



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE GEOGRAFÍA

LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA

**EVALUACIÓN DE FERTILIDAD DE TIERRAS BAJO LA VISIÓN
CAMPESENA, EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES, ZINACANTEPEC,
MÉXICO.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA

MARIBEL CORRAL GARCÍA

ASESOR

Dr. En CIENCIAS MIGUEL ÁNGEL BALDERAS PLATA

REVISORES

Dr. En GEOGRAFÍA CARLOS REYES TORRES

Dr. En CARN. JESÚS GASTÓN GUTIÉRREZ CEDILLO

Toluca, México

Febrero, 2015



RESUMEN

La visión que el campesino tiene sobre el ambiente; es una serie de percepciones interrelacionadas, es decir, un producto de la cultura. La relación entre una sociedad y su medio puede ser entendida cuando vemos cómo el ambiente está organizado en términos de las categorías verbales de aquellos que lo usan. La comprensión de su entorno, al igual que la comprensión de la realidad, está medida por categorías conceptuales culturalmente determinadas. Así, el estudio de cómo una cultura categoriza y conceptualiza los componentes de su ambiente nos dirá algo acerca de la clasificación de sus recursos de explotación o producción; puede incluso, decirnos qué es lo que sus miembros esperan lograr. Pero lo que realmente logren no dependerá sólo de la forma en que “el medio ambiente está organizado en términos de las categorías verbales de aquellos que lo usan”, sino también de sus propiedades objetivas y del conocimiento y las técnicas que un pueblo tiene y utiliza para hacer frente a estas propiedades”, la visión del campesino sobre lo que él conoce es tan valioso y tan cierto que muchas ocasiones es tan detallado que puede ampliar un panorama cuando solamente se tienen datos técnicos, esta visión tan complementaria hace más enriquecedor a un proyecto de investigación, muchas veces una mente que vive día con día en situaciones casi no cambiantes nos puede decir más y complementar un trabajo técnico.



AGRADECIMIENTOS

- A mi familia, mis papás hermosos, mi mamá una mujer completamente invencible y trabajadora, ella es mi mayor inspiración, mi orgullo, mi ejemplo, gracias mami, hoy todo nuestro esfuerzo se ve reflejado, mi papá que siempre estuvo ahí conmigo en mis desvelos, mis alegrías y mis tristezas, hombre que me ha enseñado el verdadero valor de una mujer fuerte y valiente, hombre extremadamente perseverante e inteligente. A mis hermanas, gracias por esas risas, por tantas peleas, gracias por prestarme todas sus cosas, Pepe y Wicho no se quedan atrás, gracias por todo el apoyo.
- Al Doctor Balderas por todo el apoyo en el laboratorio, por sus observaciones, y sobre todo por haber hecho posible la visita al congreso.
- A Elda García Velazco por la paciencia, dedicación, ayuda y el tiempo que tuvo para apoyarme y enseñarme los análisis de laboratorio e interpretar los resultados
- A los chicos del laboratorio por su ayuda en estadística y todas esas cosas que me explicaban cuando no entendía nada de lo que me estaban hablando.
- A mis maestros, que con todo su conocimiento, calidad de trabajo y exigencias han hecho que hoy tenga armas suficientes para enfrentarme al mundo.
- Y por último pero no menos importante a Karla Osuna por los permisos, la paciencia, y hacer posible una meta más, en mi vida. Grx Karly.



INDICE

Contenido

RESUMEN	2
AGRADECIMIENTOS	3
INTRODUCCIÓN	8
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	8
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS.....	11
1. GENERAL	11
2. PARTICULARES.....	11
4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	12
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	15
1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	15
1.2 FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL.....	25
CAPITULO 2. METODOLOGÍA.....	30
2.1 MÉTODO GENERAL.....	30
2.2 SISTEMA DE MUESTREO	33
2.3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA COMPUESTA	37
1. RECEPCIÓN Y REGISTRO.....	38
2. MOLIENDA:	39
3. TAMIZADO:	39
2.4 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS DE LOS SUELOS EN LABORATORIO	40
1. DETERMINACIÓN DEL PH DEL SUELO MEDIDO EN AGUA.....	40
2. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD APARENTE (D.A) DEL SUELO.....	40
3. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO POR EL PROCEDIMIENTO DE BOUYOCOS..	41
4. DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO A TRAVÉS DEL MÉTODO AS-07 DE WALKLEY Y BLACK.	43
5. DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO INORGÁNICO DEL SUELO	43
6. DETERMINACIÓN DEL FOSFORO EXTRAÍBLE EN SUELOS NEUTROS Y ÁCIDOS.....	45



7. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO, (CIC) DEL SUELO	46
8. DETERMINACIÓN DEL POTASIO DEL SUELO	47
9. DETERMINACIÓN DE CALCIO Y MAGNESIO DEL SUELO	49
10. DETERMINACIÓN DEL SODIO DEL SUELO	50
2.5 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MÚLTIPLE	51
1. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN.....	52
CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	55
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA COMUNIDAD DE RAÍCES.	55
3.2 MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO DE LA COMUNIDAD DE RAÍCES.	57
1. LOCALIZACIÓN	57
2. GEOLOGÍA	57
3. HIDROGRAFÍA.....	58
4. CLIMATOLOGÍA.....	58
5. EDAFOLOGÍA	58
6. FORESTAL	58
3.3 SECTORES ECONÓMICOS DE LA COMUNIDAD DE RAÍCES.	59
1. AGRICULTURA	59
2. GANADERÍA	59
3. RECURSOS NATURALES.....	59
4. COMERCIO	60
3.4 DESCRIPCIÓN DE TIERRAS CAMPESINAS	60
CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
4.1 IDENTIFICACIÓN DE CLASES DE TIERRA EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES.....	64
1. CARTOGRAFÍA DE TIERRAS CAMPESINAS	64
4.2 ANÁLISIS DE ENTREVISTA CON LOS INFORMANTES	70
4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD DE RAÍCES.	74
1. COMPORTAMIENTO DEL pH EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC.....	74
2. COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD APARENTE EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC	78
3. COMPORTAMIENTO DE LA TEXTURA EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC.....	80



4. COMPORTAMIENTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC	81
5. COMPORTAMIENTO DEL NITRÓGENO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC.....	89
6. COMPORTAMIENTO DEL FÓSFORO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC.....	94
7. COMPORTAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC	97
8. COMPORTAMIENTO DEL POTASIO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC.....	98
9. COMPORTAMIENTO DEL CALCIO Y MAGNESIO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC	103
10. COMPORTAMINETO DEL SODIO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC.....	108
4.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE CINCO CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES.	112
1. CORRELACIÓN CALCIO-MAGNESIO.....	113
2. CORRELACIÓN POTASIO-CIC.....	116
3. CORRELACIÓN SODIO- POTASIO.....	118
CONCLUSIONES.....	120
ANEXOS	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133



CUADROS

1.0	CRITERIOS DE DIFERENCIACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS 10 CLASES DE TIERRA EN LA LOCALIDAD DE RAÍCES.....	69
2.0	RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS Y FÍSICOS DE LAS MUESTRAS DE TIERRA, EN LA LOCALIDAD DE RAÍCES.....	111
3.0	REGISTRO DE CLASES DE TIERRA EN LABORATORIO.....	38
4.0	COMPOSICIÓN DE ESTIÉRCOLES DE BOVINO Y GALLINAZA EN BASE SECA.....	86
5.0	CANTIDADES REQUERIDAS DE ESTIÉRCOL DE BOVINO GALLINAZA EN BASE SECA.....	88
6.0	FUENTES DE CALCIO (CA) COMO FERTILIZANTE Y SUS CONCENTRACIONES.....	106
7.0	FUENTES DE MAGNESIO (MG).....	108
8.0	MAGNITUD DE CORRELACIÓN.....	53
9.0	CORRELACIONES MÁS SIGNIFICATIVAS.....	113

FIGURAS

1.0	MAPA DE MUESTREO DE TIERRAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC.....	34
2.0	CUARTETOS DIAGONALES.....	36
3.0	TRIANGULO DE TEXTURAS.....	42
4.0	CICLO DEL NITRÓGENO (N).....	44
5.0	CICLO DEL FÓSFORO (P).....	45
6.0	DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN.....	51
7.0	PANTALLA DE MANIPULACIÓN DE STATGRAPHICS.....	54
8.0	LIGA PARA CORRELACIONAR VARIABLES.....	54
9.0	MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉXICO.....	57
10.0	MAPA DE GEOLOCALIZACIÓN CULTIVOS DE LA LOCALIDAD DE RAÍCES.....	64
11.0	MAPA DE LOCALIZACIÓN DE TIERRAS DE LA COMUNIDAD RAÍCES, ZINACANTEPEC. MÉX.....	65
12.0	MAPA FINAL DE CLASES DE TIERRA.....	66
13.0	REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA RELACIÓN ENTRE DISPONIBILIDAD DE LOS PRINCIPALES NUTRIENTES DE LAS PLANTAS Y LA RELACIÓN DEL SUELO.....	77
14.0	COMANDO PARA ANÁLISIS DE VARIABLES MÚLTIPLES.....	112
15.0	VENTANA DE RESULTADOS DE CORRELACIÓN MÚLTIPLE.....	112
16.0	CORRELACIÓN CALCIO-MAGNESIO.....	113
17.0	CORRELACIÓN POTASIO-CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.....	116
18.0	CORRELACION SODIO-POTASIO.....	118

ILUSTRACIONES

1.0	SEMBRADÍOS DE PAPA.....	76
2.0	SUELOS SUELTOS Y SUAVES EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES.....	79
3.0	MATERIA ORGÁNICA PRESENTE EN LOS CULTIVOS DE PAPA.....	83
4.0	POLVILLA.....	91
5.0	TALA DE ÁRBOLES Y DESMONTE EN RAÍCES.....	95
6.0	CULTIVOS DE AVENA.....	102
7.0	CULTIVOS DE PAPA EN RAÍCES ZINACANTEPEC.....	129
8.0	CAMPESINO COSECHANDO SUS PARCELAS.....	129
9.0	VISTA DE CULTIVOS DE LA COMUNIDAD DE RAÍCES.....	130
10.0	MOGOTES DE AVENA COSECHADA.....	130
11.0	ESTRATO DE TEZONTLE POCO PROFUNDO.....	131
12.0	AGRICULTOR ANÓNIMO, DESCRIBIENDO SUS TIERRAS.....	131
13.0	AGRICULTORES TRABAJANDO SUS TIERRAS, PARTICIPANTES EN LAS ENTREVISTAS.....	132
14.0	UN DÍA NORMAL EN RAÍCES.....	132



INTRODUCCIÓN

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La intervención de la humanidad sobre la naturaleza se ha ampliado en la era moderna como consecuencia del desarrollo científico y tecnológico.

La sociedad ha sometido a la naturaleza a una sobreproducción, explotando sus recursos naturales renovables y no renovables de manera incontrolada, causando, de este modo, la pérdida de la fertilidad de la tierra, y al mismo tiempo, el crecimiento de la población provoca un incremento en la producción de alimentos, lo que implica una deforestación desequilibrada para tener más espacios agrícolas.

Las actividades agrícolas contribuyen también a la contaminación del ambiente, el desequilibrio ecológico que se genera al introducir agroquímicos a labores agrícolas en el ambiente produce tal desajuste que da lugar a que se desarrollen plagas que atacan las cosechas y estas se hacen más resistentes. Para poder combatir las plagas, se aumentó la producción de agroquímicos (plaguicidas, herbicidas, insecticidas, bactericidas y fungicidas), sustancias capaces también de acabar con la vida de cualquier especie vegetal y animal.

Los Fertilizantes son sustancias químicas producidas por la industria con el fin de suministrar nutrientes al suelo como sales nitrogenadas, fosfatadas o de potasio, calcio y magnesio para favorecer las cosechas y aumentar la productividad vegetal. Pero la utilización indiscriminada del fertilizante por parte de los agricultores en los cultivos, producen contaminación principalmente del suelo, aire



y agua y esto se debe a la forma de distribución del fertilizante sobre grandes extensiones agrícolas.

Por otro lado el manejo de químicos ha hecho que el suelo productor de papa en la comunidad de Raíces del Municipio de Zinacantepec, se encuentre afectado y a consecuencia de ello se han notado pérdidas en las cosechas, se observa que la calidad del producto cosechado ya no es la misma comparada por lo menos con 10 años anteriores en cuanto a su tamaño, cada día se ha visto la necesidad de introducir más cantidad de agroquímicos en la zona pero esto en lugar de mejorar la calidad de las tierras las deteriora constantemente dando como resultado el deterioro de la fertilidad del suelo agrícola.

Los agricultores manifiestan la incertidumbre de la mala calidad de las cosechas y se ven obligados a utilizar más agroquímicos, pero esto resulta contradictorio ya que las especies de plaga desarrollan resistencia al biocida cuando es usado con mucha frecuencia, por lo que se aumentan las concentraciones de estas sustancias para que sean más efectivas contra la plaga.

El Estado de México se encuentra entre los principales productores de papa a nivel nacional además de Sonora, Chihuahua, Nuevo León y Guanajuato de acuerdo a la confederación nacional de productores de papa (Conapapa). En la zona de estudio se observan problemas en términos de fertilidad como la cantidad reducida de cosecha, los agricultores se ven obligados cada año a suministrar más cantidad de agroquímicos a sus tierras, están inconformes en cuanto a la productividad y tamaño de sus productos cosechados.



2. JUSTIFICACIÓN.

El estudio de fertilidad de las tierras campesinas en la comunidad de Raíces resulta necesario e importante, para establecer el grado de fertilidad que presentan los suelos de la comunidad, a través de la clasificación de las tierras y de acuerdo a la percepción del campesino se permite determinar el tipo de suelo que se estudia, estado actual en el que se encuentra y hasta establecer los problemas de fertilidad de las diferentes clases de tierras que se reconozcan ya que en los últimos 10 años el uso excesivo de fertilizantes ha deteriorado la calidad de las tierras. La clasificación de tierras campesinas es indispensable en este proyecto ya que nos muestra el conocimiento que el agricultor tiene de sus tierras y sus cultivos a base de su actual forma de vida, se puede hacer una evaluación del nivel de fertilidad de las tierras productoras de papa por medio de la visión campesina y a partir de variables como color o textura, y análisis como Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio de se determinara qué tan fértiles son.

Esto con la finalidad de comprobar el carácter regional de la clasificación local de tierras, así como establecer la relación de las mismas con las prácticas agrícolas, y a consecuencia de ello se podrá identificar las ventajas y desventajas de cada una de las clases que se encuentren.



3. OBJETIVOS.

1. GENERAL.

Evaluar la fertilidad de la tierra bajo la visión campesina en la localidad de Raíces Zinacantepec, Estado de México, bajo la identificación de variables determinantes para su evaluación y clasificación de las mismas, representadas en un modelo cartográfico.

2. PARTICULARES.

- 1.- Reconocer las clases de tierras existentes bajo la visión campesina para establecer la condición de las tierras y su grado de fertilidad.
2. Diseñar y realizar encuestas que permitan la identificación de los factores o variables determinantes para la evaluación de la fertilidad de las tierras.
- 3.- Generar un modelo cartográfico de las clases de tierra identificadas por los informantes mediante su conocimiento local.
- 4.- Analizar por medio de la Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones sobre los estudios de fertilidad, NOM-021-RECNAT-2001, las diferentes variables para la medición de la fertilidad de tierras.



4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1.- ¿Cuál es el nivel de fertilidad que se presenta en los suelos de la Comunidad de Raíces?
- 2.- ¿Cuáles son las variables que intervienen en términos de productividad sobre la cantidad y calidad de cosecha en la Comunidad?
- 3.- ¿Qué tan exacto es el conocimiento que tiene el agricultor sobre sus tierras?
- 4.- ¿Cuáles son las diferentes clases de tierra que identificarán los campesinos, mediante su conocimiento?
- 5.- ¿Cuáles son las principales variables que los campesinos consideran para identificar sus tierras unas de otras?
- 6.- ¿Qué variables conoce el campesino para medir la fertilidad?
- 7.- ¿Cuáles son las principales variables que muestran el grado de fertilidad de las tierras?
- 8.- ¿Cómo se relacionan las variables de medición de la Fertilidad de tierras?

En el capítulo 1 se tratarán asuntos sobre toda la fundamentación teórica y conceptual que se aborda en este proyecto de investigación, se consultan autores que han hecho estudios similares, donde cada uno de ellos aporta una parte enriquecedora que se toma en cuenta al momento de hacer la metodología, se abordan también los conceptos fundamentales que el lector debe considerar para facilitar la lectura y el entendimiento del tema.



El capítulo 2 de Metodología se refiere específicamente al proceso que se siguió para lograr cada uno de los objetivos, se explica de forma generalizada cada una de las variables medibles en laboratorio, las herramientas y actividades que se llevaron a cabo mediante los diferentes métodos consultados de diferentes autores que han hecho trabajos enfocados al conocimiento local.

El capítulo 3, Caracterización geográfica del área de estudio, se refiere principalmente por la descripción de la zona de estudio (Raíces, Zinacantepec), tanto su medio físico, como su situación social, la dinámica de la comunidad en términos de agricultura, sus formas de trabajar y el ritmo de vida de los habitantes.

En el Capítulo 4 de Resultados y Discusión, se explican los resultados obtenidos del método que se empleó a seguir para medir la fertilidad de tierras campesinas, se discute sobre los resultados obtenidos en campo y en laboratorio dirigidos hacia la fertilidad que presentan cada una de las clases, se muestran los cuadros de resultados y se describe cada una de las variables que fueron medidas.



«Árbol de la esperanza, mantente firme»



Frida Kahlo

Frase extraída del título de su cuadro pintado en mayo de 1927.



CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

En este capítulo se abordan ideas básicas que forman la base para los argumentos de esta investigación, se consultan a diferentes autores y trabajos que se han hecho para visualizar la importancia de este proyecto, retomado por distintos enfoques, los procedimientos que se han utilizado y las variables que intervienen en los diferentes estudios sobre la clasificación de tierras, el alcance y el potencial que se tiene cuando se hacen estos tipos de estudios enriquecedores cuando se toma en cuenta el conocimiento local.

1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Ortiz *et al* (1990) menciona que las clases de tierras no son únicamente nombres, sino que tienen un fin utilitario, se les asocia con: a) cultivos; b) manejo, (diferente tipo de tecnología); c) abonos; d) arvenses; e) métodos de recuperación de suelos. Todos estos puntos están relacionados con las propiedades físicas de las tierras y cada agricultor sabe diferenciar una de otras.

De esta manera la nomenclatura y caracterización de los tipos de tierra hacen alusión tanto a sus propiedades físicas como sus características de uso y manejo, conocimientos que a pesar del desprestigio a lo autóctono se siguen conservando hoy día en el medio rural.

Abasolo *et al.* (2006) señala que estudiar la historia de nuestro país y remontarnos a la época prehispánica se encuentra la existencia de un conocimiento y clasificación sobre suelos por parte de mexicas, mayas, tarascos, otomíes, zapotecos etc., podemos decir que esta se halla en todos los grupos étnicos, si bien la clasificación maya fue la que se conservó más íntegramente a



través del tiempo, y más aún, era respetada por técnicos. Daba la impresión que se consideraba más como un aspecto curioso que científico.

Es importante hacer mención sobre la situación del suelo en el campo mexicano que comúnmente se le denomina “*tierra*”, ya que es considerada como la capa superficial arable que se trabaja y sirve como sustento a las plantas, más que un cuerpo natural. De esta manera para un técnico edafólogo el estudio del suelo se realiza a través de la descripción de un perfil y la denominación de horizontes, mientras que el productor lo hace observando y comparando su comportamiento en el tiempo. (González, 1998)

Ahora bien para la realización de un mapa de clases de tierras campesinas se requiere de una fuente de información representada por los productores. La elaboración del mapa consiste en ir ubicando las parcelas sobre el terreno y preguntar en relación a las clases de tierras que representan, y trazar sobre el plano el lindero del suelo. El plano parcelario también constituye el material cartográfico; es decir, la referencia sobre el cual se trazarán los linderos de las clases de tierras o suelos. Es conveniente recurrir a fuentes de información actualizadas, entre las que pueden citarse a la fotografía aérea, imágenes de satélite o bien planos topográficos del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Por lo que los informantes: pueden dividirse en dos grupos, uno para la cartografía de clases de tierras y otro para las interpretaciones del levantamiento; es decir aquellos que indicarán problemas, técnicas de manejo e inclusive alternativas de desarrollo (Abasolo, *et al* 2006).



Bautista *et al*, (2005) señala que el manejo de los recursos naturales y las prácticas agrícolas han sido modificados a través del tiempo, la investigación histórica ha hecho que conozcamos mejor los cambios acaecidos en ellas, algunas modificaciones a componentes del ambiente que son básicos para la agricultura, como el suelo, el agua y la vegetación, son procesos de adaptación cultural a condiciones ambientales y socioeconómicas particulares, y su propia evolución en el contexto de las sociedades humanas, han puesto en peligro o han provocado la desaparición de la continuidad y la transmisión del conocimiento.

Abasolo, *et al* (2006) realizó una clasificación tentativa del suelo, se considera tentativa porque con los datos obtenidos no se puede clasificar con precisión, pero son suficientes para hacer recomendaciones de manejo al interior del lugar de estudio. Como mención para poder transferir información de un grupo a otro, o de una comunidad a otra se requiere de una clasificación taxonómica. De esta manera y con los datos obtenidos se tienen elementos suficientes para realizar el estudio comparativo entre lo que reporta INEGI y el trabajo de campo a nivel parcelario.

Para la clasificación local de tierras con base en la metodología de Ortiz *et al*. (1999), realizó lo siguiente: A) inventariar y caracterizar preliminarmente las clases de tierras mediante recorridos y entrevistas a informantes clave, B) Confirmar el inventario y enriquecer la caracterización del ambiente, del uso y del manejo de cada clase de tierra, a través de entrevistas abiertas y observaciones de campo con productores que trabajan en cada una de ellas y c) comparar la clasificación local entre comunidades e identificar consensos entre productores.



En México, a partir de los años 80, se han investigado a los sistemas locales de clasificación de tierras en varias partes del país. Estos sistemas al combinarse con el conocimiento técnico han producido mapas a grandes escalas y metodologías más desarrolladas que han sido eficientes a lo largo del tiempo. Estas diferentes metodologías son fundamentales para el proceso de esta investigación, puesto que mediante los aportes de varios autores, facilitan la comprensión de los diversos estudios realizados ya que existen factores importantes para el estudio de la fertilidad campesina como: la clase de tierra mediante su color y textura, el uso actual del suelo, cantidad de materia orgánica, descripción y clasificación del suelo, así mismo las entrevistas con los campesinos de la zona de estudio, es un elemento importante pues nos ayudan a entender mejor las posibles problemáticas que se presentan en el lugar (Ortiz *et al.*, 1999).

Los levantamientos detallados del suelo son necesarios para dar recomendaciones de tipo parcelario en actividades relacionadas con el sector agropecuario y el recurso suelo, esto implica la participación de recursos humanos económicos, tiempo e infraestructura adecuada (Martínez y Ortiz, 1992:141), por ello, los levantamientos de clases de tierras campesinas son una opción para generar la información necesaria a fin de llevar a cabo estas recomendaciones.

Ortiz y Gutiérrez (2005) consideran que el conocimiento que tiene el campesino de sus tierras resulta diferente y más amplio que el concepto científico de suelos. El conocimiento nativo de tierras es más complejo, detallado y útil que el de los técnicos y científicos hasta la fecha y es recomendable su combinación con el conocimiento científico.



Toledo (1985), señala que el conocimiento local de tierras, combinado con las clasificaciones técnicas de suelos, es una alternativa para definir el potencial agrícola de estos ya que ambos se complementan. La cartografía de las clases de tierras constituye un mapa base de calidad debido a que identifica y describe con precisión las distintas clases de tierras presentes en el área y las clasificaciones técnicas además de generar resultados diferentes permiten interpretar cada una en su nivel, las causas que ocurren en el suelo y qué originan las diferentes clases de tierras del área. En los últimos 10 años y en diferentes partes del mundo, se ha reconocido la importancia del conocimiento local para la evaluación de los recursos naturales. En México, dicho conocimiento se ha empleado en la realización detallada de inventarios edafológicos, conocidos como estudios etnoedafológicos o clasificación campesina de tierras en los que a partir del conocimiento del productor se elabora la cartografía de los terrenos agrícolas.

Licona *et al.* (2006), consideran que el conocimiento nativo ha sido percibido como inferior o irrelevante comparado con el conocimiento científico; en este sentido ya señalaban que el campo mexicano es común nombrar a los ingenieros extensionistas como los que saben y a los productores como los que no saben.

Aun cuando la evaluación de las clases de tierras a través de este procedimiento ha sido poco importante, su aplicación y alcance han demostrado mayor detalle desde épocas prehispánicas, pues a través del conocimiento campesino o indígena sobre los suelos se tiene un conocimiento claro sobre la calidad de las propiedades de las tierras, su número, ubicación y además, eran identificadas a través de registros pictóricos. Su clasificación tomaba como base las características físicas (consistencia, textura, pedregosidad, etc). Este



conocimiento empírico de los productores, sobre diversos aspectos y características de los suelos, está en estrecha relación con sus actividades agrícolas y en ello se basa para asignar los cultivos, fechas de siembra, tecnologías etc.

Duchaufour (1984) considera que estos sistemas tradicionales de clasificación de tierras no sólo son comparables a los sistemas Taxonómicos modernos desarrollados por los técnicos, sino en muchos casos llegan a ser superados por la fineza del detalle y la importancia que éstos le dan para la producción.

A través del trabajo continuo con grupos étnicos en México desde 1980 se ha podido demostrar la existencia de un conocimiento indígena acerca de las clases de tierras, este conocimiento ha sido empleado para la clasificación actual del suelo y su mapeo debido a que las clases de tierras nativas corresponden a los niveles más bajos de la Taxonomía de suelos de la USA y del sistema WRB (Base Referencial Mundial del Recurso Suelo).

El procedimiento empleado para realizar una clasificación de tierras campesinas, se caracteriza por hacer la cartografía de suelos con base en entrevistas a los productores, a partir de las cuales se generaran mapas que contienen información igual o más útil que los levantamientos realizados por los técnicos; no requieren de trabajos de laboratorio ni comprobación de linderos, con lo que se ahorran recursos humanos y económicos (Martínez y Ortiz, 1992).

Por lo que la cartografía campesina de los suelos se obtiene al manejar la información proporcionada por los productores con más experiencia, de tal modo que en estas clasificaciones, el calificativo que se da a una clase de tierra



significa más de lo que la mayoría de la gente pueda entender (William y Ortiz, 1981).

Los campesinos identifican las tierras usando características fácilmente reconocibles, ya que son propiedades de las tierras que están muy relacionadas con su manejo y productividad y que han adoptado los productores, basándose en su experiencia en el trabajo de las tierras, por lo tanto tienen muy bien caracterizado cada tipo de tierra. Las características más comunes empleadas son: el color, textura, profundidad, ubicación, agrietamiento, capas endurecidas, facilidad de laboreo, pedregosidad, consistencia (pegajosidad), etc. (Balderas, 2005).

El mapa de tierras campesinas permite la identificación de un mayor número de clases de tierra en comparación con las unidades de suelo que se identifican con las cartas Edafológicas de INEGI por tanto en una unidad de área, a través del levantamiento de clases de tierras campesinas, el número de clases de tierra por unidad de muestreo es mayor que el determinado por medio del levantamiento de suelo, lo que permite una diferenciación mayor y más detallada de estas unidades.

Es conocido que el suelo es un recurso natural limitado que se ha destruido en forma alarmante. Al grado que varios países han propuesto un nuevo paradigma para la producción agrícola, denominado como agricultura sustentable, sostenible o durable, el cual consiste en producir alimentos sin deteriorar el ambiente. Además, busca conciliar los intereses ambientales con los económicos y los sociales. Situación que resulta muy compleja provocando que en la actualidad no exista una estrategia única sobre él, como lograrlo, por la gran diversidad de



condiciones que se presentan entre diferentes países e inclusive dentro de una misma nación. (Cruz *et al.*, 1998)

Algunos investigadores, como Ortiz y Gutiérrez, (2005) han indicado que el más parecido a la agricultura sustentable o durable es la agricultura tradicional por su permanencia y manejo, recomiendan la revalorización del conocimiento tradicional así como su interacción con el conocimiento científico, para la búsqueda y establecimiento de estrategias que tiendan hacia dicha agricultura. Para lograr tal revalorización es necesario primero demostrar la existencia de conocimiento por parte del productor (campesino) sobre el recurso suelo. Una forma de realizarlo es a través de la caracterización y evaluación de sistemas locales de clasificación de suelos, aplicando los principios de las taxonomías biológicas populares, señalan que los requisitos que debe reunir una taxonomía para ser considerada como formal son: 1) una estructura jerárquica, 2) un conjunto de nombre (lexemas) y 3) una relación entre ambos. Si estos principios son válidos para el estudio de los suelos como se pretende investigar, entonces los sistemas locales de clasificación deben exhibir un iniciador único “suelo”, pocas clases en el ámbito de forma de vida, el mayor número de grupos en el genérico y, nuevamente, pocas clases en el nivel específico.



Las clasificaciones técnicas de suelos se generan con propósitos específicos y con fines utilitarios, para su aplicación se requiere contar con un mapa de suelos ya que los objetos a clasificar son unidades cartográficas, reagrupando aquellas que resultan semejantes. En México se cuenta con mapas de suelos, escala 1:50000 elaborados por el INEGI, considerados como la Información edáfica más detallada del país, que podría utilizarse como mapa base para la aplicación de las clasificaciones técnicas. La calidad ha sido cuestionada por lo que se ha propuesto sustituirlos. El objetivo principal es utilizar el conocimiento local sobre tierras como un marco de referencia para la aplicación y evaluación de 2 clasificaciones técnicas de suelos, la de capacidad-fertilidad y la de los suelos superficiales, considerando el conocimiento local que los productores tienen sobre sus tierras, se elabora un mapa de clases de tierras y se clasifican a los suelos que la integran con el sistema FAO/UNESCO para poder comparar los resultados con la carta Edáfica del INEGI, con el sistema de capacidad-fertilidad se identifican los grupos existentes y se establecen además el sistema de clasificación de los suelos superficiales que caracteriza con mayor detalle a las clases de tierras (Alfaro *et al*, 2000).



“El cultivo de la milpa tradicional maya consiste, de manera general, en seleccionar y abrir la vegetación en la época seca, se cortan las hierbas y arbustos (roza), posteriormente se cortan los árboles (tumba) y se pican las ramas, el material se quema cuando está seco y antes de las primeras lluvias. El suelo se cultiva por dos o tres años, se deja “descansar” a causa de la disminución de la fertilidad del suelo”. Los campesinos recomiendan que el periodo de descanso o barbecho sea de 20 años, en la actualidad, se está utilizando vegetación de cuatro años de barbecho, lo cual ocasiona que la producción, en el primer año, sea menor que en el segundo año. Los problemas agropecuarios son identificados desde una perspectiva disciplinaria e interpretativa de una realidad no propia e incluso desde una cultura ajena, es decir, sin tener en cuenta a los actores principales que son los campesinos, lo cual genera diagnósticos incompletos y sesgados. El uso del conocimiento local (COLO) es de suma importancia para lograr diagnósticos completos y detallados. (Alfaro *et al*, 2000).



1.2 FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

Porta (1994) indica que la fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Castellanos *et al* (2000) menciona que el suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de los cultivos y las características que lo describen no actúan independientemente, sino en armónica interrelación, en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Por ejemplo, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales pero esos nutrimentos no pueden estar disponibles para ser absorbidos por los cultivos.

Igualmente, la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de los cultivos; el clima juega un papel importante y determinante en muchos casos. Por ejemplo se puede tener un suelo fértil y que dadas las temperaturas extremas no es capaz de producir buenas cosechas, entonces es un suelo fértil, no productivo.

FitzPatrick (1996) menciona que la Taxonomía es la ciencia encargada de estructurar y organizar en grupos a los seres vivos. Cada grupo de organización recibe el nombre de taxón. Los taxones se crean atendiendo a las semejanzas y diferencias existentes entre los individuos. Actualmente, además, intenta reflejar la historia natural y las relaciones evolutivas entre seres vivos de distintos grupos mediante un sistema jerárquico de taxones.



El suelo es considerado por Soil Science Society of America como “Material orgánico o mineral no consolidado en la superficie inmediata de la corteza terrestre que sirve como un medio natural para el crecimiento de las plantas (Zinck, 2004).

Para la Soil Taxonomy el suelo es un cuerpo natural compuesto por sólidos (materiales minerales y orgánicos), líquidos y gases que ocurren en la superficie terrestre; ocupa un espacio y se caracteriza por uno o varios horizontes o capas que son distinguibles del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía o materia, o por la habilidad de soportar raíces de las plantas en un ambiente natural.

Por su parte, la Referencia Mundial del Recurso Suelo, lo define por la combinación vertical de horizontes que ocurren dentro de la profundidad definida, y por la organización lateral (Secuencia) de Horizontes del suelo, o por su ausencia, a escala que refleje el relieve o una unidad de tierra. (ISSS-ISRIC-FAO, 1998).

Hay muchos conceptos de suelo dependiendo del ángulo y enfoque que se le dé al mismo. Resumiendo todos ellos podemos llegar al siguiente:

“Suelo: Es un ente natural, tridimensional, trifásico, dinámico, sobre el cual crecen y se desarrollan la mayoría de las plantas”(Sanchez, 2009).



Ortiz y Gutierrez (2005) mencionan que otra característica de las taxonomías populares es su nomenclatura, o sea el conjunto de nombres, lexemas o etiquetas con las que se denominan a las clases. La nomenclatura es una guía casi perfecta de la estructura de la taxonomía además, se menciona que para las taxonomías biológicas populares se etiquetan a los niveles forma de vida con lexemas primarios, con un solo nombre y los niveles específicos con dos nombres. Para realizar la caracterización y evaluación taxonómica de las clasificaciones locales de suelos o tierras que consideran al conocimiento de los productores, la metodología general puede resumirse en los siguientes puntos: entrevistas a informantes directamente en las parcelas que trabajan, hacer un análisis taxonómico de la región y por último la evaluación cuantitativa de los niveles jerárquicos.

Es importante precisar que las percepciones y definiciones del conocimiento científico en comparación con las del conocimiento campesino no son equivalentes. El concepto campesino de tierra, si bien, es más cualitativo, también es más amplio y ecológico que el concepto científico de suelo (Ortiz, *et al* 1999).

La clasificación de tierras campesinas es un procedimiento de estratificación del ambiente relativamente rápido y barato que no requiere de personal altamente especializado. Ya que se parte de determinar las relaciones existentes entre el conocimiento de las tierras por los campesinos y el uso del suelo y la tecnología de producción de cultivos, para desarrollar un sistema de generación y transferencia de tecnología agrícola para pequeños productores. La clasificación de tierras campesinas es una alternativa agrícola para pequeños productores y que



constituye una nueva metodología que combina los mejores aspectos del sistema tradicional con los conocimientos de los investigadores agrícolas.

Una alternativa al levantamiento de suelos la constituye la clasificación de tierras campesinas, en términos de que es un procedimiento de estratificación del ambiente relativamente rápido y barato y que no requiere de personal altamente especializado, además de que es un sistema de clasificación que los campesinos conocen y utilizan en el manejo de sus suelos, lo que debería favorecer la generación de una tecnología agrícola adecuada. (Ortiz *et al.*, 1990)

Con el propósito de evaluar la aplicación de la clasificación de tierras campesinas se determinan las relaciones existentes entre el conocimiento de las tierras por los informantes y el uso del suelo y la tecnología de producción de cultivos, con fines de desarrollar un sistema de generación de tecnología agrícola para los productores basado en el conocimiento que ellos tienen de su medio ecológico (suelo, clima).

La agricultura refleja las diferencias culturales, con el manejo del solar y de la vegetación natural, con monocultivos, como los cítricos y pastizales; y el henequén, que es una mezcla de muchas culturas, La toma de decisiones sobre el establecimiento de la política agrícola no considera a la diversidad agrícola y por lo tanto, se generan problemas productivos, ambientales y sociales (Bautista *et al.*, 2005).

Martínez y Ortiz (1992) mencionan que el COLO presenta las siguientes características: restringido geográficamente, considera la dinámica temporal, es



colectivo, diacrónico y holístico; producto de una larga historia de observación, análisis y manejo de los recursos naturales que es transmitido de forma oral de generación en generación.

Bautista *et al* (2005) mencionan que el COLO incluye la información sobre paisaje, geoformas, vegetación, animales, hongos, minerales, suelos y acuíferos. Los sistemas productivos diseñados con base en el COLO se sustentan principalmente en las interacciones ecológicas, por lo cual, a menudo, son energéticamente eficientes; pero presentan limitaciones económicas al no estar dirigidas al mercado sino al autoconsumo. En México, con frecuencia los problemas agropecuarios son identificados desde una perspectiva disciplinaria e interpretativa de una realidad no propia en la que se omite la opinión de los campesinos.

Castellanos *et al* (2000) define al suelo Andosol como una formación a partir de cenizas volcánicas, en condiciones naturales estos suelos tienen vegetación de pino, abeto, encino etc. Se caracteriza con una capa superficial de color negro. Estos suelos son normalmente ricos en materia orgánica, sueltos y muy susceptibles a la erosión y suele presentar problemas de fijación de Fósforo.

Torres (2008) menciona que cuando se habla de “fertilidad” de un suelo se aborda el recurso edáfico desde la perspectiva de la producción de cultivos. Así, la fertilidad de un suelo es la capacidad que tiene el mismo de sostenerla del crecimiento de los cultivos. Esta es una definición agronómica. En definiciones más modernas se incluye la rentabilidad y la sustentabilidad de los agroecosistemas.



CAPITULO 2. METODOLOGÍA

2.1 MÉTODO GENERAL

Como primera etapa del estudio se describe en forma generalizada todas aquellas características que posee la comunidad de Raíces (zona de estudio), se llevó a cabo la clasificación campesina de tierras de la comunidad, para lo cual se planearon y se hicieron recorridos de campo conjuntamente con los agricultores, *ver ilustración 12.0* con la finalidad de identificar, conocer y describir las clases que se encuentran en el área de interés *ver ilustración 13.0* mediante el conocimiento del campesino, para ello se tomó de referencia el manual para la cartografía de tierras campesinas de Ortiz *et al.* (1999).

La metodología en forma resumida se presenta a continuación: a) selección de informantes *ver ilustración 8.0* b) recorridos de campo para la caracterización y cartografía de tierras campesinas. Una vez identificadas las clases de tierras a nivel local se procederá a elaborar el mapa de clases de tierra que servirá de referencia para la siguiente etapa que consistirá en comparar las clases de tierras identificadas con la cartografía formal publicada por INEGI (1976).

Además al momento de realizar los recorridos con los informantes seleccionados se buscó obtener información sobre el manejo y la cosmovisión del campesino respecto a los aspectos de fertilidad y los problemas asociados por su manejo *ver ilustración 7.0*.



En todos los casos la participación de los informantes es libre, espontánea y no fue remunerada, el número de informantes siempre debe estar en función del aporte de conocimientos nuevos es decir cuando la información se vuelve repetitiva se terminan las entrevistas, en cada cuestionamiento se interrogó a los informantes sobre el nombre de la clase de tierra (suelo) de la parcela que trabaja, su conocimiento sobre otras clases en la zona, su ubicación y la descripción de cada tipo de suelo nombrado y sus diferencias con otros tipos. A pesar de ello, dicho conocimiento no es estático sino más bien, va evolucionando y se adapta a las nuevas circunstancias y a los nuevos tiempos. La forma específica como se genera el conocimiento tradicional sobre tierras es a través de un proceso inductivo, es decir, no parte de regla alguna, sino que se analiza el comportamiento de un fenómeno para finalmente definir sus características.

Esto indica que el productor está atento para observar las características propias de sus terrenos, la de los vecinos, y lo que ocurre sobre ellos, ya sea en términos de desarrollo de plantas o inclusive en el desarrollo de animales, utilizando como herramientas la observación y comparación con otras clases de tierras a través del tiempo, medido en ciclos de cultivos o de años.

Esto último es la principal diferencia entre el conocimiento tradicional y el conocimiento científico, es decir, mientras que el productor monitorea el recurso natural a largo plazo, el técnico lo desarrolla casi de una forma instantánea.

Un aspecto sobresaliente es reconocer que raramente en el campo mexicano se usa la palabra suelo para designar al recurso natural. El término suelo, en el



lenguaje popular es entendido como piso, lo cual explica porque al interrogar a productores de diferentes comunidades por las clases de suelos (pisos) siempre respondieran que eran de tierra. Lo más semejante a lo que técnica o científicamente se define como suelo es el término campesino de tierra.

Definidas las clases de tierras por los informantes se toma una muestra compuesta de cada clase para llevar a cabo los análisis de laboratorio que permitan establecer una comparación de la fertilidad del suelo con respecto a la visión del campesino.

Muestreo: las muestras alteradas compuestas se toman aproximadamente de 5Kg de suelo de cada clase y se guardarán en bolsas de polietileno para reservar su humedad; éstas son empleadas para determinar las características físicas químicas y mineralógicas de cada clase.

Los análisis de laboratorio para su clasificación y las propiedades edáficas, se efectuaron de acuerdo con los procedimientos propuestos por el ISRIC (Van Reeuwijk, 1993), estos son: textura, densidad aparente (Da), pH en agua, Materia Orgánica (MO), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), Potasio (K), Calcio, (Ca), Sodio (Na), Fosforo (P), Magnesio (Mg) y Nitrógeno (N), que se reflejan en la Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones sobre los estudios de fertilidad, NOM-021-RECNAT-2001.



2.2 SISTEMA DE MUESTREO

El principio básico de un análisis de suelos es que al terreno se le pueda hacer un muestreo en forma tal que el análisis químico de las muestras recolectadas refleje con precisión el estado de fertilidad del suelo. Este es el primer paso imprescindible para que el análisis pueda ser válido y se pueda recomendar la fertilización en un terreno bajo cultivo.

Las variaciones en el tiempo se dan como consecuencia de los procesos de evapotranspiración, salinización y/o lavado, consumo y/o acumulación de nutrimentos, etc., que suceden en el suelo.

El muestreo de suelos se realizó antes de que se estableciera el cultivo, dándose de esta manera el tiempo suficiente para tener el resultado del análisis oportunamente y que se pueda implementar la recomendación de fertilización en el programa del ciclo del cultivo y por cuestiones prácticas es recomendable realizar esta actividad antes de temporada de lluvias.

Hay nutrimentos dinámicos como el Nitrógeno (N) cuya condición puede variar en unos meses debido al proceso de lixiviación o lavado, también hay nutrimentos muy estables como es el caso del potasio y del fósforo, en donde no se esperan variaciones importantes en dos o tres años, si se habla de suelos Andosoles los cambios en la fertilidad no son muy rápidos y los cambios en el contenido de materia Orgánica del suelo ocurren en plazos más largos aun.



Antes de realizar el muestreo en la zona de Raíces se preparó un mapa de terreno donde se observaban las áreas de cultivo, después de hacer una inspección de las parcelas y la conversación con los informantes junto con el comisariado ejidal y el delegado de la comunidad de Raíces, se definieron unidades de muestreo y se tomó en cuenta, 1.- la clase de tierra ya rodalizada e identificada por los informantes en el mapa preliminar, 2.- el color del suelo, y 3.-el uso del cultivo.

En la *figura 1.0* se observan los puntos de cada clase que se tomaron en cuenta para la etapa de muestreo.

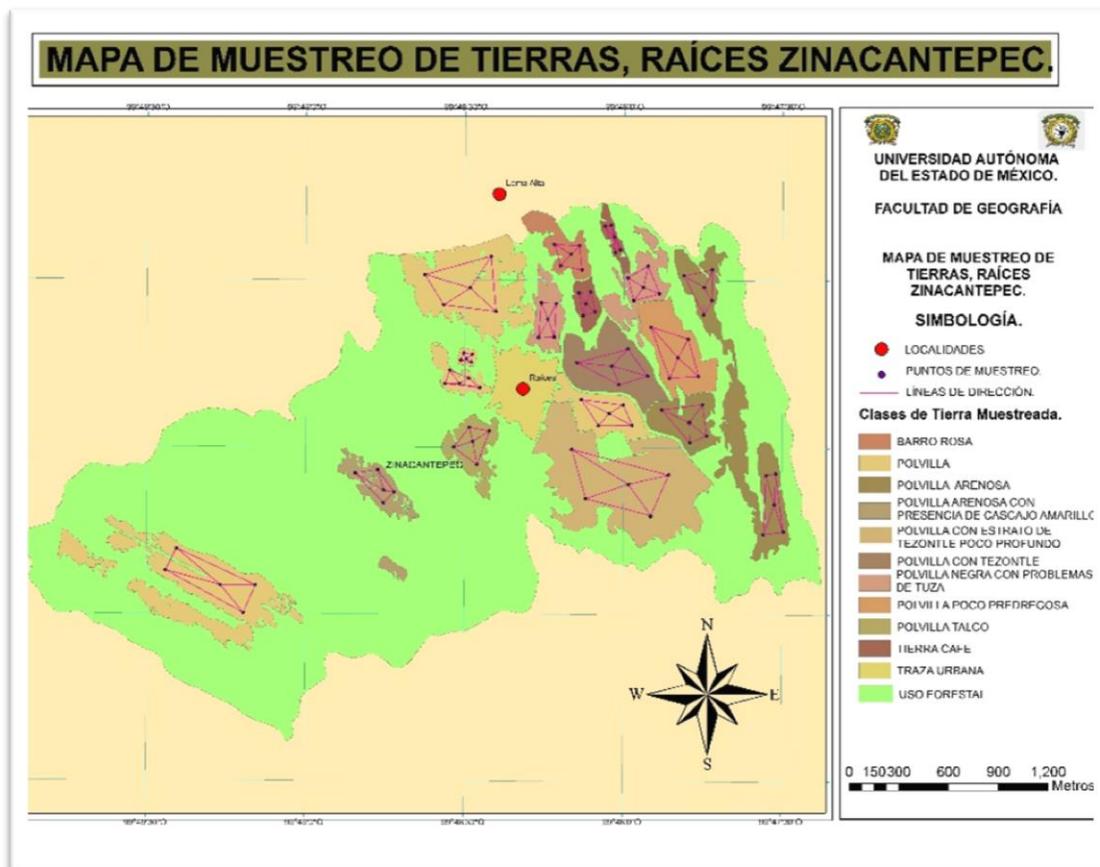


Figura 1.0 Mapa de muestreo de tierras, Raíces, Zinacantepec.

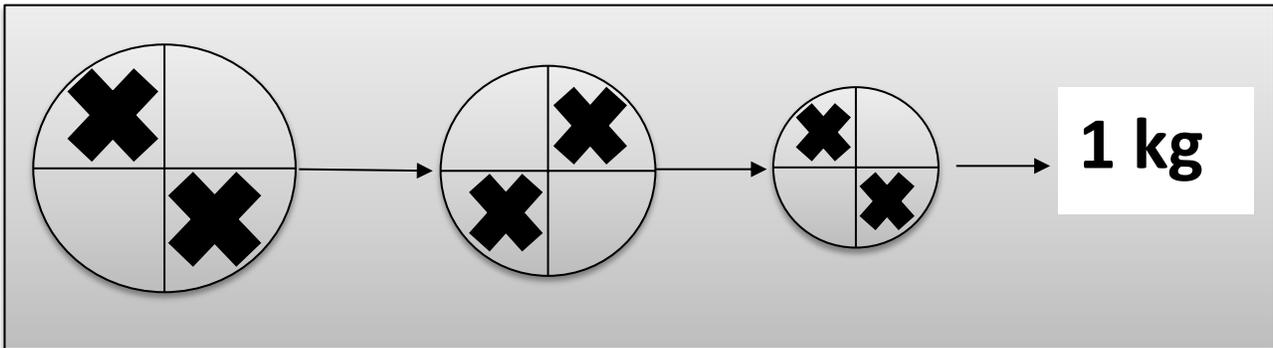


La dinámica de la extracción de la muestra original de cada clase consistió de la siguiente manera, una vez identificadas las clases de tierra se determinaron 5 puntos de muestreo estos fueron los cuatro extremos de una forma irregular como muestra en la *figura 1.0* y el centro de la misma, se extrajeron aproximadamente 5 Kg de cada punto, se decidió hacer un muestreo en una capa arable de 0 a 50 cm de profundidad, se revolviéron las extracciones y por último se obtuvo una muestra compuesta cada clase de aproximadamente 3 Kg por cada una, este muestreo se realizó después del periodo de lluvias, cuando el riesgo de lixiviación o lavado de nitratos ya no existe, la experiencia indica que la mayor parte de la actividad radicular, toma lugar en el estrato 0 a 30 cm, por lo que es el estrato más importante, particularmente en cultivos de raíz superficial como son la mayoría de las hortalizas.

Conforme a la variabilidad de suelo se requieren de 5 a 20 muestras para obtener una muestra representativa, en este caso fueron 5 puntos de muestreo tomando en cuenta que cada una de las clases de tierra señalada por los informantes tienen un área relativamente pequeña, ya que si se hiciera un análisis de una muestra representada por un solo punto de muestreo no tendría ningún valor para diagnosticar la fertilidad del suelo, sino por el contrario genera una confusión mayor al momento de interpretar y recomendar la fertilización, se debe tomar en cuenta que una muestra de suelo de 1kg representa una masa de suelo de 30 millones de kilos tan solo en 10 hectáreas, todo esto sin tener en cuenta la reducción aun mayor que se hará al momento de tomar la muestra para el análisis del respectivo del elemento en el laboratorio.



Figura 2.0 Cuartetos diagonales.



Procedimiento de elaboración de la muestra compuesta por medio de cuartetos diagonales. En este caso después de homogeneizar la muestra compuesta (retirar Materia Orgánica), se forma un círculo y se divide en cuadrantes para tomar dos opuestos, con los cuales se repite el proceso hasta reducir a muestra a 1 kg de suelo.

En la *figura 2.0* se muestra el modo de reducción de la muestra compuesta por medio de cuartetos diagonales, para que finalmente quede la muestra final que aproximadamente es de 1Kg



2.3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA COMPUESTA

Cuando ya se tienen las muestras compuestas se verifican y en caso de que presenten humedad se ponen a secar por completo ya sea al sol o a la sombra, pero no debe secarse en la estufa para no alterar sus propiedades químicas y se pasa a un procedimiento de reducción de muestra en donde se prepara y se obtiene 1 Kg, para este proceso se utilizó el sistema de cuartetos diagonales *ver figura 2.0* el cual indica que durante el proceso de reducción de la muestra se deben eliminar los vegetales de materia orgánica reciente, la grava o rocas mayores de 0.5cm de grosor pues todo esto se omite en el análisis. Una vez seca se procede a empacarse y enviarse a laboratorio debidamente etiquetada. Se tuvo un cuidado especial de no utilizar bolsas que puedan contener residuos de fertilizantes o abonos orgánicos para evitar la contaminación de la muestra.

La preparación de la muestra de suelo compuesta previo análisis en laboratorio, incluye un registro, secado, molienda y tamizado, homogeneizado y el almacenamiento para su conservación, esto con el propósito de evitar la contaminación y asegurar mayor precisión y exactitud en el resultado del análisis en laboratorio. Se debe realizar el siguiente procedimiento de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT- 2001. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, muestreo y análisis. La muestra en laboratorio debe ir acompañada con una identificación, *ver cuadro 3.0* donde se indique claramente su procedencia, nombre del interesado, profundidad de la colecta, cultivo, historial de fertilización, aplicación de mejoradores etc. Así como las determinaciones adquiridas según el propósito del estudio.

**Cuadro 3.0 Registro de las clases de tierra en laboratorio**

FOLIO	FECHA DE RECEPCIÓN EN LABORATORIO	DESCRIPCIÓN	ANÁLISIS	PROCEDENCIA	PROFUNDIDAD	NOMBRE DEL INTERESADO	
046/2013	03/03/2013	BARRO ROSA	FERTILIDAD DE ACUERDO A LA NOM-021- RECNAT- 2001	RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉX	30-50 cm	MARIBEL GARCÍA	CORRAL
047/2013	03/03/2013	POLVILLA	FERTILIDAD DE ACUERDO A LA NOM-021- RECNAT- 2001	RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉX	30-50 cm	MARIBEL GARCÍA	CORRAL
048/2013	03/03/2013	POLVILLA ARENOSA	FERTILIDAD DE ACUERDO A LA NOM-021- RECNAT- 2001	RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉX	30-50 cm	MARIBEL GARCÍA	CORRAL
049/2013	03/03/2013	POLVILLA CON ESTRATO DE TEZONTLE POCO PROFUNDO	FERTILIDAD DE ACUERDO A LA NOM-021- RECNAT- 2001	RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉX	30-50 cm	MARIBEL GARCÍA	CORRAL
050/2013	03/03/2013	POLVILLA CON TEZONTLE	FERTILIDAD DE ACUERDO A LA NOM-021- RECNAT- 2001	RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉX	30-50 cm	MARIBEL GARCÍA	CORRAL
051/2013	03/03/2013	POLVILLA NEGRA CON PROBLEMAS DE TUZA	FERTILIDAD DE ACUERDO A LA NOM-021- RECNAT- 2001	RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉX	30-50 cm	MARIBEL GARCÍA	CORRAL
052/2013	03/03/2013	POLVILLA PEDREGOSA	FERTILIDAD DE ACUERDO A LA NOM-021- RECNAT- 2001	RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉX	30-50 cm	MARIBEL GARCÍA	CORRAL
053/2013	03/03/2013	POLVILLA TALCO	FERTILIDAD DE ACUERDO A LA NOM-021- RECNAT- 2001	RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉX	30-50 cm	MARIBEL GARCÍA	CORRAL
054/2013	03/03/2013	TIERRA CAFÉ	FERTILIDAD DE ACUERDO A LA NOM-021- RECNAT- 2001	RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉX	30-50 cm	MARIBEL GARCÍA	CORRAL
055/2013	03/03/2013	POLVILLA ARENOSA CON PRESENCIA DE CASCAJO AMARILLO	FERTILIDAD DE ACUERDO A LA NOM-021- RECNAT- 2001	RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉX	30-50 cm	MARIBEL GARCÍA	CORRAL

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Facultad de Geografía UAEMex.

Se debe evitar manejar la muestra con materiales que puedan contaminarla como por ejemplo: recipientes que se oxiden, cintas adhesivas etc.

1. RECEPCIÓN Y REGISTRO

Al llegar las muestras al laboratorio se registraron con la identificación de campo y una lista de las determinaciones requeridas, posteriormente el laboratorio asignó un número de registro en este caso el registro de las muestras obtenidas en campo quedo de la siguiente manera, *ver cuadro 3.0*.



2. MOLIENDA:

Para realizar la molienda se retiró con anticipación de la muestra, las rocas y el material orgánico visible, la molienda se realizó con un mazo de madera, golpeando el suelo hasta tener partículas finas.

3. TAMIZADO:

El suelo molido se hace pasar por un tamiz con aberturas de 0.5mm de diámetro de acero inoxidable, hasta alcanzar un máximo de 1.5 kilogramos por muestra, cantidad suficiente para realizar las determinaciones químicas y físicas que permitirán caracterizar el suelo desde el punto de vista de su fertilidad.

Después de la molienda y tamizado a cada una de las muestras se dejaron reposar aproximadamente 5 días y se realizó el análisis en laboratorio de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2001. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, muestro y análisis.



2.4 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS DE LOS SUELOS EN LABORATORIO

1. DETERMINACIÓN DEL PH DEL SUELO MEDIDO EN AGUA.

Este procedimiento se realizó a través del método AS-02. El pH es una de las mediciones más comunes e importantes en los análisis químicos rutinarios del suelo, ya que controla reacciones químicas y biológicas en el suelo. La determinación del pH es afectada por varios factores tales como: el tipo y cantidad de constituyentes orgánicos e inorgánicos que contribuyen a la acidez del suelo, la concentración de sales en la solución, la relación suelo: la presión parcial de bióxido de carbono.

Este método es electrométrico para la determinación del pH en muestras de suelo en una solución de agua pura. La evaluación electrométrica del pH se basa en la determinación de la actividad del ion H mediante el uso de un electrodo cuya membrana es sensitiva al Hidrógeno. En el caso de los suelos el pH se mide potenciométricamente en la suspensión sobrenadante de una mezcla de relación suelo: agua 1:2.

2. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD APARENTE (D.A) DEL SUELO.

La densidad aparente del suelo de las tierras identificadas en la zona de estudio expresan el contenido de sólidos por unidad de volumen (g/cm^3), esta propiedad está asociada a la textura del suelo, al igual que otras propiedades lo que indica precisamente es la compactación del suelo e indica del grado de facilidad o dificultad que podrían tener los tubérculos o la raíz de los cultivos para penetrar el suelo y explorarlo, en el caso de Raíces, se requiere un suelo esponjoso y no



compacto para que provea un buen ambiente para el desarrollo del sistema radicular de los cultivos ya que si los suelos fueran duros podría ser una limitante en el suelo para que exprese todo su potencial productivo.

La densidad aparente de una muestra de suelo es calculada a partir del conocimiento de dos parámetros: la masa del suelo y el volumen total, es decir el volumen de los sólidos y el volumen ocupado por el espacio poroso.

3. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO POR EL PROCEDIMIENTO DE BOUYOCOS.

Este procedimiento se realizó mediante el método de AS-09. La textura del suelo se define como la proporción relativa de grupos dimensionales de partículas. La textura al igual que la estructura del suelo, influye en la cantidad y disponibilidad de agua y nutrimentos, así como en las condiciones de aireación, drenaje y en la accesibilidad al uso de implementos agrícolas. Los porcentajes de arena limo y arcilla de cada una de las clases de tierra se interpretaron de acuerdo a triángulo de texturas de la FAO, *ver figura 3.0*

La textura del suelo define como la proporción relativa de grupos dimensionales de partículas. Proporciona una idea general de las propiedades físicas del suelo. Su determinación es rápida y aproximada.

En general el problema es separar los agregados y analizar sólo las partículas. En el presente método se elimina la agregación debida a materia orgánica y la floculación debida a los cationes calcio y magnesio. No se eliminan otros cementantes como carbonatos.

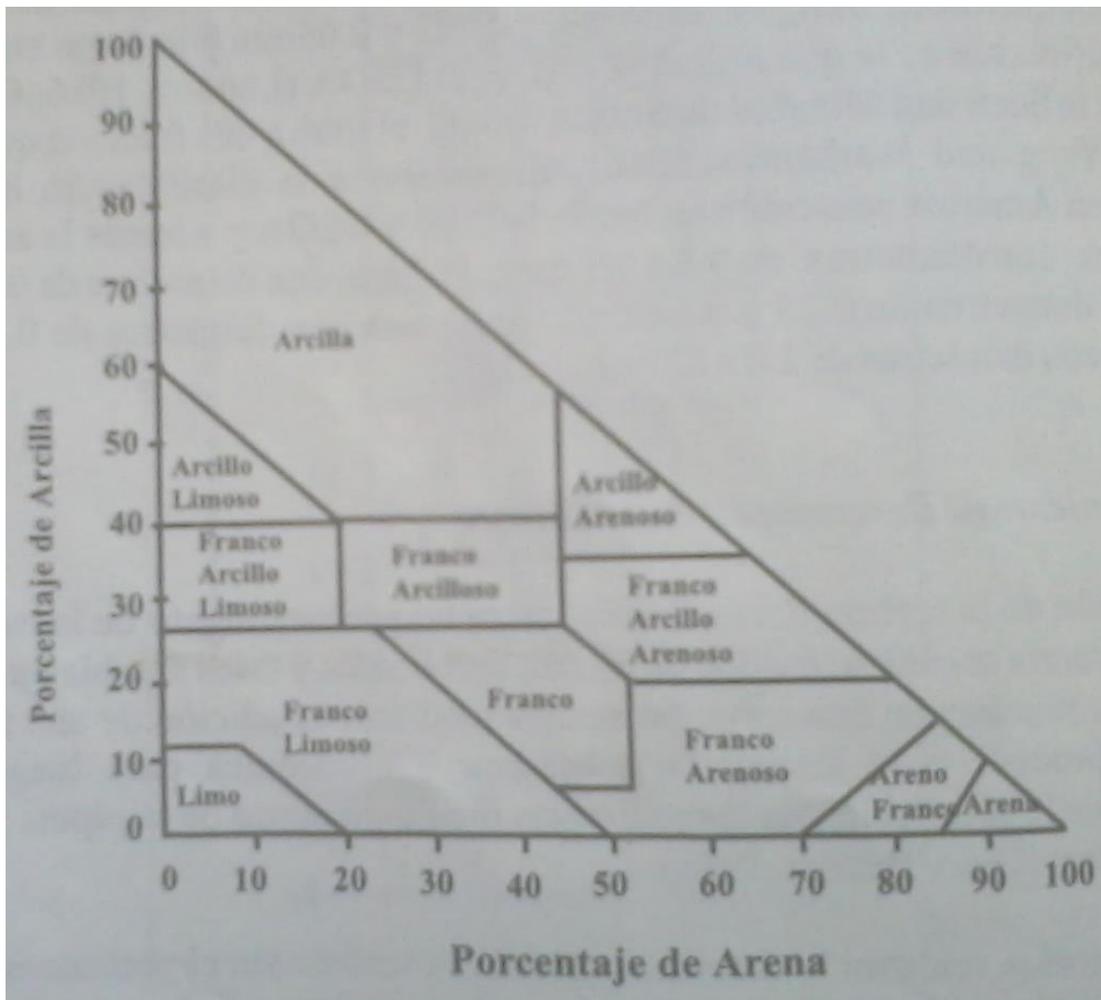


Figura 3.0 Triángulo de Texturas, utilizado para la clasificación de las partículas de acuerdo a las medidas de las partículas de suelo por la FAO.

El tiempo de lectura se ha escogido de 40 segundos para la separación de partículas mayores de 0.05 mm (arena) y de 2 horas para partículas de diámetro mayores de 0.002 mm (limo y arena). Estos límites han sido establecidos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y se han usado para construir el triángulo de texturas.



4. DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO A TRAVÉS DEL MÉTODO AS-07 DE WALKLEY Y BLACK.

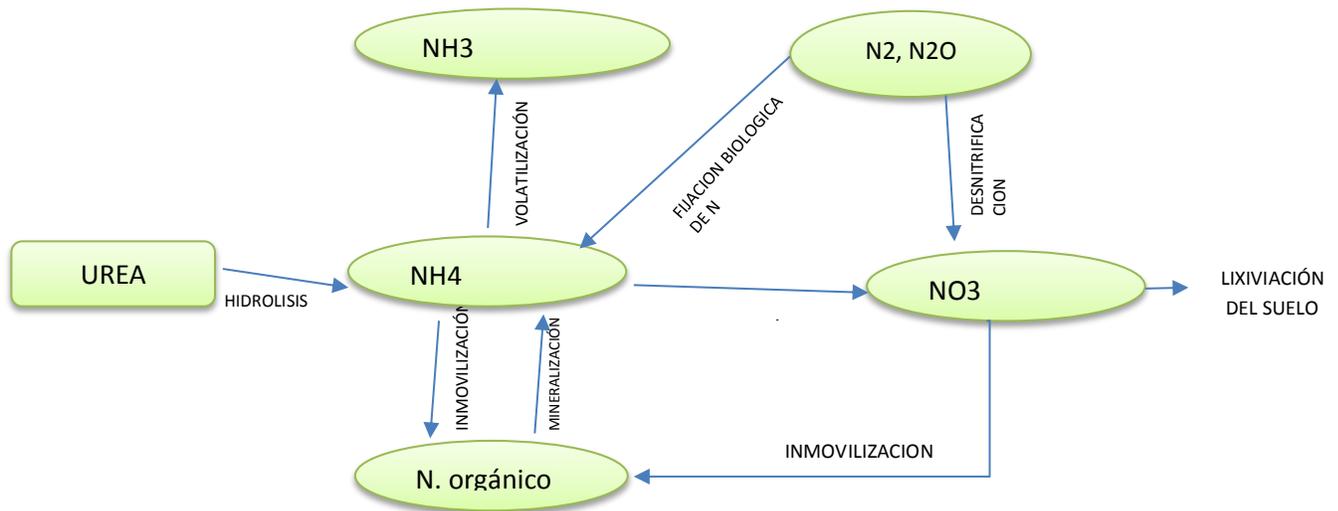
La determinación de materia orgánica (MO) del suelo se evalúa a través del contenido de carbono orgánico, se basa principalmente en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una solución de dicromato de potasio y el calor de la reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado, después de un cierto tiempo de espera la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico para evitar interferencias de Fe^{3+} y el dicromato de potasio residual es valorado con sulfato ferroso. Con este procedimiento se detecta entre un 70 y 84% del carbón orgánico total.

5. DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO INORGÁNICO DEL SUELO

El nitrógeno es el elemento más limitativo que hay en casi todos los suelos por lo que prácticamente siempre hay que suministrarlo en diferentes formas, ya que es uno de los macronutrientes indispensables para el desarrollo y crecimiento de las plantas de los cultivos y depende del contenido en materia orgánica, también es fertilizante de los suelos. El Nitrógeno es un elemento muy dinámico que entra y sale del sistema de varias maneras.



De manera más sofisticada se presenta en la *figura 4.0* el ciclo del Nitrógeno.



Fuente: Manual de Interpretación de Análisis de suelos y aguas.

Figura 4.0 Ciclo del Nitrógeno

En forma más sencilla el nitrógeno puede estar disponible en forma de UREA que posteriormente pasa por un proceso de Hidrólisis donde ha ganado Hidrógenos en este caso puede ser absorbido por una planta o bien puede pasar por dos procesos, 1.- que se quede fijado en el suelo (Inmovilización) por medio de los residuos incorporados al suelo convirtiéndose en Nitrógeno orgánico y 2.- que se Volatilice es decir que no se quede fijado en el suelo y se libere a la atmosfera convirtiéndose en NH³

El Método para la determinación de Nitrógeno Inorgánico extraíble con el procedimiento micro-Kjeldahl, se utiliza como índice de disponibilidad de nitrógeno en el suelo. Se realizará su evaluación para generar recomendaciones de fertilización. El nitrógeno inorgánico determinado con este procedimiento ha mostrado una alta relación con la respuesta de la planta en estudios de correlación de métodos químicos. Se basa en la extracción del amonio intercambiable por

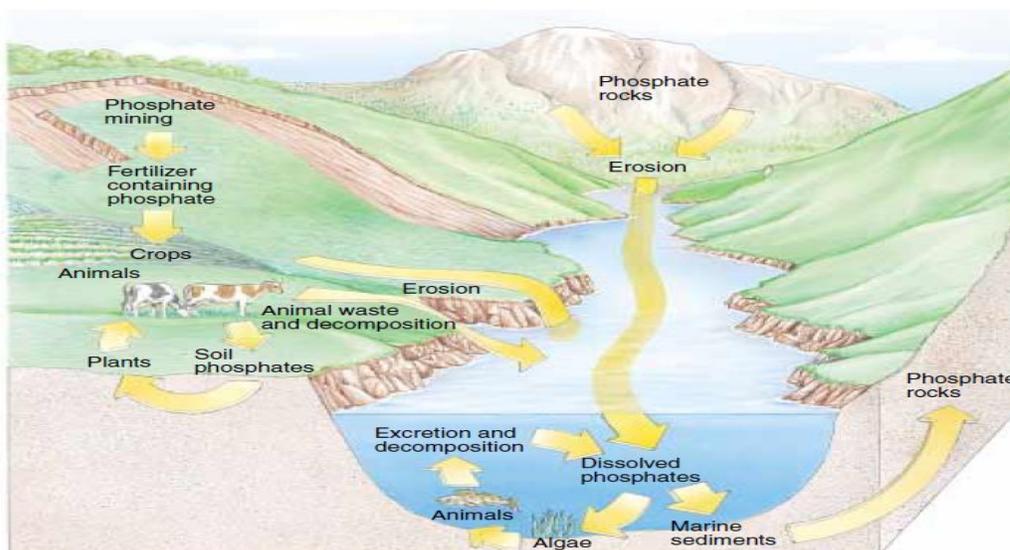


equilibrio de la muestra de suelo con KCl 2 N y su determinación por destilación mediante arrastre de vapor en presencia de MgO. La adición de la aleación de Devarda permite incluir la determinación de nitratos y nitritos.

6. DETERMINACIÓN DEL FOSFORO EXTRAÍBLE EN SUELOS NEUTROS Y ÁCIDOS.

Se realizó a través del método AS-11 mediante el procedimiento de Bray y Kurtz 1. Entendiéndose que el fósforo es el segundo nutriente de importancia del suelo en cuanto a sus funciones en los cultivos forma parte de un gran número de compuestos orgánicos esenciales incluyendo aminoácidos, proteínas coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila, la mayor parte del fósforo no está en formas asimilables para la planta de los cultivos sino que se encuentra en la solución del suelo listo para ser absorbido por los tubérculos, las cantidades requeridas de P para la planta en la solución del suelo son muy bajas y siempre hay un flujo de fase mineral y orgánica a la fase soluble. Para entender su dinámica se explica en la *figura 5.0* su ciclo de forma esquematizada.

Figura 5.0 Ciclo del Fósforo



Fuente: Centro de Información y Comunicación ambiental de Norte América, A.C.



Este método, es ampliamente utilizado en estudios de fertilidad de suelos para la determinación de fósforo disponible en suelos ácidos. El fósforo determinado con este procedimiento ha mostrado una estrecha relación con la respuesta de los cultivos. La solución extractora de P consiste de una combinación de HCl (ácido Clorhídrico) y NH_4F (Fluoruro de Aluminio) la cual remueve formas de P ácido solubles como los fosfatos de calcio y una porción de fosfatos de aluminio y hierro. El NH_4F disuelve los fosfatos de aluminio y de hierro al formar un ion complejo con estos iones metálicos en solución ácida.

7. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO, (CIC) DEL SUELO

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una propiedad de los suelos para intercambiar y retener cationes que estos a su vez pueden ser de dos tipos, los básicos (Ca, Mg, Na, K), y los ácidos (Al, H, Mn, Fe), estos cationes intercambiables proceden de la meteorización del material parental (roca madre), de la mineralización de la materia orgánica. La CIC también puede entenderse como medida de potencialidad del suelo para almacenar nutrientes, las variables que controlan la capacidad de Intercambio son el tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica en el suelo. Los cationes básicos son nutrientes que la planta consume del suelo al intercambiarlos por protones provenientes de la raíz o tubérculos. Las bases dominantes en los sitios de intercambio catiónico de las clases de tierra son el calcio y el magnesio, esta capacidad a grandes rasgos es la cantidad de cargas negativas del suelo, las cargas responsables de este intercambio son, cargas dependientes del pH y cargas en la arcilla.



La necesidad de que tanto el suelo como los cultivos se encuentren en equilibrio eléctrico impone restricciones a la absorción de nutrientes, en todo momento debe existir un balance entre cationes y aniones tanto en el suelo como en la planta, por tanto la absorción de nutrientes debe ser equilibrada cuando la planta absorbe un catión debe incorporar también un anión o expulsar otro catión a modo de intercambio con el absorbido.

Para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+}) de los suelos, empleando acetato de amonio 1N, pH 7.0, como solución saturante, consiste en la saturación de la superficie de intercambio con un catión índice, el ion amonio; lavado del exceso de saturante con alcohol; desplazamiento del catión índice con potasio y determinación del amonio mediante destilación. El amonio se emplea como catión índice debido a su fácil determinación, poca presencia en los suelos y porque no precipita al entrar en contacto con el suelo. La concentración normal que se usa asegura una completa saturación de la superficie de intercambio y como está amortiguada a pH 7.0.

8. DETERMINACIÓN DEL POTASIO DEL SUELO

Las plantas requieren cantidades de potasio relativamente importantes y con frecuencia son capaces de utilizar una provisión de este elemento mayor de la que el suelo puede suministrar, el Potasio por orden de probabilidad es el tercero de los nutrientes que suelen limitar el crecimiento de las plantas y en consecuencia es un componente muy común de los fertilizantes, el potasio cambiante puede ser utilizado por el vegetal si el tubérculo o la raíz lo alcanza pero no se desplaza



hacia ella a menos que ocurra un intercambio, incluso una pequeña parte del Potasio (K) no cambiante se encuentra también disponible y alcanza este estado durante la estación vegetativa. Los minerales liberan potasio con mayor rapidez cuando sobreviven cambios ambientales que promueven la meteorización, los efectos físicos como el encharcamiento y la desecación, el calor y el frío, el hielo y el deshielo provocan tensiones en el entramado de las estructuras minerales que facilitan el escape del Potasio, ya que en temporada de invierno en la comunidad de Raíces, el hielo y el deshielo que se registran desplazan la provisión de potasio hacia una situación de equilibrio, con frecuencia también la fertilización de estas tierras con abonos orgánicos como los estiércoles dan lugar a concentraciones de potasio suficientemente elevadas para que ocurra la fijación del mismo, este es tomado de la solución del suelo a través del tubérculo de las plantas, los requerimientos del K son tan o más altos que los del Nitrógeno, es uno de los elementos esenciales y participa en la activación de muchas enzimas en las plantas, los minerales arcillosos son una fuente principal de potasio a la solución del suelo, ellos liberan la mayor parte de K cuando baja su concentración en la solución del suelo, la fijación y la capacidad de intercambio catiónico del suelo son medios tan efectivos para retener el potasio que hacen difícil el lavado de este elemento, por ejemplo el potasio en solución puede alcanzar los tubérculos o la raíz de avena por difusión, ya que la raíz puede mantener el equilibrio eléctrico mediante el intercambio por otro catión como H^+ por K porque la mayor parte de absorción de potasio se realiza por raicillas con menos de una semana de edad ya que los iones potasio provienen en su mayoría de la zona que envuelve al tubérculo o raíz.



Para su medición se ocupan 1.0 ml de la disolución para la medición de la Capacidad de Intercambio Catiónico se pipetea en un tubo de ensaye, se añaden 1.0 ml de la solución de cloruro de cesio acidificada y se agregan 8 ml de agua y se mezclan, se mide la concentración de Na y K en las muestras, el blanco y las series estándar por espectrofotometría de emisión de flama.

9. DETERMINACIÓN DE CALCIO Y MAGNESIO DEL SUELO

9.1 CALCIO

Esta determinación se hace por el método AS-13, con ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica.

Estos elementos (Ca y Mg) forman parte de los llamados nutrientes secundarios, son tan esenciales como los macronutrientes (N, P, K), solo que se les designa de esta manera debido a que son consumidos en menor proporción que los primeros. Son componentes que en general su provisión en el suelo es suficiente para cubrir las necesidades de los cultivos, por eso a veces no se piensa en ellos como fertilizantes y por tanto reciben menos atención por parte de los agricultores a comparación con el Nitrógeno, Fosforo y Potasio.

El calcio es absorbido por las plantas, es un nutriente esencial en la formación de compuestos que forman parte de la estructura de la pared celular como pectato de calcio, el cual une las paredes primarias de las células adyacentes, forma parte de la enzima alfa-amilasa y eventualmente interfiere en la capacidad del magnesio para activar las enzimas.



9.2 MAGNESIO

Esta determinación se hace por el método AS-13, con ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica.

En cuanto al magnesio, forma parte esencial de la molécula de clorofila y es necesario para la actividad de muchas enzimas, ya que el magnesio es tomado por las plantas como Mg^{++} de la solución del suelo mediante el flujo de masa, para la determinación de estos dos elementos se toma una parte de la solución que se utilizó en la medición de CIC, se pipetea 0.5 ml de la solución en un tubo de ensaye, se añaden 9.5 ml de la solución diluida de lantano y mezclar, se mide la concentración de Ca y Mg en las series estándar, el blanco y la muestra por espectrofotometría de absorción atómica a una longitud de onda de 422.7 y 285.2 nm, respectivamente, usando una flama de aire-acetileno.

10. DETERMINACIÓN DEL SODIO DEL SUELO

La salinidad del suelo reduce el potencial osmótico de la solución del suelo y reduce la disponibilidad de agua para los cultivos aun cuando el suelo muestre un razonable nivel de humedad, esta determinación se hace tomando una parte de la solución para la medición de CIC, se pipetea 1.0 ml de la solución en un tubo de ensaye se añaden 1.0 ml de la solución de cloruro de cesio acidificada, después se añaden 8 ml de agua y se mezcla, posteriormente se mide la concentración de Sodio (Na) y Potasio (K) en las muestras el blanco y las series estándar por espectrofotometría de emisión de flama.



2.5 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MÚLTIPLE.

Para entender este análisis se define como Correlación a la medida del grado de relación entre dos variables o más con variables nominales. Cuando esta correlación es entre dos variables cuantitativas se le denomina correlación simple y a la correlación de más de dos variables se le denomina múltiple

El grado de relación entre variables depende de la naturaleza de las variables involucradas en el estudio. Se habla de correlación positiva cuando ambas características (expresadas mediante valores de variables) presentan la misma tendencia por ejemplo: talla y peso, cuando una aumenta se espera que la otra variable aumente pero esta relación en los seres vivos no es indefinida sino hasta cierta edad en este caso. En este mismo orden de ideas se habla de correlación negativa o inversa cuando una variable aumenta y la otra disminuye, mostrando tendencias claramente opuestas en este caso como ejemplo: la oferta y el precio, cuando la oferta aumenta el precio tiende a bajar.

Los diagramas de dispersión o scattergramas suelen ser útiles para estudiar el grado de relación entre 2 variables (*ver figura 6.0*)

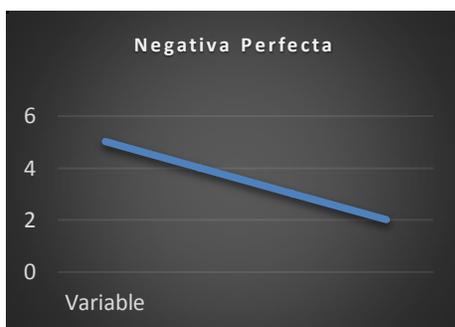


Figura 6.0 Diagramas de dispersión.



1. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN.

Coefficiente de Correlación de Pearson: es la relación de los puntajes totales de la primera aplicación de un test con los de la segunda, si se mantiene entre las 2 aplicaciones una correlación que por lo menos es mayor a 0.70 se concluye que el test es confiable.

Coefficiente de correlación de Spearman-Brown: mide el grado de homogeneidad de un test cuando las correlaciones entre la primera y la segunda mitad del test o bien entre pares e impares es lo más elevada posible y en todo caso es mayor que 0.70 se concluye igualmente que el test es confiable

La correlación también hace posible el cálculo de coeficiente de determinación r^2 que se utiliza como medida de la bondad de ajuste a un modelo de regresión. En general si el valor de r^2 es mayor 0.70 es confiable además que este valor siempre será positivo.



Existe una escala para interpretar el coeficiente de correlación ver *cuadro 8.0*.

CUADRO 8.0 MAGNITUD DE CORRELACIÓN	
MAGNITUD DE CORRELACIÓN Valor de R	SIGNIFICADO
-1.00	Correlación negativa perfecta
-0.90	Correlación negativa fuerte
-0.75	Correlación negativa considerable.
-0.50	Correlación negativa media.
-0.10	Correlación negativa débil.
0.00	Correlación nula.
+0.10	Correlación positiva débil.
+0.50	Correlación positiva media.
+0.75	Correlación positiva considerable.
+0.90	Correlación positiva muy fuerte.
+1.00	Correlación positiva perfecta.

Fuente: Steel et al., (1960)

El valor de R viene dado por el valor de P, si el valor de P que acompaña a R es menor que 0.05 se concluye que la correlación es significativa y esto indica que es una correlación o relación real por ejemplo si se tiene un valor de $r=0.80$ y $P<0.05$ indica que la correlación es significativa.

Para este análisis se utilizó el software Statgraphics plus, en el cual se insertan los resultados de las variables analizadas en laboratorio de cada una de las clases de tierra identificadas, como datos adjuntos en una tabla de Excel y se manipula la información de tal forma que quede de la siguiente manera ver *figura 7.0*



	C T	pH	Da	Materia Org	C I C	Potasio	Calcio	Sodio	Fosforo	Magnesio	Nitrogeno	C E
1	P_P_P	4.9	1.02	19.05	17.2	0.46	3.43	0.32	6.8	1.97	37.8	2.65
2	Tierra Cafe	4.6	1.04	48.07	26.9	0.31	5.38	0.25	4.2	1.97	88.2	1.54
3	P_E_T_P_P	4.5	1.04	17.25	13.1	0.22	2.93	0.25	5.5	1.53	77.7	1.04
4	Barro Rosa	5.3	0.84	0.11	39	1.06	2.53	1.16	1.5	1.4	39.9	5.97
5	Polvilla Are	4.4	1.06	10.42	17.3	0.32	2.35	0.4	7.5	1.91	71.4	1.34
6	Pol Tezon	5.6	1.13	8.36	12.9	0.25	0.82	0.71	0.6	0.95	277.2	1.41
7	Polvilla	3.9	0.78	27.39	24.5	0.15	0.98	0.29	1.5	0.97	35.7	9.75
8	P_N_P_Tuza	3.8	0.93	2.47	21.9	0.41	1.21	0.27	9.2	0.85	170.1	1.34
9	Polvilla Talco	5.2	1.04	9.64	17.3	0.16	4.92	0.29	13.1	1.93	81.9	2.8
10	P_A_P_C_A	5.4	1.04	0.67	10	0.05	0.45	0.29	1.4	0.62	33.6	6.61
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												

Figura 7.0 Pantalla de manipulación de Statgraphics

Con los datos se hace un análisis de variables múltiple en el cual se utilizan las siguientes herramientas marcadas en la figura 8.0 la liga Describe/ Numeric Data/ Multiple Variable Analysis, para iniciar la correlación entre variables

	C	Sodio	Fosforo	Magnesio	Nitrogeno	C E
1	P_P_P	0.32	6.8	1.97	37.8	2.65
2	Tierra C	0.25	4.2	1.97	88.2	1.54
3	P_E_T_P	0.25	5.5	1.53	77.7	1.04
4	Barro R	1.16	1.5	1.4	39.9	5.97
5	Polvilla Are	0.4	7.5	1.91	71.4	1.34
6	Pol Tezon	0.71	0.6	0.95	277.2	1.41
7	Polvilla	0.29	1.5	0.97	35.7	9.75
8	P_N_P_Tuza	1.21	0.27	9.2	170.1	1.34
9	Polvilla Talco	4.92	0.29	13.1	81.9	2.8
10	P_A_P_C_A	0.45	0.29	1.4	33.6	6.61
11						
12						
13						

Figura 8.0 Liga para la correlación de variables



CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA COMUNIDAD DE RAÍCES.

La agricultura es una actividad que caracteriza a diferentes localidades del municipio de Zinacantepec, de esta actividad dependen muchas familias que se ven beneficiadas a través de los años y a su vez esta técnica de manejo de las tierras se ha visto en la necesidad de evolucionar puesto que el uso inadecuado o excesivo de los suelos campesinos han perdido fertilidad que se relaciona directamente con la calidad y cantidad de las cosechas, tal es el caso de Raíces Zinacantepec.

Esta comunidad está asentada sobre una pendiente que baja de oriente a poniente, el relieve tiene una forma que se puede catalogar con una inclinación de aproximadamente 40°, por la comunidad pasa la carretera federal que conduce a los municipios de Sultepec y Coatepec Harinas. El pueblo se extiende de norte a sur en forma alargada de acuerdo a la línea de la carretera, a ambos costados de esta vía de comunicación se encuentran los negocios del pueblo.

Al llegar a la población se observa un marcado contraste con respecto de las construcciones ya que se encuentran entremezcladas las de concreto con las de madera, casi todas cuentan con corrales para animales, hacia el poniente los corrales son más grandes se encuentran solos y las viviendas están separadas entre sí.



El aspecto general del pueblo en una vista normal contrasta con el verdor de los árboles que se observan, *ver ilustraciones 3.0 y 8.0* hacia el sureste el cráter del volcán y hacia el poniente es donde el declive del terreno va disminuyendo, las calles por donde transita la gente y los automóviles son de terracería en su mayoría y los nombres con que las designan están relacionados con aspectos de vegetación.

La carretera de Coatepec Harinas es la única vía de comunicación terrestre que permite acceder al pueblo y por la cual se desplazan los habitantes a diferentes lugares a través de taxis foráneos.

Es un poblado que cuenta con gran diversidad de ecosistemas de la alta montaña, se caracteriza por un clima semi-frío, ya que se encuentran ejemplares de árboles frutales pero no dan sus frutos por las bajas temperaturas que se registran a lo largo de todo el año, por lo que las especies pasan los fríos inviernos y los veranos en un régimen de escasez de agua, lo que conlleva la necesidad de una gran especialización, que convierte a este ecosistema en el de mayor número de endemismos. El total de su población es de 664 habitantes, 216 personas son económicamente activas de ellos 196 son hombres y 20 mujeres, en términos de salud hay 152 sin derechohabiencia y 508 derechohabientes, conforme a servicios hay 139 viviendas que disponen de luz eléctrica, 136 disponen de agua entubada, 132 disponen de drenaje de un total de 142 viviendas particulares habitadas, El ratio de fecundidad de la población femenina es de 3.07 hijos por mujer y el porcentaje de analfabetismo entre los adultos es del 9.63% (Censo de población y vivienda 2010).



3.2 MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO DE LA COMUNIDAD DE RAÍCES.

1. LOCALIZACIÓN La localidad de Raíces está localizada en el municipio de Zinacantepec, en el estado de México, (*Ver figura 9.0*) está a 3531 metros de altitud, es una población ubicada en pie de monte bajo del Xinantecatl mejor conocido como Nevado de Toluca, correspondiente a las coordenadas $99^{\circ}48'19''$ O y $19^{\circ}09'41''$ N, con huso horario del tiempo del centro, UTC-6.

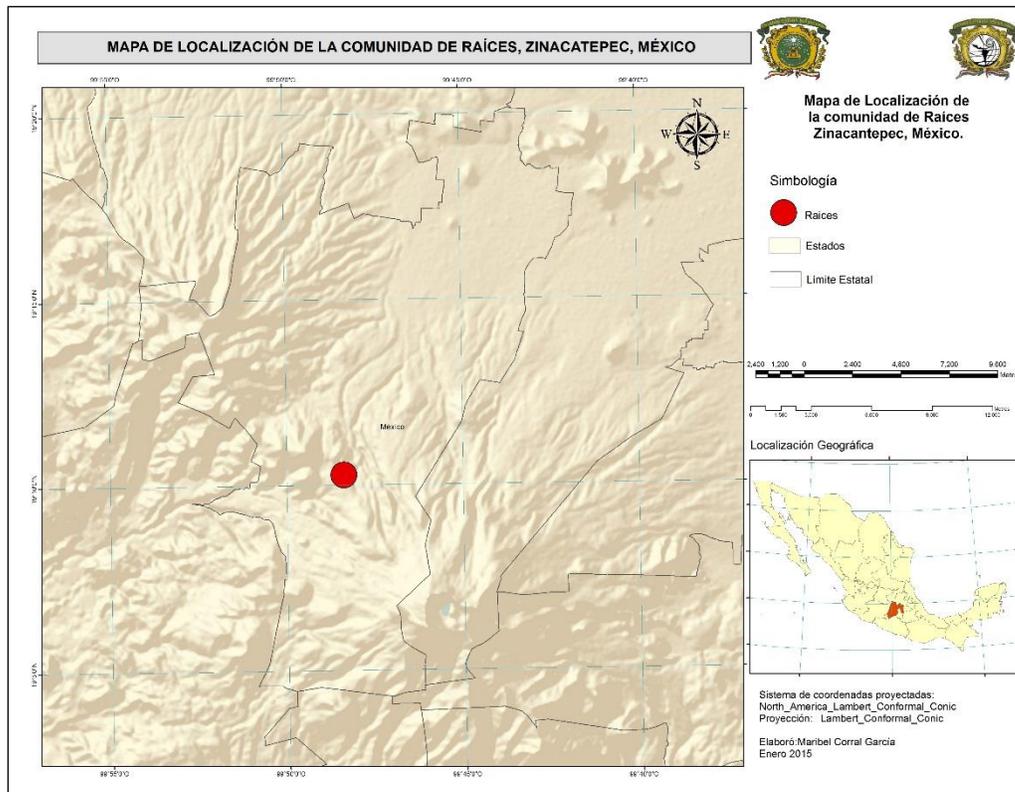


Figura 9.0 Mapa de localización de la comunidad de Raíces, Zinacantepec, México.

2. GEOLOGÍA La población de Raíces se encuentra en la ladera sur del volcán Xinantecatl o Nevado de Toluca, por ello presenta rocas de origen volcánico de composición andesita y basáltica, así como fragmentos de tipo piroclastos (Pedazos de lava o roca que son arrojados por el volcán en estado incandescente)



y de acuerdo con su tamaño pueden considerarse como cenizas, arenas, bloques y bombas.

3. HIDROGRAFÍA Los ríos que fluyen por el municipio son el Tejalpa y sus tributarios, San Pedro y La Huerta. Además, existen manantiales que provienen del manto freático de los lagos del volcán y pequeños escurrimientos intermitentes.

4. CLIMATOLOGÍA En Raíces predomina el clima semi-frío, con temperaturas en el verano que apenas alcanzan los 15°C, mientras que en invierno llegan hasta 10°C bajo cero. En tanto, la estación seca abarca los meses de diciembre-abril. La temperatura media anual oscila alrededor de los 12°C y una precipitación media anual de 1,243.5 milímetros. Las lluvias ocurren con mayor frecuencia entre mayo y septiembre.

5. EDAFOLOGÍA Se encuentra un solo tipo de suelo los Andosoles (es el suelo negro que hay en los volcanes y sus alrededores, suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas), que se consideran de baja calidad agrícola debido a su inclinación y a su dificultad para trabajarlos, pues resultan muy benéficos cuando se encuentran aptos para la agricultura de acuerdo a las propiedades que poseen para que los cultivos aprovechen.

6. FORESTAL Su gran número de ecosistemas de alta montaña se encuentran protegidos por la figura de parques naturales, es decir espacios que “en razón de la belleza de sus paisajes, la singularidad de su flora, de su fauna o de sus



formaciones geomorfológicas, poseen unos valores ecológicos, estéticos, educativos y científicos cuya conservación merece una atención preferente”. En la parte de bosque predominan los *Pinus sylvestris*, (pino), *Abies religiosa*, (oyamel), *Alnus* (aile) y arbustos como él *Salix bonplandiana* (Ahuejote).

3.3 SECTORES ECONÓMICOS DE LA COMUNIDAD DE RAÍCES.

- 1. AGRICULTURA** Predomina el cultivo de papa y avena, en ocasiones haba, sin embargo la papa es el principal cultivo, ya que se produce en grandes cantidades y se obtienen mejores rendimientos en cuestiones económicas.
- 2. GANADERÍA** Los habitantes se dedican generalmente a la cría de ganado bovino, porcino, u ovino, que alimentan con hierba, forraje, maíz y alimento químico (bulto), los animales generalmente son utilizados para consumo humano y como apoyo para el campo (yuntas), como es el caso de los toros que son utilizados para trabajar las tierras ya que la inclinación de los terrenos impide el paso a maquinaria pesada.
- 3. RECURSOS NATURALES** A partir del año 2000 las áreas para la agricultura tuvieron mayor expansión y con ello se produjo una reducción del 40% de bosque, principalmente de pino. La disminución obedece al proceso de extracción intensiva y semi-intensiva con fines comerciales. Las reservas de madera también implican una fuente de ingresos a las familias de la comunidad, estas se recolectan y se venden a las comunidades vecinas que demandan de madera y el resto es consumido por la comunidad.



4. COMERCIO La comunidad cuenta con algunos giros comerciales, entre ellos tiendas de alimentos, papelerías y panadería.

3.4 DESCRIPCIÓN DE TIERRAS CAMPESINAS

Se hace la selección de informantes para hacer el recorrido de campo por lo que se contactó al delegado de la comunidad de raíces el C. Aristeo Álvarez, al Presidente ejidal el C. Gilberto Salazar Carbajal, y 8 agricultores de la comunidad (anónimos) los que poseen un mayor número de hectáreas de terreno y un conocimiento de las tierras de cultivo más preciso. Ellos comentan que “la polvilla es la mejor tierra para cultivar la papa, ya que da mejores cosechas y en grandes cantidades así que es considerada como la más fértil de la zona de estudio”. Alfonso Álvarez Iglesias nativo de la comunidad (*Testimonio antes de realizar el recorrido de campo*).

En la zona de estudio se encuentran solo dos tipos de cultivo la papa y avena ver *ilustración 10.0*, la primera se siembra en febrero 25 y la segunda en abril ya que el maíz y otros tipos de cultivo no resisten a las bajas temperaturas que se registran a lo largo de todo el año.

Para el trabajo de las tierras no utilizan maquinaria como los tractores ya que el relieve es muy accidentado y esto impide el paso de maquinaria entre las parcelas con pendientes, para ello se utilizan yuntas que son dos animales, pueden ser toros o caballos que trabajan la tierra en el momento de la siembra y platican que se hace de la siguiente manera: “*Se abren los surcos depositando la papa que sirve como semilla a la mitad del surco, se tapa con la tierra y encima se aplica gallinaza al boleto que sirve como abono para que el producto tenga un mayor*



tamaño” otros informantes mencionaron que al utilizar gallinaza el producto sale con la cascara muy rasposa y es difícil venderla por lo que no recomiendan este tipo de fertilizante, explican que si se riega sobre el terreno una buena cantidad de lama (estiércol) de borrego o res resulta ser muy benéfico pero no es suficiente como abono así que recurren a agroquímicos que aseguran una buena cosecha en cuanto a tamaño y cantidad, estos agroquímicos suelen ser el malzate y redomil foliar, el último se utiliza para que la planta vuelva retoñar en caso de presencia de alguna plaga como la gallina ciega que se presenta en forma de oruga con cabeza roja y se come las hojas del cultivo, otros tipos de plaga son el nemato dorado que se presenta en forma de huevecillos encontrados en la “raíz” de la planta e impide el crecimiento de la misma ya que se pega y se la come, cuando se encuentra este tipo de plaga es necesario arrancar todo el cultivo y dejar descansar el terreno uno o dos años para sanar la tierra, esta plaga contamina muy rápido, el tizón negro o chahuile son otras plagas presentes en la localidad.

Otro tipo de abono utilizado es la urea con sal, solo se utiliza cuando la mata esta mediana y evita el tizón negro de los cultivos, cuando el cultivo se contamina de tizón negro el tallo de las plantas se pudre, solo se presenta en épocas de lluvia, por lo que si se registran abundantes lluvias en un periodo corto de tiempo la probabilidad de que esta enfermedad se presente y se propague rápidamente es muy alta.

Para estos tipos de plaga hay diferentes fertilizantes que refuerzan al cultivo y lo hacen más resistente a las enfermedades entre los cuales destacan: triple 16 se



aplica de forma foliar y es una forma efectiva para que el Nitrógeno y el Potasio lleguen directamente a la planta y se incorporen en los procesos metabólicos; de esta forma se disminuye la pérdida de estructuras florales aumentando así el número de productos, otros fertilizantes son la urea (utilizada más en cultivos de avena), el sulfato de amonio, formula papera (presentación granulada), súper simple (presentación granulada) y de igual manera se aplican de forma boleada sobre el terreno.

En cuanto a las cosechas, *ver ilustración 8.0*, van desde julio hasta noviembre este lapso depende de la clase de papa sembrada, entre las categorías mencionadas destacan, “la tollocan” que es blanca y grande, “las paolas” grandes, las diamantes, marcianas, fianas y rodas, todas estas tardan alrededor de 6 meses para su cosecha, las gigantes que son otra clase de papa, se cosecha en tres meses, los nombres de los tubérculos son reconocidas y nombradas por los mismos informantes. Para la cosecha, es necesario utilizar “*gatas*” para sacar la papa, *ver ilustración 12.0*, este instrumento hace simular un gancho de acero para poder clavarlo en los suelos productores y hacer la cosecha más fácil.

La dinámica del lugar es sembrar un año papa y el siguiente avena ya que si se siembra consecutivamente una sola especie, la reducción de la calidad y cantidad de producto es muy notorio, los informantes mencionan que cuando “*ha sido un buen año de cosecha, por hectárea de terreno se obtienen alrededor de 15 a 20 toneladas de papa o bien en un mal año solo se recaudan alrededor de 5 toneladas por hectárea de terreno*”. La clasificación de la cosecha se da de acuerdo del tamaño, las papas más grandes se utilizan para semilla, las de



mediano tamaño son para uso comercial y las más pequeñas se utilizan como alimento para los animales (caballos, borregos y toros).

En cuanto a la avena, *ver ilustración 10.0* se siembra en abril, la dinámica es barbechar el terreno para que la tierra este floja a la hora de sembrar, se siembra con yunta y se riega estiércol de animales para que la planta crezca más alta y gruesa, se cosecha aproximadamente en un periodo de 4 a 5 meses, estos se cuentan a partir de la siembra. La planta se corta cuando aún está verde y se coloca en “Mogotes” donde se “*achicala*” (seca) por completo, y finalmente se empaca. A veces el exceso de precipitaciones en la zona provoca el ahogamiento de las plantas y como consecuencia la presencia de plagas como el Tizón Negro. La presencia de heladas tempranas altera la planta, la quema y a consecuencia ya no crece, “*la helada que cayó en mayo mató la planta y ya no creció*” informan agricultores de la comunidad. En cuanto a la comercialización de estos productos, casi todos los productores de la localidad de Raíces venden al suroeste del Estado de México, en los municipios de Coatepec, Tizcaltitlan y Tonicato ya que a lo largo de varios años han logrado contactarse con personas (clientes) que compran en grandes cantidades y son bien pagadas.

Con la idea más detallada de cómo son manejadas las tierras de la localidad, se prosiguió a los recorridos en campo donde se identificaron las diferentes clases de tierra señaladas y caracterizadas por los informantes.



CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 IDENTIFICACIÓN DE CLASES DE TIERRA EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES

La dinámica de identificación de clases de tierra fue con ayuda de los informantes donde se les pidió hacer un recorrido en campo para que ellos describieran sus tierras y así poder clasificarlas de acuerdo a como las identifican y conforme los criterios de fertilidad que consideran. En gabinete se elaboró un mapa con imágenes de Satélite Spot 5 donde se ven claramente los cultivos, este mismo mapa se les mostró a los agricultores en donde cada uno identificaban sus tierras y las describían, sobre el mapa se rodalizaba la clase de tierra que reconocían en la *figura 10.0* se muestra el mapa preliminar y la identificación de las localidades cercanas a la zona de estudio para la identificación de las clases de tierra.

1. CARTOGRAFÍA DE TIERRAS CAMPESINAS

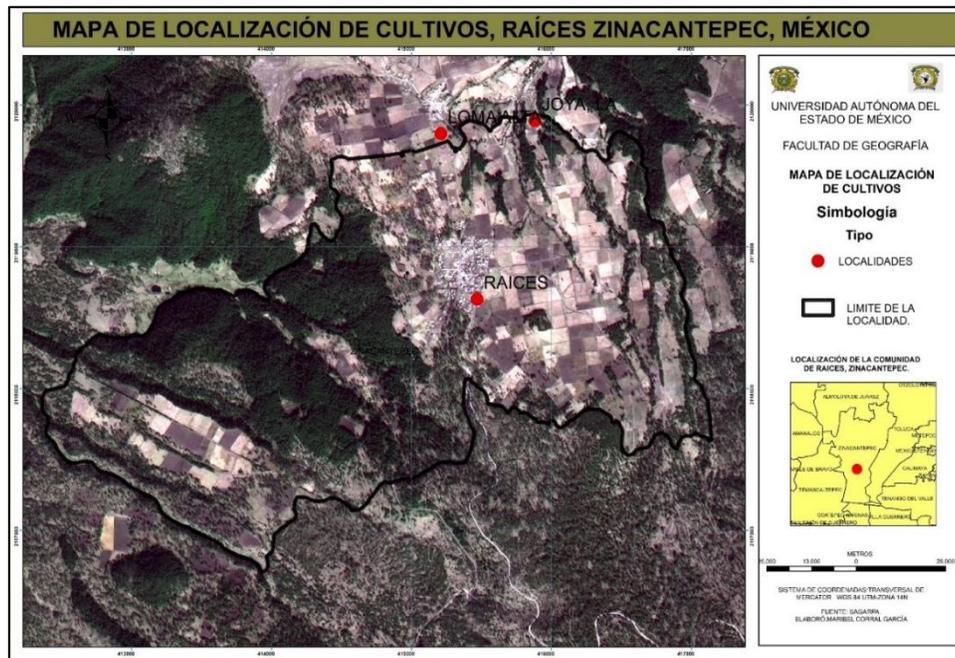


Figura 10.0 Mapa de Geolocalización de cultivos, Raíces, Zinacantepec, México.



Esta identificación de tierras se realizó única y exclusivamente mediante lo que los agricultores comentaban y platicaban entre ellos, sus nombres comunes están registrados en el *cuadro 1.0* tal y como describieron sus tierras a fin de no alterar la información, no se tuvo intervención de ningún tipo (comentarios, correcciones, sugerencias) para no confundir el nombre de las tierras que comúnmente conocen a los que originalmente manejan las instituciones oficiales de información geográfica como INEGI, después de las entrevistas se elaboró el mapa de clases de tierras de acuerdo a la información de los agricultores.

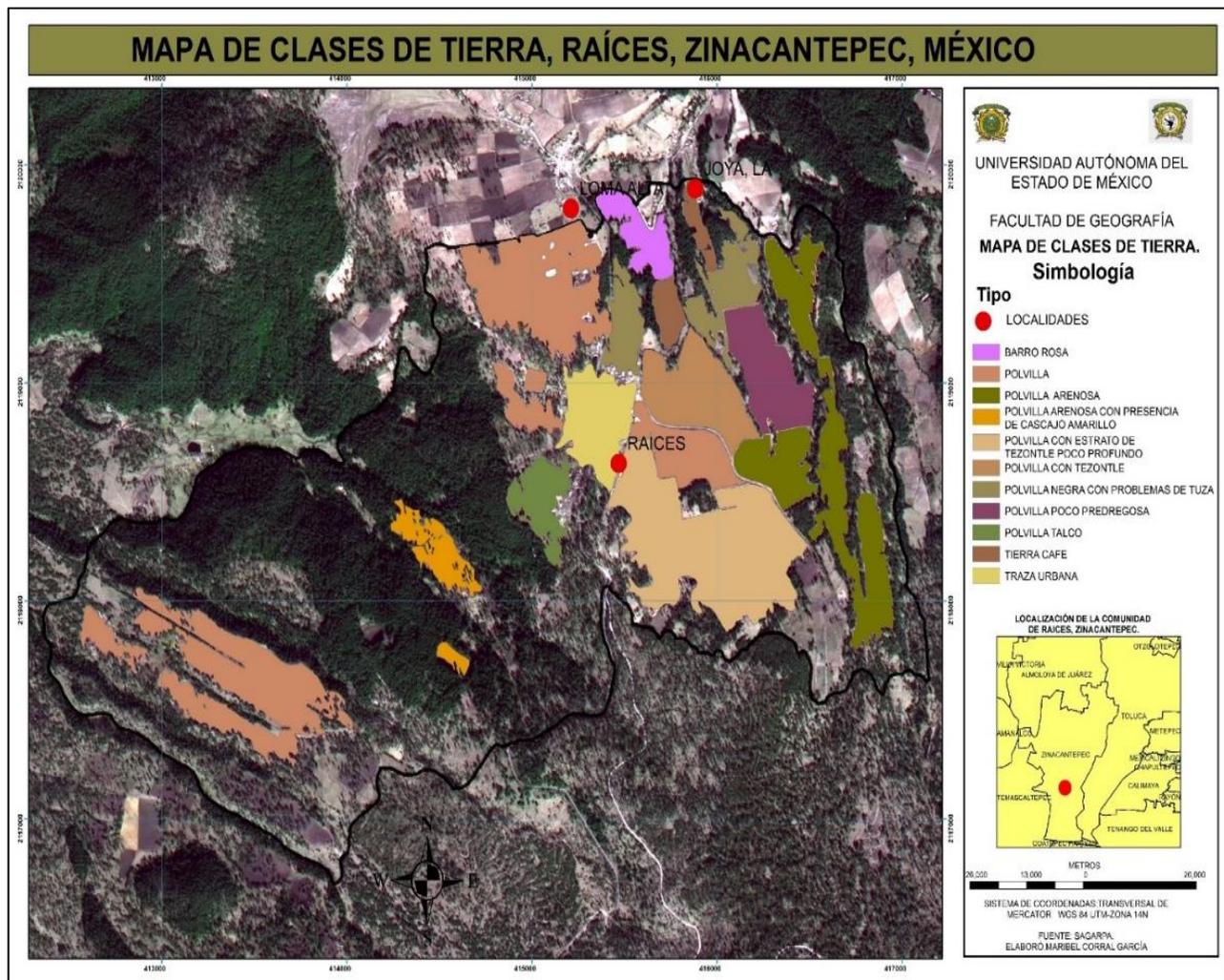


Figura 11.0 Mapa de localización de Tierras de la Comunidad de Raíces, Zinacantepec.



La figura 1.0 (Mapa de localización de tierras de la Comunidad de Raíces, Zinacantepec), muestra la clasificación de las tierras de acuerdo a lo que los informantes de la comunidad de Raíces describieron, generalmente se trata de polvillas pero ellos fragmentan esta clase de polvilla generalizada como: polvilla arenosa, polvilla con estrato de tezontle poco profundo, polvilla talco, simplemente polvila, entre otras, mencionaban que no pueden generalizarse quedando solo la clase polvilla ya que afirman que aun tratándose de polvillas se trata de diferentes características y diferentes rendimientos.

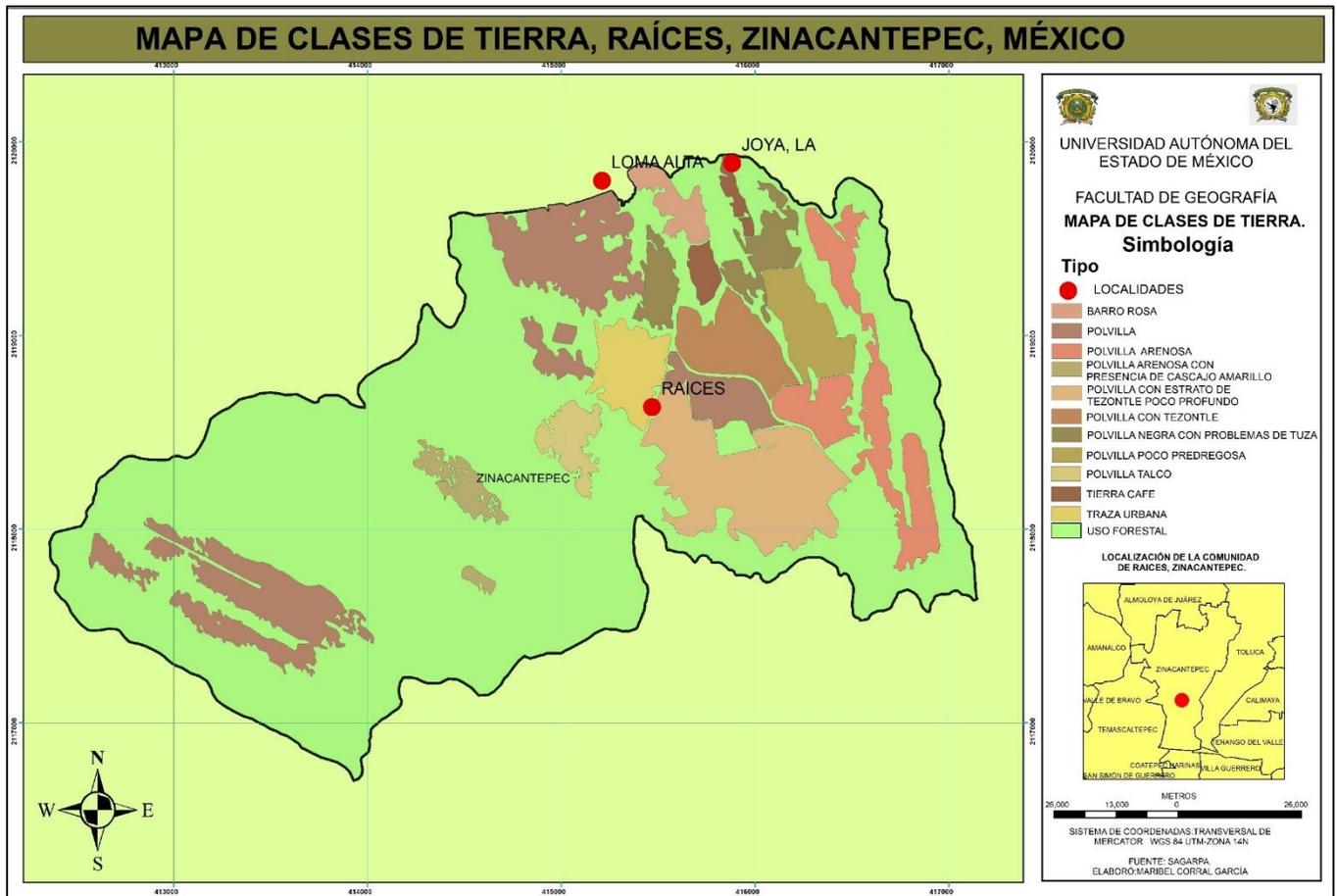


Figura 12.0 Mapa final de clases de tierra



El mapa final *ver Figura 12.0* muestra las diferentes clases de tierra, se indica la localización de la comunidad, se puede observar que loma alta y la joya son las comunidades más cercanas a la zona de estudio, de hecho hay cierta incertidumbre por parte de los agricultores ya que no tienen muy claro los límites entre de loma alta y Raíces, pues aseguran que sus terrenos están ubicados en las dos comunidades lo que les causa cierta confusión.

Con forme se hacían los recorridos se observaba un ambiente de trabajo de los agricultores, se preparaban para las cosechas y esperaban tener los rendimientos buscados, a ellos también se les pedía describir sus terrenos para retroalimentar la información que los informantes generaban *ver ilustración 13.0*

La información sobre cada una de las clases identificadas en campo se recopiló se organizó de acuerdo a las características, usos, plagas, recomendaciones entre otros quedando como resultado el *cuadro 1.0*



Conforme a la información formal que maneja el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en su carta edafológica, se encuentran Andosoles húmicos en la localidad de Raíces, estos suelos son volcánicos, que se forman sobre cenizas y vidrios volcánicos, así como a partir de otros materiales piroclásticos. Cuando son jóvenes atesoran colores oscuros como las polvillas encontradas en la zona de estudio, por lo que las hace altamente porosas, ligeras, permeables, de buena estructura y fáciles de trabar. Su fertilidad es considerable ya que se trata de suelos muy aptos para la agricultura si las condiciones del relieve lo permiten, su ubicación se circunscribe generalmente a las regiones con vulcanismo activo o no muy antiguo por lo que se encuentran en relieves ondulados a montañosos, con un amplio rango de tipos de vegetación. Para los informantes los Andosoles que se encuentran en la zona generalmente son fértiles solo que ellos asignan un peso cualitativo, hay tierras que son poco fértiles (Barro Rosa), otras son medianamente fértiles (Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo ó Polvilla Pedregosa) y altamente fértiles (Polvilla Talco y Polvilla Arenosa) *Ver cuadro 1.0*, la fertilidad depende de los productos cosechados, el informante comenta *“si la cantidad de tubérculos (papa) cosechada es alrededor de 15 a 20 toneladas por hectárea se considera una tierra fértil”*, otro criterio de fertilidad que ellos mencionan es el tamaño de la papa, *“si es grande entonces la tierra es fértil”* ya que la calidad del producto es importante para que la puedan vender más cara y así mismo generan más ganancias.



CUADRO 1.0 CRITERIOS DE DIFERENCIACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CLASES DE TIERRA EN LA LOCALIDAD DE RAÍCES

CLASE DE TIERRA	CRITERIO DE DIFERENCIACIÓN	CARACTERÍSTICAS	USO	RECOMENDACIONES DE USO Y MANEJO	PLAGAS	GRADO DE FERTILIDAD
BARRO ROSA	Color rosa y con puntos blancos que se interpretan como arenas	Es color rosa, presenta humedad y es casi todo el año, blanda y es muy resbaladiza, no sirve para cultivar.	Pastizal de uso ganadero	No es apta para la agricultura sin embargo se encuentra en puntos muy específicos en algunas parcelas	Nulo	Poco fértil ya que tiene el aspecto chicloso y es muy difícil trabajarla cuando está húmeda
POLVILLA	Color negro y textura	Es muy blanda, "noble" para trabajarla, con agua se hace lodo muy negro es muy fértil	Agricultura y ganadería.	Es apta para la siembra porque es muy blanda pero en épocas de lluvia es lodosa y se recomienda trabajarla un poco húmeda.	Tizón negro, nemato dorado	Fértil pero es muy polvosa y tiende a hacerse lodo, da frutos de tamaño grande y en cantidades favorables.
POLVILLA ARENOSA	Color, porosidad	Presenta grumos como si fuera arena, es fértil, se trabaja muy bien estando seca o húmeda	Agricultura (avena)	Requiere de más abonos como estiércol, es fértil	Nemato dorado	Es muy fértil ya que su aspecto en estado húmedo y seco es favorable para trabajarla tierra y da muy buenas cosechas.
POLVILLA CON ESTRATO DE TEZONTLE POCO PROFUNDO	El tamaño de la capa de polvilla es muy reducido y la presencia de tezontle amarillento aparece a partir de los 30 cm.	Se localiza cerca del bosque, es fértil pero a poca profundidad no es tan fértil.	Agricultura (papa y avena)	No se puede trabajar a más de 50 cm de profundidad por la capa de tezontle pero es fértil	Gallina ciega	Es medianamente fértil ya que la capa que presenta de tezontle impide el crecimiento del producto y a consecuencia se cosechan frutos de tamaños medios.
POLVILLA CON TEZONTLE	Polvilla con grumos de tezontle amarillento	Es fértil no hay problema con los niveles de humedad, es más dura y se puede apretar fácilmente	Avena y papa	Se recomienda trabajarla días antes de la siembra para que no se apriete y ahogue la semilla	Gallina ciega, nemato dorado	Es fértil ya que cada año se ven los mismos tamaños de los productos y las mismas cantidades.
POLVILLA NEGRA CON PROBLEMAS DE TUZA	Color negro	Es muy fértil pero la presencia de muchas madrigueras de tuza afecta al cultivo porque es devorado por estos animales, es profunda y con humedad es más fácil trabajarla.	Avena y papa	Se recomienda usar estiércol y algún químico que aleje a las tuzas	Tuza blanca y tizón negro	Muy fértil, se observan muy buenas cosechas en cuanto al tamaño del producto, pero la calidad es media ya que la tuza muerde los frutos.
POLVILLA PEDREGOSA	Color negro y piedras que van de los 3cm a los 5 cm de diámetro	Presenta miembros rocosos pero no es en gran cantidad, puede haber problemas de que se apriete mucha la tierra e impida el crecimiento de la planta.	Avena y papa	Se recomiendan fertilizantes para evitar en nemato dorado, el manejo de la yunta	Nemato dorado	Medianamente fértil ya que el tamaño de los frutos no es muy grande a comparación de los cultivos cercanos a la zona boscosa.
POLVILLA TALCO	Color negro y textura tipo talco	Es muy difícil de trabajar cuando está muy seca porque es muy suelta y suele ser muy con viento puede ser molesto, es fértil, es extremadamente blanda.	Avena y papa	Se recomienda trabajarla húmeda y dejar descansar un año el terreno sembrando avena en caso de que fuera papa el cultivo presente.	Nemato dorado, tizón negro, gallina ciega	Muy fértil, produce buenas cosechas en cuanto a calidad y cantidad.
TIERRA CAFÉ	Color café y textura blanda, porosa.	Se localiza más cercana a la zona de bosque es muy blanda, y se trabaja fácilmente si presenta humedad favorece el trabajo. Es muy fértil.	Avena y papa	Se recomienda usarla como abono para platas ya que es muy rica en materia orgánica.	Gallina ciega	Fértil presenta buen tamaño de productos pero la cantidad de ellos no resulta ser muy favorable.
POLVILLA ARENOSA CON PRESENCIA DE CASCAJO AMARILLO	Color negro, con presencia de cascajo amarillo textura granulosa.	Presenta cascajo amarillo en rodales de 1 a 5 cm de diámetro, no hay estrato de cascajo definido, ya que presenta un aspecto de revoltura.	Avena y papa	Se recomienda trabajarla cuando esta húmeda ya que se presta para revolverla y es más blanda.	Tizón negro	Medianamente fértil, en cuestión de cantidad es buena pero la calidad de los productos es media en cuanto a su tamaño.

Fuente: Informantes, resultados de entrevistas en recorridos de campo.



Las tierras poco fértiles son descritas por la poca cantidad de producto cosechado, se considera que una cosecha de alrededor de 5 a 8 toneladas es deficiente ya que esperan por lo mínimo sacar 10 toneladas por hectárea de terreno, si el tamaño de producto es pequeño, y deforme también es considerada tierra poco fértil, cabe destacar que pocos agricultores siembran una especie de papa pequeña que ellos las llaman “gigantes”, estas tardan menos en cosecharse que los tubérculos de tamaño normal, entonces de cierta manera el tamaño en esta especie de papa no es un criterio de fertilidad, los agricultores que prefieren sembrar este tipo de cultivo, pues consideran que entre más cantidad de cosecha, más fértil es la tierra y en ocasiones pueden sembrarla dos o tres veces por año. Para ellos todas las clases de tierra señaladas son fértiles pero unas son más que otras, también mencionan que hay que reforzar las cosechas con fertilizantes naturales o químicos ya que estas son fuentes que aseguran una buena recolección de producto por año y al mismo tiempo previenen las plagas.

4.2 ANÁLISIS DE ENTREVISTA CON LOS INFORMANTES

El *cuadro 1.0* muestra las 10 clases finales de tierra identificadas, descritas cualitativamente, estas clases son calificadas por su nivel de fertilidad mediante la visión del campesino, en una tabla de cuatro niveles de identificación, se clasificaran las tierras en, muy fértiles, fértiles, medianamente fértiles y poco fértiles, el agricultor describe su grado de fertilidad de acuerdo a su conocimiento local y menciona sus características, el grupo reconocido como tierras muy fértiles corresponden a: Polvilla Arenosa, Polvilla con Problemas de Tuza, y Polvilla Talco se trata de suelos que generan buenas cosechas, suelen ser muy blandos, la calidad de los productos es buena, hay que suministrarles estiércoles para obtener



mejores rendimientos, las clases de Polvilla y Polvilla con tezontle pertenecen al grupo de tierras fértiles, se consideran blandas, polvosas, son poco difíciles de trabajar en estado seco por que suelen ser muy sueltas, en estado muy húmedo se pueden apretar y presentan buenas cosechas en cuanto al tamaño y cantidad, el grupo de las medianamente fértiles está conformado por: Tierra Café, Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo *ver ilustración 11.0*, Polvilla Pedregosa y Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo, estas clases son porosas y blandas, fértiles pero la presencia de elementos granulares impide el crecimiento de los tubérculos ocasionando tamaños medianos, son de textura granulosa lo que hace que el terreno tienda a apretarse, los cultivos encontrados en este tipo de tierras se exponen a que las plantas tengan límites de exploración al suelo generando tamaños pequeños y poca cantidad de elementos cosechados y finalmente el grupo de las tierras poco fértiles la conforma únicamente el Barro Rosa, esta es resbaladiza no es apta para la agricultura, los pocos pastos encontrados en esta clase de tierra son utilizados para potreros.

Analizando el *cuadro 1.0* se presentan 10 clases de tierra, de estas se expone un criterio de diferenciación, que se realiza con comparaciones, utilizando términos descriptivos como “con” o “sin”, “forma” o “no forma”, “tiene” o “no tiene”, “fácil” o “difícil”, “sirve” o “no sirve”, entre otros, notándose que los agricultores principalmente hacen este reconocimiento por medio del color que perciben en sus tierras, la mayoría son negras como las “Polvillas” otras rosas como el “Barro Rosa”, otros las diferencian por su textura, se hayan tierras porosas como la “Polvilla Arenosa”, o bien grumosa o pedregosa como la clase “Polvilla con



Tezontle” y finalmente unos más las describen como tierras talcosas, blandas y granulosas, tal es el caso de la clase “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo”, el agricultor platicaba acerca del manejo y características de sus tierras, las describían por lo que conocían y percibían, las diferenciaban de acuerdo a su dificultad de trabajarlas por lo que manifestaban que eran blandas, poco profundas pero con cierto grado de humedad lo que facilita su trabajo, así mismo mencionaban recomendaciones de uso y manejo, los informantes hablan de la utilización de abonos como el estiércol y la gallinaza para la fertilización de las tierras o bien algún químico que refuerce los cultivos, se considera que la humedad es un factor importante ya que favorece la época de siembra lo que permite que la tierra no se apriete para que la semilla no se ahogue, en general ellos perciben que se trata de suelos fértiles pero con limitantes como la presencia de tuzas ya que muerden el producto, las capas de tezontle impiden el crecimiento del producto sembrado, es importante recalcar que los nombres de las clases de tierras no se refieren a un atributo simple, sino son categorías multidimensionales, y la diferenciación se hace con base en comparaciones ya que los campesinos también evalúan las tierras y establecen el uso más adecuado y recomiendan, con seguridad, para que sirven, todo este conocimiento tradicional que tiene el agricultor sobre sus tierras incluye a su vez una observación continua, o monitoreo constante del suelo lo que hace que este conocimiento tradicional sea intuitivo, practico y holístico, de esta manera se hace más fácil entender que los informantes que viven y trabajan en el campo tienen un conocimiento muy completo del comportamiento de sus tierras, su calidad, límites y alcances por lo que considero que el conocimiento campesino se hace practico y simbólico, algo



curioso pero menos importante es que los campesinos no están familiarizados con el término “suelo”, el término “suelo” es entendido por “piso”, es a lo que ellos le llaman simplemente tierra, esto da a entender que el campesino se enfoca y se interesa solo por la capa arable del suelo que no es mayor a la 30 cm de profundidad, reconoce las características presentes del suelo a esta profundidad además, incluye la observación continua o monitoreo de sus tierras a través de la práctica constante del cultivo de papa y avena, no se debe dejar pasar por alto que el nombre es sólo la etiqueta de un objeto que el productor entiende y que posee múltiples significados, generalmente, un campesino tiene su parcela a una distancia determinada de su hogar; este hecho hace que en su recorrido diario a ésta, observe y compare otras parcelas con la suya. Este proceso no lo realiza una sola vez, sino durante todo el ciclo, dándole una perspectiva temporal, histórica y espacial, los propios campesinos indican que el conocimiento que se posee de la tierra no depende de la edad del campesino, sino que lo importante es el arraigo a la tierra, mencionan las características de la tierra como tipo de clases de tierras, por lo que se puede decir que el método para la generación del conocimiento local se basa en la observación y en la comparación de clases de tierra a través del tiempo.



4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD DE RAÍCES.

1. COMPORTAMIENTO DEL pH EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC

El *cuadro 2.0* de resultados de laboratorio muestra que, las clases de tierra identificadas tienen un pH fuertemente ácido y moderadamente ácido, un pH por debajo de 5.5 sugiere estrechamente la ocurrencia de aluminio intercambiable y/o exceso de manganeso.

En el caso de Raíces, se presentan suelos ácidos, esta acidificación es un proceso natural causado por parámetros principales, como, la descomposición de materia orgánica del suelo, los desechos de animales y plantas que mueren sobre el suelo dando lugar a la formación de humus y por consecuencia de su descomposición constante se convierten en proteínas, azúcares y ácidos orgánicos que intervienen en el nivel de pH del suelo, también por el uso excesivo de agroquímicos, los valores de pH reportados en cada una de las clases de tierra indican que se trata de suelos ácidos pero son favorables para los cultivos de la zona de Raíces ya que el rango del pH deseable en los sembradíos de papa *Ver Ilustración 1.0* es de 5.0 a 6.2 y para el caso de la avena un pH óptimo de suelo es entre 5.5 y 5.9, con esta condición las clases de tierra más favorables para la actividad agrícola de acuerdo al nivel de pH son: Polvilla con Tezontle, Polvilla Talco y Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo, se encuentran dentro de los rangos favorables para el desarrollo de los cultivos presentes en la comunidad, esta condición puede interpretarse como una ventaja para el



crecimiento de la planta ya que los cultivos demandan este tipo de suelo entonces el agricultor no identificará un problema de fertilidad con el nivel de pH.

En términos de productividad el pH del suelo empieza a afectar el rendimiento a medida que se reduce por debajo de 6.0, para el caso de Raíces todas las clases de tierra identificadas están por debajo de este nivel, esto puede ocasionar pocos problemas de fertilidad en las clases de tierra, como es el caso de Polvilla y Polvilla Negra con Problemas de Tuza, reflejados en la reducción de cosechas en términos de cantidad, estos Andosoles ácidos presentes en la zona de estudio pueden tener niveles bajos de aluminio a consecuencia de esto tienden a perder cantidades sustanciales de calcio, magnesio y potasio que son elementos esenciales para los cultivos y son requeridos por ellos en grandes cantidades, ya que la disponibilidad de nutrientes para la planta depende muchas veces de los valores de pH, por otro lado un nivel de pH bajo como los que reportan las clases de: Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo, Polvilla Arenosa, Polvilla, Tierra Café y Polvilla Negra con Problemas de Tuza, pueden tener niveles de Fósforo (P), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca) menos disponibles para los cultivos, pero otros elementos como el Aluminio (Al), el fierro (Fe) y el Manganeseo (Mn) pueden alcanzar niveles que pueden ser tóxicos. Por lo tanto, el conocimiento del pH del suelo es esencial para lograr una producción de máxima eficiencia.



Ilustración 1.0 Sembrados de Papa.

El pH de estas clases de tierra también depende de diversos factores, como la estación del año, las muestras fueron tomadas en otoño-invierno, las prácticas de cultivos como la forma de sembrar y la aplicación de estiércoles también puede alterar el pH, los procesos de lavado eliminan bases del suelo y por tanto con el tiempo tienden a provocar un descenso de pH, la vegetación tiene también influencia compleja sobre el pH del suelo puesto que produce M.O y además porque influye en el proceso de lavado, la adición al suelo de M.O degradable da lugar a la formación de ácidos orgánicos que aumentan la capacidad de intercambio de cationes.



El pH reportado en las clases de suelo influye en las tasas de liberación de nutrientes por meteorización, en la solubilidad de todos los materiales del suelo y en la cantidad de los iones nutritivos almacenados en los sitios de intercambio catiónico, el pH es pues una buena orientación para predecir cuales son los nutrientes que pueden encontrarse en estado deficitario.

Fuente: Troug, 1946.

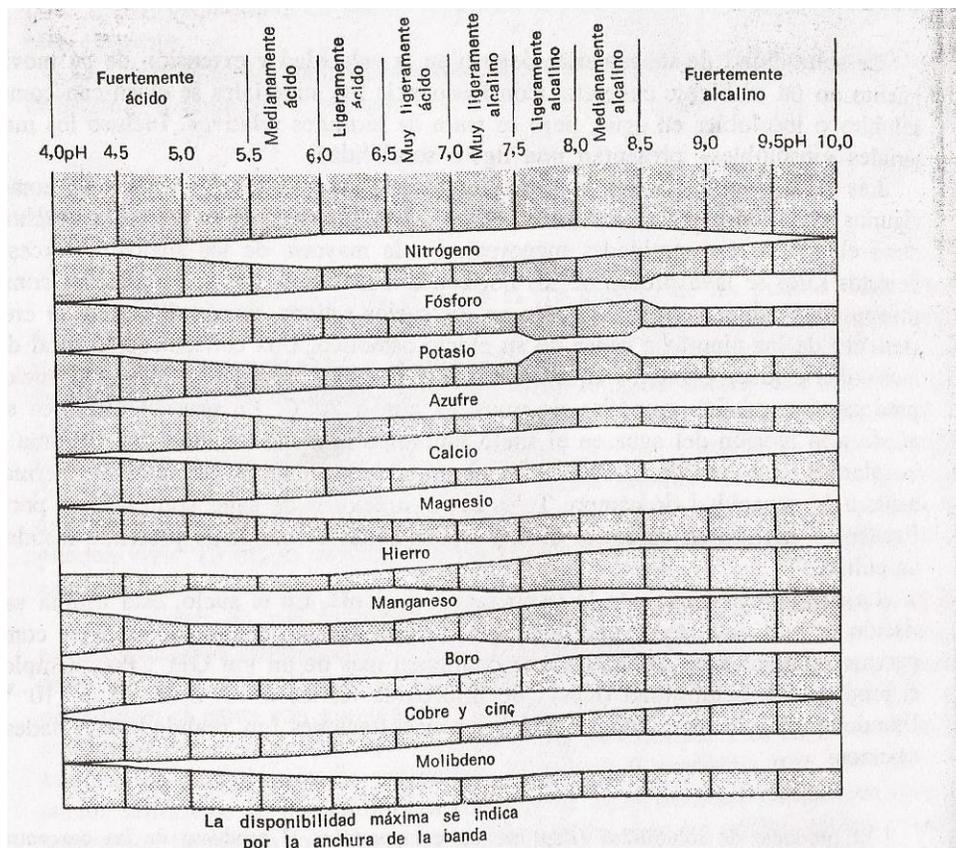


Figura 13.0 Representación esquemática de la relación entre disponibilidad de los principales nutrientes de los cultivos y la relación del suelo.

Según Troug (1946), en la figura 13.0 muestra las probabilidades relativas de deficiencia para cada nutriente a diferente nivel de pH, por ejemplo las clases de tierra identificadas están entre el rango 3.8 y 5.6 de acuerdo a Troug se presentan deficiencias de Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio y Magnesio, algunas como las



“Polvillas” tienen buen nivel de Nitrógeno, pero los niveles de calcio son muy bajos, los niveles de Potasio difieren en cada clase, esto depende de sus características definidas al momento de su descripción y de los resultados del laboratorio, este análisis permite saber la disponibilidad de elementos en cada clase para poder fortalecer el elemento carente.

2. COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD APARENTE EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC

En el *cuadro 2.0* se expresa el nivel de la densidad de cada una de las clases de tierra identificadas por los informantes, todas ellas se encuentran por debajo de 1.19 g.cm^{-1} lo cual indican ser suelos arcillosos o suelos orgánicos de origen volcánico, estos niveles de Densidad reportados favorecen la conductividad hidráulica, la aireación del suelo y por consiguiente se da un buen desarrollo radicular del cultivo, además de que promueve la asimilación de K en las plantas, por lo que se trata de tierras fértiles, que ayudan a la retención de agua, fáciles de labrar y tienen una buena capacidad para el enraizamiento de los cultivos.

Esta consistencia de las clases de tierra identificadas en Raíces, constituye una propiedad muy importante para la agricultura pues es esencial que tenga una adecuada densidad para poder cultivar, si es demasiado seco o duro los cultivos se someten a esfuerzos excesivos, o bien si son suelos demasiado húmedos y pegajosos los cultivos pueden encharcarse lo que provoca condiciones desfavorables, por lo que la consistencia de las clases corresponde a suelos esponjosos y friables, con poca cohesión ya que se desmoronan entre los dedos



con facilidad, son suelos sueltos porque hay presencia de granos individuales o agregados y son suaves, *Ver ilustración 2.0* todas estas condiciones favorecen un buen desarrollo de los cultivos, dándoles la oportunidad de desarrollarse ampliamente sin ser sometidos a circunstancias extremas como la dureza o sequedad que puedan intervenir en los rendimientos de las cosechas tanto en producción total y en calidad, es posible que muestren diferentes tamaños de partículas debido principalmente a la variación del contenido de Materia Orgánica, ya que por lo general los horizontes superficiales presentan contenidos variables de Materia Orgánica, esta parte es un punto a favor de la evaluación sobre el nivel de fertilidad que tienen los suelos de Raíces, Zinacantepec.



Ilustración 2.0: Suelos sueltos y suaves en la comunidad de Raíces.



3. COMPORTAMIENTO DE LA TEXTURA EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC

En el *cuadro 2.0* Se muestran los valores de arena, limo y arcilla en cada una de las clases, notándose que todas tienen un valor arriba del 50% de arenas y bajo contenido de arcillas, entendiéndose que este tipo de texturas englobadas en un grupo y con el uso del triángulo de texturas pertenecen a: areno francas y franco arenosas, se trata de suelos que no se pegan en los dedos, no se moldean como una masa y sus partículas individuales son visibles, son tierras sueltas y friables cuando están húmedas, lo que las hace de fácil labranza, así mismo puede tratarse de suelos con media capacidad para retener nutrimentos y agua, la alta proporción de poros grandes y el bajo contenido de arcillas podrían facilitar la pérdida de nutrientes, principalmente de nitrógeno.

El tipo textural también tiene importancia en relación con el tipo de cultivo. La mayor parte de los cultivos funcionan bien en todos los tipos texturales, existen cultivos que prefieren ciertas texturas más que otras, por ejemplo los cultivos de tubérculos como la papa en Raíces Zinacantepec, tienden a presentar deformaciones en el tubérculo en suelos con un nivel alto en contenido de arcilla, en este caso es favorable que la textura de las clases encontradas sea gruesa pues permite un buen desarrollo de los tubérculos facilita el crecimiento de la planta considerándose como suelos fértiles de textura gruesa, estos no apretarán la semilla a la hora de la siembra y permitirán su buen desarrollo hasta el día de la cosecha, brindándoles espacio suficiente para que el cultivo crezca y se desarrolle



ampliamente, las partículas más grandes generalmente la arena reportada en estas clases de tierra constituyen el esqueleto del suelo, a ellas se debe la mayor parte de su peso y ayudan a conseguir una buena aireación y permeabilidad, estos suelos ricos en arena gruesa suelen ser capaces de soportar grandes pesos con escasa compactación, los suelos arenosos de Raíces generalmente son permeables al aire, al agua, pero pueden presentar dos limitantes, la primera su bajo poder de retención de agua y la segunda la probabilidad de su poca capacidad de almacenamiento de nutrientes como ya se comentaba anteriormente.

4. COMPORTAMIENTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC

El contenido de materia orgánica (M.O) del suelo es probablemente una de las principales características para poder evaluar la fertilidad del suelo, esta propiedad se asocia con la liberación de nitrógeno, fosforo y azufre en cuyos ciclos juega un papel importante, la M.O es la principal variable que afecta las propiedades físicas del suelo. Intervienen principalmente los desechos de restos de plantas y animales ya que estos vuelven al suelo y son procesados por los insectos como pueden ser lombrices, hongos y bacterias, estos organismos inician el proceso de masticando del material, digiriendo parte de él y desmenuzando el resto, la descomposición solo es una de las muchas funciones desarrolladas por la vida animal y vegetal en el suelo, estos restos de plantas son el material de origen a partir del cual se forma el humus, parte de esta descomposición a veces libera nitrógeno, la condición básica para ello es la existencia de un material orgánico, la extracción de agua por



las plantas reduce mucho la intensidad del lavado y en consecuencia ayuda a mantener la fertilidad del suelo, incluso los nutrientes arrastrados hacia las zonas profundas por percolación pueden ser absorbidos por las raíces y devueltos a la superficie a través de la planta. En el *cuadro 2.0* se pueden observar que la mayoría de las clases de tierra tienen un alto contenido de M.O, todas ellas presentan niveles favorables de M.O disponible para los cultivos, estos suelos con alto contenido de M.O tienden a presentar mayor conductividad hidráulica, mayor porosidad, media densidad aparente y menor compactación, lo que refleja ser un medio ambiente propicio para la penetración radicular y por ende una alta fertilidad natural en estas clases de tierra identificadas, ya que la mayor parte de los tubérculos y raíces de los cultivos de avena se concentran en unos pocos centímetros superficiales, por lo que esa zona es también la más rica en materia orgánica *Ver ilustración 3.0* esto es una ventaja ya que la M.O está más disponible para las plantaciones, en las capas superiores hay una mayor descompactación de desechos animales y vegetales, entonces el aporte de M.O es también mayor, la aireación es más adecuada que en los horizontes inferiores, los cambios de vegetación que se han observado en la zona de estudio de Forestal a agrícola también modifican las pautas de acumulación de M.O, pocos centímetros de suelo reciben también más M.O por la caída de las hojas de los árboles y por las ramas que se desprenden debido a los daños causados por los animales.



Ilustración 3.0 Materia orgánica presente en los cultivos de papa.

Para poder hacer una relación de M.O sobre densidad aparente es importante recalcar que la densidad aparente es fuertemente afectada por la textura del suelo, los suelos de textura gruesa como los de Raíces presentan siempre mayor densidad aparente que los de textura fina, o bien, a mayor contenido de M.O presentan mayor densidad aparente y por ende mayor porosidad, lo cual favorece el ambiente para el desarrollo de los tubérculos, el efecto benéfico de la M.O sobre la disminución de la Densidad Aparente del suelo se magnifica en suelos con menor contenido de arcilla, este efecto de M.O sobre la Da (Densidad Aparente) beneficia el crecimiento radicular y el desarrollo de los cultivos así mismo favorece la absorción del agua por medio de los tubérculos y por ende el rendimiento del



cultivo., también los suelos con un buen nivel de M.O, tienden a reducir la velocidad de evaporación.

La presencia de M.O en las clases de tierra presentes *ver cuadro 2.0* es una fuente de nutrimentos tales como Nitrógeno (N), Fosforo (P) y también funciona como fuente de carbono en los suelos Andosoles, entre más alto sea el nivel de M.O presente en cada una de las clases de tierra, la inoculación con microorganismos tiende a ser favorable pues pueden colonizar más rápidamente el suelo, y favorece la fijación asociativa de Nitrógeno llevada a cabo por bacterias de género *Azotobacter*, estas deben su capacidad de fijación de Nitrógeno a la disponibilidad de Carbono orgánico. El clima también interviene en el contenido de M.O, las heladas invernales reportadas en la comunidad de Raíces tienden a preservar la M.O del suelo, bloqueando la actividad microbiana, este efecto preservador sobrepasa el descenso del crecimiento anual de la vegetación asociado a las temperaturas más bajas, el contenido de M.O sigue aumentando incluso donde la temperatura media anual está por debajo de cero.

La aplicación de M.O fresca o de reciente formación e incorporada al suelo tiende a presentar niveles muy altos de descomposición durante el primer año, los cuales en el caso de los estiércoles implementados en Raíces, la descomposición va del 60 al 70% en el primer año, mientras que el segundo año la tasa de descomposición se reduce de 5 al 10% y en el tercer año se reduce de 4 al 5 %, a medida que pasa el tiempo la tasa de descomposición se va reduciendo hasta llegar al nivel de descomposición del humus o M.O nativa del suelo, los sistemas de labranza intensiva tienden a presentar altas tasas de mineralización de la M.O,



también el clima es un factor importante en la interpretación del nivel de M.O ya que en lugares con temperaturas bajas como el caso de Raíces se ve reducida la tasa de mineralización, en relación con la Textura los suelos de textura gruesa como los Andosoles ubicados en Raíces, tienden a presentar menores contenidos de M.O que los de Textura fina, las clases “Polvilla poco Pedregosa”, “Tierra Café”, “Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo” y “Polvilla” son las más ricas en M.O, esto se debe a que el nivel de sus arcillas protegen la M.O de ataques microbianos, reducen sus tasas de descomposición y mineralización, las clases “Polvilla Arenosa”, “Polvilla con Tezontle” y “Polvilla Talco” tienen niveles medios de M.O, estos niveles favorecen el desarrollo de los cultivos, son reconocidas por los agricultores como fértiles, presentan sus limitantes como la “Polvilla con Tezontle” debido a la presencia de gránulos que pueden impedir el desarrollo normal del tubérculo, finalmente las que menos cantidad de M.O tienen son “Barro Rosa”, “Polvilla Negra con Problemas de Tuza” y “Polvilla Arenosa con presencia de Cascajo Amarillo”.

Según Castellanos *et al.* (2000) menciona que para incrementar los niveles de M.O a un mediano plazo es conforme la estrategia de labranza de conservación, la cual consiste en no labrar el suelo, dejando los residuos de cultivo en la superficie, no se barbecha ni se rastrea el suelo, con lo que se minimiza la actividad microbiana y en pocos años se puede incrementar el nivel de M.O particularmente en el estrato superficial del suelo, cabe recalcar que el uso de los estiércoles u otros materiales, produce un incremento inmediato de M.O en el suelo pero su permanencia es muy corta. Por lo que se puede concluir que a mayor nivel de M.O



mayor será la fertilidad de las clases de tierra por la disponibilidad de nutrimentos que requieren los cultivos para poder dar buenas cosechas.

CUADRO 4.0.- COMPOSICIÓN DE LOS ESTIÉRCOLES DE BOVINO Y GALLINAZA EN BASE SECA, AL MOMENTO DE SU APLICACIÓN AL SUELO EN TERRENOS PRODUCTORES (CASTELLANOS, 2000 A).				
NUTRIMENTO	ESTIÉRCOL BOVINO		GALLINAZA	
	RANGO	PROMEDIO	RANGO	PROMEDIO
KG DE NUTRIMENTO POR TONELADA SECA DE ABONO				
Nitrógeno	9.1-24.4	14.2	26-46.5	34.7
Fosforo	9.4-18.8	11.7	27.5-73.4	24.4
Potasio	17.9-47.8	34.1	13.1-36.8	20.9
Calcio	23.4-56.5	36.8	27.0-88.1	61.2
Magnesio	4.5-10.4	7.1	5.0-10.3	8.3
Sodio	2.5-7.5	5.1	3.0-7.9	5.6
Sales solubles	32.0-91.0	50.0	42.0-83.0	56.0
Materia Orgánica	270-620	510	570-850	700

Fuente: Manual de Interpretación de Análisis de suelos y aguas.

Hoy en día existe un interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar los suelos, este interés proviene de un intento por regresar a los sistemas naturales la fertilidad de estos a través de la agricultura Orgánica para poder mejorar la fertilidad utilizando abonos orgánicos como el estiércol bovino y gallinaza que son los más comunes en la comunidad de Raíces, estas formas de fertilización pretenden mejorar el cultivo en cuanto al tamaño de los productos cosechados, por lo que se ha incrementado el uso de estas fuentes orgánicas, ya que el agricultor no tiene conocimiento exacto del modo de aplicación y de la cantidad requerida de estos abonos, en el *cuadro 4.0* se presentan los contenidos nutrimentales que aportan y la cantidad necesaria por hectárea de terreno.



Al aplicar abonos al suelo se inicia su proceso de liberación nutrimental y la disponibilidad de nutrimentos es similar al de las fuentes orgánicas excepto para el nitrógeno, en cuyo caso pasa por un proceso de mineralización de pérdidas lo que disminuye su disponibilidad, la gallinaza fresca presenta mayores concentraciones de nitrógeno y las mayores tasas de disponibilidad en el corto plazo y le sigue en este sentido el estiércol de puerco y posteriormente los estiércoles de bovino y ganado de engorda, de acuerdo a su concentración de nitrógeno y de su estado de descomposición, entre más frescos se usan estos desechos, presentan mayor concentración de Nitrógeno y este nutrimento es más disponible, esto hace que la fertilidad de las clases de tierra sea mayor.

Los estiércoles compostados presentan más baja concentración de nitrógeno y menores tasas de mineralización del nutrimento debido a que las formas de este nutrimento se encuentran más estables formando moléculas más complejas, tales como lignoproteínas y compuestos fenólicos que resisten más el ataque microbiano. Como propuesta a este asunto sobre la fertilidad de suelos Andosoles de la comunidad de Raíces en el *cuadro 5.0* se indican las cantidades de abono que se deben agregar al suelo en función de la concentración de Nitrógeno para suministrar 100 kg de N cada año (Castellanos *et al* 2000).

**CUADRO 5.0 .- CANTIDADES REQUERIDAS DE ESTIÉRCOL DE BOVINO O GALLINAZA EN BASE SECA, PARA SUMINISTRAR 100 KG ANUALES DE NITRÓGENO**

PERIODO DE TIEMPO (AÑOS)	CONTENIDO DE NITROGENO DEL ABONO ORGANICO, % (BASE SECA).						
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
	t/ha						
1	61.4	26.4	15.0	9.6	6.7	5.0	3.8
2	43.2	20.5	12.4	8.1	6.1	4.7	3.8
3	35.2	17.5	10.9	7.5	5.6	4.5	3.8
4	30.5	15.7	10	7.1	5.4	4.3	3.5
5	27.2	14.4	9.4	6.7	5.2	4.2	3.5
10	19.2	11.2	7.9	5.9	4.8	4.0	3.5
15	15.6	9.6	7.1	5.5	4.3	3.7	3.2

Fuente: Manual de Interpretación de Análisis de suelos y aguas.

Las dosis de abono van reduciéndose a través del tiempo debido al aporte de nitrógeno de las aplicaciones de los años anteriores, los datos sirven de guía para los agricultores de la comunidad de Raíces que utilizan esta fuente de Nitrógeno para sus cultivos durante un largo plazo y es también aplicable en forma general a otros abonos orgánicos de similar la concentración de Nitrógeno. Las clases de tierra identificadas en la zona de estudio tienen alto nivel de M.O, esto las hace fértiles, y eficientes para el tipo de cultivos presentes, pero es útil y de gran importancia tratarlas con el modo y método más eficaz considerado por los agricultores, para ellos se les hace más fácil, utilizar estiércoles por cada temporada ya que asegura en gran parte una buena cosecha, su percepción hasta este punto de la investigación, sobre la buena fertilidad de sus tierras ha sido en buena parte afirmada con los resultados de los análisis, ya que los resultados coinciden con lo que ellos perciben sobre el funcionamiento de sus parcelas.



5. COMPORTAMIENTO DEL NITRÓGENO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC

El Nitrógeno (N) disponible en las clases de tierra va de un niveles medios a muy altos, lo que parece ser un buen indicador de su fertilidad por que suele ser uno de los factores limitantes para que un agroecosistema pueda alcanzar elevadas producciones, los niveles de Nitrógeno (N) reportados son adecuados para el buen rendimiento del cultivo ya que gracias él, las plantas pueden producir proteínas y ácidos nucleicos para su crecimiento, de esta manera favorece la fertilización de las tierras por el alto nivel disponible, después de la cosecha queda un remanente de Nitrógeno (N) en el perfil del suelo, proveniente del fertilizante o de la mineralización de los residuos del cultivo anterior, el cual estará disponible para ser utilizado por el nuevo cultivo a establecer, también la textura arenosa de las clases de tierra favorecen en ocasiones la pérdida de Nitrógeno (N) por lixiviación debido a que en ellos la velocidad de infiltración suele ser muy alta y por ende el arrastre de Nitratos, en este caso existe una máxima probabilidad de que haya un lavado y perdida de (N) debido a que se trata de suelos de textura gruesa.

Las clases de tierras con niveles más críticos de Nitrógeno (N) son: “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo”, “Polvilla” *Ver ilustración 4.0*, “Barro Rosa” y “Polvilla Poco Pedregosa” estas pueden presentar colores verdes pálidos en las hojas y en los tallos de los cultivos principalmente el de papa en el próximo periodo de siembra, ya que es un indicador muy claro de la deficiencia de este nutriente, estas clases pueden tener problemas al momento de formar nuevas



células, entonces cualquier reducción de Nitrógeno bloquea los procesos de crecimiento y reproducción, en el caso de la avena, las parcelas se notan de diferentes tamaños cuando se han sembrado en el mismo periodo de tiempo , estas deficiencias de Nitrógeno son una de las diversas causas del crecimiento raquítrico de los cultivos, pues absorben el Nitrógeno siempre que se encuentran en periodo de crecimiento, la cantidad de (N) absorbido por día y por Kg de material vegetal es máxima cuando los cultivos son jóvenes y declina gradualmente con la edad, durante la mayor parte de vida de estas plantaciones la absorción relativa de nitrógeno discurre por encima de la acumulación de M.O, este hecho puede interpretarse en el sentido de que el cultivo necesita disponer de nitrógeno antes de realizar un nuevo crecimiento, además los tubérculos pueden absorber Nitrógeno en exceso cuando este se encuentra disponible y almacenarlo para utilizarlo más tarde cuando lo necesiten ya que la velocidad máxima de absorción de Nitrógeno en términos absolutos suele tener lugar en los primeros estadios del crecimiento activo. La mayoría de los cultivos muestran espectaculares respuestas a las aplicaciones de nitrógeno, es el elemento más ampliamente utilizado como fertilizante en la zona de Raíces, las clases restantes no presentan problemas con la disponibilidad de este nutriente ya que los niveles son muy buenos.



Ilustración 4.0: Polvilla

Cuando el suministro de nitrógeno es insuficiente en los casos de “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo”, “Polvilla”, “Barro Rosa” y “Polvilla Poco Pedregosa”, los cultivos crecen despacio en comparación con los cultivos como “Tierra Café”, “Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo”, “Polvilla Arenosa”, “Polvilla con Tezontle”, “Polvilla Negra con Problemas de Tuza” y “Polvilla Talco” quienes presentan altos contenidos de Nitrógeno, las clases con estado crítico pueden mostrar en el cultivo un aspecto raquítico y pálido como se ha mencionado anteriormente, esta deficiencia de Nitrógeno en las clases de tierra, limita la producción de proteína y de otros materiales esenciales para la generación de nuevas células, en tales condiciones la velocidad del crecimiento deviene muy proporcional con que se suministra el Nitrógeno, el color verde



pálido de los cultivos proviene de la reducción de clorofila, como la clorofila es indispensable para la producción de glúcidos mediante la fotosíntesis, su disminución también tiende a limitar la velocidad de crecimiento, la palidez ocasionada por la deficiencia de Nitrógeno suele ser más pronunciada en las hojas viejas y especialmente a lo largo de las nerviaciones, como no es reemplazada, la clorofila al descomponerse desaparece en esas áreas, se inicia un color pardo amarillento que progresa hacia el interior de la hoja, esto se debe a que parte del nitrógeno de esas áreas es translocado a regiones de la planta todavía en crecimiento, para ser utilizado allí de modo preferentemente. A todo esto resulta importante una comparación del nivel de Nitrógeno entre las clases de tierra ya que se puede deducir que clase posee un índice de fertilidad más alto y que tierras necesitan ser tratadas para mejorar la condición en la que se encuentran. En un periodo largo de sequía los cultivos sufren simultáneamente la falta de Nitrógeno y de agua, la limitación en el suministro de agua agrava la deficiencia de la nutrición nitrogenada por que la mineralización se hace más lenta, durante las épocas de prolongada sequía, los cultivos con frecuencia muestran síntomas de deficiencia de Nitrógeno, la falta de nitrógeno es la causa directa de la quemadura, pero la escasez de agua en las clases de tierra es el factor básico que indirectamente la provoca, la deficiencia de Nitrógeno contribuye a agravar los efectos de la sequía, en efecto el suministro limitado de este elemento implica un reducido desarrollo radicular incluso cuando la humedad es adecuada, cuando llega el tiempo seco o cuando las lluvias son pocas en el periodo de crecimiento de las plantaciones los cultivos pueden extraer agua solamente de la región explorada por el tubérculo, como este es muy superficial y si esta poco



desarrollado a causa de la deficiencia de (N), dispondrá de una menor cantidad de agua útil en el suelo, una de las mayores fugas se debe a la evacuación de la cosecha, grandes cantidades de nitrógeno se extraen del campo en forma de cosechas, el contenido de nitrógeno de una cosecha varía considerablemente con el estado de fertilidad del suelo como se ha mencionado anteriormente, por ejemplo las que en este caso estarían en desventaja son aquellas clases que están en un estado crítico de nivel de Nitrógeno ya que solo una pequeña porción de este nutriente se devuelve al campo, por otro lado las lluvias abundantes en esta Zona de estudio intervienen en las deficiencias de Nitrógeno, por ejemplo el nitrógeno se lava fácilmente del suelo, una lluvia prolongada es capaz de arrastrar nitratos desde la superficie del suelo hasta la profundidad de 50- 60 cm, una lluvia adicional los llevaría fuera del alcance de los tubérculos y las raíces de la avena.

Para las clases de tierra en estado crítico como: “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo”, “Polvilla”, “Barro Rosa” y “Polvilla Poco Pedregosa” se recomiendan fertilizantes nitrogenados que pueden ser minerales u orgánicos, los segundos comprenden la aplicación de estiércol animal, el valor del compost como es natural depende de los minerales empleados para su elaboración y por tanto es extremadamente variable, el amoniaco es hoy día la fuente de la mayoría de los fertilizantes nitrogenados, es la forma de nitrógeno más barata y concentrada de las que existen en el mercado y puede producirse en cualquier cantidad que se precise, en otoño es con frecuencia, la época más conveniente para aplicar los fertilizantes, el suelo seco en otoño soporta mejor el paso de los vehículos distribuidores que cuando está húmedo.



6. COMPORTAMIENTO DEL FÓSFORO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC.

El fósforo (P) es un nutrimento con baja movilidad en el suelo y es tomado por los cultivos como ortofosfato primario (H_2PO_4) en todas las clases de tierra, hay un nivel de pH por debajo de 7.0, la escases de P en estos suelos afecta en la fisiología de los cultivos y por ende también afecta los procesos de fotosíntesis, la fijación del N, Floración y Fructificación.

La pérdida de Fósforo (P) en las clases de tierras es acelerada por prácticas de desmonte como la tala de árboles *Ver ilustración 5.0* y el cambio de uso de suelo, esta tala irracional surge de la necesidad de convertir estos suelos Andosoles en agrícolas para poder mejorar la calidad de vida de los habitantes que se traduce en la obtención de mayor terreno para sembrar, por esta razón se ha notado en los últimos 10 años un cambio de uso de suelo muy notorio en la comunidad de Raíces de forestal a agrícola como se ha mencionado anteriormente, el fosforo disponible se retiene con mayor firmeza en condiciones acidas que alcalinas, lo que indica que el nivel de pH en las clases de tierra es bueno y satisfactorio pues favorece su retención.



Ilustración 5.0: Tala de árboles y desmonte en Raíces

En el *cuadro 2.0* se presentan los niveles de fósforo de cada una de las clases de tierra, todas las clases de tierra identificadas tienen niveles bajos de fósforo, esto es porque los suelos de textura fina retienen generalmente más agua que los de textura gruesa y en Raíces la textura predominante es gruesa arenosa, y por tanto tienden a contener menos fósforo en solución, es absorbido por los cultivos mediante el tubérculo o bien la raíz de avena y desde ahí es distribuido a todas las células de las plantas, una semilla debe contener el suficiente fósforo y además compuestos vitales para abastecer a la plántula hasta que se hayan formado las raíces y tubérculos, capaces de aprovisionarse del suelo, las células no pueden dividirse hasta poseer suficiente fósforo para formar un núcleo adicional, por eso la deficiencia de fósforo en las clases de tierra da lugar al raquitismo y al retraso de



la maduración y da paso a la producción de tubérculos arrugados, escamosos y rasposos por ello las clases de tierra presentan un cuadro crítico en cuanto al nivel de fósforo, la falta de fósforo tiende a dificultar los procesos metabólicos como la conversión de azúcar en almidón, que se manifiestan como manchas o bandas purpuras en los tallos y hojas, los síntomas más frecuentes que presentan estas clases de tierra a consecuencia de la falta de Fosforo se resumen en: el desarrollo raquítico, el retraso de la madurez, el color verde oscuro y las manchas o bandas de tonos purpuras como se comentó anteriormente, las cosechas que se retiran del campo contienen considerables cantidades de fosforo que es otra fuga de nutriente, también el cultivo continuado por mucho tiempo suele terminar exigiendo la fertilización fosforada, y su clase de textura, un incremento en la provisión de M.O del suelo constituye una razón obvia para suponer un aumento del contenido en fosforo, el fosforo orgánico tiende a ser más estable a pH entre 5.0 y 6.0 en el cual entran las siguientes clases, “Barro Rosa” “Polvilla con Tezontle”, “Polvilla Talco” y “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo”, se sugiere que a estas clases se les adicione M.O para compensar la falta de Fosforo.

.A lo mencionado anteriormente existen alternativas para mejorar el nivel de fosforo en los cultivos de Raíces como el estiércol animal, en promedio una tonelada de estiércol fresco contiene solo 1 kg de Fósforo (P), gracias al efecto disolvente de sus ácidos orgánicos, el estiércol aumenta la disponibilidad del fosforo del suelo, representan una contribución pequeña pero importante para cubrir las necesidades de los cultivos.



Los cultivos varían en su capacidad para abastecerse de fósforo del suelo de acuerdo a Castellanos *et al.* (2000), la dosis recomendada de fertilización fosfatada para los cultivos de papa es una cantidad de 150 – 270 kg de P_2O_5 por hectárea para una meta de rendimiento de 20 a 30 ton/ha en suelos que presentan resultados de laboratorio de baja disponibilidad y 180-200 kg de P_2O_5 por hectárea para una meta de rendimiento de 40 a 50 toneladas/ha, es posible que estas dosis recomendadas estén ligeramente por encima de las necesidades del cultivo, se recomiendan para no poner en riesgo el rendimiento potencial y por ende la rentabilidad del productor, también es apta para la agricultura de riego o de temporal.

7. COMPORTAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC

De acuerdo con los resultados de laboratorio, las clases de tierra con mayor CIC según el *cuadro 2.0* son las clases denominadas “Tierra Café” y “Barro Rosa” la primera coincide en que efectivamente contiene un alto grado de Materia Orgánica y esto favorece la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la segunda tiene bajo contenido de M.O pero de alta CIC debido a que es la clase de tierra con mayor contenido de arcilla, esta arcilla es de suma importancia para el Intercambio Cationico en este caso, las clases de tierra restantes reportan bajos niveles de capacidad de Intercambio Cationico se debe a que hay cantidades de arcilla muy bajas en cada una de las clases de tierra, como consecuencia se permite la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo, se trata de suelos arenosos que presentan una estructura suave lo que resulta que tengan poca cohesión y pueden desmoronarse con poca presión, se habla principalmente de



suelos que contienen arcillas caoliniticas, estas arcillas tienen baja capacidad de intercambio por que se forma especialmente en suelos ácidos. Esta deficiencia de Intercambio catiónico interviene en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, si la CIC es baja, los nutrientes estarán limitados para el aprovechamiento de los cultivos.

8. COMPORTAMIENTO DEL POTASIO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC

Los suelos ácidos como los que se encuentran en la zona de Raíces presentan una mayor probabilidad de deficiencia en Potasio (K) disponible que los neutros ya que poseen más iones de H en los puntos de intercambio y menor cantidad de todos los demás cationes incluyendo (K), los suelos ácidos como los de Raíces, presentan un mayor grado de meteorización y en consecuencia liberan potasio con mayor lentitud.

En el *cuadro 2.0* se observan los resultados obtenidos en laboratorio, indican que los índices de Potasio (K) en las clases de tierra en su mayoría son niveles medios y bajos excepto la clase de tierra denominada “Barro Rosa” esta clase de tierra posee más Potasio que las demás debido a que la fijación de (K) ocurre en las arcillas lo cual indica que el nivel más alto de arcilla está concentrado en esta clase, comparado con el resto, el fenómeno de fijación se acentúa de acuerdo con las características de los minerales arcillosos, pero en general se incrementa con el secado del suelo, en este caso los niveles reportados de arcilla en casi todas las clases de tierra son relativamente bajos, lo que ocasiona la baja disponibilidad de Potasio (K) en los suelos de la comunidad, a consecuencia se



ven afectadas las relaciones hídricas, la transpiración, la absorción de Nitrógeno, la síntesis de proteínas y los sistemas de defensa de los cultivos haciéndolos susceptibles a las plagas y enfermedades, la porosidad de estas tierras favorece la absorción del Potasio(K) ya que un suelo compactado causa una disminución de absorción pero no es suficiente, el (K) interviene también en la absorción de otros nutrientes y en el desplazamiento de los mismos dentro de la planta, la presencia de este nutriente en las clases de: “Barro Rosa”, “Polvilla Negra con Problemas de Tuza”, “Polvilla Arenosa”, “Tierra Café”, y “Polvilla Poco Pedregosa” mantiene la concentración osmótica necesaria para mantener la turgencia celular, y fortalece a los cultivos de enfermedades y plagas, en cambio las clases que reportan deficiencias de este nutrimento como “Polvilla Talco, “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo”, “Polvilla”, “Polvilla con Tezontle” y “Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo” dan lugar a un crecimiento mezquino y achaparrado de las plantaciones, ya que el (K) se mueve con rapidez en el interior de la planta y tiende a ser translocado a las áreas de crecimiento, por esta razón los síntomas de esta deficiencia tienden por tanto a manifestarse en primer lugar sobre las partes viejas de la planta, porque la translocación se efectúa sobre todo a lo largo de las nerviaciones y la concentración de (K) tiende a ser mayor en las cercanías de estas, al principio los bordes de las hojas más antiguas y después las áreas entre las nerviaciones toman un color amarillo y más tarde pardo, aparecen manchas pardas y necrosadas mientras las nerviaciones permanecen verdes.



Por otro lado hay otros factores que afectan la disponibilidad del Potasio (K) en el suelo como: la textura del suelo, los suelos arcillosos presentan mayor concentración de Potasio que los suelos arenosos, los suelos franco arenosos que se encuentran en la zona de estudio tienen un nivel crítico de (K) especialmente “Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo”, “Polvilla con Tezontle” , “Polvilla”, “Polvilla Talco” y “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo”, el nivel de Potasio de estas clases es mucho menor que un suelo arcilloso como el “Barro Rosa” porque es la que más porcentaje de arcilla tiene, respecto a las demás tierras que en general presentan mayores porcentajes de arena, estos suelos arenosos suelen contener menos potasio asimilable ya que las partículas de arena se meteorizan con dificultad y por tanto liberan potasio con lentitud, además de que estos suelos arenosos presentan una baja capacidad de cambio y por tanto poseen una cantidad reducida de Potasio.

El suministro de oxígeno también es fundamental para la asimilación de todos los nutrimentos (aireación), pues dicho proceso consume energía que se genera en la raíz a través de la respiración, en la comunidad de Raíces todas las clases reportadas son suelos esponjosos que facilitan la aireación por lo que la asimilación del Potasio puede favorecerse en estas condiciones, los excesos de humedad también limitan el flujo de oxígeno al tubérculo, compacta el suelo, reduce la aireación y afecta el desarrollo radicular, entonces también la asimilación de Potasio por el cultivo se ve reducido. Los cultivos de papa y avena *Ver ilustración 6.0* necesitan un suministro abundante de potasio durante el periodo en que la tasa fotosintética y la absorción de nitratos son elevadas más en la etapa



de crecimiento, la deficiencia en potasio durante la época de crecimiento de los cultivos se manifiesta en la baja producción de carbohidratos y en la acumulación de nitratos por la planta, en estos tipos de cultivos la mayor parte del potasio se encuentra en las hojas y tallos por lo tanto la cosecha de papa o avena representa una extracción de potasio que resulta inconveniente ya que las reservas son pocas para el cultivo siguiente, además de que la cantidad de potasio extraído de los cultivos depende mucho de la precipitación durante las últimas tres semanas anteriores a la cosecha, porque el Potasio se lava fácilmente de los tejidos vegetales muertos y este no puede unirse a otras moléculas, por lo que resultaría poco benéfico para las clases de tierra especialmente "Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo" y " Polvilla Talco" que son las que carecen más de Potasio, para esto se sugiere una fertilización potásica, esta fertilización aumenta el rendimiento de los cultivos, los extractos obtenidos a partir de cenizas de madera constituyeron una antigua forma de fertilización potásica, también la mayor parte del fertilizante potásico utilizado es el cloruro potásico, el Potasio no se desplaza mucho en el suelo, por lo que debe situarse donde las raíces y los tubérculos puedan alcanzarlo, las aplicaciones en cobertura resultan satisfactorias para la vegetación permanente ya establecida y provista de abundantes raíces cerca de la superficie caso que no es tan conveniente aplicar en estos tipos de cultivos. El potasio debe situarse en el interior del suelo, y también puede enterrarse con arado.



Ilustración 6.0: Cultivos de avena

La clásica interacción entre Potasio y otro macro-nutrimiento, es con el Nitrógeno. Se ha reportado una interacción positiva entre Nitrógeno y Potasio, incluso que bajo un buen suministro de Potasio la respuesta al Nitrógeno suele ser mayor ya que el Potasio suele favorecer el metabolismo de Nitrógeno.

En condiciones de deficiencia de P se reduce la absorción de K y viceversa, en cuanto al calcio y magnesio estos dos nutrientes junto con los que el potasio mantienen relaciones antagónicas, un alto suministro de potasio reduce la absorción de magnesio y calcio, un alto suministro de magnesio afecta la absorción de potasio. (Castellanos *et al*, 2000)



9. COMPORTAMIENTO DEL CALCIO Y MAGNESIO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC

9.1 COMPORTAMIENTO DEL CALCIO

De acuerdo al *cuadro 2,0* de resultados de laboratorio indica que las clases de tierra tienen niveles bajos y muy bajos de Calcio (Ca) excepto la clase “Tierra Café” a consecuencia de esta deficiencia puede manifestarse un deficiente crecimiento radical en los cultivos, las raíces pueden tornarse negras y se pudren además de que las hace más susceptibles a las plagas en este caso como el “tizón negro”, las nuevas hojas de las plantas de cultivos y otros tejidos en desarrollo detienen el crecimiento e incluso mueren, la falta de calcio en la zona de Raíces, afecta la absorción nutrimental, limitando el flujo de nutrimentos hacia el interior del tubérculo, la variable que más afecta al suministro de Calcio a la planta es el pH del suelo, cuando este es menor que 5.5 limita indiscutiblemente la absorción de este nutrimento, este caso ocurre en todas las clases de tierra identificadas excepto “Polvilla con Tezontle” pero también es afectada, los agricultores de la comunidad mencionan que una carencia de calcio provoca la presencia de la plaga llamada “El Tizon Negro”, este se manifiesta en las hojas de las plantaciones en tonalidades negras, la planta se marchita y finalmente muere, porque el calcio al igual que otros nutrientes se agota parcialmente en la zona que rodea a las raíces y al tubérculo cual fuera el caso, este efecto parece resultar del agotamiento del agua del suelo en la misma zona, realmente la concentración de calcio en el agua del suelo que persiste cerca de las raíces aumenta ligeramente, los niveles de calcio tan bajos en las clases de



tierra reportados en el *cuadro 2.0* causan la malformación de células nuevas, y por tanto deforman la pared celular de los cultivos presentes, esto se ve reflejado en plantaciones raquílicas por que producen menor número de células y si las producen son más pequeñas, sus tallos son débiles debido a que el espesor de sus paredes celulares es inferior al normal, esta deficiencia de calcio en las clases de tierra identificadas no solo se restringe al crecimiento de los tallos y hojas sino que también limita el de los tubérculos y las , la incapacidad de agrandarse y alargarse con rapidez que muestran los tubérculos con deficiencias de calcio impide a la planta la exploración de nuevos espacios del suelo para obtener agua y nutrientes, normalmente el calcio es abundante en las hojas de las plantaciones, la deficiencia presente de este elemento impide también el crecimiento y el despliegue de nuevas hojas además de que impide el crecimiento marginal de las hojas existentes, las cuales adquieren una forma rizada, con el aumento de la provisión de calcio estimula también la absorción de fosforo.

Según Castellanos *et al.* (2000) los factores que afectan la disponibilidad del calcio son: 1) el suministro total de calcio, 2) el pH del suelo, ya que la provisión de calcio es menor en los suelos ácidos que en los alcalinos, una parte del peligro de la toxicidad del aluminio se relaciona con la deficiencia de calcio. 3) la CIC, en este caso las concentraciones más bajas de calcio ocurren en suelos muy lavados con capacidades de intercambio catiónico 4) el tipo de arcilla, y el suministro del agua al cultivo.



Para manejar la deficiencia y mantener un nivel adecuado de Ca en los suelos ácidos de Raíces se recomienda un encalado el cual se entiende por neutralizar la acidez de los suelos con Oxido de Calcio (CaO), el Óxido de Ca también es denominada Cal viva, como cal agrícola se puede denominar cualquier material que neutralice la acidez y que contenga calcio y magnesio, en la práctica entre los materiales más empleados para encalar está el carbonato de Calcio finamente molido ya que representa el material más abundante y económico para este fin, en el caso de la cal viva puede usarse como agrícola pero es sumamente caustico por lo cual no es muy recomendable.

Si bien el productor quisiera llevar a cabo algún tipo de encalado debe tomar en cuenta lo siguiente, la uniformidad en la aplicación, en caso de hacerse deberá cuadrangular el terreno y aplicarse en cada cuadro, al volteo, la cantidad previamente calculada, cabe recordar que la reacción entre la Cal y el suelo requiere agua por lo tanto el suelo debe de estar húmedo, otra forma es cuando la cal se aplica en una determinada profundidad, normalmente de 15 a 20 cm, si la cal se aplica en un espesor menor de suelo ese estrato resultara bueno al menos temporalmente y deberá ser calculado y aplicado mediante labores de labranza, una manera más de encalado es la aplicación de cal con suficiente anticipación, es necesario aplicar con suficiente anticipación la cal a la siembra para dar oportunidad a la reacción del material con la acidez del suelo, normalmente se estima un lapso de 30 a 60 días entre el encalado y la siembra y por último pero no menos importante se recomienda la frecuencia de aplicación de cal en suelos muy arenosos, el nivel de precipitación y lixiviación de Calcio son los dos factores



que determinan la frecuencia de aplicación de este mejorador, pero con dosis altas en general no será necesario encalar frecuentemente y se debe cuidar de no encalar en exceso. Cabe mencionar que en los suelos Andosoles reportados en la Comunidad de Raíces, la capacidad de fijación de Cal ha tenido resultados muy variables por lo que se recomienda hacer pruebas en pequeños lotes para ver su efecto en el cultivo y en la fertilidad del suelo. Se ha hablado de fuentes de Calcio para los suelos ácidos por lo que también se mencionan en el *cuadro 6.0* las fuentes de Calcio como Fertilizantes.

CUADRO 6.0.- FUENTES DE CALCIO COMO FERTILIZANTES Y SUS CONCENTRACIONES NUTRIMENTALES.					
FUENTE	FORMULA	CONCENTRACION NUTRIMENTAL			
		%			
		Ca	N	P ₂ O ₅	S
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ²	24.4	17	0	0
Nitrato Cálcico Hidratado	Ca(NO ₃) ² -4H ₂ O	19	15.5	0	0
Cloruro Cálcico	CaCl ₂	37.2	0	0	0
Cloruro Cálcico Hidratado	CaCl ₂ -6H ₂ O	18.3	0	0	0
Sulfato Cálcico (70%)	CaSO ₄	20.5	0	0	16.4
Sulfato cálcico hidratado o yeso (80%)	CaSO ₄ - 2H ₂ O	18.6	0	0	15
Polisulfuro de Calcio	CaS _x	6	0	0	22
Superfosfato de Calcio Triple	Ca(H ₂ PO ₄) ²	12-14	0	46	1-2
Superfosfato de Calcio Simple	Ca(H ₂ PO ₄) ²	18-21	0	20	11-12
Ca-EDTA (para uso Foliar)	Ca-EDTA	3-5	0	0	0

Fuente: Manual de Interpretación de Análisis de suelos y aguas.



9.2 COMPORTAMIENTO DEL MAGNESIO

De acuerdo a los resultados de los análisis en laboratorio mostrados en el *cuadro 2.0* los niveles de Magnesio (Mg) son medios y bajos, las clases de tierra con nivel medio de Magnesio, son: “Polvilla Poco Pedregosa”, “Tierra Café”, “Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo”, “Barro Rosa”, Polvilla Arenosa” y “Polvilla Talco”, estos suelos están en equilibrio en cuanto a la producción de clorofila y la realización de la función fotosintética, la mayor parte de magnesio presente en las clases de tierra se encuentra en la clorofila, una cantidad menor aparece distribuida en las restantes estructuras vegetales, las clases de tierra que contienen un nivel bajo de magnesio son: “Polvilla con Tezontle”, “Polvilla”, “Polvilla Negra con Problemas de Tuza” y “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo”, estas deficiencias se manifiestan primero en las hojas inferiores por una pérdida de color que avanza desde la epice y desde los márgenes de la hoja hacia el centro de la misma, la deficiencia de Magnesio (Mg) en los cultivos de papa produce unas bandas muy visibles de color amarillo o incluso blanco que recorren las hojas en toda su longitud, los cultivos difieren en su demanda de Magnesio (Mg) como las especies de: avena , maíz, pastos, papa, algodón y tabaco, son las que responden más a la aplicación de Magnesio, pero los factores que afectan el suministro de este nutriente son el pH del suelo, la textura del suelo y el tipo de arcilla, un pH bajo afecta negativamente la absorción de Magnesio (Mg), en este caso se habla de suelos con un pH de 3.8 a 5.6 que son relativamente bajos razón por la cual limita la absorción de este nutriente.



Para esta deficiencia de magnesio en el *cuadro 7.0* se muestran fuentes de Mg y sus concentraciones nutrimentales para ser tomadas en cuenta si se pensara en suministrar Magnesio a los cultivos

CUADRO 7.0.- FUENTES DE MAGNESIO					
FUENTE	FORMULA	CONCENTRACION NUTRIMENTAL %			
		Mg	N	K ₂ O	S
Sulfato de Magnesio	MgSO ₄ 7H ₂ O	10	0	0	13
Sulfato de Potasio y Magnesio	K Mg SO ₄	11	0	20	22
Oxido de Magnesio	MgO	45-60	0	0	0
Oxisulfato de Magnesio	Mg SO ₄ - MgO	36	0	0	0
Nitrato de Magnesio	Mg(NO ₃) ₂ -6H ₂ O	9.5	11	0	0
Cloruro de Magnesio	MgCl ₂	7.5	0	0	0
Dolomita (carbonato de Ca y Mg)	CaMgCO ₃	3-12	0	0	0

Fuente: Manual de Interpretación de Análisis de suelos y aguas.

En cuanto a su dosis y formas de aplicación, este se aplica en la fertilización de fondo al suelo a dosis que varían de 5 a 15 kg de Mg/ha, para nitrato de magnesio o sulfato de magnesio se deben realizar dos a tres aplicaciones en intervalos de una a dos semanas.

10. COMPORTAMIENTO DEL SODIO EN LAS CLASES DE TIERRA IDENTIFICADAS, RAÍCES, ZINACANTEPEC

Las sales en el caso de Raíces provienen de mantos freáticos elevados que impiden el flujo vertical de agua, provocando la acumulación de sales en el perfil donde se localiza el sistema radical del cultivo. Los análisis de laboratorio reportan un nivel normalmente salino en cada una de las clases de tierra, esta salinidad también puede medirse mediante la conductividad eléctrica, en este caso



se reporta que, en 7 clases de tierra hay valores de 1 a 3 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ que corresponden a: “Tierra Café”, “Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo”, “Polvilla Arenosa”, “Polvilla con Tezontle”, “Polvilla Negra con Problemas de Tuza”, “Polvilla Talco” y “Polvilla Poco Pedregosa”, estas clases corresponden a suelos con bajo contenido en sales, esta salinidad presente provoca que los cultivos mantengan en equilibrio su rendimiento en cuanto a calidad y cantidad de cosecha, se considera que esta concentración de salinidad es resultante de una estabilidad hídrica ya que son suelos que no suelen ser inundados ni por ríos ni por arroyos y no son planos, más bien se trata de suelos con pendientes pronunciadas que permiten el lavado, teniendo así niveles de Sodio (Na) normales, este nivel de Sodio (Na) también puede interpretarse como poco nocivo para el suelo, lo cual anula cualquier posibilidad de compactación del suelo, en estas condiciones no afecta la velocidad de difusión del oxígeno, las clases restantes de tierra que son: “Barro Rosa”, “Polvilla” y “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo”, reportan valores por encima de 5.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ se describen como suelos normalmente salinos, en este caso el rendimiento del cultivo es poco afectado por esta misma condición de salinidad que resulta de un nivel poco profundo de las aguas subterráneas y a consecuencia de esto el agua que asciende por capilaridad contiene sales disueltas y se depositan en los primeros estratos de suelo, esta concentración de sales ocasiona un estrés osmótico y un estrés salino, un estrés salino puede romper la homeostasis del potencial hídrico de los cultivos e inhibe el crecimiento de la planta, de hecho, el bajo crecimiento de vegetales es una característica de los cultivos con estrés



salino, esta causa de la reducción del crecimiento es la inadecuada fotosíntesis debida al cierre estomático y en consecuencia la limitación de la entrada de CO₂ que causa la sequía fisiológica en los cultivos, esta situación se ve relacionada con la inconformidad que el campesino manifiesta hacia sus tierras, describiéndolas como poco fértiles como es el caso de la clase “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo” el agricultor manifiesta cierto grado de preocupación debido a que el tamaño de los productos cosechados no es satisfactorio, en el caso de “Barro Rosa” esta situación es pasiva ya que el uso común de esta clase es exclusivamente de uso ganadero y para el caso de “Polvilla” actualmente no existe ninguna insatisfacción ya que en la entrevista el agricultor manifiesta su conformidad describiéndola como apta para la agricultura debido a los tamaños grandes del producto cosechado, no debe descartarse la posibilidad de que en un periodo de tiempo corto presente problemas de salinidad y fertilidad, actualmente todas clases de tierra son tratadas con agroquímicos de nutrición o bien de fertilización granulada pero el campesino no conoce totalmente los estándares sobre el nivel de salinidad de sus tierras ya que no mencionó en ningún caso un problema relacionado con salinidad. En conclusión se consideran más fértiles aquellas clases de tierra con niveles más bajos de Na y de C.E con respecto a las restantes ya que los cultivos de papa presentan buen rendimiento y una buena cantidad en cuanto a las cosechas, las plantas tienen un buen desarrollo no se presentan amarillentas, por lo que se considera que tienen una adecuada absorción de agua por medio del tubérculo o de la raíz, pero no se descarta la posibilidad de que estén sujetas a este tipo de estrés ya que los niveles de salinidad pueden ascender debido al uso extremo de agroquímicos.



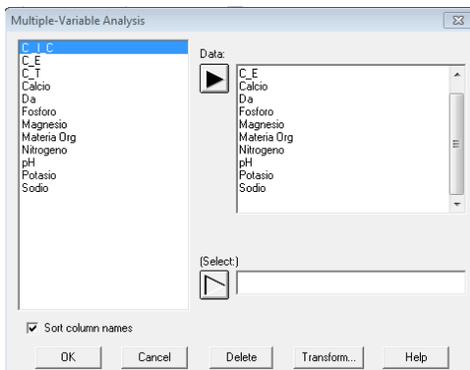
Cuadro 2.0.- Resultados de los análisis químicos y físicos de las muestras de tierra, en la comunidad de Raíces.													
Clases de Tierras	pH-agua	Da g.cm ⁻¹	Textura % arena (1) % limo(2) % arcilla(3)	% M.O	C.I.C Cmo ₍₊₎ Kg ⁻¹	Potasio (k) Mg.Kg ⁻¹	Calcio (Ca) Mg.Kg ⁻¹	Sodio (Na) Mg.Kg ⁻¹	Fosforo (P) Mg.Kg ⁻¹	Magnesio (Mg) Mg.Kg ⁻¹	Nitrógeno Inorgánico (N) Mg.Kg ⁻¹	% V	CE. dS.m ⁻¹
Polvilla poco pedregosa	4.9 Fuertemente ácido	1.02	1.- 76.4 2.- 19.6 3.- 4.0 Franco arenosa	19.05, Muy alto	17.2 Media	0.46 Medio	3.43 Bajo	0.32 Normalmente salino.	6.8 Bajo	1.97 Medio	37.8 Medio	40	2.65
Tierra café	4.6 Fuertemente Acido	1.04	1.-80.4 2.-13.6 3.-6.0 Areno franca	48.07 Muy alto	26.9 Alta	0.31 Medio	5.38 Medio	0.25 Normalmente salino.	4.2 Bajo	1.97 Medio	88.2 Muy alto	29.4	1.54
Polvilla con estrato de tezontle poco profundo	4.5 Fuertemente ácido	1.04	1.- 86.4 2.- 13.6 3.- 0 Areno franca	17.25 Muy alto	13.1 Baja	0.22 Bajo	2.93 Bajo	0.25 Normalmente salino.	5.5 Bajo	1.53 Medio	77.7 Muy alto	37.6	1.04
Barro rosa	5.3. Moderadamente ácido	0.84	1.- 82.0 2.- 0 3.- 18.0 Areno franca	0.11 Muy bajo	39.0 Muy alta	1.06 Alto	2.53 Bajo	1.16 Normalmente salino	1.5 Bajo	1.40 Medio	39.9 Medio.	15.77	5.97
Polvilla arenosa	4.4 Fuertemente ácido	1.06	1.- 82.4 2.- 11.6 3.- 6.0 Franco arenosa	10.42 Medio	17.3 media	0.32 Medio	2.35 Bajo	0.40 Normalmente salino.	7.5 Bajo	1.91 Medio	71.4 Muy alto	28.78	1.34
Polvilla con tezontle	5.6 Moderadamente ácido	1.13	1.- 83.4 2.- 12.6 3.- 4.0 Areno franca	8.63 Medio.	12.9 Baja	0.25 Bajo	0.82 Muy bajo	0.71 Normalmente salino	0.6 Bajo	0.95 Bajo	277.2 Muy alto	21.16	1.41
Polvilla	3.9 Fuertemente ácido	0.78	1.- 84.4 2.- 9.6 3.- 6.0 Areno franca	27.39 Muy alta	24.5 Media	0.15 Bajo	0.98 Muy bajo	0.29 Normalmente salino	1.5 Bajo	0.97 Bajo	35.7 Medio	9.75	9.75
Polvilla negra con problemas de tuza.	3.8 Fuertemente ácido	0.93	1.- 76.4 2.- 17.6 3.- 6.0 Franco arenosa	2.47 Muy bajo	21.9 Media	0.41 Medio	1.21 Muy bajo.	0.27 Normalmente salino.	9.2 Bajo	0.85 Bajo.	170.1 Muy alto	12.51	1.34
Polvilla talco	5.2 Moderadamente ácido	1.04	1.- 86.4 2.- 9.6 3.- 4.0 Areno franca	9.64 Medio.	17.3 Media	0.16 Muy bajo	4.92 Bajo.	0.29 Normalmente salino.	13.1 Bajo	1.93 Medio	81.9 Muy alto	42.20	2.80
Polvilla arenosa con presencia de cascajo amarillo	5.4 Moderadamente ácido	1.04	1.- 86.0 2.- 14.0 3.- 0 Areno franca	0.67 Bajo	10 Baja	0.05 Muy bajo	0.45 Muy bajo	0.29 Normalmente salino	1.4 Bajo	0.62 Bajo	33.6 Medio	14.1	6.61

Fuente: Resultados de Análisis Aplicados en el Laboratorio de la Facultad de Geografía, UAEMex.



4.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE CINCO CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES.

La figura 8.0 Muestra un apartado de Statgraphics, en donde se puede elegir que variables se van a correlacionar, en este caso fueron todas las de la figura 14.0 excepto Textura.



Se correlacionan todas variables y se obtiene como resultado el valor de R y de P que anteriormente ya se explicaba la funcionalidad de estas dos variables.

Figura 14.0 Comando para análisis de variables múltiples.

La figura 15.0 muestra los resultados de la Correlación múltiple entre todas las variables, de las cuales destacan: correlación Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), Potasio (K) y capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), y Sodio (Na) y Potasio (K).

	C_I_C	C_E	Calcio	Da	FosFero				
C_I_C	0.2993 (10) 0.4808								
C_E		0.2993 (10) 0.4808							
Calcio			-0.2864 (10) 0.2495						
Da				-0.2872 (10) 0.4218					
FosFero					-0.1586 (10) 0.1489				
Magnesio						-0.4917 (10) 0.1137			
							0.8892 (10) 0.8865		
								0.8325 (10) 0.9298	
									0.5243 (10) 0.1198

Figura 15.0 Ventana de Resultados de Correlación Múltiple

**Cuadro 9.0 Correlaciones más significativas.**

Correlación	Coefficiente de Correlación	% de confiabilidad.	Descripción de magnitud de correlación
Calcio - Magnesio	0.882403	99%	Correlación positiva considerable.
Potasio- CIC	0.802	99%	Correlación positiva considerable.
Sodio- Potasio	0.802	99%	Correlación positiva considerable.

El *cuadro 9.0* muestra las relaciones son consideradas como las más significativas que a continuación se describen detalladamente.

1. CORRELACIÓN CALCIO-MAGNESIO

Hay una relación estadísticamente significativa entre el Calcio y Magnesio en el nivel de confianza de 99 % por lo que el coeficiente de correlación es igual a 0.882403, lo que indica una fuerte relación considerable entre las variables, (*ver figura 16.0*)

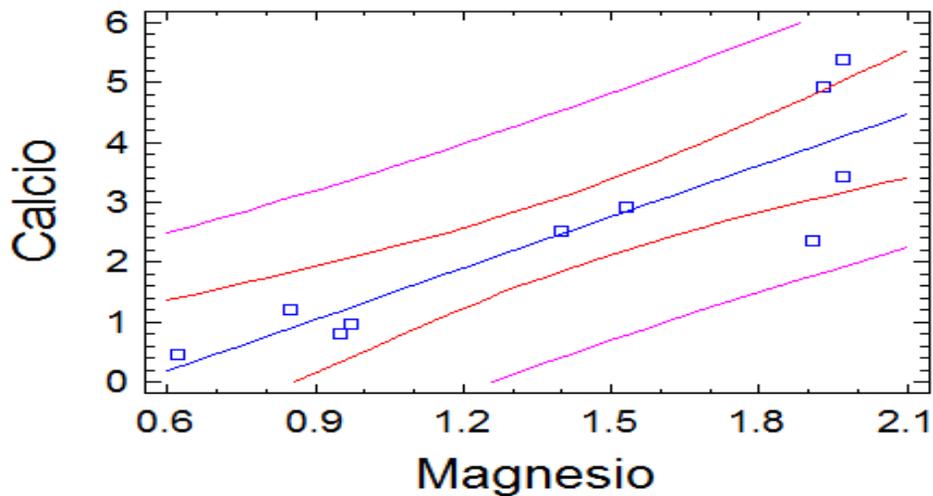


Figura 16.0 Correlación Calcio-Magnesio



La deficiencia de calcio en los cultivos está sujeta al nivel de acides que reportan las clases identificadas, por lo que el magnesio también es absorbido con menos fuerza, a una deficiencia de calcio probablemente también haya una de magnesio ya que en los suelos ácidos arenosos son atraídos con menos fuerza a los sitios de intercambio catiónico entonces habrá menos magnesio y calcio intercambiable, conforme a los resultados obtenidos en el *cuadro 2.0* los niveles de Calcio están entre los 0.4 a los 5.0, Mg.Kg^{-1} , la clase más crítica en cuanto al nivel de estos dos nutrientes es “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo” ya que reporta un nivel muy bajo de Calcio y también de Magnesio, la clase “Tierra Café” parece ser la más favorecida, con niveles medios de estos dos nutrimentos, las clases restantes reportan niveles iguales de Calcio y de Magnesio, esta relación trata de que si hay deficiencia de un nutrimento automáticamente el segundo se verá afectado, al parecer todas las clases de tierra presentan ligeramente más Magnesio que Calcio, conforme a lo que los informantes platican en el *cuadro 1.0* a la clase “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo” que es la más afectada la consideran medianamente fértil debido a que en las cosechas se obtienen productos de tamaños medios y la cosecha no ha aumentado en términos de cantidad en los últimos 10 años, el bajo nivel de estos nutrientes conduce al desarrollo reducido de los tubérculos y a la deformación de los mismos, la clase más favorecida está considerada por los informantes como tierra fértil, da buenas cosechas de buen tamaño pero la cantidad se ve reducida.



Por otro lado cuando se utilizan fertilizantes potásicos sobre suelos pobres de Magnesio, las aplicaciones de estos fertilizantes potásicos reducen la absorción de Ca y Mg.

En el grafico *Ver figura 16.0* se muestra la relación de las dos variables (Calcio y Magnesio) esta relación es representativa, contribuye a la fertilidad del suelo ya que la deficiencia de estos nutrientes afectan indirectamente a las cosechas por que no aportan lo suficiente para obtener producto de calidad.

Una deficiencia de calcio interviene también en el desplazamiento de Hidrógeno (H) presente en la superficie de las partículas de suelo, y también disminuye la acidez, el Calcio es esencial para los microorganismos que transforman los residuos de cultivos en materia orgánica, liberan nutrientes y mejoran tanto la estructura como la capacidad del suelo de almacenar agua además de que mejora la absorción de otros nutrientes por los tubérculos como el magnesio, si el calcio disponible se ve afectado por problemas de acidez, es muy probable que también se vea afectado el nivel de absorción del magnesio como ya se había mencionado anteriormente.



2. CORRELACIÓN POTASIO-CIC

Hay una relación estadísticamente significativa entre el Potasio y CIC en el nivel de confianza de 99 %. El coeficiente de correlación es igual a 0.802, lo que indica una fuerte relación considerable entre las variables, (Ver figura 17.0).

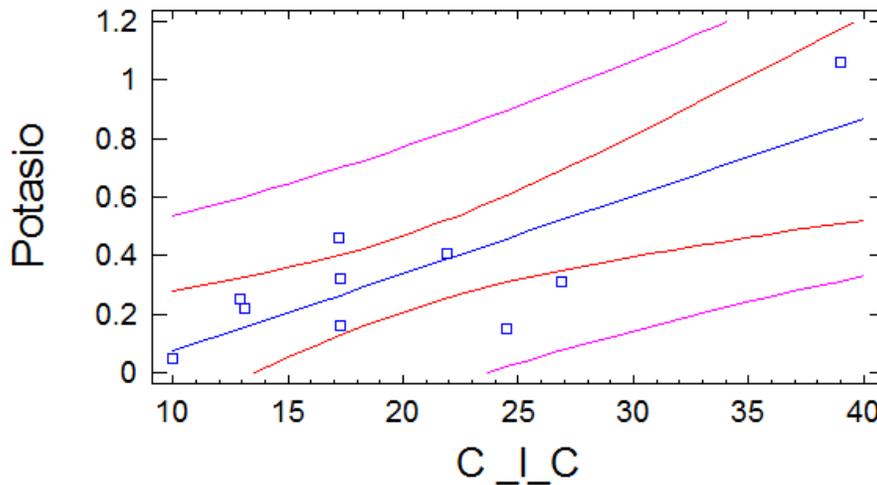


Figura 17.0 Correlación Potasio- Capacidad de Intercambio Catiónico

El Potasio (K) es un nutriente esencial para los cultivos y es requerido en grandes cantidades para el crecimiento de los tubérculos, se considera el segundo importante luego del Nitrógeno, una deficiencia del Potasio afecta la forma, tamaño, color y sabor del tubérculo y otras medidas atribuidas a la calidad del producto como deformidades, hojas amarillentas, crecimiento lento o retrasado, y el estrés hídrico, en relación con la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) aparte de ser una medida de la cantidad de cationes que pueden ser absorbidos o retenidos por un suelo es también una medida importante de la fertilidad y productividad potencial de los suelos, debido a la atracción que se genera se favorece la tolerancia de los cultivos a los cambios de temperatura, si se registra



una baja CIC habrá una la deficiencia de Potasio que se traduce en menos agua que circula en la planta, como resultado, la planta será susceptible a enfermedades y a presentar deformidades y crecimiento lento, en el *cuadro 2.0* los resultados de CIC de las clases de tierra en general son medios y bajos salvo dos clases que son “Tierra Café” y “Barro Rosa”, esto también pasa con la disponibilidad del Potasio lo que quiere decir que hay una baja resistencia del cultivo a las plagas esto explica la presencia del nemato dorado, la gallina ciega, y Gusano Blanco en las clases identificadas por los campesinos con situación crítica de Potasio como lo son, “Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo”, “Polvilla con Tezontle”, “Polvilla”, “Polvilla Talco” y “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo”, un sistema radicular débil más las temperaturas bajas que se registran en la comunidad provocan los registros de maduración desigual del tubérculo expresada por los campesinos como una medida de fertilidad del suelo importante en cuanto al tamaño de sus productos, aun con esta probabilidad de situaciones el campesino no lo toma como un serio problema ya que determina como *<situaciones comunes>* a este tipo de presencia de plagas como problemas que se tienen que tratar con agroquímicos que mejoran la situación de las tierras catalogándolos como suelos generalmente fértiles.



3. CORRELACIÓN SODIO- POTASIO.

Hay una relación estadísticamente significativa entre Sodio y Potasio en el nivel de confianza de 99 %.

El coeficiente de correlación es igual a 0.802, lo que indica una correlación positiva considerable y fuerte, (Ver figura 18.0).

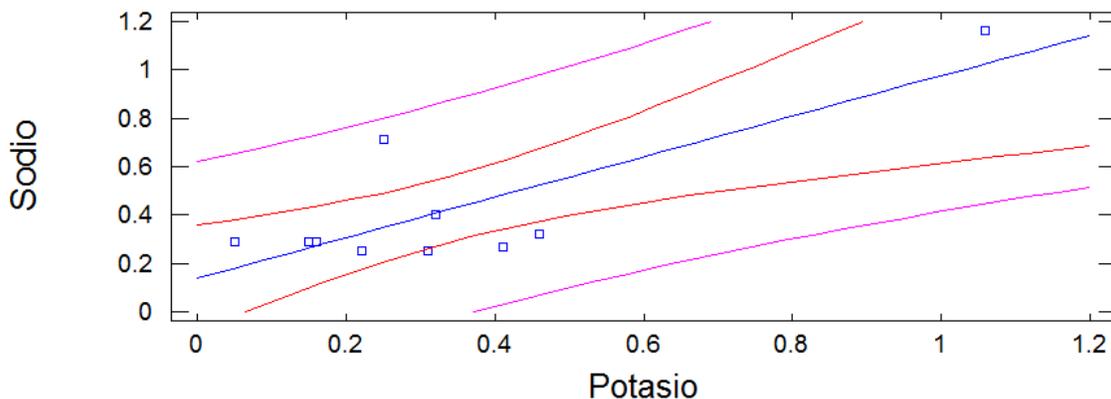


Figura 18.0 Correlación Sodio-Potasio

El sodio es el catión básico que se lava del suelo con mayor facilidad, esto explica que el contenido en sodio de los suelos disminuya gradualmente con el tiempo mientras que el potasio permanezca casi constante. Estos cationes son importantes para el desarrollo y crecimiento de la planta, la figura 18.0 representa la correlación de ambos dando como resultado una relación significativa, Aunque el Potasio juega numerosos roles en la nutrición de plantas, no está incorporado a la estructura de los compuestos orgánicos, actúa como un activador para las enzimas celulares, interviene en la síntesis y acumulación de hidratos de carbono también influye en la tolerancia de frío y en la resistencia a enfermedades, en relación con el Sodio (Na) se encuentran niveles altos de salinidad las funciones



del Potasio se verán afectadas ya que impedirá el buen desarrollo y crecimiento de los tubérculos, y será nocivo para los cultivos.

En el *cuadro 2.0* comparando los niveles de Sodio con los de Potasio se tiene que Generalmente la situación del Sodio para todas las clases de tierra es normalmente salino, en cuanto al Potasio el nivel más alto corresponde a la clase de “Barro Rosa” que en este Proyecto es Considerada como la menos fértil, las clases de “Polvilla poco Pedregosa”, “Tierra Café”, “Polvilla Arenosa” y “Polvilla Negra con Problemas de Tuza”, presentan niveles medios de Potasio pero los agricultores las consideran generalmente fértiles, blandas para trabajar, requieren abonos naturales orgánicos como estiércoles para favorecer su producción y finalmente las tierras con menos nivel de potasio son: “Polvilla con Estrato de Tezontle Poco Profundo”, “Polvilla con Tezontle”, “Polvilla”, “Polvilla Talco”, “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo” que son normalmente salinas y estas también son consideradas por los agricultores como fértiles aquí la relación de Sodio y Potasio es que si el nivel de Sodio aumenta se verán afectadas todas las clases de tierra en todos los niveles de disponibilidad de Potasio esto por su reacción vulnerable a la presencia de plagas que en su caso si no son tratadas adecuadamente podría perderse en su totalidad todo el producto sembrado, estas situaciones aún son lejanas para la visión del campesino pues manifiesta que actualmente la situación de cada una de sus tierras es buena y los niveles de fertilidad también son favorables si se le ayuda a cada una de ellas con una dosis de abonos orgánicos y agroquímicos.



CONCLUSIONES

Los agricultores manifiestan su preocupación con el uso de los agroquímicos ya que se ha incrementado en los últimos 10 años, no aseguran más cantidad de cosecha, lo que pretenden es asegurar una buena calidad para que sea más fácil su comercialización y sus ganancias se vean reflejadas en crecimiento económico, bajo esta circunstancia se tiene que de acuerdo con el sistema nacional de información de mercados, la papa se encuentra en precios económicamente bajos como lo dice la tabla de resumen de precios de Hortalizas, se encuentra entre los \$9.0 y \$8.70 pesos por Kg, cuando los agricultores pretenden vender en mínimo \$10.0 por kilo, en relación con la fertilidad se pretende aumentar este índice debido a que es un indicador que permite valorizar en términos de estabilidad económica su futuro, tener una tierra en buenas condiciones de fertilidad permite aumentar la posibilidad de cosechar buenos productos y comercializarlos arriba el precio promedio, he ahí la importancia de mantener en buenas condiciones todas aquellas clases de tierra que son trabajadas para uso agrícola, en este caso se trata de diez tierras identificadas por los mismos dueños y personas que generalmente tienen un mayor conocimiento sobre ellas, manifiestan que el uso de agroquímicos ha incrementado, lo que indica que se ha invertido más capital en las tierras agrícolas, entonces la rentabilidad de ellas ha disminuido porque cada año se aumenta más el uso y los precios de estos productos, los agricultores creen que con el único uso de abonos orgánicos es suficiente para mantener esta fertilidad que las clases requieren para poder dar buenas cosechas, también percibe que sus tierras son fértiles sin tener que recurrir de forma extrema a este



tipo de métodos, aseguran tener un índice en promedio “bueno” de fertilidad en sus tierras describiéndolas en si, como tierras blandas fáciles de penetrar, porosas, suaves y esponjosas para ellos es una ventaja que estos suelos cuenten con estas propiedades y características ya que no permiten que la semilla se apriete y facilita el buen desarrollo de la planta, da frutos de buen tamaño, lo que les permite tener estabilidad y uniformidad en términos de tamaño, algunas clases como “Polvilla” y “Polvilla Arenosa” son percibidas en estado de equilibrio ya que presentan la misma calidad y cantidad de cosecha año tras año, son de texturas que facilitan la retención de agua, tienen problemas de pedregosidad como “Polvilla Pedregosa”, pero los agricultores ya saben cómo tratarlas, incluso recomiendan usos y manejos de las mismas para facilitar su trabajo, en general el campesino tiene una visión muy detallada y real de sus terrenos ya que para ellos no fue difícil empezar a platicar sobre lo que ellos están sumamente familiarizados, no fue un tema en el cual se les dificultara describir las características de sus tierras, incluso aseguran que gran parte de la vida diaria está ligada a la intervención con la agricultura ya que dedican gran parte de su tiempo en el mantenimiento de sus parcelas, esta situación hace que el campesino tenga algo más allá de lo que los estudios formales puedan demostrar, los campesinos conocen más del uso y mantenimiento de las diferentes clases de tierra, su estado actual y su comportamiento tras una situación cronológica que ellos perciben a lo largo de varios años, conocen bien sus carencias, sus limitantes y todas aquellas fortalezas que la clase de tierra tiene para explotarla o tratar esa debilidad que pudiera presentarse en forma más específica, incluso esta nueva clasificación de tierras que ellos hacen conforme a su conocimiento y



aportación extra a un trabajo formal lo hace más enriquecedor debido a que la experiencia y a las aportaciones, dan como resultado, el estado real de las parcelas que un estudio generalizado no puede identificar. Los agroquímicos como se ha comentado anteriormente, contienen nutrientes para las plantas y pueden aumentar la fertilidad natural del suelo, el buen uso de fertilizantes ayuda a producir en calidad mejores cosechas, el agricultor que emplea fertilizantes de manera eficiente posee una gran ventaja competitiva sobre el que no lo hace por ejemplo todos aquellos agricultores que suministran estos productos en sus cultivos aseguran tener una cosecha considerable y los que solo emplean abonos orgánicos como estiércol se arriesgan a que sus cosechas no sean las mejores, gran parte de esa ventaja se transfiere al consumidor en forma de precios más bajos, lo que cada agricultor agregó fue que por lo menos más de una vez ha suministrado productos agroquímicos a su cultivo al año, lo que hace que el estado actual de las tierras conforme a la visión del campesino sean fértiles que generan buenas cosechas pero año con año ha aumentado el uso de agroquímicos lo que concientiza a los campesinos que gran parte del estado natural de las tierras identificadas se vea alterado y a consecuencia de ello las tierras empiecen a carecer de nutrimentos que a simple vista ellos no pueden identificar, para ello el análisis de laboratorio arroja los resultados exactos de aquellos nutrimentos que son escasos para los cultivos, para así reforzarlos o bien mantenerlos sin ser afectados, ya que el agricultor sabe de esta situación pero no puede deducir con seguridad que nutriente tiene que ser tratado para mantener o aumentar la fertilidad de sus tierras, ellos aseguran no tener una idea clara y exacta de los nutrientes esenciales para los cultivos, los análisis de laboratorio



efectivamente arrojan resultados de los nutrientes en estado crítico de las clases de tierra que el agricultor difícilmente pueda percibir de manera exacta, se trata de suelos ácidos, la acidez de las clases de tierra son buenas, ya que son aptas para el cultivo de papa, este cultivo demanda un tipo de suelo ácido, son de textura gruesa arenosa, pero de igual manera los campesinos perciben estas texturas como blandas, buenas para trabajar esponjosas y amigables para permitir el desarrollo adecuado de los tubérculos, generalmente con forme a los resultados de laboratorio son buenas en cantidad de materia orgánica, con relación a lo que el campesino percibe se trata de suelos fértiles que se pueden vender como “tierra de monte” esta tierra se presume que es rica en nutrimentos ya que el principal fin de comercialización es proveer a las demás plantas o cultivos de nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico arroja estados críticos de escases, el campesino no sabe con certeza que grado de peligrosidad representa tener bajos niveles de CIC, estos niveles de escases se reflejan en la disponibilidad de nutrientes para que los cultivos puedan disponer de ellos, las arcillas juegan un papel muy importante ya que de ellas depende la disponibilidad de los nutrientes, no hay suficiente cantidad de arcillas donde se genera este intercambio por lo que los nutrientes están presentes en las clases de tierra pero no disponibles para los cultivos, esta baja disponibilidad se ve reflejada en los niveles de Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio, efectivamente los resultados arrojados en laboratorio en promedio hay un nivel bajo en CIC principalmente en “Polvilla con Tezontle”, “Polvilla con Estrato de Tezontle poco Profundo” y “Polvilla Arenosa con Presencia de Cascajo Amarillo” en estas clases de tierra la arcilla está por debajo de los 4% del total estudiado incluso hay valores de 0%.



Claramente el Calcio, Fosforo, Sodio y Magnesio se ven afectados por el nivel bajo de CIC, los niveles de Calcio en promedio son muy bajos, de hecho es el elemento más carente respecto a los demás siguiendo el Fosforo, esta escases está asociada con el nivel de acidez de las clases de tierra, muchos de los agricultores detectan que en ocasiones sus cultivos presentan un semblante de marchitamiento, inclusive a este tipo de marchitamiento lo asocian con la presencia de una plaga que ellos conocen como tizón negro, este tizón negro provoca que la planta se marchite, se oscurezca y muera, a causa de esta deficiencia de calcio los cultivos no resisten a las plagas, se detiene el crecimiento y en ocasiones es necesario retirar todo el cultivo y dejar descansar la tierra inclusive cambiar de cultivo en este caso como se trata de un clima semifrío con pendientes, los campesinos no tienen la facilidad de elegir y siembran avena que es el segundo cultivo prioritario en la Comunidad, en este caso los campesinos asocian más estos síntomas con plagas que con deficiencia de algún nutriente, no tienen una idea clara de lo que realmente ocurre con sus tierras en cuanto a los análisis de laboratorio, debido a esta situación solo podrían saberse que nutrientes son los carentes si se somete a un estudio más detallado como los análisis que se efectuaron, para saber el estado actual en la que se encuentran cada una de las diferentes clases de tierra identificadas, aun así los agricultores han empleado sus propias técnicas de trabajo para evitar lo que ellos llaman plagas y no tener pérdidas mayores, recurren a reforzar cada una de sus tierras con agroquímicos especializados en el cultivo de papa y complementan esta técnica con la implementación de abonos naturales como los estiércoles, realmente lo que ellos desconocen es la efectividad de estas técnicas ya que a un largo plazo resultan no



ser tan benéficas debido a que estos métodos de fertilización son benéficas en un tiempo corto, entonces el problema del tizón negro no se está eliminando sino más bien los campesinos creen eliminarla pero lo que realmente hacen es controlarla.

El nivel de Magnesio en promedio es medio, para los campesinos referirse al Magnesio resulta ser algo confuso ya que no tienen una idea exacta de lo que podría pasar en sus tierras y de cómo se verían afectadas a consecuencia de una deficiencia de este elemento, una deficiencia de Magnesio hace que la apariencia de los cultivos se vea marchita, con tonalidades amarillas, esto hace que los cultivos sean más vulnerables al ataque de malezas de plaga como la gusana ciega, efectivamente el agricultor desconoce la situación real en términos de disponibilidad de Magnesio para las plantas ya que no hay forma o técnica que le permita conocer el dato exacto sobre esta situación, el estudio en laboratorio permite detectar que elementos que intervienen en la fertilidad de las tierras campesinas podrían estar deficientes, en este caso el nivel bajo de Magnesio y otros elementos como el Potasio también se encuentran en niveles bajos, el Potasio es un nutriente esencial que demandan las plantas ya que ayuda en el crecimiento de las mismas, de este dependen la forma, tamaño, color y sabor de los productos cosechados, los agricultores suministran agroquímicos que refuerzan los niveles de Potasio, para ellos es más importante tratar las tierras con productos que aseguren cosechas de mayor calidad, por esta razón se enfocan más en obtener un producto con mayor tamaño y apariencia ya que este será más fácil de vender y posiblemente se venderá a un precio más caro, en este sentido el agricultor parece tener una idea más clara sobre que elemento es el que



quiere reforzar para obtener mejores cosechas y descuidan la posibilidad de que otro elemento se vea afectado por reforzar siempre el mismo.

En cuanto al Sodio, generalmente se trata de suelos normalmente salinos lo que indica que este nivel de salinidad no afecta en cuanto al nivel de fertilidad de cada una de las tierras, este nivel no es nocivo para el desarrollo y vida de los cultivos y no es toxico, sino más bien de tierras que están en equilibrio, son suelos porosos de origen volcánico que permiten la infiltración de agua esto evita que las sales se estanquen y se acumulen, estos suelos clasificados por la WRB como Andosoles son jóvenes, son de color oscuro, ya que se trata de suelos altamente porosos, ligeros, permeables, de buena estructura y fáciles de labrar, lo que hace que su fertilidad sea considerable, el agricultor, no identifica problemas con el nivel de sodio en sus cultivos ya que no experimentan perdidas notorias en cuanto a sus cosechas a causa del Sodio, por lo que este elemento presente en la zona de estudio no interfiere en el nivel de fertilidad de cada una de las tierras.

Por otro lado los niveles de Fosforo son bajos en casi todas las clases de tierra identificadas este déficit provoca un crecimiento pobre de la planta y tendrá pocas hojas y vegetales pequeños, en las hojas más viejas se podrán ver tonos púrpura y finalmente se secarán, efectivamente esta carencia de nutrimento es detectada por los informantes en el aspecto que ellos observan un crecimiento medio de la planta y el tamaño del tubérculo en ocasiones no es el esperado por lo que a consecuencia de esto recurren a la implementación de estiércol que lo aplican al boleo, esto a su vez les asegura una buena cosecha, pero sin esperar excelentes resultados, no identifican exactamente que el fosforo sea el nutriente carente sino



más bien el campesino visualmente observa la apariencia del cultivo y sobre ello actúa para aminorar el problema.

Los niveles de Nitrógeno son medios y altos el buen nivel de nitrógeno en cada una de las clases identificadas ayuda a desarrollar las hojas y los tallos de los cultivos, un buen nivel de este elemento produce un crecimiento bueno de las partes verdes de la planta, pero puede enlentecer la formación del tubérculo, el exceso de nitrógeno también hace a la planta más susceptible a plagas, enfermedades, a la lluvia y al viento, esto también explica la cantidad de estiércol aplicado a cada una de las tierras, este tipo de técnica es eficiente para mejorar los niveles de nitrógeno en el suelo por que el estiércol aporta una cantidad importante de (N) a la tierra, esta técnica utilizada es la mejor para los agricultores, la desventaja está en el hecho de que efectivamente la aplicación de estiércol si mejora los niveles de (N) pero actúa a corto plazo, demandando la cantidad aplicada cada vez más lo que hace ser una técnica efectiva a un tiempo limitado.

La adición de agroquímicos, compost o estiércoles pueden incrementar los niveles bajos de los nutrientes, y un adecuado control de los mismos hará que no se exageren los niveles de disponibilidad y se ajusten a un nivel adecuado para el tipo de cultivo que se presenta en la zona. Por las condiciones de clima y de terreno, solo se pueden sembrar dos tipos de cultivo en la comunidad, la papa y la avena, el maíz y otros cultivos no son resistentes a las temperaturas bajas. Los agricultores siembran diferentes clases de papa ellos las llaman por su nombre común “fianas”, gigantes, “tollocan” etc., por lo general tardan 6 meses en crecer, la comercialización de estos productos se da más en los municipios de Coatepec y



Tonatico. Las tierras de la Comunidad de Raíces en Zinacantepec son fértiles de acuerdo a la visión que el campesino tiene sobre ellas, pero estas condiciones pueden mejorar si se aplica el compost adecuado para la proliferación de los nutrientes, el campesino tiene una visión clara sobre el manejo y cuidado de sus tierras, conoce las necesidades del cultivo y está conforme con las cantidades cosechadas que adquiere cada año, pero si manifiesta su preocupación por la implementación de agroquímicos cada vez mayor, los resultados de laboratorio sugieren la poca implementación de fertilizantes ya que un uso irracional de abonos y agroquímicos, podría tener consecuencias graves como la degradación química (contaminación de la tierras) y física del suelo (erosión de las diferentes clases de tierras), estos resultados obtenidos en laboratorio identifican cuales son los nutrientes carentes para cada una de las clases de tierra, cuales necesariamente tienen que ser reforzados y las variables que están en estado de equilibrio pero no es razón por la cual se descuide su estabilidad, el agricultor tiene una visión precisa y verdadera del estado actual de sus tierras, identifica sus limitantes, problemas y fortalezas, técnicamente tienen el conocimiento adecuado sobre el manejo de cada una de ellas, pero la parte comprobable que son los estudios de las variables de fertilidad las desconoce ya que esta carencia de nutrientes solo se puede identificar con este tipo de análisis, el complemento de estos análisis y el conocimiento que el agricultor agrega por su experiencia genera un resultado detallado y preciso sobre los estudios de fertilidad por lo que al mismo tiempo las hace mucho más valiosos y verídicos.



ANEXOS



Ilustración 7.0 Cultivos de papa en Raíces Zacatecas.



Ilustración 8.0 Campesino cosechando sus parcelas.



Ilustración 9.0 Vista de cultivos de la comunidad de Raíces.



Ilustración 10.0 Mogotes de Avena Cosechada.



Ilustración 11.0 Estrato de Tezontle Poco Profundo.



Ilustración 12.0 Agricultor anónimo, describiendo sus tierras.



Ilustración 13.0 Agricultores trabajando sus tierras, participantes en las entrevistas.



Ilustración 14.0 Un día normal en Raíces.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abasolo P., Orozco A., Aguilar S. (2006). *Clasificación Campesina De Suelos Una Metodología Para El Desarrollo Sustentable en el Agro*. Ideas Ambientales, 2, pp 1-9.

Alfaro O., Erberto R., Ortiz S, Tavarez E., y Carlos A. (2000). *Clasificaciones Técnicas de Suelos en Combinación con el Conocimiento Local Sobre Tierras, En Santa María Jajalpa, Estado de México*. TERRA Latinoamericana, 18, pp 93-101.

Balderas M. A. (2005). *Sorción de metales pesados por materiales amorfos en suelos arcillosos de origen volcánico*. Montecillo, México: Colegio de Postgraduados.

Bautista F., García J., y Mizrahi A. (2005). *Diagnóstico campesino de la situación agrícola en Hocabá, Yucatán*. TERRA Latinamericana, 23, pp 571-580.

Castellanos J., Uvalle B., Aguilar S. (2000). *Manual de Interpretación de análisis de suelos y aguas*. México. Colección INCAPA. PP. 88-151.

Cruz B., Volke V., Turren A., y Pájaro D., (1998). *Clasificación de Tierras Campesina para la Generación y Tránsito de Tecnología Agrícola Entre Pequeños Productores: Caso del Maíz en la Región Central de Veracruz*. TERRA Latinoamericana, pp 16, 1-10.

Duchaufour, P. (1984). *Edafogénesis y Clasificación*. Barcelona: Masson, S.A. pp. 468-472.

FitzPatrick E, A. (1996). *Introducción a la Ciencia de los Suelos*. México, D.F: Trillas. pp. 76-136.

González M. (1998). *La clasificación campesina como un sustituto de los levantamientos detallados de suelos*. Montecillo, México: Colegio de Postgraduados. pp 80-136.

ISSS-ISRIC-FAO, (1998), *FAO-Unesco Mapa Mundial de Suelos*, leyenda revisada, versión en español preparada por Carballas T., F. Macías, F. Díaz-Fierros, M. Carballas, y J.A. Fernández- Urrutia, Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Informe sobre recursos mundiales de suelos 60. Organización para las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 1990,142.



Licona V., A., Ortiz Solo., Carlos A., Gutiérrez C., y Manzo R, (2006). *Clasificación Local De Tierras Y Tecnología Del Policultivo Café-Plátano Para Velillo-Sombra en Comunidades Cafetaleras*. TERRA Latinoamericana, pp 24, 1-7.

Martínez M., y Ortiz S., (1992). *Cartografía Campesina de tierras en Villa Hidalgo, Zacatecas y su comparación con las cartas edafológicas de INEGI*. TERRA, 10, pp 140-150.

Ortiz S., Ramírez A., Palacios V. (1990). *Levantamientos Etnoedafologicos*, México. Montecillo, México: Colegio de Postgraduados, pp 40-46.

Ortiz S., C. A., y Gutiérrez M. (1999). *Evaluación Taxonómica de Sistemas } Locales de Clasificaciones de tierras*. TERRA Latinoamericana, 17, pp 277-286.

Ortiz S., C., Gutiérrez C. (2005). *Contemporary Influence of Indigenous Soil (Land) Classification in México*. Eurasian Soil Science, 38, pp S89-S194.

Porta, J. (1994). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Madrid, España: Mundi-Prensa. pp. 645-657.

Sánchez, J. (2009). *Fertilidad del suelo y Nutrición Mineral de las Plantas*. México, FERTITEC S.A. pp 3-10.

Steel, R., y Torrie, J. (1960) Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Sciences., McGraw Hill, pp. 187, 287.)

Toledo., y Toledo C., (1985). *Ecología y autosuficiencia alimentaria*. México, D.F.: Siglo Veintiuno.

Troug, E. (1946). *Soil Reaction Influence on Availability of Plant Nutrients*. USA: Soil Sci, Soc. Am, pp 305-308.

William, B. and Ortiz S., C.A. (1981). *Middle American Folk Soil Taxonomy*, Association of American Geographers. USA, 71, pp 355-358.

Zinck, A. (2004), Suelos, información y sociedad. Red latinoamericana de información de ordenamiento territorial. [Http://reliot.ine.gob.mx/paises_bajos_texto.html](http://reliot.ine.gob.mx/paises_bajos_texto.html). Junio 2012.