

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA-LEON
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGROECOLOGIA



TITULO

Evaluación del estado actual de la fertilidad de los suelos en fincas de pequeños y medianos productores en el Municipio de EL VIEJO, departamento de Chinandega, en el periodo comprendido de Abril del 2012 a Julio del 2013.

Autores:

Br. Darling Azucena Munguía Ayala

Br. Mario José Pacheco Barboza

Previo para optar al título de Ingeniero en Agroecología Tropical

Tutora: Dra. Xiomara Castillo

Asesora: M.Sc. Patricia Castillo

León, Julio del 2013

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS.....	III
INDICE DE GRAFICAS	IV
SIGLAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMEINTO	VIII
RESUMEN.....	IX
I. INTRODUCCION	10
II. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo General	12
2.2. Objetivo Especifico	12
III. MARCOTEORICO	13
3.1. Suelo agrícola	13
3.2. Características físicas	14
3.2.1. Densidad Aparente	14
3.2.2. Sólidos del suelo	14
3.2.3. Textura del suelo	15
3.2.4. Porosidad	15
3.2.6. Capacidad de saturación de agua.....	17
3.3. Características Químicas	17
3.3.1. Nivel de acidez (pH).....	17
3.3.2. Conductividad Eléctrica (CE).....	17
3.3.3. Relación Carbono /Nitrógeno	18
3.3.4. Nitrógeno	18
3.3.5. Relaciones catiónicas.....	19
3.3.6. Materia Orgánica	19
3.4. Fertilidad del suelo	19
3.4.1. Indicadores de la fertilidad del suelo.....	20
3.4.1.1. Indicadores físicos	20
3.4.1.2. Indicadores químicos.....	20
3.4.2. Tipos de fertilidad.....	20
3.4.2.1. Fertilidad natural.....	20
3.4.2.2. Fertilidad potencial	21
3.4.2.3. Fertilidad adquirida.....	21
3.4.2.4. Fertilidad actual	21
3.5. Productividad del suelo	21
3.6. Fertilización de cultivos.....	22
3.6.1. Criterios para la fertilización de los cultivos	22
3.6.1.1. Disponibilidad de nutrientes	22
3.6.1.2. Requerimiento nutricional del cultivo	22
3.6.1.3. Rendimiento potencial del cultivo	22
3.6.1.4. Eficiencia de la fertilización	22
3.7. Suelos de Nicaragua	23
3.8. Tipos de suelo predominantes en el municipio de El viejo	23
3.8.1. Vertisoles (Sonzocuite).....	23

3.8.2.	Suelos Molisoles.....	24
3.9.	Suelos del municipio de El Viejo	24
3.9.1.	Uso Potencial del Suelo	25
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
4.1.	Información general de la zona de estudio	26
4.2.	Descripción de los materiales	26
4.2.1.	Obtención de la información sobre el manejo de suelos	26
4.2.2.	Levantamiento de muestras	26
4.3.	Metodología.....	26
4.4.	Diseño experimental	27
4.4.1.	Estudio de línea base	27
4.5.	Definición de las variables a evaluar	27
4.5.1.	Variables a tomar en consideración en línea base	27
4.5.2.	Variable que caracterizan el estado de fertilidad de los suelos	28
4.6.	Definición de la medición de las variables	28
4.6.1.	Variables de la línea base	28
4.6.2.	Variable del estado de fertilidad de los suelos	29
4.6.2.1.	Medición de las características físicas.....	29
4.6.2.2.	Medición de las características químicas.....	33
4.6.3.	Toma de muestras de suelo.....	33
4.7.	Análisis estadístico	35
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
5.1.	Caracterización del manejo de los suelos en el municipi de El Viejo.....	36
5.2.	Condiciones químicas de los suelos en el municipio de El Viejo	41
5.3.	Caracterización física de los suelos en fincas de pequeños y medianos productores en el municipio de El Viejo.....	51
VI.	CONCLUSIONES	54
VII.	RECOMENDACIONES	55
VIII.	BIBLIOGRAFIA	56
IX.	ANEXOS	59#

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución del uso actual de los suelos.....	36
Tabla 2. Cultivos relevantes en las fincas seleccionadas para el estudio en la zona de El viejo	37
Tabla 3. Variedades utilizadas por los productores encuestados.....	38
Tabla 4. Tipo de manejo en las fincas encuestadas	39
Tabla 5. Cantidad de fertilizante utilizada en qq/mz.....	40
Tabla 6. Promedio de algunos parámetros químicos de las muestras en estudio	41
Tabla 7. Contenido promedio de macro elementos en las muestras de estudio	46
Tabla 8. Promedio de micro elementos.	47
Tabla 9. Relaciones entre macro elementos	48
Tabla 10. Características físicas de los suelos de las comunidades de El viejo	51
Tabla 11. Clase de textura de los suelos de las fincas muestreadas.	52

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Nivel de acidez de los suelos de El viejo.....	43
Grafica 2. Concentración de mo en los suelos de El viejo	44
Grafica 3. Concentración de Nitrógeno total.....	45
Grafica 4. Relación Carbono/Nitrógeno.....	50

SIGLAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

FUNICA	Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua.
FAT	Fondo de Asistencia Técnica
UNAN	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
CIAN	Colegio de Ingenieros Agrónomos de Nicaragua
INTA / Pacifico Norte	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuario

DEDICATORIA

A Dios, a nuestros padres y todas las personas que nos brindaron su apoyo para realizar este trabajo de investigación, ya que sin su apoyo no habría sido posible culminar nuestros estudios universitarios.

AGRADECIMIENTO

A Dios fuente de sabiduría. Por brindarnos el conocimiento y la salud para finalizar nuestros estudios universitarios.

A nuestros padres que son el motivo de nuestro triunfo. Por brindarnos su amor y apoyo en cada etapa de nuestra vida.

A la doctora Xiomara Castillo por brindarnos su paciencia, conocimientos y por darnos la oportunidad de realizar este trabajo de investigación.

A INTA, FIDA - FAT que a través del proyecto de suelo nos brindaron la oportunidad de realizar nuestra tesis.

Y hermanos, amigos y todas aquellas personas que nos han brindado su apoyo durante nuestros años de estudio.

Darling Azucena Munguía Ayala
Mario José Pacheco Barboza

RESUMEN

El presente estudio se realizó en 19 comunidades del municipio de El viejo departamento de Chinandega en el periodo comprendido de abril del 2012 a julio del 2013, el objetivo fue determinar la calidad física, química de los suelos en fincas de pequeños y medianos productores, se conto con un total de 87 muestras para los 19 municipios. Para este trabajo se realizo un estudio de línea base con el objetivo de determinar el uso actual del suelo en las fincas de los productores encuestados en el cual se evaluaron las características físicas y químicas de cada muestra. Para el análisis estadístico se utilizaron los programas Excel y SPSS; obteniendo los siguientes resultados: En la distribución actual de los suelos los productores asignan más área en sus fincas para la ganadería, presentando un porcentaje de 45% lo que indica que los productores encuestados (87) destinan poca área para las labores agrícolas, en la variable cultivos relevantes se obtuvo que el cultivo de Maíz es el que presentan una mayor frecuencia de selección por los productores (33.3%) de la selección total. En la variable variedad se demuestra que el 43.68% de los productores usan variedades mejoradas en sus cultivos, el 93.10% de los productores usa manejo convencional en sus parcelas y 6.90% usa manejo orgánico/convencional, en la variable cantidad de fertilizante se indica que la urea es la más usada por los productores encuestados (112.5qq), seguido de 82.5qq de fertilizante completo. En las condiciones químicas de los suelos, el pH se muestra moderadamente ácido, la conductividad eléctrica se encuentra en un rango óptimo, el contenido de materia orgánica y nitrógeno se encuentran altos. El contenido de macro elementos y micro elementos se encuentra en niveles medio a excepción del hierro que se encuentra en niveles altos, las relaciones entre macro elementos están por encima de los rangos medios. En las características físicas de los suelos los valores de densidad aparente demuestran que estos suelos no están compactados ya que muestran valores menores a 1.8g/cm^3 además estos suelos poseen alta capacidad de saturación de agua, excelente porosidad con porcentaje mayores del 55% y promedios de infiltración de 11.89cm/h, que es normal debido a su textura franco arenosa. Los suelos de El viejo han sido destinados en su mayoría a la agricultura y ganadería siendo el cultivo de mayor importancia el maíz bajo manejo convencional, estos suelos tienen un alto potencial agrícola por los altos contenidos de nutrientes y excelentes características físicas. Se recomienda a productores y cooperativas incluir prácticas de conservación de suelos, incorporación de abonos verdes y realizar programa de fertilización y estudios periódicos del estado de los suelos.

I. INTRODUCCION

Los suelos son la base y sustento de la producción agrícola junto con la lluvia y el calor solar, independientemente de las características físicas, químicas y biológicas que estos presenten. Los suelos del Pacífico de Nicaragua, se originaron a partir de cenizas volcánicas en la parte norte y central del país, predominando en la región de occidente los molisoles, vertisoles, entisoles, alfisoles e inceptisoles y según sus características se clasifican como francos (Incer, 1972).

En el municipio de El viejo se presentan los suelos más fértiles y productivos del Litoral Pacífico-Norte, predominando los suelos agropecuarios sin limitaciones dado que sus características físico químicas permiten un aprovechamiento intensivo. El relieve que presentan va de plano a ondulado con pendientes de 0 a 15%, permitiendo aptitud para una gran variedad de cultivos incluyendo pastos, cultivos perennes y forestales. La economía del municipio se basa principalmente en la actividad Agropecuaria y la actividad Acuícola, se cultiva para exportación Caña de Azúcar, Maní, Banano, Ajonjolí, Camarones y para consumo interno, Soya, Maíz, Sorgo, Arroz, Plátano, Frijol, Tomate, Sandía, Yuca, Quequisque, Plátano y Chiltoma (Instituto Nicaraguense de Fomento Municipal INIFOM, 1999).

El deterioro de los suelos tanto físico, químico y biológico se debe al constante cambio del uso del suelo de forestal a agrícola o ganadero y al mal manejo que reciben por parte de los productores (Incer, 1972).

En décadas pasadas en las zonas de León y Chinandega se despalaron miles de hectáreas de suelos frágiles, para dar pase a la agricultura que trajo como consecuencia desgaste de los suelos, aumento de temperatura en el ambiente y reducción del manto acuífero (Incer, 1972).

El municipio de El Viejo es meramente agrícola, los suelos han venido cambiando mucho sus características tanto físicas como químicas, debido a los desastres naturales y al mal uso

que le dan los productores. La amenaza por huracanes ha tenido repercusiones en el territorio a través de la historia en algunos casos las afecciones han sido directas en el caso del huracán César en 1996 y de forma indirecta por algunos ciclones tropicales, entre los que se destacan los huracanes Fifi en 1974, Alleta en 1982 y en 1998 el huracán Mitch, el cual produjo precipitaciones que sobrepasaron las normas históricas, provocando inundaciones y deslizamientos de tierra. Causando daños en un 64% del área sembrada, sin incluir los daños de las áreas cañeras (INIFOM, 1999).

Actualmente no se cuentan con datos acerca del estado de la fertilidad de los suelos y el manejo que los productores implementan hacia el mismo. En el presente estudio se determinara la fertilidad de los suelos de las fincas de medianos y pequeños productores del municipio El Viejo, así como el uso actual de estos suelos. La información obtenida servirá como una fuente de consulta a estudiante y personas que elaboran programas de conservación de suelos.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

➤ Determinar la calidad física, química de los suelos en el municipio de El Viejo departamento Chinandega.

2.2 Objetivo Específico

- Identificar el manejo de los suelos en el municipio de El Viejo.
- Analizar las características químicas de los suelos en el municipio de El Viejo.
- Determinar las condiciones físicas de los suelos en el municipio de El Viejo.

III MARCOTEORICO

El suelo es una mezcla de minerales, materia orgánica, bacterias, agua y aire. Se forma por la acción de la temperatura, el agua, el viento, los animales y las plantas sobre las rocas. Estos factores descomponen las rocas en partículas muy finas y así forman el suelo; la formación de dos centímetros de suelo tarda siglos. Existen muchas clases de suelo esto se debe a que las rocas, el clima y la vegetación (ECO-Chicos, s.f.).

3.1. Suelo agrícola

Es aquel que se utiliza en el ámbito de la productividad para hacer referencia a un determinado tipo de suelo que es apto para todo tipo de cultivos y plantaciones, es decir, para la actividad agrícola o agricultura. El suelo agrícola debe ser en primer lugar un suelo fértil que permita el crecimiento y desarrollo de diferentes tipos de cultivo que sean luego cosechados y utilizados por el hombre, lo cual también debe ser apto por sus componentes para el ser humano (Bembibre, s.f.).

Muchos de los suelos usados para agricultura tienen limitaciones significativas en su productividad. Algunas son consecuencia directa de las condiciones bajo las cuales se formaron los suelos, mientras que otras resultan del manejo que se les da. La naturaleza y fertilidad de los suelos dependen de una serie de influencias: roca madre, relieve, clima, crecimiento y descomposición de vegetación, tiempo, las cuales se combinan para determinar las características claves de un suelo: disponibilidad de nutrientes, en particular los que limitan el crecimiento en muchos suelos (nitrógeno, fósforo, potasio), acidez (pH), características físicas (estructura y textura del suelo) profundidad, materia orgánica, capacidad de retención de agua, salinidad, riqueza de los microorganismos en el suelo. La roca madre influye en la formación de suelos en dos aspectos: las características físicas y características químicas (Herrera, 2009).

3.2. Características físicas

La proporción de los componentes determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del suelo: textura, estructura, color, permeabilidad, porosidad, drenaje, consistencia, profundidad efectiva (Herrera, 2009).

3.2.1. Densidad Aparente

La compactación del suelo es el incremento de la densidad aparente, que resulta de la aplicación de una carga o presión. Esta presión puede venir de fuerzas mecánicas aplicadas, de la contracción de algunos suelos al secarse y de la destrucción de la materia orgánica o de la estructura del suelo; sin embargo, los principales problemas de la compactación de suelo se debe al uso excesivo de maquinaria agrícola y la practica inoportuna de labranza, lo cual genera la formación de una capa dura inmediatamente debajo del suelo arado. A esta capa de suelo compactado se le llama piso de arado y limita la profundidad efectiva del suelo para la exploración de las raíces, también disminuye la velocidad de infiltración del agua, la porosidad del suelo, la aireación de las raíces y en casos severos puede impedir la producción económica de los cultivos.

La densidad aparente de un suelo es la relación que existe entre la masa o peso seco del suelo y la unidad de volumen aparente del mismo. El volumen aparente incluye a las partículas sólidas y el espacio poroso (Malagon, 1990).

3.2.2. Sólidos del suelo

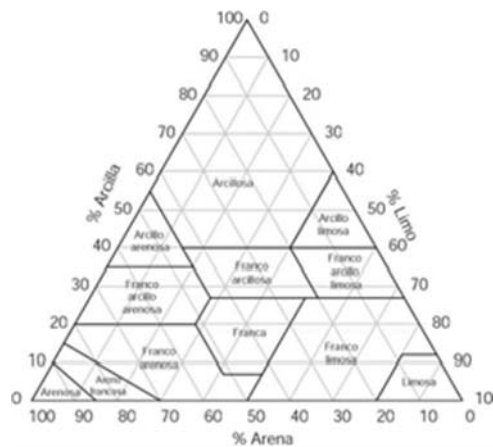
La fase sólida del suelo está formada por una asociación íntima de constituyentes orgánicos e inorgánicos. El conjunto de estos forma el esqueleto del suelo, y la disposición o arreglo de las partículas sólidas determina la porosidad, estructura y densidad aparente del suelo. El tamaño de las partículas sólidas varía desde los coloides pequeñísimas (menos de 0.5 micras) hasta las gravas gruesas y fragmentos rocosos.

3.2.3. Textura del suelo

La textura del suelo está relacionada con el tamaño de las partículas minerales, se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo.

El término textura se usa para representar la composición granulométrica del suelo. Cada termino textural corresponde con una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla. En los términos de textura se prescinde de los contenidos en gravas; se refieren a la fracción del suelo que se estudia en el laboratorio de análisis de suelos y que se conoce como tierra fina. Por ejemplo, un suelo que contiene un 25% de arena, 25% de limo y 50% de arcilla se dice que tiene una textura arcillosa. Los términos texturales se definen de una manera gráfica en un diagrama triangular que representa los valores de las tres fracciones. El triángulo de textura muestra los límites de arena, limo y arcilla contenido en las diferentes clases de suelos (Reyes, 2010).

El método del triángulo textural se basa en el sistema que aplica el USDA el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos según el tamaño de las partículas, el diagrama reitera que en el suelo hay diferentes clases de partículas y existe una correlación entre la distribución de esta y las propiedades de los suelos.



Grafica 1: Triangulo de Textura

3.2.4. Porosidad

Representa el porcentaje total de huecos que hay entre el material sólido de un suelo. Es un parámetro importante porque de él depende el comportamiento del suelo frente a las fases líquida y gaseosa, y por tanto vital para la actividad biológica que pueda soportar. Llámese porosidad el volumen total de los poros en la unidad de volumen de suelo. La porosidad total se compone de la porosidad capilar y la porosidad no capilar. Dentro de los poros capilares por lo general hay aire y se encuentra agua retenida por las fuerzas del menisco (curva de la superficie de un líquido que se produce en respuesta a la superficie de su recipiente) (Reyes, 2010).

Desde el punto de vista agronómico es conveniente que los suelos tengan gran volumen de suelos capilares no menor de 20-25% de la porosidad total.

Los suelos con porcentajes mayores del 70%, tienen una capacidad de porosidad excesiva, estos son suelos esponjosos, los suelos de porosidad excelente sus valores oscilan entre el 55-65% de porosidad son suelos bien cultivados, los suelos con porosidades menores de 50% tienen una porosidad no satisfactoria para la capa arable y valores de 40-25% poseen porosidad demasiado baja (Reyes, 2010).

3.2.5. Permeabilidad de los suelos

La permeabilidad es la capacidad del suelo de absorber y filtrar el agua que cae en la superficie. La primera fase de permeabilidad se caracteriza por el proceso de adsorción, cuando los poros se van llenando sucesivamente de agua. La adsorción excesiva de humedad prosigue hasta la plena saturación de agua del suelo. La segunda fase de permeabilidad se caracteriza por el movimiento gravitacional del agua dentro de los poros del suelo completamente saturado de líquido.

La permeabilidad del suelo se mide en función del tiempo, lo que está relacionado con la saturación del suelo, el hinchamiento del coloidal y el cambio de su estado estructural. En los suelos plenamente saturados de agua, el valor de la permeabilidad que caracteriza el proceso de infiltración es más o menos constante. La permeabilidad depende de la composición química y mecánica, el estado estructural, porosidad, densidad y humedad del suelo. Los suelos arcillosos y arcillo-arenosos de estructura grumosa granular son resistentes al agua, así como los suelos arenosos y areno-arcillosos, se distinguen por su alta permeabilidad. Los suelos de estructura terronosa pulverulenta son de permeabilidad baja.

Para la evaluación agronómica de los suelos es muy importante conocer el valor de la permeabilidad (Reyes, 2010).

3.2.6. Capacidad de saturación de agua

Es la cantidad de agua para llenar todos los espacios de poros entre las partículas de suelo, es decir el límite superior del contenido de humedad. Para que los suelos estén saturados es necesario que todo el aire retenido en los espacios de los poros sea reemplazado con agua. Algunas veces a la saturación se le denomina capacidad máxima de retención de agua o poder retentivo para el agua.

La alta cantidad de materia orgánica, ayuda a que los índices de saturación aumentan considerablemente con el contenido de materia orgánica. Según la apreciación de la capacidad de adsorción de agua en el suelo se puede definir según los siguientes parámetros 40-50% óptima, 30-40% buena, 25-30 satisfactoria, <25 no satisfactoria (Reyes, 2010).

3.3. Características Químicas

3.3.1. Nivel de acidez (pH)

El pH es una de las propiedades química más importantes de los suelos, de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas no solo porque determina su solubilidad, sino porque controla el tipo de actividad biológica y por lo tanto la solubilidad de la materia orgánica, también tiene efecto sobre iones y sustancia tóxicas, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de los suelos y raíces y enfermedades de las plantas y otras propiedades importantes (Navas, 1989).

3.3.2. Conductividad Eléctrica (CE)

Los principales constituyentes de las sales comunes en los suelos son calcio, magnesio, sodio y potasio como cationes unidos a los iones sulfatos, cloruros, bicarbonato y en ocasiones nitratos. También se encuentran en ciertas condiciones algunos otros como Litio, Boro y metales pesados. El agua es un conductor muy pobre de la electricidad, pero cuando tiene sales disueltas puede conducirla en proporción directa a la cantidad de sales presentes. Por esta razón la Conductividad Eléctrica del extracto de saturación (CEe), es un indicador muy útil de la salinidad del suelo. La C.E de la solución acuosa salinas aumenta a medida que aumenta la temperatura (Navas, 1989).

3.3.3. Relación Carbono /Nitrógeno

El contenido de carbono orgánico en el suelo puede expresarse directamente en valor porcentaje o ser estimado en forma de materia orgánica. En este caso el contenido de carbón orgánico se multiplica por 1.724 (factor de Van Bemmelen) y se basa en la hipótesis de que la materia orgánica del suelo tiene 58% de carbono. La relación carbono nitrógeno es un factor que influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica fresca en residuos orgánicos de los suelos la relación es variable. En suelos agrícolas varía normalmente entre 8-14. En residuos provenientes de plantas jóvenes y gramíneas la relación oscila entre 18-20, además, la relación disminuye a mayor descomposición, ya que se pierde carbono en forma gaseosa (CO_2), mientras que el N permanece en combinaciones orgánicas (la materia orgánica del suelo), (Carrasco, D., 1984).

3.3.4. Nitrógeno

El Nitrógeno es uno de los nutrientes que se caracteriza porque en el suelo está sometido a una permanente dinámica de transformación y síntesis de carácter bioquímico, incluye procesos de ganancia y pérdida del elemento en periodos relativamente cortos. En general, la mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra formando parte de la materia orgánica solo del 5% al 10% del nitrógeno se encuentra de formas inorgánicas amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) o nitritos (NO_2^-), casi todo el NO_2^- y el NO_3^- se encuentran en la solución del suelo mientras que la forma catiónica se encuentra bien sea de forma intercambiable o como amonio fijado en la estructura de ciertos minerales.

La determinación de N-Total, asociado con la determinación del Nitrógeno orgánico, permite conocer la relación C/N, la cual es útil para hacer predicciones sobre cambios que puedan ocurrir respecto al Nitrógeno cuando se descompone residuos orgánicos. Cuando la relación es alta (alto C y poco N) habrá tendencia a causar inmovilización neta, mientras que cuando la relación es estrecha habrá tendencia a mineralización neta (Carrasco D., 1984).

3.3.5. Relaciones catiónicas

El contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) define en gran parte el grado de fertilidad del suelo. Los suelos fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca y Mg, mientras que los suelos muy ácidos generalmente presentan deficiencias de Ca y Mg.

Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo. Si el suelo presenta una suma de bases inferior a 5 cmol (+)/l se considera que es de baja fertilidad, de 5-12 cmol (+)/l es de fertilidad media, y más de 12 cmol (+)/l es alta fertilidad (Molina, 2007).

Durante la interpretación también se evalúa las relaciones entre los cationes Ca, Mg y K para determinar si existe algún desequilibrio. Para esto se calcula los cocientes de la división matemática de los contenidos en cmol-(+)/l de estos elementos. Por lo general el antagonismo principal que se presenta es la relación de Ca y Mg con respecto al K (Molina, 2007).

3.3.6. Materia Orgánica

La Materia Orgánica (MO) del suelo es un material constituido por un amplio número de sustancias que incluyen células microbianas, tejidos vegetales y animales inalterados (sustancias no húmicas), como carbohidratos, proteínas, grasas, etc. y sustancias modificadas química y biológicamente (sustancias húmicas), que muestran muy poca o ninguna semejanza con los compuestos orgánicos de donde se originan. Mediante el proceso de mineralización de la MO algunos elementos que son nutrimentos para las plantas, se transforman de una forma orgánica no utilizable por las plantas en una forma inorgánica asimilable. Cuando las condiciones del suelo son adecuadas para el desarrollo de este proceso la MO se convierte en una importante fuente de suministro de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Azufre (S) y algunos elementos menores aprovechables por las plantas.

3.4. Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo es la capacidad de éste para mantener una cubierta vegetal. En la fertilidad intervienen todas las características del suelo, sean físicas, físico-químicas o

químicas. Por ello se habla de una fertilidad asociada a cada una de ellas, si bien solo serían aspectos parciales de un mismo concepto unitario (UNEX, 2004).

Para comprender mejor la relación entre el suelo y las plantas, se utilizan algunos conceptos asociados a la fertilidad, o mejor dicho a los estados de la misma o la capacidad para mantenerla.

3.4.1. Indicadores de la fertilidad del suelo

3.4.1.1. Indicadores físicos

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente. Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros.

Las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad son: La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua.

3.4.1.2. Indicadores químicos

Los indicadores químicos propuestos se refieren a condiciones que afectan las relaciones suelo-planta, calidad del agua, capacidad amortiguadora del suelo, disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y microorganismos. Algunos de los indicadores químicos son: Contenido de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, N, P, K.

3.4.2. Tipos de fertilidad

3.4.2.1. Fertilidad natural

Por tal se entiende a la fertilidad propia de los suelos vírgenes en los que existe un equilibrio dinámico entre el suelo y la vegetación que soporta (UNEX, 2004).

3.4.2.2. Fertilidad potencial

Es la capacidad del suelo para mantener su fertilidad natural. En la evaluación de este tipo de fertilidad intervienen parámetros que no se utilizan de forma habitual en el establecimiento de la fertilidad natural.

Uno de los más influyentes es la naturaleza de las fracciones granulométricas gruesas. Las arenas están constituidas fundamentalmente por minerales primarios susceptibles de alterarse y generar minerales secundarios con pérdida de componentes, algunos de los cuales pueden constituir nutrientes para las plantas, con lo que se incrementa la fertilidad (UNEX, 2004).

3.4.2.3. Fertilidad adquirida

Es un término asociado a los suelos cultivados o a los que han sufrido algún tipo de intervención humana. Una práctica frecuente como es el riego, modifica la capacidad productiva de las tierras, aunque no afecte de forma inmediata la fertilidad del suelo pero puede influir a largo plazo. El aumento de productividad provocado no puede considerarse como una "fertilidad adquirida", al no existir modificación de la natural.

3.4.2.4. Fertilidad actual

Es la que posee el suelo en un momento determinado, sea natural o adquirida (UNEX, 2004).

3.5. Productividad del suelo

El suelo produce solamente cuando todos los factores están equilibrados, la fertilidad es uno de los factores de productividad. El suelo tiene muchos elementos minerales que la planta no utiliza o utiliza en escala reducida, generalmente no se percibe la necesidad de un elemento cuando se desconoce su función. El desconocimiento de una cosa no es prueba de que esta no exista, el problema no es intentar descubrir la técnica mágica que valga para todos los suelos, cultivos, climas y variedades, sino regular los principios básicos de la nutrición vegetal (Primavesi, 1982).

3.6. Fertilización de cultivos

La planificación para el manejo adecuado de la fertilización de los cultivos se debe iniciar el análisis de las propiedades químicas del suelo. Con esta herramienta se puede hacer una estimación de la disponibilidad de nutrientes para la planta durante el ciclo de desarrollo, ya que es posible evaluar los parámetros que son de gran importancia en la fertilidad del suelo como: El pH y la saturación de bases que presenta el suelo.

3.6.1. Criterios para la fertilización de los cultivos

3.6.1.1. Disponibilidad de nutrientes

Es uno de los principales factores que inciden en la cantidad de fertilizante requerido es la capacidad del suelo para suministrar nutrientes a las plantas, lo que se denomina fertilidad del suelo. En la evaluación de la fertilidad el método más práctico es el del análisis químico del suelo, el cual es una herramienta importante para identificar la dosis del fertilizante y planificar la fertilización más apropiada.

3.6.1.2. Requerimiento nutricional del cultivo

Este es otro de los factores que incide directamente en la cantidad de fertilizante que debe aplicarse para obtener un rendimiento óptimo, las diferentes especies cultivadas no tienen los mismos requerimientos nutricionales (Miliarium, 2004).

3.6.1.3. Rendimiento potencial del cultivo

Los requerimientos nutricionales de un cultivo serán directamente proporcionales al rendimiento, por consiguiente, la dosis de fertilización dependerá del potencial de producción o rendimiento esperado.

3.6.1.4. Eficiencia de la fertilización

No todo el nutrimento aplicado en el fertilizante es aprovechado por el cultivo, solamente una proporción es utilizada por la planta. A esta proporción, que generalmente es expresada en porcentaje, se denomina eficiencia de la fertilización (Miliarium, 2004).

3.7. Suelos de Nicaragua

Los suelos del Pacífico de Nicaragua son de origen volcánico reciente, y localmente han sido afectados por erupciones durante los últimos 10,000 años. Como los volcanes activos están más cercanos a la costa pacífica, donde las cenizas son llevadas por los vientos dominantes, la renovación de la fertilidad de los suelos por esta acción ha sido menor en la vertiente caribeña. A veces oímos que los suelos volcánicos son todos fértiles, aunque en realidad son muy variables en calidad. Su fertilidad depende tanto de la naturaleza del material volcánico original como de su susceptibilidad hacia los procesos principales de la formación de suelos; clima (temperatura, humedad, vientos), flora, fauna, relieve, drenaje, tiempo y el impacto humano. Su buena porosidad permite cultivar en laderas con fuertes pendientes, aunque muchos muestran deficiencias de fósforo, azufre y del micronutriente boro (Boshier D. et, al 2004).

En Nicaragua, algunos suelos profundos de cenizas tienen la desventaja de drenar y secarse rápidamente, pero los suelos de las costas de los lagos de Nicaragua y Managua, con contenidos más altos de arcilla, mantienen mejor la humedad y así han sido más favorables para los cultivos, Sin embargo, hay áreas extensas del llamado talpetate en el sur de Nicaragua, que son considerados antiguos flujos de lava. El talpetate forma una capa relativamente impermeable cuya profundidad puede variar desde muy cerca de la superficie a dos metros en un área muy pequeña. El talpetate puede impedir el crecimiento de raíces, limitando la capacidad de cultivos y árboles de aguantar periodos secos. Los vientos también pueden causar erosión en suelos al descubierto, en particular en topografías planas o de pendiente moderada. En el noroeste de Nicaragua (zona de León y Chinandega) se han presentado problemas graves con erosión por viento, necesitando cortinas rompe vientos para reducirla (Boshier D. et, al 2004).

3.8. Tipos de suelo predominantes en el municipio de El viejo

3.8.1. Vertisoles (Sonzocuite)

Son suelos minerales de desarrollo reciente, con horizonte superficial de poco espesor, muy arcillosos, que durante la estación seca se contraen y presentan grietas anchas y profundas y durante la estación lluviosa se expanden, tienen formación de micro relieve en la superficie,

son de muy profundos a moderadamente profundos (que no tienen contacto rocoso a menos de 50 cm de profundidad), la fertilidad del suelo es de alta a baja, formados de sedimentos lacustres o lagunares, de tobas, basaltos y otras rocas ricas en bases y fácilmente meteorizables, en pendientes de 0-8%, también se encuentran en pendientes de hasta 15%.

Estos suelos predominan en la Región Central, en el departamento de Chontales y se extienden hasta parte del Río San Juan (Municipio de San Carlos) y pequeños bloques diseminados en la Región del Pacífico en los departamentos de León y Chinandega, en áreas bajas con pendientes suaves, generalmente inclinadas.

3.8.2. Suelos Molisoles

Son suelos minerales con estado de desarrollo incipiente, joven o maduro. Con un horizonte superficial (epipedón móllico) de color oscuro, rico en humus, bien estructurado, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla aluvial (un horizonte argílico, o un horizonte cámbico cargado de arcilla); poco profundos a muy profundos, fertilidad de baja a alta; desarrollados de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, ácidas, metamórficas, sedimentarias y piroplásticas.

Predominan en la Región Central en los departamentos de Chontales y Boaco, extendiéndose hacia la Región del Pacífico en los departamentos de León, Chinandega y pequeños bloques en el departamento de Madriz. Por sus características son los mejores suelos para las actividades agropecuarias (INIFOM, 1999).

3.9. Suelos del municipio de El Viejo

La región del Pacífico comprende una gran diversidad de suelos que se han originado a partir de materiales volcánicos cuaternarios, de tierras aluvionales y sedimentarias antiguas localizadas a lo largo de las costas marítimas. En el municipio se presentan los suelos más fértiles y productivos del Litoral Pacífico, predominando los suelos agropecuarios sin limitaciones dado que sus características físicas y químicas permiten un aprovechamiento intensivo. El relieve que presentan va de plano a ondulado con pendientes de 0 a 15%, permitiendo aptitud para una gran variedad de cultivos (INIFOM, 1999).

3.9.1 Uso Potencial del Suelo

A nivel general, las categorías de suelos con vocación tanto para actividades agrícolas, pecuarias y forestales presentan la siguiente distribución en el territorio. Los Suelos con vocación Agropecuaria, se encuentran distribuidos de manera concentrada al este del municipio y en pequeñas áreas alrededor del volcán Cosiguina. Es importante aclarar que dentro de esta categoría el Uso agropecuario amplio (A), tiene la mayor representatividad de las categorías de uso potencial de los suelos en el municipio, con un 26.75 %, Los Suelos con vocación Pecuaria, se presentan principalmente con las Categoría de Ganadería Intensiva (P) en pequeñas áreas concentradas en el sector de las Comarcas, Los Clavos, Santo Tomás y Virgen de Hato y en áreas dispersas en sus alrededores, con un 4.48% del total del uso potencial de los suelos (INIFOM, 1999).

Los Suelos con vocación para la Conservación de la Vida Silvestre, están conformados principalmente por la Categoría de Utilización Explotación Sostenida y Conservación de la Vida Silvestre (AC-1) con un 16.87% del total, áreas que se ubican particularmente en el Estero Real frente al Golfo de Fonseca, así como en menor porcentaje las categorías de Estero, Manglares, Turismo, Conservación de la Vida Silvestre, Playas y Conos Volcánicos, ubicadas a lo largo del Litoral Costero desde el Estero Aserradores hasta el Estero Padre Ramos.

Los Suelos con Vocación Agroforestal, se presentan con las Categorías de Utilización Cultivos Anuales Intensivos, asociados con Frutales y Café de Sombra (AF) y Cultivos Anuales, asociados con Frutales o Forestales en pendientes de 8-15% (AF-1) para un total de 12.68% del total, localizadas de manera dispersa en las faldas del Volcán Cosiguina, Comarca Santa María, localidades de Chimaltepe, San Antonio, Las Delicias, Chorrera (INIFOM, 1999).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Información general de la zona de estudio

El estudio se realizó en el municipio de El Viejo, departamento de Chinandega que se encuentra localizado en el extremo noroccidental del país a siete kilómetros de la Ciudad de Chinandega, se priorizaron las zonas de mayor incidencia productiva, cultivos de importancia. Para esto se realizó un estudio de línea base por productor para determinar el uso actual del suelo.

El departamento de Chinandega, presenta un clima subtropical cálido; con marcada estación seca de más de seis meses este posee una temperatura promedio anual entre 24 y 28 grados centígrados se caracteriza por poseer suelos fértiles.

4.2. Descripción de los materiales

4.2.1. Obtención de la información sobre el manejo de suelos

- Encuesta de línea base

4.2.2. Levantamiento de muestras

- Selección previa de los productores
- Barreno, palas
- Baldes, Bolsas plásticas
- Hoja de información de la muestra
- Marcadores, GPS.

4.3. Metodología

Para la obtención de la información y resultados del estudio se procedió a la realización de una encuesta de línea base, con ayuda de preguntas abiertas y cerradas sobre el manejo actual de las parcelas a muestrear.

Levantamiento de las muestras de suelos: se procedió primeramente a la selección de los productores beneficiarios del INTA y las cooperativas que desarrollan proyectos conjuntamente con fondos FIDA.

4.4. Diseño experimental

4.4.1. Estudio de línea base

La encuesta se aplico directamente al productor en el campo el día del muestreo, para identificar el tipo de manejo y uso de suelo que el productor implementa.

4.5. Definición de las variables a evaluar

Para el desarrollo sostenible de la agricultura de todo país, se inicia con la obtención de una base de datos sobre la calidad de los suelos que este posee. Cuando el diagnostico de la calidad de los suelos se realiza de forma sistemática en el espacio y el tiempo, se obtendrá suficiente información para la elaboración de parámetros o indicadores de calidad de suelo propios del país y de las diferentes zonas de estudio, estos indicadores nos permitirán en el futuro poder identificar previamente el impacto que los diferentes sistemas de producción ocasionan al suelo mismo.

Por lo tanto los parámetros evaluados en este estudio nos brindaron la información sobre el estado actual en que se encuentran los suelos mismos desde el punto de vista de las características físicas y químicas.

4.5.1. Variables a tomar en consideración en línea base

- a. Uso actual de la finca
- b. Cultivos relevantes
- c. Variedades más utilizadas
- d. Tipo de manejo de la finca
- e. Tipos de fertilizantes

4.5.2. Variable que caracterizan el estado de fertilidad de los suelos

Características químicas del suelo

Se evaluó a través de un análisis en el laboratorio de suelo. Los parámetros utilizados para esta variable son:

- Nivel de acidez (pH)
- Materia Orgánica (M.O)
- Conductividad Eléctrica (CE)
- Macronutrientes
- Micronutrientes

Características físicas del suelo

- Permeabilidad del suelo
- Densidad aparente del suelo
- Textura del suelo
- Capacidad máxima de retención de agua del suelo
- Porosidad del suelo
- Sólidos totales del suelo

4.6. Definición de la medición de las variables

4.6.1. Variables de la línea base

Manejo de la finca: esta variable se determinó con el objetivo de identificar el tipo de manejo que se realiza en las parcelas de estudio, y a la vez clasificar el manejo en convencional y orgánico. Donde el término convencional se refiere a la implementación de maquinaria agrícola, uso de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades. El término orgánico hace referencia al uso de alternativas ecológicas para el manejo de los cultivos, aplicación de fertilizantes orgánicos, uso de tracción animal y en algunos casos la certificación orgánica de las parcelas.

Cultivos relevantes: se determinó los principales rubros a los que se dedican los productores en el municipio de El Viejo, estos fueron seleccionados del total de cultivos encontrados; Se eligieron los cultivos de mayor aceptación de uso por los productores.

Varietades Utilizadas: esta variable se determino con el objetivo de identificar las variedades más utilizadas por los productores en las parcelas de estudio, Se clasificaron en variedades mejoradas y criollas.

Tipos de fertilizantes: se determino los tipos de fertilizantes, sean estos químicos u orgánicos que el productor aplica al suelo para elevar los rendimientos de los cultivos.

4.6.2. Variable del estado de fertilidad de los suelos

4.6.2.1 Medición de las características físicas

A) Permeabilidad del suelo: para la determinación de la permeabilidad del suelo se utilizo el (DAIKI, modelo 4000 / Japonés, 2009). Este instrumento permite medir el coeficiente de permeabilidad o capacidad de infiltración, mediante el método de flujo de agua.

Pasos para determinar permeabilidad

1. Llenar los cilindros completamente con las muestra de suelo.
2. Colocar los cilindros en una Bandeja con agua por una hora para saturar la muestra de suelo, estos tienen un tamiz lo que facilita la rápida absorción de agua.
3. Colocar agua en los cilindros de descarga grande, para agilizar el proceso de permeabilidad.
4. Unir el cilindro con los cilindros de descarga pequeños con el adaptador de goma y colocarlo en un tamiz en medio de ambos y luego colocarlos en los cilindros de descarga grande.
5. Adaptar el tubo de las cabezas de agua a la cañería, mediante una manguera de silicón y colocar otra manguera en el tubo de desagüe.
6. Armada la torre colocarla en el mueble y adaptar los cilindros de descarga pequeños a las mangueras que están unidas al tubo de desagüe.
7. Colocar las pipetas graduadas debajo de los cilindros de descarga grande.
8. Abrir las llaves de las cabezas de agua con un goteo constante.
9. Cuando la primer gota del cilindro de descarga esté cayendo se empieza a tomar el tiempo, hasta que el agua llegue a los 20mm.

Formula 1: Determinación de la permeabilidad del suelo. (Manual de manejo DAIKI, Japón, 2009)

K= Es la constante de infiltración.

A= Área de la superficie de la muestra 19.6 cm²

Q= Cantidad de flujo de agua 20ml

t = Tiempo de infiltración 20ml.

L= El espesor del cilindro 5.1cm.

ΔH = Diferencia de las cabezas de agua 6.8 cm.

$$K = \frac{Q}{A.t. \Delta H / L}$$

a) Densidad aparente del suelo

La determinación de la densidad aparente se realizo conforme la metodología implementada en la mayoría de los laboratorios de suelo y aplicando la formula correspondiente (Malagon, D. 1990).

Formula 2: Calculo de la densidad aparente

$$DA = \frac{\text{Peso seco (g)}}{\text{Volumen de la muestra (cm}^3\text{)}}$$

Formula 3: Calculo del volumen de un cilindro

$$V (\text{cm}^3) = \pi.r^2.h$$

π = Valor de pi (3.1415926)

r^2 = Radio del cilindro elevado a al cuadrado (cm)

h = Altura del cilindro (cm)

Peso seco se obtuvo dejando la muestra 24 horas el horno a una temperatura de 70° C. El volumen de los cilindros utilizados se determinó en base a la fórmula 3 (Kaelheinz C. et, al 1982).

b) Textura del suelo

Para la determinación de la textura se utilizó el método del densímetro o Bouyouco (López, 1990), el cual es empleado como método base por el laboratorio de suelo de la UNAN-León. A través de este método se determinó el porcentaje de arcilla, limo y arena suspendidas en la solución de suelo.

Los promedios de textura por municipio y departamento se obtuvieron leyendo el método del triángulo textural, el cual se basa en el sistema que aplica el USDA el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Sampat, 1991).

c) Capacidad máxima de retención de agua del suelo

La determinación de la capacidad máxima de retención de agua en 100 gramos de suelo: (Ritas, 1990), nos permitió conocer la capacidad que tiene el suelo de retener agua en 100 gramos de suelo.

Para obtener el peso saturado se depositó las muestras en el cilindro, se les colocó un filtro metálico con uña, para que la saturación sea rápida, posteriormente se depositó en una bandeja de acero inoxidable con agua, por una hora y luego fueron pesadas para obtener el peso saturado.

Formula 4: Calculo para capacidad máxima de retención de agua

$$\text{CMS} = 100 \times \frac{\text{Peso de la muestra saturada (g)}}{\text{Peso de la muestra seca (g)}}$$

d) Porosidad del suelo

Determinación de la porosidad en 100g de suelo según (Ritas 1990). Este parámetro sirve para determinar los espacios porosos o huecos del suelo, también manifiesta la condición estructural en que se encuentra el suelo. En este caso la densidad real (DR) es una constante de 2.5 gr/cm³, la cual representa la densidad de cuarzo (Arena) y por encontrarse en todos los suelos se considera este valor como una constante para determinación de la porosidad del suelo (Alonso, C. et, al 1977).

Formula 5: Calculo de porosidad del suelo

$$\% \text{ de Poros} = 100 - \frac{\text{D.A (g / cm}^3\text{)}}{\text{D.R (g/ cm}^3\text{)}} \times 100$$

D.A: Densidad aparente.

D.R: se expresa como la relación de la masa total de las partículas sólidas a su total excluyendo el volumen ocupado por poros entre las partículas

e) Sólidos totales del suelo

Determinación del porcentaje de sólidos: esta variable nos permitió conocer, cuando un suelo es altamente mineral u orgánico. El tamaño de las partículas sólidas varía desde los coloides pequeñísimos (menos de 0.5 micras) hasta las gravas gruesas y fragmentos rocosos. El conjunto de estos forma el esqueleto del suelo (Malagon, 1990).

Formula 6: Calculo del porcentaje de sólidos del suelo

$$\% \text{ de sólidos} = \frac{\text{D.A (g / cm}^3\text{)}}{\text{D.R (g/ cm}^3\text{)}} \times 100$$

4.6.2.2. Medición de las características químicas

La determinación de las características químicas del suelo se hizo a través de los métodos utilizados por el Laboratorio LA QUISA.

- pH
- Materia Orgánica (M.O)
- Conductividad Eléctrica (CE)
- Macronutrientes
- Micronutrientes

Elemento	Unidad de medida	Método utilizado
pH		Potenciométrico
CE	$\mu\text{S}/\text{cm}$	Conductimétrico
MO	%	Walkley-Black
P ₂ O ₅	ppm	Olsen Modificado
K ₂ O	meq/100g	
CaO		
MgO		Acetato Amónico 1N pH 7
Cu	mg/kg	Olsen Modificado
Fe		
Mn		
Zn		

4.6.3. Toma de muestras de suelo

Los muestreos se realizaron en las fincas de los productores organizados en las cooperativas INTA, EMPASA y COMOAZUCENA. La unidad experimental de estudio fue la parcela, la cantidad de muestras dependió del tamaño del terreno, de la uniformidad de este y de los tipos de cultivos, tomando como rango el área máxima para una muestra es de tres manzanas según (Erickson, 2002), ya que los productores poseen en promedio tres manzanas. La cantidad de sub muestras eran mixtas compuestas de 8-15 hoyos, en dependencia del área (m²). La profundidad de muestreo fue de 20 a 30cm. Con un barreno se sacaba cada sub muestras y se depositaba en baldes plásticos, donde se mezclaban homogéneamente, se sacaban piedras y desperdicio de cosecha. Se tomó la cantidad de 2.5kg de suelo la que fue colocada en bolsas plásticas debidamente rotuladas, con una etiqueta que contenía fecha de muestreo, código de la muestra, profundidad del muestreo,

nombre del productor, cultivo anterior, próximo cultivo, rendimiento, comunidad, para su posterior clasificación. Luego fueron llevadas al laboratorio donde se realizó el análisis físico y químico.

El total de muestras tomadas en el municipio de El Viejo fue de 87 muestras.

4.7. Análisis estadístico

Para el estudio se utilizó el modelo estadístico tipo II (Efectos aleatorios). Este se utiliza cuando los tratamientos y demás factores que intervienen en un experimento son elegidos al azar de una gran población (Soto, 2003).

Para el análisis de los resultados los datos se procesaron utilizando los programas estadísticos Excel y SPSS por el cual se realizaron:

- a. Análisis estadístico descriptivo.**
- b. Análisis de correlación.**

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización del manejo de los suelos en el municipio de El Viejo

Los datos corresponden a los resultados de línea base que fueron obtenidos de las encuestas aplicadas a 87 productores de la parte norte del municipio de El viejo.

Nicaragua es un país eminentemente agrícola y pecuario. El sector agropecuario es el que tiene mayor participación en el producto interno bruto, este sector es el de mayor importancia para la población.

Tabla 1. Distribución del uso actual de los suelos

Uso	Promedio	Máximo	Mínimo	Suma	(%)
Unidad de medida	Mz				
Agrícola	24.38	90	1	536.5	39
Ganadera	30.8	94	1	616	45
Forestal	11.67	35.75	0.5	221.75	16
Total				1374.25	100

N = 87

Los resultados de la línea base nos demuestran que del área total muestreada (1374.25Mz) la mayor asignación de los terrenos en las fincas es utilizado para ganadería, presentando un porcentaje de 45%. Lo que indica que en el municipio de El Viejo los productores encuestados (87) destinan poca área para las labores agrícolas, donde el total es 536.5Mz que representa el 39%. A pesar de la importancia que tiene el sector agrícola en PIB nacional (MAGFOR, 2001).

El sector forestal es considerado de poca relevancia en los sistemas de producción, porque la asignación de las áreas en las fincas es por lo general menor, en esta línea base se demuestra que el sector forestal es el que menor terreno destinado tiene, representando a penas un 16% del total de las áreas de las fincas encuestadas.

En el departamento de Chinandega los suelos destinados a la agricultura con cultivos como hortalizas, maní, ajonjolí, maíz, sorgo, arroz, caña de azúcar, cítricos y otros frutales corresponden a suelos planos a ligeramente ondulados con pendientes menores del 8.0% y muy profundos (CATIE, 2004).

Tabla 2. Cultivos relevantes en las fincas seleccionadas para el estudio en la zona de El Viejo

Cultivos	Frecuencia	% de selección
Maíz	75	33.3
Hortalizas	37	16.4
Sorgo	29	12.9
Ajonjolí	23	10.2
Arroz	15	6.7
Sandía	15	6.7
Millón	9	4
Yuca	8	3.6
Plátano	7	3.1
Maní	3	1.3
Papaya	2	0.9
Guayaba	1	0.4
Caña	1	0.4

N=87

Según (INTA, 2000), El maíz ocupa la principal área cultivada, y está destinada principalmente al consumo familiar, para el comercio o consumo interno. Al igual que el maíz el ajonjolí se cultiva tradicionalmente por pequeños y medianos productores dándose la mayor producción (80%) en León y Chinandega convirtiéndose en uno de los rubros de mayor importancia económica por su adaptabilidad a los suelos agrícolas de la zona (Quiroz, R. 2011).

De los resultados obtenidos en las encuestas esta la selección de los principales cultivos que los productores implementan en sus fincas, donde se demuestra que el cultivo de Maíz es el que presentan una mayor frecuencia de selección, representando un 33.3% de la selección total. La preferencia del cultivo de maíz por lo productores, se corrobora con los estudios realizado por (INTA, 2000) donde indican que el Maíz es el cultivo más demandado por los pequeños y medianos productores del país.

El material de partida para la producción es la semilla, no es imposible obtener una buena cosecha, si no se parte de una semilla de calidad, el cultivo puede resultar de calidad inferior a la semilla sembrada (INTA, 2004).

Tabla 3 Variedades utilizadas por los productores encuestados

Variedad	Numero de Productores	% Porcentaje
Mejoradas	38	43.68
Criolla	28	32.18
Ambas	21	24.14
Total	87	100

N=87

Los resultados obtenidos de la variable variedades muestran que 38 productores usan variedades mejoradas (43.68%) en sus cultivos, seguido de un menor número de productores que usa variedades criollas (32.18%) equivalente a 28 productores. Para mejorar la producción, se debe hacer uso de semilla certificada de buena calidad y realizar un manejo adecuado (INTA, 2000).

Las condiciones físicas del suelo pueden modificarse o alterarse radicalmente según su manejo (Sampat, 1991). Los sistemas convencionales de labranza, provocan la desagregación del suelo, aceleran la oxidación de la materia orgánica y disminuyen la capacidad productiva de los suelos.

Tabla 4. Tipo de manejo en las fincas encuestadas

Manejo	Frecuencia	Porcentaje
Convencional	81	93.10
Orgánico/ convencional	6	6.90
Orgánico	0	0.00
Total	87	100.00

N=87

La mayor frecuencia de selección es para el manejo convencional (81) representando el 93.10% de los productores encuestados, mientras que el manejo orgánico convencional obtuvo un resultado de 6.90%. Lo que indica que el manejo convencional es el más utilizado por los pequeños y medianos productores bajo el concepto convencional se comprende el uso de productos químicos para el control fitosanitario, implementación de maquinarias para la labranza y fertilización química para los cultivos (INTA, 2001).

Los fertilizantes son materiales orgánicos o inorgánicos de origen natural o sintético que se pueden encontrar en el mercado en forma individual en caso de que aporten solo un nutriente o en mezclas que contengan dos, tres o más nutrientes a la vez (Jiménez, 2001).

Tabla 5 Cantidad de fertilizante utilizada en qq/Mz

Comunidad	Orgánico	Completo	Urea
Capulín		12	11
Chorrera			1
Cosiguina			
El Manzano		6	6
Hato Grande		2.5	6
La Picota		3.5	5.5
Las Parcelas	1	1	4
Las Pozas		1	3
Libornio		2.5	6
Los Valientes		3	4
Palermo		9	11
Petacaltepe		2	2
Potosí		10	15
Rio Viejo	1	6	5.5
San Luis		4	5
Santa Cruz		2	3
Santa María del Mar	2	14	17.5
Tom valle		3	4
Venezuela		1	2
Total	4	82.5	112.5

N=87

En la tabla 5 se presenta la cantidad de fertilizantes en quintales utilizados en un ciclo de siembra, los resultados demuestran que la urea es la más usada por los productores

encuestados (112.5qq), seguido de 82.5qq de fertilizante completo y en menor aplicación los fertilizantes orgánicos con 4qq .Estos se aplican al suelo o al follaje de la planta para abastecer los nutrientes que no ha podido suplir el suelo (Jiménez, 2001).

5.2. Condiciones químicas de los suelos en el municipio de El Viejo.

Los resultados químicos corresponden a 87 muestras de suelo, a las cuales se les realizó un análisis químico de sus principales características, para determinar en qué condiciones se encuentran. Para la interpretación de los resultados se utilizaron las tablas de interpretación emitidas por el laboratorio LAQUISA y el laboratorio de la UNAN-León.

El pH es una de las propiedades químicas más importantes de los suelos, su interpretación plena requiere de relacionarla con otras propiedades y características ya que tiene una importancia primordial en el desarrollo de las plantas, debido a que entre otras funciones está el ser determinante en la elección de cultivos, sean estos anuales o perennes (León, 2006). Al igual que el pH el contenido de materia orgánica también es un parámetro de gran importancia al evaluar la fertilidad del suelo, esta contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas.

Tabla 6. Promedio de algunos parámetros químicos de las muestras en estudio

Parámetros	pH	C.E.	M.O.	Nt
Unidad de medida	%	μS/cm	%	%
Media	6.13	367.98	5.64	0.28
Mínimo	5.4	66.03	2.1	0.1
Máximo	7.1	1612.31	9.77	0.49
Rango normal	5.6-6.8	300-800*	1.9-4.2	0.10-0.21
Categoría	Moderadamente ácido	Medio	Alto	Alto

N=87, *) En base a las tablas de interpretación de la UNAN-león.

En la tabla 6 se observa el nivel de acidez de los suelos de El viejo estos se encuentran por encima del rango medio que es de 5.6-6.8, según las tablas de interpretación de LAQUISA. Encontrándose moderadamente ácido, siendo suelos aptos para cultivos como sorgo, maíz, maní, soya, caña de azúcar y arroz que toleran niveles pH entre 5.5-7.5 (Primavesi, 1982).

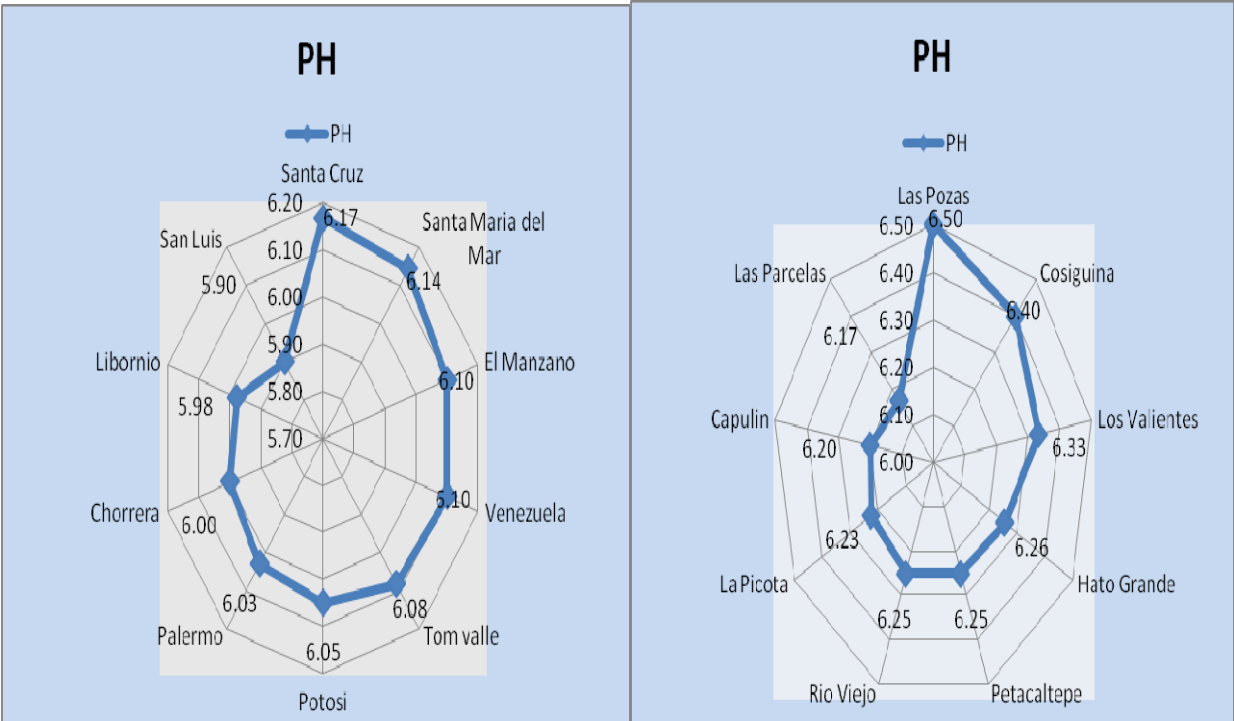
La conductividad eléctrica se suele medir aprovechando el extracto acuoso preparado para determinar el pH. Los cultivos presentan un alto grado de resistencia a la salinidad muy variable por lo que solo se puede hablar si un suelo es salino o no, haciendo referencia a un cultivo determinado (Guerrero, 2000). Según la tabla 6 el valor promedio para la conductividad eléctrica es de 367.98 $\mu\text{S}/\text{cm}$ encontrándose en un nivel medio, según la tabla de interpretación de la UNAN-León.

Las tasas de descomposición de la materia orgánica varían en función de las fluctuaciones de temperatura oscilando entre 2 a 5% para bosques tropicales, de 0.4 a 1% para bosque templados y un promedio de 1.2% para sabanas tropicales (Sánchez, 1981). Según la tabla de interpretación de LAQUISA el rango medio para materia orgánica es de 1.9 a 4.2% encontrándose estos suelos con alto contenido de MO, con promedio de 5.64%.

El nitrógeno está íntimamente relacionado con la fertilidad del suelo, la mayor parte se encuentra de forma orgánica (León, 2006) Los suelos de El viejo tienen alto contenido de nitrógeno (0.28%) según la tabla de interpretación de LAQUISA. La cantidad de nitrógeno presente en el suelo está controlada especialmente por las condiciones climáticas, la vegetación, las actividades del hombre y el tiempo que estos factores han actuado sobre el suelo (Carrasco, 1973).

En la grafica 1, se muestran los valores de pH para cada comunidad de estudio. Valores que oscilan entre 5.90 a 6.50. Lo que indica que todas las comunidades presentan condiciones buenas de pH, ya que la mayor disponibilidad de nutrientes se encuentra en los rangos de 5.5 a 7, lo cual permite a los pequeños productores establecer la mayoría de los cultivos

Grafica 1. Nivel de acidez de los suelos de El viejo



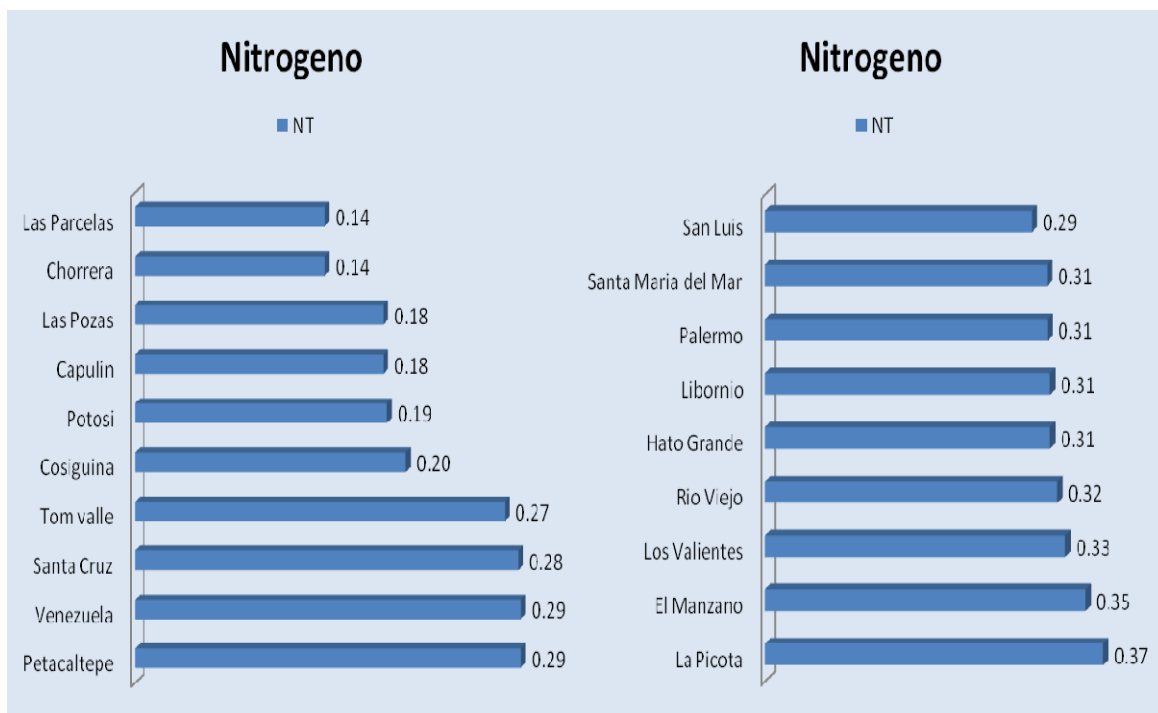
La grafica 2, representa los promedios de Materia Orgánica en las 19 comunidades, donde se muestra que en la totalidad de las comunidades estudiadas se presentan altos contenidos de materia orgánica. Dado a que la materia orgánica es la fuente de nutrientes en el suelo, los contenidos de nutrientes como Nitrógeno, Fosforo y Azufre también serán altos.

Grafica 2. Concentración de MO en los suelos de El viejo



El clima tiene una influencia determinante sobre el nivel de N en los suelos, a través de la temperatura y las condiciones de humedad, el contenido de nitrógeno total del suelo presenta un amplio ámbito, pero es común el comprendido entre 0.2 y 0.7 para la denominada capa arable (Fassbender 1982). La grafica 3, representa los valores promedio de nitrógeno total en las fincas muestreadas donde el valor mínimo es para la comunidad Las parcelas con 0.14 y el valor máximo de 0.37 para la comunidad La picota. Estas cantidades de nitrógeno están controladas por las condiciones climáticas y la vegetación.

Grafica 3. Concentración de Nitrógeno total



La cantidad de nutrientes que contiene el suelo va a determinar el potencial que tiene este para alimentar los cultivos que se desarrollarán sobre él. El hecho de cultivar hace que se agoten los nutrientes del suelo que pasan a formar parte de las plantas. Por eso es necesario fertilizar el suelo, para reponer los nutrientes que han sido extraídos

Tabla 7. Contenido promedio de macro elementos en las muestras de estudio

Parámetros	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Unidad de medida	Ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g
Media	18.74	0.5	16.84	3.53
Mínimo	1.3	0.1	5.3	0.5
Máximo	80.6	1.2	38.8	9.8
Rango normal	11-20	0.3-0.6	4.1-20	2.1-10
Categoría	Medio	Medio	Medio	Medio

N=87

El fósforo en el suelo se encuentra en su mayor parte en forma inorgánica. Algunos suelos muy orgánicos pueden contener la mayoría de su fósforo formando parte de la materia orgánica (Carrasco P. , 1973). Según la tabla de interpretación de LAQUISA los suelos de las comunidades de El viejo tienen un contenido medio de fósforo, con un promedio de 18.74ppm. La asimilación de los fosfatos es más favorable con niveles de pH débilmente ácidos, como es el caso de estos suelos (Carrasc, D. , 1984).

El contenido de potasio varia en el suelo generalmente entre 0.04 y 3meq/100g y en casos excepcionales como en suelos alcalinos, el contenido de potasio puede llegar hasta 8meq/100g. Según estudios de (Fassbender, 1982) realizados en suelos de Centroamérica. Los rangos del contenido de potasio se encuentran en niveles medios con un 0.5meq/100g en base a la tabla de interpretación de LAQUISA. Encontrándose también dentro del rango descrito por (Fassbender, 1982).

Los suelos no calcáreos contienen por lo general entre 0.15 y 1.5% de calcio y en promedio tienen alrededor del 1% de este elemento (Fassbender, 1982). Los suelos de las fincas muestreadas en el municipio de El viejo se encuentran en un nivel medio con un promedio de 16.84meq/100g según la tabla de interpretación de LAQUISA.

El contenido de Mg de los suelos depende del material parental y del grado de meteorización. Los suelos no calcáreos tienen un contenido de Mg que oscila entre 0.1 y 1% (Guerrero, 2000). El valor promedio de Mg en las fincas muestreadas es de 3.53meq/100g encontrándose en un rango medio de 2.1 a 10meq/100g de suelo según la tabla de interpretación de LAQUISA.

La disponibilidad de los micronutrientes es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas y para obtener rendimientos elevados. Cuando existe deficiencia de uno o varios elementos menores, éstos se convierten en factores limitantes del crecimiento y de la producción, aunque existan cantidades adecuadas de los otros nutrientes (brglimited, s.f).

Tabla 8. Promedio de micro elementos.

Parámetros	Hierro	Cobre	Zinc	Manganeso
Unidad de medida	Ppm	ppm	ppm	ppm
Media	116.16	12.75	2.45	14.29
Mínimo	46.9	0.5	0.7	2.4
Máximo	173	21.9	9.5	34.7
Rango normal	11-100	3-20	3.1-10	6-50
Categoría	Alto	Medio	Medio	Medio

N=87

En los resultados para los micronutrientes el hierro se encuentra en un nivel alto con un promedio de 116.16ppm; y por encima de los rangos normales (11-100). Para el Manganeso se obtuvo una media de 14.29ppm encontrándose en los niveles medios según

la tabla de interpretación de LAQUISA. La mayoría de los suelos presentan contenidos adecuados de Fe y Mn, y su concentración es alta en muchos suelos ácidos y de origen volcánico (Molina, E. 2007).

Los resultados para cobre y zinc muestran que estos tienen una media de 12.75 y 2.45ppm respectivamente encontrándose en niveles medios según la tabla de interpretación de LAQUISA. La disponibilidad de estos elementos guarda correlación directa con el pH y bajo condiciones de acidez podrían resultar limitantes de la producción. (Fassbender 1982), En base a los resultados obtenidos y el nivel de pH que predomina en las muestras podemos deducir que estas concentraciones de micronutrientes no representan una limitante en la producción agrícola de la zona.

La interacción entre nutrientes en las plantas cultivadas ocurre cuando al abastecimiento de uno de los nutrientes afecta la absorción y utilización de otros nutrientes, este tipo de interacción es muy común cuando un nutriente tiene un exceso de concentración en el medio de cultivo, estas interacciones pueden ocurrir en la superficie de la raíz o dentro de la planta (Gutiérrez, M., s.f)

Tabla 9. Relaciones entre macro elementos

Parámetros	C/N	Ca/Mg	Ca+Mg/k	Ca/K	Mg/K
Media	14.95	5.56	48.40	40.48	7.92
Mínimo	14.38	2.17	14.36	12.27	1.67
Máximo	15.67	14.78	226	196	30
Rango normal*	9-14	2.1-5	10.1-40	5.1-25	2.6-15
Categoría	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio

N=87, *) En base a las tablas de interpretación LAQUISA

La relación C/N es un criterio muy importante de caracterización de la materia orgánica de los suelos. Los valores de C/N de los suelos normalmente varían entre 9 y 14 y en general son más bajos en suelos de zonas áridas que en los de zonas húmedas. Según la tabla 9 La relación C/N se encuentra en un promedio de 14.95 encontrándose en un nivel alto.

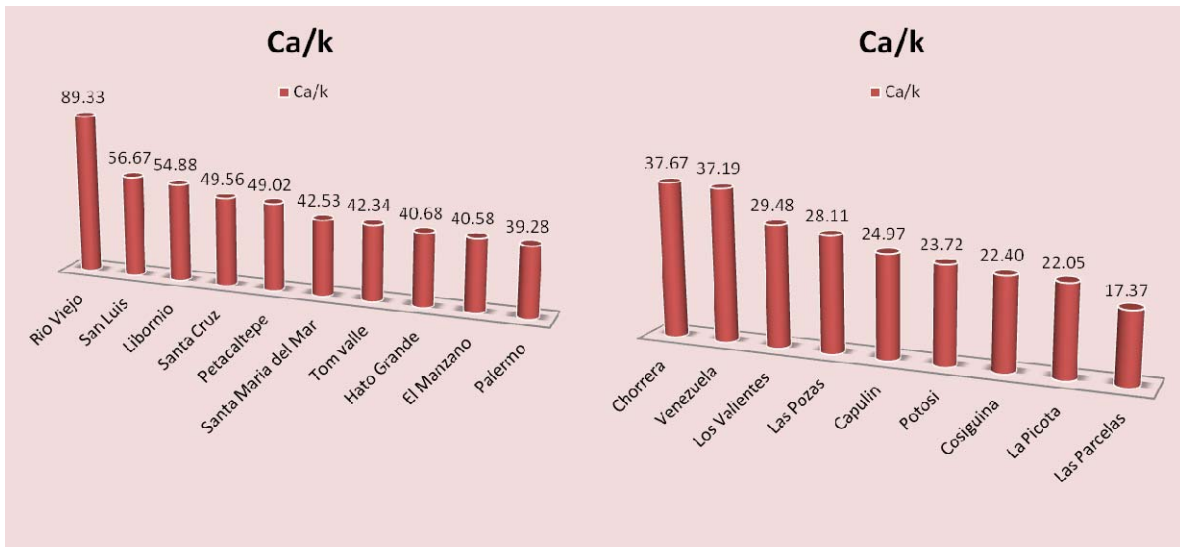
El promedio para la relación Ca/Mg es de 5.56 encontrándose en un nivel alto según la tabla de interpretación de LAQUISA. Un exceso de magnesio en soluciones nutritivas puede producir efectos tóxicos, lo cual se puede corregir con la aplicación de calcio. La relación Ca/Mg, para obtener una buena producción debe ser siempre mayor que 1.

La interacción que se produce entre calcio, magnesio y potasio juega un papel principal en la concentración de calcio en las hojas de las plantas. Según los resultados el promedio para la relación Ca+Mg/k, se encuentra por encima del rango medio (10.1-40) con un promedio de 48.40ppm.

La relación Ca/K se encuentra en un nivel alto por encima del rango establecido por el laboratorio LA QUISA (5.1-25), con un promedio de 40.48. Según Armijos (1972) no hay evidencia de una influencia depresiva del calcio sobre la absorción del potasio, mientras que el potasio tiene un efecto marcado en reducir la absorción de calcio en las plantas. La acción del potasio como ion hidrófilo puede verse atenuada por la acción del calcio; además, el calcio reduce grandemente la lixiviación del potasio.

En la grafica 4, se muestran los valores para la relación Ca/K. La interacción de elementos tiene gran importancia, la aplicación de ambos favorece el desarrollo de la raíz y hojas, cuando esta relación se encuentra por encima del rango normal (5.1-25) la absorción de Ca por las raíces se ve afectada por la alta concentración de K.

Grafica 4. Relación Calcio/Potasio



5.3. Caracterización física de los suelos en fincas de pequeños y medianos productores en el municipio de El Viejo.

El suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos y gaseosos. La adecuada relación entre estos componentes determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas. La proporción de los componentes determina las propiedades físicas

Tabla 10. Características físicas de los suelos de las comunidades de El viejo

parámetros	Unidad de medida	Media	Mínimo	Máximo
D.A	gr/cm ³	1.24	1.00	1.42
CMRA	%	52.32	15.35	72.84
% Poros		55.70	46.42	62.26
% Sólidos		44.30	37.74	53.58
Infiltración	cm/h	11.89	1.21	55.1

N=87

La densidad aparente es la relación entre la masa de las partículas del suelo y el volumen total, incluyendo el espacio poroso que ocupan (Forsythe, 1980). Los valores mínimos para la variable densidad aparente oscilan entre (0.71-0.8g/cm³) y los máximos entre (1.35 y 1.42g/cm³); Todos los valores obtenidos son menores de 1.8g/cm³, según (Pacheco, 1989) para considerar un suelo compactado, los valores de DA deben superar 1.8 g/cm³. Los valores obtenidos en esta investigación nos demuestran que los suelos de este municipio no se encuentran compactados.

En los valores para la variable capacidad máxima de retención de agua se obtuvieron una media de 52.32. Según (Kaurichev, 1980) la saturación óptima de un suelo está comprendida entre 40-50%. Los resultados obtenidos indican que los suelos del El Viejo

poseen alta capacidad de saturación, por lo que tienen un gran valor para la agricultura bajo sistemas de riego.

Los resultados obtenidos en porcentaje de sólidos muestran un promedio de 44.30% y la variable porosidad presenta un promedio de 55.70%, Según (Kaurichev, 1980) estos suelos poseen una porosidad excelente pues presentan un porcentaje mayor del 55%. Esto nos explica que estos suelos poseen excelentes buenas condiciones para el intercambio gaseoso y de agua dentro del suelo.

La infiltración es la entrada vertical del agua en el perfil del suelo (Forsythe, 1980). Los resultados obtenidos de la variable infiltración presentan promedios de 11.89 cm/h, con un mínimo 1.21 cm/h y un máximo de 55.1. Dada la textura franco arenosa estos promedios de infiltración son regulares, puesto que entre más gruesa es la partícula de suelo la infiltración va aumentando (JICA, 2009). Los suelos con valores de infiltración mínimo representan problema de drenaje.

La textura del suelo está relacionada con el tamaño de las partículas minerales. Específicamente se refiere a la proporción del tamaño de las partículas del suelo. Esta propiedad ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento de nutrientes, agua y aire, importantes para la vida de las plantas (Sampat, 1991).

Tabla 11. Clase de textura de los suelos de las fincas muestreadas.

Clase de Textura	Frecuencia	Porcentaje
Franco Arenoso	62	71.26
Franco	15	17.24
Franco Arcilloso	6	6.9
Arenoso Franco	4	4.6
Total	87	100

En la tabla 11, se observa la distribución de las clases de textura que se encuentran en El Viejo. Las texturas franco arenosas y francas son las que predominan en los suelos en estudio con una frecuencia de 62 para la textura franco arenosa representando el 71.26% de las muestras y una frecuencia de 15 para la textura franco que representa el 17.24 del total de las fincas muestreadas.

Según (Sampat, 1991) estos suelos requieren un mínimo de labranza debido a su textura gruesa. Los suelos francos del occidente de Nicaragua, por ser de origen volcánico son livianos y profundos, esta característica facilita el laboreo, optimiza la retención de agua y permiten que el crecimiento radicular sea óptimo (La prensa, 2004). Ver (anexo 1)

VI. CONCLUSIONES

- Los suelos del municipio de El viejo han sido destinados en su mayoría para uso ganadero y agrícola, siendo el rubro más importante el maíz bajo manejo convencional, haciendo uso de semillas mejoradas para la siembra.
- Los fertilizantes más utilizados por los productores encuestados son urea (112.5qq/mz) y completo (con 82.5qq/mz).
- Los suelos de El viejo se encuentran moderadamente ácido con alto contenido de materia orgánica (5.64) y nitrógeno total (0.28).
- Los contenidos de macronutrientes y micronutrientes se encuentran en los rangos óptimos a excepción del hierro que se encuentra por encima del rango normal (11-100ppm).
- La relación carbono nitrógeno se encuentra en un promedio de 14.95. Lo que indica que contenido de carbono esta alto en relación al nitrógeno.
- Las relaciones Ca/Mg y Ca/K se encuentran en niveles altos con (48.40 y 40.48ppm respectivamente), mientras que la relación Mg/K se encuentra dentro del rango medio.
- Los suelos de El viejo poseen alta capacidad de retención de agua debido a que se encuentran con altos contenidos de MO, tienen buena porosidad con un porcentaje mayor de 55 y por la textura franco arenosa de estos suelos los promedios de infiltración se encuentren en los rangos normales.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los productores incluir prácticas de conservación de suelo y manejo orgánico, para evitar así la degradación del suelo, la pérdida de fertilidad y mejorar la productividad del mismo al mantener las concentraciones de nutrientes en niveles óptimos para la producción agrícola.
- Se recomienda a cooperativas presentes en las comunidades en estudio realizar programa de fertilización de acuerdo a la disponibilidad de nutrientes en el suelo y a las necesidades de cada cultivo para mejorar la productividad y evitar desequilibrio entre nutrientes por el uso excesivo de fertilizantes, ya que cada suelo responde según las cantidades de otros nutrientes que posee.
- A pequeños y medianos productores, realizar periódicamente estudios de las condiciones químicas y físicas en sus fincas, para evaluar el comportamiento del suelo ante las prácticas de manejo que están realizando los productores en sus cultivo para poder tomar medidas correctivas a tiempo y evitar la pérdida de fertilidad del suelo.
- Se recomienda incorporar abonos verdes en las parcelas de los cultivos, como suministro de nitrógeno orgánico, a través de la mezcla de gramíneas con leguminosas que ayudan a la recuperación del suelo, devolviendo al suelo parte de los nutrientes extraídos por los cultivos y además para mantener la cobertura del suelo durante todo el año.

VIII BIBLIOGRAFIA

1. Alonso C. et, al. (1977). Compendio de suelo. La Habana, Cuba : Editorial pueblo y educacion.
2. Arias, A. (2001). Suelos tropicales. San Jose, Costa Rica: Editorial EUNED.
3. Baver L. et, al. (1991). Fisica de suelo. Mexico: Editorial LIMUSA, S.A de C.V.
4. Bembibre, C. (s.f.). Definicion de suelo agricola. Obtenido de <http://www.Definicionabc.com/medio-ambiente/suelo-agricola.php>
5. Boshier D. et, al. (2004). La diversidad de America Central enriquece clima y suelos de la region. Tegucigalpa, Honduras.
6. Buckman, B. (1970). Naturaleza y propiedades del suelo. España: MONTANER Y SIMON, S.A.
7. Carrasco, D. (1984). Quimica agricola. Madrid, España: Alhambra.
8. Carrasco, P. (1973). Quimica agricola I. Suelos y fertilizantes. Mexico: Alhambra Mexicana.
9. Casas, A. (25 de 08 de 1999). Analisis de suelos. Recuperado el 2012, de www.cajamar.es
10. CATIE. (2004). Guia para el manejo agroecologico de la chiltoma. Managua, Nicaragua.
11. Criterios para el manejo de la fertilizacion. (s.f.). Recuperado el 04 de 07 de 2013, de [http://www.Um.es/gtiweb/allmetadata/calidad% 20 suelo. htm](http://www.Um.es/gtiweb/allmetadata/calidad%20suelo.htm)
12. Cuenta Reto del Milenium CRM. (12 de 2007). Plan de accion de cuencas de la region Leon-Chinandega. Recuperado el 06 de 09 de 2012
13. ECO-Chicos. (s.f.). ¿Que es el suelo? Obtenido de ¿Que es el suelo?: <http://www.alihuen.org.ar/inicio/informacion>
14. Erickson, N. (2002). El muestreo del suelo, Escuela Agricola Panamericana. Tegucigalpa, Honduras.
15. FAO. (2003). Agricultura organica,ambiente y seguridad alimentaria, serie sobre medio ambiente y recursos naturales no 4. Roma.
16. Fassbender, H. (1982). Quimica de suelos, con enfasis en suelos de America Latina. San Jose, Costa Rica.

17. fertilidad del suelo. (07 de 11 de 2004). Recuperado el 20 de 02 de 2013, de <http://www.unex.es/edafo/GCSP/GCSL/Fertsu.htm>
18. Guerrero, A. (2000). El suelo los abonos y fertilizantes de los cultivos. Esoaña : Mundi-prensa.
19. Herrera, J. (2009). Propiedades del suelo. Obtenido de <http://www.monografiaas.com/Biologia>
20. Instituto interamericano de ciencias agricolas de la OEA. (1972). Efectos de cinco niveles de potasio, calcio y magnesio sobre la produccion de frijol.
21. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria. (2001). Labranza convencional. Recuperado el 03 de 09 de 2012, de Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria: <http://inta.gob.ar/balarce/info>
22. Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales INETER. (2006). Caracterizacion geografica del territorio nacional. Obtenido de <http://www.ineter.gob.ni>
23. INTA. (2000). Manejo integrado del cultivo de maiz. Nicaragua.
24. INTA. (2004). Caracteristicas de una buena semilla. Nicaragua.
25. JICA. (2009). Manual de instrucciones para la medicion del coeficiente de permeabilidad DAIKIde tipo plegable 4000. Japon.
26. Kaurichev. (1980). Practicas de edafologia. Rusia: Mir Moscu.
27. La prensa. (21 de 10 de 2004). Suelos se utilizan segun clasificacion 21. Campo y Agro.
28. Leon, R. (2006). Nueva edafologia. Mexico: Edicion personal.
29. Malagon, D. (1990). Fisica de suelo. Cali, colombia.
30. Manual de recomendaciones tecnicas. (s.f.). Recuperado el 01 de 07 de 2013, de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a_00178.pdf
31. Martin Kaelheinz, L. M. (1982). Tafelwerk fur Matematik, Physik und Chemie. Alemania: Verlag Berlin.
32. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales MARENA. (2001). Informe del estado actual de Nicaragua. Managua.
33. Molina, E. (2007). Centro de investigaciones agronomicas, Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica.
34. Navas, A. (1989). Caracteristicas quimicas de los suelos. Madrid, España: EUNED.

35. Pacheco, M. (1989). Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problema de manejo y conservación de suelo en condiciones tropicales. Maracay: UCV-fagro.
36. Primavesi, A. (1982). Manejo ecológico de suelos. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
37. Reyes, O. (2010). Caracterización del estado actual de los suelos del departamento de Leon, en base a sus características físicas y sistemas de producción. Tesis. Leon, Nicaragua.
38. Ritas, L. (1990). El diagnóstico de los suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio. Madrid, España.
39. Sampat. (1991). Física de suelos. Principios y aplicaciones. México: Limusa.
40. Sánchez, P. (1981). Características y manejo. San José, Costa Rica: IICA.
41. Soto, I. (2003). Conceptos generales de estadística. Lima, Perú: Andes.

Anexo 2: tablas de interpretación de LAQUISA.

Laboratorio LAQUISA				
Nombre	Símbolo	Unidades	Rango	Niveles
Fosforo	P	ppm	0-10	Bajo
			11 a 20	Medio
			21-30	Alto
			31-40	Muy alto
			> 40	Extremadamente alto
Nitrógeno	N	(%)	<0.032	Muy bajo
			0.033-0.095	Bajo
			0.096-0.158	Medio
			0.159-0.221	Alto
			>0.222	Muy alto
Potasio	K	ppm	<8	bajo
			8-12,	Medio
			>12	Alto
Calcio	Ca	meq/100 g	<4	Bajo
			4-20,	Medio
			20-36	Alto
			>36	Muy alto
Magnesio	Mg	meq/100 g	<2	Bajo
			2.1-10	Medio
			11-18,	Alto
			>18	Muy alto
Hierro	Fe	ppm	<2	Bajo
			2.1-5	Medio
			5.1-10	Alto
			>10	Muy alto
Cobre	Cu	ppm	<0.1	Bajo
			0.11-0.2	Medio
			0.21-0.4	Alto
			>0.4	Muy alto
Zinc	Zn	ppm	<0.5	Bajo
			0.51-10	Medio
			1.1-2.0	Alto
			>2.0	Muy alto
Materia orgánica	M.O	(%)	<0.6	Muy bajo
			0.61-1.8	Bajo
			1.81-3.0	Medio
			3.1-4.2	Alto
			>4.2	Muy alto
Acidez	pH		<4.6	Muy acido
			4.65-5.6	Acido
			5.65-6.8	Ligeramente acido
			6.85-7.2	Neutro
			7.25-8.4	Ligeramente alcalino
			8.45-9.4	Alcalino
>9.4	Muy alcalino			

Anexo 3: tabla de interpretación para las relaciones catiónicas.

Laboratorio LAQUISA		
Ca + Mg / K	10	Bajo
	10.1-40	Medio
	40	Alto
Ca / Mg	2	Bajo
	2.1-5	Medio
	5	Alto
Ca / K	5	Bajo
	5.1-25	Medio
	24	Alto
Mg / K	2.5	Bajo
	2.6-15	Medio
	15	Alto

Anexo. 4 Propiedades químicas de los suelos de El viejo.

Capulín (n = 3)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	27.78	19.33	35.50	8.11	3	3.45
Ca/Mg	10.24	5.33	14.78	4.73	3	3.45
Ca/K	24.97	17.67	33.25	7.84	3	3.45
Mg/K	2.81	1.67	4.50	1.50	3	3.45
C/N	15.19	14.81	15.67	0.44	3	3.45
La Chorrera (n = 1)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	49.83	49.83	49.83	.	1	1.15
Ca/Mg	3.10	3.10	3.10	.	1	1.15
Ca/K	37.67	37.67	37.67	.	1	1.15
Mg/K	12.17	12.17	12.17	.	1	1.15
C/N	14.77	14.77	14.77	.	1	1.15
Cosiguina (n = 1)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	28.60	28.60	28.60	.	1	1.15
Ca/Mg	3.61	3.61	3.61	.	1	1.15
Ca/K	22.40	22.40	22.40	.	1	1.15
Mg/K	6.20	6.20	6.20	.	1	1.15
C/N	14.59	14.59	14.59	.	1	1.15
El Manzano (n = 7)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N

Ca+Mg/K	48.39	17.82	107.00	30.48	7	8.05
Ca/Mg	5.14	4.18	6.64	0.89	7	8.05
Ca/K	40.58	15.09	93.00	26.49	7	8.05
Mg/K	7.80	2.73	14.00	4.26	7	8.05
C/N	15.00	14.76	15.14	0.15	7	8.05
Hato Grande (n = 7)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	49.12	18.50	92.75	24.21	7	8.05
Ca/Mg	4.86	3.63	6.08	0.95	7	8.05
Ca/K	40.68	14.50	76.25	20.04	7	8.05
Mg/K	8.44	4.00	16.50	4.31	7	8.05
C/N	15.00	14.83	15.13	0.11	7	8.05
La Picota (n = 4)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	26.80	14.36	43.40	12.26	4	4.60
Ca/Mg	4.93	3.94	5.87	0.90	4	4.60
Ca/K	22.05	12.27	35.40	9.73	4	4.60
Mg/K	4.75	2.09	8.00	2.58	4	4.60
C/N	14.93	14.85	15.03	0.08	4	4.60
Las Parcelas (n = 3)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	19.92	15.00	25.00	5.00	3	3.45
Ca/Mg	6.87	5.00	9.42	2.29	3	3.45
Ca/K	17.37	12.50	22.60	5.06	3	3.45
Mg/K	2.55	2.40	2.75	0.18	3	3.45
C/N	14.81	14.38	15.17	0.40	3	3.45
Las Pozas (n = 3)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	31.11	18.33	56.50	21.99	3	3.45
Ca/Mg	8.62	6.33	13.13	3.90	3	3.45
Ca/K	28.11	15.83	52.50	21.12	3	3.45
Mg/K	3.00	2.50	4.00	0.87	3	3.45
C/N	15.07	14.98	15.23	0.14	3	3.45
Libornio (n = 9)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	65.20	26.78	116.50	31.50	9	10.34
Ca/Mg	5.12	4.04	6.06	0.69	9	10.34
Ca/K	54.88	21.89	100.00	27.49	9	10.34
Mg/K	10.32	4.89	16.50	4.06	9	10.34
C/N	14.94	14.70	15.14	0.13	9	10.34
Los Valientes (n = 3)						

parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	34.50	30.17	40.33	5.25	3	3.45
Ca/Mg	5.96	4.32	7.07	1.45	3	3.45
Ca/K	29.48	24.50	35.33	5.47	3	3.45
Mg/K	5.02	4.40	5.67	0.63	3	3.45
C/N	14.93	14.65	15.14	0.25	3	3.45
Palermo (n = 10)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	47.56	25.20	74.75	18.25	10	11.49
Ca/Mg	5.05	3.27	7.78	1.38	10	11.49
Ca/K	39.28	21.86	57.25	14.88	10	11.49
Mg/K	8.28	3.20	17.50	4.06	10	11.49
C/N	14.88	14.55	15.13	0.17	10	11.49
Petalcaltepe (n = 2)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	63.53	29.86	97.20	47.62	2	2.30
Ca/Mg	3.06	2.17	3.96	1.27	2	2.30
Ca/K	49.01	20.43	77.60	40.43	2	2.30
Mg/K	14.51	9.43	19.60	7.19	2	2.30
C/N	14.95	14.81	15.10	0.21	2	2.30
Potosí (n = 8)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	26.93	15.20	45.50	12.55	8	9.20
Ca/Mg	7.51	5.79	11.40	2.17	8	9.20
Ca/K	23.72	13.20	41.50	11.33	8	9.20
Mg/K	3.21	1.80	6.00	1.51	8	9.20
C/N	14.92	14.59	15.35	0.29	8	9.20
Rio Viejo (n = 4)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	103.58	50.67	226.00	82.38	4	4.60
Ca/Mg	6.33	4.97	7.00	0.93	4	4.60
Ca/K	89.33	44.33	196.00	71.60	4	4.60
Mg/K	14.25	6.33	30.00	10.89	4	4.60
C/N	15.01	14.91	15.12	0.10	4	4.60
San Luis (n = 2)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	66.58	25.67	107.50	57.86	2	2.30
Ca/Mg	5.43	4.92	5.94	0.72	2	2.30
Ca/K	56.67	21.33	92.00	49.97	2	2.30
Mg/K	9.92	4.33	15.50	7.90	2	2.30
C/N	14.98	14.84	15.12	0.19	2	2.30

Santa Cruz (n = 3)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	60.67	31.00	75.67	25.69	3	3.45
Ca/Mg	4.53	4.26	4.81	0.28	3	3.45
Ca/K	49.56	25.67	62.00	20.69	3	3.45
Mg/K	11.11	5.33	14.33	5.01	3	3.45
C/N	15.03	14.93	15.20	0.15	3	3.45
Santa María del Mar (n = 9)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	51.72	33.83	81.33	14.99	9	10.34
Ca/Mg	4.70	3.27	6.12	0.87	9	10.34
Ca/K	42.53	28.00	68.00	12.78	9	10.34
Mg/K	9.19	5.83	13.33	2.67	9	10.34
C/N	14.92	14.74	15.06	0.12	9	10.34
Tom valle (n = 6)						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	52.19	17.10	76.50	21.10	6	6.90
Ca/Mg	4.64	3.17	6.65	1.37	6	6.90
Ca/K	42.34	14.60	66.50	17.58	6	6.90
Mg/K	9.85	2.50	16.20	4.57	6	6.90
C/N	15.00	14.84	15.30	0.16	6	6.90
Venezuela ()						
parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Ca+Mg/K	44.98	30.29	59.67	20.78	2	2.30
Ca/Mg	4.73	3.00	6.46	2.45	2	2.30
Ca/K	37.19	22.71	51.67	20.47	2	2.30
Mg/K	7.79	7.57	8.00	0.30	2	2.30
C/N	15.02	14.93	15.11	0.13	2	2.30

Anexo.5 Propiedades químicas

parámetros	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Capulín (n = 3)						
potasio	0.37	0.3	0.4	0.06	3	3.45
calcio	9.40	5.3	13.3	4.00	3	3.45
magnesio	1.07	0.5	1.8	0.67	3	3.45
hierro	112.97	100.4	130.3	15.51	3	3.45
cobre	1.77	0.6	2.5	1.02	3	3.45
zinc	1.40	0.8	2.2	0.72	3	3.45
manganeso	3.57	2.4	4.5	1.07	3	
Chorrera (n = 1)						
potasio	0.60	0.6	0.6	.	1	1.15
calcio	22.60	22.6	22.6	.	1	1.15
magnesio	7.30	7.3	7.3	.	1	1.15
hierro	78.50	78.5	78.5	.	1	1.15
cobre	10.90	10.9	10.9	.	1	1.15
zinc	1.90	1.9	1.9	.	1	1.15
manganeso	20.10	20.1	20.1	.	1	1.15
Cosiguina (n = 1)						
potasio	0.50	0.5	0.5	.	1	1.15
calcio	11.20	11.2	11.2	.	1	1.15
magnesio	3.10	3.1	3.1	.	1	1.15
hierro	173.00	173	173	.	1	15
cobre	13.60	13.6	13.6	.	1	1.15
zinc	1.30	1.3	1.3	.	1	1.15
manganeso	13.30	13.3	13.3	.	1	1.15
El Manzano (n = 6)						
potasio	0.60	0.2	1.1	0.30	6	6.90
calcio	19.22	15.4	29	4.96	6	6.90
magnesio	3.83	2.7	6.7	1.55	6	6.90
hierro	127.17	111.7	143.3	13.38	6	6.90
cobre	17.43	11.2	20.2	3.32	6	6.90
zinc	3.17	2.2	5.4	1.18	6	6.90
manganeso	17.03	7.8	25.2	6.90	6	6.90
Hato Grande (n = 6)						
potasio	0.57	0.4	1.2	0.31	6	6.90
calcio	20.38	14.4	30.5	6.11	6	6.90
magnesio	4.25	2.4	6.6	1.56	6	6.90
hierro	116.22	93.4	135.4	13.55	6	6.90
cobre	13.22	10.7	16.9	2.30	6	6.90

zinc	2.37	1.5	3.3	0.74	6	6.90
manganeso	14.48	6.3	27.3	7.76	6	6.90
La Picota (n = 3)						
potasio	0.93	0.5	1.2	0.38	3	3.45
calcio	19.07	13.5	26	6.36	3	3.45
magnesio	4.30	2.3	6.6	2.17	3	3.45
hierro	95.53	89.2	99.3	5.52	3	3.45
cobre	13.73	11.4	17.9	3.62	3	3.45
zinc	2.30	1.4	3.2	0.90	3	3.45
manganeso	10.73	4	20.9	8.96	3	3.45
Las Parcelas (n = 3)						
potasio	0.50	0.4	0.6	0.10	3	3.45
calcio	8.53	6.8	11.3	2.42	3	3.45
magnesio	1.27	1.1	1.5	0.21	3	3.45
hierro	97.93	79.5	121.6	21.53	3	3.45
cobre	1.73	1.4	2.3	0.49	3	3.45
zinc	1.07	0.7	1.6	0.47	3	3.45
manganeso	3.80	2.7	4.4	0.95	3	3.45
Las Pozas (n = 3)						
potasio	0.40	0.2	0.6	0.20	3	3.45
calcio	8.80	6.4	10.5	2.14	3	3.45
magnesio	1.10	0.8	1.5	0.36	3	3.45
hierro	100.30	78.1	117.2	20.08	3	3.45
cobre	1.33	0.5	2.7	1.19	3	3.45
zinc	1.50	0.9	2	0.56	3	3.45
manganeso	3.67	3.2	4.5	0.72	3	3.45
Libornio (n = 9)						
potasio	0.53	0.2	1	0.32	9	10.34
calcio	21.83	14.3	28.3	4.85	9	10.34
magnesio	4.42	2.6	7	1.48	9	10.34
hierro	125.11	92.5	148.9	19.78	9	10.34
cobre	16.49	13.1	20.1	2.22	9	10.34
zinc	2.96	2.1	3.5	0.45	9	10.34
manganeso	22.37	8.4	34.7	7.61	9	10.34
Los Valientes (n = 3)						
potasio	0.57	0.5	0.6	0.06	3	3.45
calcio	16.73	14.3	21.2	3.87	3	3.45
magnesio	2.87	2.2	3.4	0.61	3	3.45
hierro	110.50	99.3	120.9	10.82	3	3.45
cobre	14.40	13	16.1	1.57	3	3.45
zinc	2.57	1.4	3.2	1.01	3	3.45

manganeso	7.83	6.1	10.6	2.42	3	3.45
Palermo (n = 10)						
potasio	0.52	0.4	0.8	0.15	10	11.49
calcio	18.76	11	22.9	3.55	10	11.49
magnesio	4.01	1.6	7	1.44	10	11.49
hierro	97.62	69.8	137.1	20.08	10	11.49
cobre	12.60	6	19.7	3.46	10	11.49
zinc	1.82	0.9	3.3	0.72	10	11.49
manganeso	19.32	4.9	31.9	10.36	10	11.49
Petacaltepe (n = 2)						
potasio	0.60	0.5	0.7	0.14	2	2.30
calcio	26.55	14.3	38.8	17.32	2	2.30
magnesio	8.20	6.6	9.8	2.26	2	2.30
hierro	74.75	46.9	102.6	39.39	2	2.30
cobre	14.75	13.2	16.3	2.19	2	2.30
zinc	2.00	1.4	2.6	0.85	2	2.30
manganeso	13.75	10.5	17	4.60	2	2.30
Potosí (n = 8)						
potasio	0.39	0.2	0.6	0.16	8	9.20
calcio	7.79	5.7	10.5	1.50	8	9.20
magnesio	1.13	0.5	1.8	0.41	8	9.20
hierro	121.53	102.4	148.3	13.76	8	9.20
cobre	2.13	0.9	4.7	1.19	8	9.20
zinc	1.38	1.1	1.8	0.24	8	9.20
manganeso	3.74	2.7	6.3	1.29	8	9.20
Rio Viejo (n = 3)						
potasio	0.23	0.1	0.3	0.12	3	3.45
calcio	16.20	13.3	19.6	3.18	3	3.45
magnesio	2.40	1.9	3	0.56	3	3.45
hierro	137.87	130.4	145.5	7.55	3	3.45
cobre	17.07	13.6	21.5	4.04	3	3.45
zinc	2.67	1.2	3.9	1.37	3	3.45
manganeso	10.70	4.1	21	9.04	3	3.45
San Luis (n = 2)						
potasio	0.40	0.2	0.6	0.28	2	2.30
calcio	15.60	12.8	18.4	3.96	2	2.30
magnesio	2.85	2.6	3.1	0.35	2	2.30
hierro	122.35	113.3	131.4	12.80	2	2.30
cobre	16.25	12.3	20.2	5.59	2	2.30
zinc	2.05	1	3.1	1.48	2	2.30
manganeso	12.95	6.1	19.8	9.69	2	2.30

Santa Cruz (n = 3)						
potasio	0.40	0.3	0.6	0.17	3	3.45
calcio	17.43	15.4	18.6	1.77	3	3.45
magnesio	3.87	3.2	4.3	0.59	3	3.45
hierro	143.13	140.6	146.5	3.04	3	3.45
cobre	19.43	17.4	20.9	1.82	3	3.45
zinc	3.27	2.9	3.7	0.40	3	3.45
manganeso	21.43	12.4	28.5	8.23	3	3.45
Santa María del Mar (n = 6)						
potasio	0.38	0.3	0.6	0.12	6	6.90
calcio	16.70	15.3	20.4	1.88	6	6.90
magnesio	3.32	2.6	4	0.52	6	6.90
hierro	132.95	115.1	150.2	14.58	6	6.90
cobre	16.80	11.9	20.5	3.05	6	6.90
zinc	3.52	2	4.5	1.02	6	6.90
manganeso	12.63	7.8	16.5	2.89	6	6.90
Tom valle (n = 5)						
potasio	0.42	0.2	0.6	0.15	5	5.75
calcio	19.20	13.3	27.5	6.22	5	5.75
magnesio	4.96	2	8.1	2.72	5	5.75
hierro	119.10	82.5	145.2	28.68	5	5.75
cobre	15.10	12	16.8	2.15	5	5.75
zinc	3.50	1.1	9.5	3.48	5	5.75
manganeso	19.72	7.1	30.8	9.03	5	5.75
Venezuela (n = 2)						
potasio	0.50	0.3	0.7	0.28	2	2.30
calcio	15.70	15.5	15.9	0.28	2	2.30
magnesio	3.85	2.4	5.3	2.05	2	2.30
hierro	127.30	115.5	139.1	16.69	2	2.30
cobre	18.75	15.6	21.9	4.45	2	2.30
zinc	4.20	2.8	5.6	1.98	2	2.30
manganeso	20.80	18.5	23.1	3.25	2	2.30

Anexo 6. Propiedades físicas de los suelos del municipio de El viejo.

Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Capulín (n = 3)						
DA	1.44	1.38	1.53	0.08	3	3.45
Arcilla	7.24	6.12	9.12	1.64	3	3.45
Limo	20.17	13.44	26.44	6.51	3	3.45
Arena	72.59	64.44	80.44	8.00	3	3.45
Poros	57.71	55.85	59.54	1.85	3	3.45
Sólidos	42.29	40.46	44.15	1.85	3	3.45
CMRA	46.48	41.03	52.88	5.98	3	3.45
Infiltración	11.24	5.67	16.90	5.62	3	3.45
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
La Chorrera (n = 1)						
DA	1.29	1.29	1.29	.	1	1.15
Arcilla	18.12	18.12	18.12	.	1	1.15
Limo	39.28	39.28	39.28	.	1	1.15
Arena	42.60	42.60	42.60	.	1	1.15
Poros	51.32	51.32	51.32	.	1	1.15
Sólidos	48.68	48.68	48.68	.	1	1.15
CMRA	36.84	36.84	36.84	.	1	1.15
Infiltración	2.87	2.87	2.87	.	1	1.15
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Cosiguina (n = 1)						
DA	1.30	1.30	1.30	.	1	1.15
Arcilla	5.40	5.40	5.40	.	1	1.15
Limo	40.36	40.36	40.36	.	1	1.15
Arena	54.24	54.24	54.24	.	1	1.15
Poros	60.34	60.34	60.34	.	1	1.15
Sólidos	39.66	39.66	39.66	.	1	1.15
CMRA	52.43	52.43	52.43	.	1	1.15
Infiltración	7.21	7.21	7.21	.	1	1.15
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
El Manzano (n = 7)						
DA	1.16	1.02	1.28	0.09	7	8.05
Arcilla	17.47	7.76	27.28	7.78	7	8.05
Limo	29.22	16.64	35.64	6.66	7	8.05
Arena	53.31	41.60	68.52	9.08	7	8.05
Poros	56.39	51.70	61.51	3.51	7	8.05
Sólidos	43.61	38.49	48.30	3.51	7	8.05
CMRA	63.43	56.82	69.49	4.86	7	8.05

Infiltración	14.40	3.24	25.35	8.10	7	8.05
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Hato Grande (n = 7)						
DA	1.76	1.09	5.10	1.47	7	8.05
Arcilla	15.60	5.48	27.48	8.02	7	8.05
Limo	29.47	25.36	34.28	3.62	7	8.05
Arena	54.93	42.24	67.52	9.80	7	8.05
Poros	53.96	50.19	58.87	3.90	7	8.05
Sólidos	46.04	41.13	49.81	3.90	7	8.05
CMRA	62.78	58.51	70.59	4.51	7	8.05
Infiltración	14.46	1.99	35.78	10.98	7	8.05
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
La Picota (n = 4)						
DA	1.12	1.00	1.34	0.15	4	4.60
Arcilla	9.84	4.28	18.48	6.24	4	4.60
Limo	30.98	24.92	43.64	8.54	4	4.60
Arena	59.18	37.88	70.80	14.63	4	4.60
Poros	57.64	49.43	62.26	5.64	4	4.60
Sólidos	42.36	37.74	50.57	5.64	4	4.60
CMRA	42.70	29.91	53.01	10.18	4	4.60
Infiltración	10.70	3.09	30.61	13.30	4	4.60
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Las Parcelas (n = 3)						
DA	1.47	1.41	1.51	0.06	3	3.45
Arcilla	8.24	2.12	15.12	6.53	3	3.45
Limo	16.99	9.08	32.44	13.38	3	3.45
Arena	74.77	52.44	88.44	9.50	3	3.45
Poros	52.45	49.04	57.74	4.64	3	3.45
Sólidos	47.55	42.26	50.96	4.64	3	3.45
CMRA	35.74	30.53	44.64	7.74	3	3.45
Infiltración	5.26	4.38	6.11	0.87	3	3.45
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Las Pozas (n = 3)						
DA	1.43	1.38	1.49	0.06	3	3.45
Arcilla	5.57	4.20	6.76	1.29	3	3.45
Limo	19.21	16.92	21.08	2.11	3	3.45
Arena	75.21	73.16	78.88	3.18	3	3.45
Poros	52.53	46.42	58.33	5.96	3	3.45
Sólidos	47.47	41.67	53.58	5.96	3	3.45
CMRA	41.31	29.58	57.55	14.52	3	3.45
Infiltración	5.97	1.21	13.78	6.82	3	3.45

Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Libornio (n = 9)						
DA	1.18	1.06	1.28	0.06	9	10.34
Arcilla	23.64	12.48	33.48	7.30	9	10.34
Limo	33.05	29.08	37.28	3.31	9	10.34
Arena	43.31	32.88	58.24	8.00	9	10.34
Poros	55.39	51.70	60.00	2.17	9	10.34
Sólidos	44.61	40.00	48.30	2.17	9	10.34
CMRA	63.47	54.29	68.29	4.98	9	10.34
Infiltración	10.93	1.33	25.30	7.75	9	10.34
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Los Valientes (n = 3)						
DA	1.09	1.06	1.16	0.06	3	3.45
Arcilla	10.88	8.12	16.40	4.78	3	3.45
Limo	26.60	25.08	27.72	1.36	3	3.45
Arena	62.52	56.60	66.80	5.29	3	3.45
Poros	58.74	56.23	60.00	2.18	3	3.45
Sólidos	41.26	40.00	43.77	2.18	3	3.45
CMRA	49.87	38.61	60.44	10.93	3	3.45
Infiltración	6.12	1.73	10.76	4.52	3	3.45
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Palermo (n = 10)						
DA	1.20	1.01	1.32	0.12	10	11.49
Arcilla	12.64	4.84	19.40	5.29	10	11.49
Limo	29.31	23.92	33.72	3.03	10	11.49
Arena	58.05	47.52	71.24	7.23	10	11.49
Poros	55.81	50.19	61.89	4.82	10	11.49
Sólidos	44.19	38.11	49.81	4.82	10	11.49
CMRA	42.54	15.35	66.14	13.69	10	11.49
Infiltración	14.84	6.16	48.34	12.74	10	11.49
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Petalcaltepe (n = 2)						
DA	1.20	1.06	1.34	0.20	2	2.30
Arcilla	24.80	24.12	25.48	0.96	2	2.30
Limo	34.58	28.08	41.08	9.19	2	2.30
Arena	40.62	34.80	46.44	8.23	2	2.30
Poros	54.72	49.43	60.00	7.47	2	2.30
Sólidos	45.29	40.00	50.57	7.47	2	2.30
CMRA	67.98	67.22	68.73	1.07	2	2.30
Infiltración	5.63	1.35	9.91	6.05	2	2.30
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N

Potosí (n = 8)						
DA	1.45	1.35	1.54	0.07	8	9.20
Arcilla	5.18	2.84	9.12	1.90	8	9.20
Limo	14.87	8.28	22.92	5.61	8	9.20
Arena	79.95	71.44	88.88	6.58	8	9.20
Poros	55.22	49.81	59.25	3.57	8	9.20
Sólidos	44.78	40.75	50.19	3.57	8	9.20
CMRA	40.17	33.08	52.29	6.10	8	9.20
Infiltración	7.93	1.87	21.69	6.46	8	9.20
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Rio Viejo (n = 4)						
DA	1.14	1.03	1.25	0.10	4	4.60
Arcilla	16.21	8.48	29.76	9.67	4	4.60
Limo	30.43	24.72	37.28	5.17	4	4.60
Arena	53.36	45.52	61.88	8.68	4	4.60
Poros	58.77	52.83	61.51	4.04	4	4.60
Sólidos	41.23	38.49	47.17	4.04	4	4.60
CMRA	67.24	66.59	67.97	0.57	4	4.60
Infiltración	4.64	1.48	10.64	4.10	4	4.60
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
San Luis (n = 2)						
DA	1.15	1.02	1.28	0.18	2	2.30
Arcilla	16.20	8.28	24.12	11.20	2	2.30
Limo	29.46	28.00	30.92	2.06	2	2.30
Arena	54.34	47.88	60.80	9.14	2	2.30
Poros	53.21	51.70	54.72	2.14	2	2.30
Sólidos	46.79	45.28	48.30	2.14	2	2.30
CMRA	67.72	65.71	69.73	2.84	2	2.30
Infiltración	9.41	7.76	11.06	2.33	2	2.30
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Santa Cruz (n = 3)						
DA	1.26	1.18	1.31	0.07	3	3.45
Arcilla	23.68	22.28	25.48	1.64	3	3.45
Limo	25.21	15.00	31.64	8.94	3	3.45
Arena	51.11	45.52	61.72	9.20	3	3.45
Poros	52.33	50.57	55.47	2.73	3	3.45
Sólidos	47.67	44.53	49.43	2.73	3	3.45
CMRA	49.89	45.10	54.02	4.50	3	3.45
Infiltración	40.87	20.00	55.10	18.47	3	3.45
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Santa María del Mar (n = 9)						

DA	1.13	1.03	1.29	0.08	9	10.34
Arcilla	12.41	7.76	24.48	5.25	9	10.34
Limo	31.57	26.56	37.28	3.75	9	10.34
Arena	56.02	38.24	65.24	8.55	9	10.34
Poros	57.53	51.32	61.13	3.19	9	10.34
Sólidos	42.47	38.87	48.68	3.19	9	10.34
CMRA	65.05	50.52	72.84	6.65	9	10.34
Infiltración	16.45	4.96	35.78	10.94	9	10.34
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Tom valle (n = 6)						
DA	1.16	1.04	1.36	0.14	6	6.90
Arcilla	17.15	6.48	37.12	13.49	6	6.90
Limo	30.39	26.08	34.64	3.08	6	6.90
Arena	52.46	33.88	65.52	13.62	6	6.90
Poros	54.91	48.68	60.00	5.27	6	6.90
Sólidos	45.09	40.00	51.32	5.27	6	6.90
CMRA	35.67	21.23	50.54	10.96	6	6.90
Infiltración	7.08	3.36	13.30	3.86	6	6.90
Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típ.	N	% del total de N
Venezuela (n = 2)						
DA	1.15	1.13	1.17	0.03	2	2.30
Arcilla	17.98	11.48	24.48	9.19	2	2.30
Limo	31.86	30.08	33.64	2.52	2	2.30
Arena	50.16	41.88	58.44	11.71	2	2.30
Poros	56.61	55.85	57.36	1.07	2	2.30
Sólidos	43.40	42.64	44.15	1.07	2	2.30
CMRA	40.28	38.24	42.31	2.88	2	2.30
Infiltración	10.79	7.87	13.71	4.13	2	2.30