	Color en húmedo 10 YR 8/2 marrón muy pálido, en seco 2.5 Y 8/1. Estructura masiva que rompe a bloques angulares con desarrollo pobre. Pedregosidad extremadamente pedregoso de tamaño medio y forma angular. Consistencia en seco extremadamente duro, en húmedo extremadamente duro. Reacción al HCl violenta, reacción al H ₂ O ₂ violenta. Permeabilidad lenta.
Ckm2	50-85	Color en húmedo 10 YR 8/2 marrón muy pálido, en seco 2.5 Y 8/1. Estructura masiva que rompe a bloques angulares con desarrollo pobre presencia de laminaciones. Consistencia en seco extremadamente duro, en húmedo extremadamente duro. Reacción al HCl violenta, reacción al H ₂ O ₂ violenta. Estratos endurecidos.

Horizonte	pH	CO	Na	Mg	K	Ca	CIC	PSB	CaCO ₃	Dap	%A	%L	%R	CLASE TEXTURAL
		%			cmol ⁽⁺⁾ Kg ⁻¹			%	%	g cm ⁻³				
Ap	7.9	0.61	0.209	11.794	0.183	32.279	16.583	100	18.18	2.18	3.09	76.80	20.10	Franco limoso
Ckm	-	-	0.021	0.151	0.028	38.141	9.785	100	83.12	2.29	-	-	-	-
Ckm2	-	-	0.021	0.144	0.085	14.487	7.725	100	81.82	2.23	-	-	-	-

pH: coeficiente del grado de acidez o basicidad del suelo; CO: Carbono orgánico; Na: Sodio; k: Potasio; Ca: Calcio; CIC: Capacidad de intercambio catiónico; PSB: Porcentaje de saturación de bases; CaCO₃: Carbonato de calcio; Dap: Densidad aparente; %A: Porcentaje de arena; %L: Porcentaje de Limo; R: Porcentaje de arcilla

Clasificación Taxonómica

WRB 2015

Orden: Inceptisol

Eutric Petrocalcic Calcisol (Aric, Fractic)

Suborden: Ustepts

Gran grupo: Calciustepts

Subgrupo: Lithic protocalcic calciustepts

ANEXOS II. DATOS ANALÍTICOS DE LAS PARCELAS.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del horizonte superficial y sub-superficial (30-50 cm) de la clase de tierra Loma.

CT: Barro		pH	CO	Na	Mg	K	Ca	CIC	PSB	P	N	CaCO ₃	%A	%L	%R	CLASE TEXTURAL
Parcela	Prof		%	cmol ⁽⁺⁾ Kg ⁻¹				%	mg.Kg ⁻¹	%	%					
2	0-20	7.4	1.53	14.4	16.2	8.45	26.6	12.7	100	1.4	0.13	19.0	19.3	47.8	33.0	Franco arcillo limosa
	30-50	7.4	0.23	14.2	16.5	8.33	38.5	24.8	100	1.7	0.07	23.7	16.2	37.5	46.3	Arcilla
	0-20	7.8	0.61	7.5	18.0	4.41	31.6	31.2	100	0.1	0.04	12.0	23.1	46.2	30.6	Franco arcilloso
	30-50	7.8	0.99	9.0	19.0	5.30	49.2	28.1	100	0.1	0.03	5.4	18.0	34.5	47.5	Arcilla
	0-20	7.7	0.46	7.9	16.6	4.67	53.2	30.0	100	0.4	0.04	13.3	12.2	35.2	52.6	Arcilla
	30-50	7.7	0.92	9.6	17.8	5.68	51.5	43.8	100	0.7	0.03	13.0	12.1	-377.8	465.7	Arcilla
3	0-20	7.6	0.99	5.4	11.9	3.15	43.9	40.1	100	0.7	0.06	14.9	6.9	45.0	48.1	Arcilla limosa
	30-50	7.6	0.92	5.8	11.8	3.40	46.2	39.7	100	0.6	0.06	15.5	5.5	45.7	48.8	Arcilla limosa
	0-20	7.5	1.07	5.4	16.0	3.15	63.6	50.2	100	0.7	0.04	5.4	9.6	30.6	59.7	Arcilla
	30-50	7.6	0.76	4.9	15.9	2.90	58.8	51.6	100	0.8	0.04	8.9	9.7	26.3	63.9	Arcilla
	0-20	7.5	0.76	5.1	16.1	3.02	58.1	56.3	100	1.0	0.06	7.6	11.3	25.9	62.8	Arcilla
	30-50	7.6	0.46	5.4	16.4	3.15	57.3	56.1	100	0.9	0.04	10.4	9.2	30.8	60.0	Arcilla
4	0-20	7.6	0.31	4.9	16.6	2.90	59.5	48.9	100	0.8	0.03	8.5	8.5	29.6	61.9	Arcilla
	30-50	7.7	0.38	5.6	17.9	3.28	70.4	48.7	100	0.6	0.06	7.0	3.9	62.8	33.3	Franco arcillo limosa
	0-20	7.7	0.92	6.0	17.7	3.53	61.7	31.8	100	0.8	0.04	7.3	7.8	30.6	61.6	Arcilla
	30-50	7.7	0.76	5.6	16.4	3.28	63.9	50.4	100	0.6	0.02	7.6	13.4	25.9	60.7	Arcilla
	0-20	7.7	0.61	5.4	18.5	3.15	67.1	53.9	100	1.0	0.04		8.5	23.4	68.1	Arcilla
	30-50	7.6	0.84	5.1	17.2	3.02	60.1	48.9	100	0.8	0.04	8.9	10.6	33.0	56.4	Arcilla
4	0-20	7.6	0.99	6.2	17.0	3.66	57.0	34.9	100	0.8	0.06	7.9	7.2	32.8	60.0	Arcilla
	30-50	7.6	0.92	6.6	17.0	3.91	66.7	55.1	100	0.7	0.04	7.8	10.9	-117.6	206.6	Arcilla
	0-20	7.7	0.84	6.0	17.6	3.53	50.4	41.3	100	1.0	0.05	17.4	5.3	40.8	53.9	Arcillo limosa

5	30-50	7.7	0.54	4.1	17.5	2.40	56.0	40.9	100	0.6	0.04	11.4	5.6	42.7	51.7	Arcillo limosa
	0-20	7.6	0.54	4.3	15.0	2.53	62.9	46.5	100	1.0	0.05	12.3	10.4	36.8	52.8	Arcilla
	30-50	7.6	0.84	4.9	16.4	2.91	57.5	48.1	100	0.9	0.07	11.1	7.2	33.7	59.1	Arcilla
	0-20	7.7	0.92	4.3	15.4	2.53	60.3	42.3	100	1.0	0.06	10.8	9.1	33.6	57.3	Arcilla
	30-50	7.7	0.92	4.1	15.8	2.40	58.7	48.1	100	0.9	0.04	10.8	9.7	34.1	56.2	Arcilla
	0-20	7.7	0.00	4.3	16.0	2.53	60.6	42.5	100	0.8	0.07	10.1	17.8	27.2	55.0	Arcilla
	30-50	7.6	0.23	5.2	15.3	3.03	58.7	50.2	100	1.0	0.05	11.4	9.1	36.9	54.0	Arcilla
	0-20	7.7	0.84	4.3	16.8	2.53	58.8	49.3	100	0.6	0.07	13.0	6.1	-81.4	175.2	Arcilla
	30-50	7.7	0.54	5.4	15.6	3.16	53.3	42.3	100	0.3	0.06	7.0	9.2	40.0	50.8	Arcilla
	0-20	6.7	0.00	4.5	46.5	2.65	64.0	62.9	100	0.7	0.04	3.0	9.8	21.5	68.7	Arcilla
6	30-50	7	0.00	5.4	28.6	3.16	70.9	57.2	100	0.2	0.02	2.4	14.0	22.0	64.0	Arcilla
	0-20	7.1	0.38	4.1	16.3	2.40	62.4	50.8	100	0.5	0.04	2.2	8.8	25.4	65.8	Arcilla
	30-50	7.4	0.54	6.0	37.1	3.53	71.9	60.3	100	0.2	0.01	2.8	8.0	24.6	67.4	Arcilla
	0-20	7.5	0.00	4.9	15.0	2.91	72.3	60.9	100	0.4	0.04	3.2	9.2	23.7	67.0	Arcilla
	30-50	7.6	0.00	6.0	16.9	3.53	66.3	57.8	100	0.2	0.02	3.5	9.3	23.2	67.5	Arcilla
	0-20	7	0.00	5.4	35.0	3.16	65.5	62.1	100	0.3	0.03	1.4	8.4	24.9	66.7	Arcilla
	30-50	7	0.61	5.2	35.3	3.03	68.8	59.6	100	0.3	0.01	3.0	13.1	21.2	65.7	Arcilla
	0-20	7.6	0.08	6.0	35.9	3.53	70.9	57.0	100	0.3	0.04	2.2	10.7	26.0	63.2	Arcilla
	30-50	7.7	0.00	5.8	16.0	3.41	71.6	58.6	100	0.6	0.03	0.0	11.0	28.8	60.2	Arcilla
	0-20	7.5	0.54	5.4	15.6	3.16	66.3	58.8	100	0.7	0.04	0.0	11.0	28.1	60.9	Arcilla
7	30-50	7.7	1.38	4.7	16.7	2.78	69.9	58.6	100	0.6	0.01	2.8	9.8	29.2	61.0	Arcilla
	0-20	7.4	0.31	4.3	17.7	2.53	66.8	67.7	100	0.6	0.02	2.4	9.5	28.6	61.8	Arcilla
	30-50	7.5	0.54	3.4	17.8	2.03	67.7	58.2	100	0.7	0.01	3.2	14.5	24.7	60.9	Arcilla
	0-20	6.9	1.76	6.0	35.5	3.53	58.0	30.6	100	0.7	0.03	2.7	10.2	27.7	62.1	Arcilla
	30-50	6.9	0.54	5.2	35.3	3.03	56.3	23.6	100	0.7	0.01	0.9	9.9	31.2	58.9	Arcilla
	0-20	7.7	0.69	4.1	16.2	2.40	69.2	49.5	100	0.92	0.06	14.2	17.5	28.8	53.7	Arcilla
	30-50	7.7	0.84	3.2	16.4	1.90	70.6	47.1	100	0.73	0.04	13.9	19.6	28.0	52.4	Arcilla
	0-20	7.6	0.84	4.1	16.2	2.40	65.1	38.4	100	0.88	0.04	9.2	13.9	32.0	54.1	Arcilla
	30-50	7.6	0.08	3.9	16.5	2.28	70.8	42.7	100	0.73	0.03	22.2	16.4	34.8	48.8	Arcilla

0-20	7.6	0.69	3.9	15.8	2.28	68.2	43.0	100	0.93	0.06	5.7	11.2	-26.1	114.9	Arcilla
30-50	7.6	0.54	3.7	15.3	2.15	69.8	42.7	100	0.63	0.01	7.6	12.0	86.4	1.6	Arcilla
0-20	7.6	0.61	3.4	16.2	2.03	67.0	50.8	100	0.76	0.04	4.3	10.4	31.1	58.4	Arcilla
30-50	7.6	0.84	4.3	15.7	2.53	34.8	52.0	100	0.77	0.01	0.9	13.5	28.0	58.6	Arcilla

*CT: Clase de tierra; CO: Carbono orgánico; Na: Sodio; k: Potasio; Ca: Calcio; CIC: Capacidad de intercambio catiónico; PSB: Porcentaje de saturación de bases; N: nitrógeno; CaCO₃: Carbonato de calcio; Dap: Densidad aparente; %A: Porcentaje de arena; %L: Porcentaje de Limo; R: Porcentaje de arcilla

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas del horizonte superficial y sub-superficial (30-50 cm) de la clase de tierra Loma.

Parcelas	CT	pH	CO	Na	Mg	K	Ca	CIC	PSB	P	N	CaCO ₃	%A	%L	%R	CLASE TEXTURAL
	Loma		%	cmol(+)Kg ⁻¹				%	mg.Kg ⁻¹	%	%					
1	0-20	7.6	0.76	4.7	14.9	2.8	57.9	19.7	100	0.30	0.07	9.8	9.3	35.6	55.2	Arcilla
	30-30	7.5	0.84	5.1	10.6	3.0	69.0	35.1	100	0.41	0.06	16.8	11.1	38.9	50.0	Arcilla
	0-20	7.7	0.92	4.9	14.4	2.9	62.5	32.4	100	0.66	0.09	5.4	14.0	39.4	46.6	Arcilla
	30-30	7.6	0.92	5.6	14.4	3.3	24.6	39.7	100	0.15	0.04	9.5	9.8	37.4	52.8	Arcilla
	0-20	7.6	1.07	5.1	16.2	3.0	51.2	19.7	100	0.20	0.06	8.9	4.2	40.4	55.4	Arcilla limosa
	30-30	7.7	1.07	4.9	12.9	2.9	39.8	45.8	100	0.65	0.05	8.2	5.7	37.4	56.9	Arcilla
∞	0-20	7.7	0.76	5.2	16.6	3.0	53.0	32.4	100	0.61	0.04	19.6	5.0	43.9	51.1	Arcilla limosa
	30-30	7.8	0.92	5.2	16.0	3.0	51.3	31.4	100	0.63	0.03	20.3	4.1	44.3	51.6	Arcilla limosa
	0-20	7.7	0.54	3.7	15.7	2.2	57.4	26.5	100	0.62	0.05	17.7	6.2	38.0	55.8	Arcilla
	30-30	7.7	0.46	5.8	16.8	3.4	62.9	22.8	100	0.66	0.05	11.7	6.2	42.2	51.6	Arcilla limosa
	0-20	7.8	0.38	4.7	18.0	2.8	48.2	26.3	100	0.60	0.04	20.3	10.2	47.4	42.3	Arcilla limosa
	30-30	7.8	0.23	3.7	17.5	2.2	45.6	43.0	100	0.68	0.03	21.2	9.2	50.1	40.8	Arcilla limosa
	0-20	7.6	0.00	3.9	16.2	2.3	45.2	28.7	100	0.90	0.03	19.0	5.5	36.0	58.5	Arcilla

30-30 7.7 0.38 4.3 15.8 2.5 48.8 42.7 100 0.67 0.04 19.0 2.3 44.0 53.7 Arcilla limosa

* CT: Clase de tierra; CO: Carbono orgánico; Na: Sodio; k: Potasio; Ca: Calcio; CIC: Capacidad de intercambio catiónico; PSB: Porcentaje de saturación de bases; N: nitrógeno; CaCO₃: Carbonato de calcio; Dap: Densidad aparente; %A: Porcentaje de arena; %L: Porcentaje de Limo; R: Porcentaje de arcilla

Cuadro 3. . Propiedades físicas y químicas del horizonte superficial y sub-superficial (30-50 cm) de la clase de tierra Lama.

CT		pH	CO	Na	Mg	K	Ca	CIC	PSB	P	N	CaCO ₃				CLASE TEXTURAL
Parcela	Lama		%		cmol ⁽⁺⁾ Kg ⁻¹			%	mg.Kg ⁻¹	%	%	%A	%L	%R		
	P1M1	7.7	1.61	1.63	14.34	0.96	49.21	39.1	169.0	0.39	0.12	20.3	5.99	86.94	7.07	LIMO
	P1M2	7.7	0.61	1.63	14.21	0.96	50.60	26.4	255.6	0.22	0.09	21.5	13.43	66.67	19.91	FRANCO LIMOSO
	P2M1	7.7	0.92	1.83	14.81	1.08	51.15	37.7	182.7	0.57	0.10	21.5	12.22	60.30	27.48	FRANCO ARCILLO ARENOSO
	P2M2	7.8	0.84	2.24	13.44	1.32	49.34	45.3	146.4	0.52	0.09	20.9	10.95	61.27	27.79	FRANCO ARCILLO ARENOSO
10	P3M1	7.6	0.31	2.04	13.91	1.20	50.44	26.0	260.4	0.35	0.10	21.5	11.73	49.49	38.79	FRANCO ARCILLO ARENOSO
	P3M2	7.7	0.54	1.43	12.02	0.84	47.68	26.6	233.2	0.45	0.11	20.9	10.26	69.40	20.34	FRANCO LIMOSO
	P4M1	7.8	0.61	1.63	14.18	0.96	49.75	40.6	163.9	0.75	0.11	21.5	25.35	53.68	20.97	FRANCO LIMOSO
	P4M2	7.8	0.92	2.04	13.46	1.20	49.73	15.9	418.8	0.48	0.09	20.3	18.56	54.89	26.56	FRANCO LIMOSO
	P5M1	7.7	0.54	1.43	12.22	0.84	48.81	20.0	316.8	0.28	0.08	20.3	16.14	61.48	22.38	FRANCO LIMOSO
	P5M2	7.8	0.00	1.83	13.50	1.08	49.24	20.8	315.6	0.43	0.13	18.4	11.73	70.40	17.87	FRANCO LIMOSO

* CT: Clase de tierra; CO: Carbono orgánico; Na: Sodio; k: Potasio; Ca: Calcio; CIC: Capacidad de intercambio catiónico; PSB: Porcentaje de saturación de bases; N: nitrógeno; CaCO₃: Carbonato de calcio; Dap: Densidad aparente; %A: Porcentaje de arena; %L: Porcentaje de Limo; R: Porcentaje de arcilla

Cuadro 4. Propiedades físicas y químicas del horizonte superficial y sub-superficial (30-50 cm) de la clase de tierra Texalt.

CT	Texalt	pH	CO	Na	Mg	K	Ca	CIC	PSB	P	N	CaCO ₃			CLASE TEXTURAL	
												%	%A	%L		%R
parcela	Prof		%	cmol(+)Kg ⁻¹				%	mg.Kg ⁻¹	%	%	%A	%L	%R		
1	0-20	7.6	0.08	4.7	29.6	2.78	96.0	41.4	100	0.512	0.070	20.3	35.2	44.4	20.4	Franco
	0-20	7.8	0.46	4.5	40.1	2.65	104.2	36.9	100	0.554	0.098	17.5	33.2	44.3	22.4	Franco
	0-20	7.8	0.54	5.0	44.3	2.91	127.4	40.6	100	0.484	0.077	10.3	38.8	40.6	20.6	Franco
	0-20	7.8	1.15	5.0	44.3	2.91	100.0	44.7	100	0.599	0.070	7.8	42.8	37.3	19.9	Franco
	0-20	7.7	1.30	4.1	49.4	2.40	90.9	27.0	100	0.739	0.070	1.3	39.6	40.1	20.3	Franco
2	0-20	7.4	0.61	5.2	51.4	3.04	91.9	24.9	100	0.487	0.077	4.7	43.2	37.7	19.1	Franco
	0-20	7.7	0.61	4.7	47.5	2.78	90.0	43.7	100	0.264	0.077	4.1	40.9	43.3	15.8	Franco
	0-20	7.7	0.84	5.0	48.3	2.91	111.0	28.4	100	0.232	0.070	3.1	43.6	38.8	17.6	Franco
3	0-20	7.8	0.76	5.0	47.1	2.91	102.5	43.3	100	0.369	0.098	10.6	17.6	58.5	23.9	Franco limosa
	0-20	7.7	0.54	5.0	46.3	2.91	88.8	43.1	100	0.292	0.084	5.6	21.9	56.0	22.1	Franco limosa
	0-20	7.8	0.54	5.2	45.9	3.04	116.7	33.6	100	0.201	0.140	12.8	22.2	50.2	27.5	Franco arcillosa
	0-20	7.8	0.99	4.7	45.0	2.78	91.4	32.3	100	0.320	0.056	5.0	16.2	65.0	18.8	Franco limosa

* CT: Clase de tierra; CO: Carbono orgánico; Na: Sodio; k: Potasio; Ca: Calcio; CIC: Capacidad de intercambio catiónico; PSB: Porcentaje de saturación de bases; N: nitrógeno; CaCO₃: Carbonato de calcio; Dap: Densidad aparente; %A: Porcentaje de arena; %L: Porcentaje de Limo; R: Porcentaje de arcilla