

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA – LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA  
CARRERA INGENIERIA EN AGROECOLOGÍA TROPICAL



**Título:**

Evaluación del estado actual de los suelos en los municipios de Villanueva y Chinandega, en base a sus características físicas y químicas. En el periodo comprendido entre Junio del 2012 – Julio del 2013.

**Presentado por:**

Br. Luis Alberto Betancourt Medina  
Br. Moisés Benito Calderón Turcio

Tutora: DRA. Xiomara Castillo

León, Nicaragua, 2013

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo investigativo especialmente a Dios, a nuestros padres, hermanos, y a todas las personas que durante la realización de este trabajo nos brindaron su apoyo incondicional, ya que sin el apoyo de ellos no habría sido posible culminar nuestros estudios.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por habernos brindado el conocimiento, la fuerza, la paciencia y salud para lograr finalizar estos cinco años de estudios universitarios y culminar nuestro trabajo investigativo, con el cual nos realizamos como profesionales en esta sociedad.

Agradecemos a nuestros padres por darnos el apoyo para realizar nuestros estudios y así culminar este trabajo investigativo.

A la doctora Xiomara Castillo por habernos dado la oportunidad de trabajar a su lado en la investigación.

A MSc. Carmen Marina Rizo, quien nos brindó sus enseñanzas que fueron de mucho provecho en la realización del presente trabajo.

Agradecemos a FIDA-FAT, INTA que a través del proyecto suelo nos brindaron la oportunidad de realizar nuestra tesis utilizando los resultados de dicho proyecto.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vi
SIGLAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO.....	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
III. MARCO TEORICO.....	3
3.1 Suelo.....	3
3.2 Fertilidad del suelo.....	3
3.2.1 Fertilidad natural.....	4
3.2.2 Fertilidad potencial.....	4
3.2.3 Fertilidad adquirida.....	4
3.2.4 Fertilidad actual.....	4
3.3 Características químicas de los suelos.....	5
3.3.1 Acidez de los suelos (pH).....	5
3.3.2 Conductividad Eléctrica (CE).....	5
3.3.3 Materia orgánica.....	5
3.3.4 Relaciones catiónicas.....	6
3.4 Características físicas de los suelos.....	6
3.4.1 Densidad Aparente.....	6
3.4.2 Sólidos del suelo.....	7
3.4.3 Textura del suelo.....	7
3.4.4 Porosidad.....	8
3.4.5 Permeabilidad de los suelos.....	8
3.4.6 Capacidad de saturación de agua.....	9
3.5 Suelos del pacifico de Nicaragua.....	9
3.6 Clasificación de los suelos.....	10
3.6.1 Vertisoles (Sonzocuite).....	10
3.6.2 Suelos Entisoles.....	10
3.6.3 Suelos: Inceptisoles.....	11
3.6.4 Suelos Molisoles.....	11
3.6.5 Suelos Alfisoles.....	11
IV. MATERIALES Y METODOS.....	13
4.1 Información de la zona de estudio.....	13
4.2 Descripción del sistema de estudio.....	13
4.3 Metodología.....	13
4.3.1 Toma de muestras.....	14
4.3.2 Diseño estadístico.....	14
4.3.3 Variables a evaluar.....	14

4.3.3.1	Variables de línea base .....	14
4.3.3.2	Variables químicas .....	14
4.3.3.3	Variables físicas.....	15
4.3.3.3.1	Permeabilidad del suelo.....	15
4.3.3.3.2	Densidad aparente del suelo .....	16
4.3.3.3.3	Textura del suelo .....	16
4.3.3.3.4	Capacidad máxima de retención de agua del suelo .....	17
4.3.3.3.5	Porosidad del suelo .....	17
4.3.3.3.6	Sólidos totales del suelo .....	18
4.4	Análisis de los datos .....	18
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
5.1	Manejo que reciben los suelos por parte de los productores en los municipios de Villanueva y Chinandega.....	19
5.2	Comparación de los resultados de los análisis físicos entre municipios.....	24
5.3	Comparación de los análisis químicos entre Municipios.....	31
VI.	CONCLUSIÓN .....	41
VII.	RECOMENDACIONES .....	43
VIII.	BIBLIOGRAFIA .....	44
IX.	ANEXOS.....	47

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipo de uso en las fincas muestreadas en Villanueva y Chinandega	19
Tabla 2: Cultivos más relevantes en los municipios de Villanueva y Chinandega	20
Tabla 3: Actividades realizadas por los productores en la preparación del terreno	21
Tabla 4: Tipo de manejo que los productores encuestados brindan a sus parcelas	22
Tabla 5: Años de uso de las áreas muestreadas	23
Tabla 6: Densidad Aparente en la muestras de estudio	24
Tabla 7: Valores de Capacidad máxima de retención de agua	25
Tabla 8: Porcentaje de poros presente en las muestras de estudio	26
Tabla 9: Porcentaje de sólidos de las muestras de suelo	27
Tabla 10: Velocidad de infiltracion en las muestras de suelo	28
Tabla 11: Porcentaje de textura por municipio	29
Tabla 12: Conductividad eléctrica y pH de los suelos evaluados	31
Tabla 13: Contenido de materia orgánica y macro elementos por municipio	33
Tabla 14: Contenido de micro-elementos por municipio	37
Tabla 15: Relación entre las bases intercambiables por municipio	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de Línea Base	47
Anexo 2. Ficha de información de las muestras	49
Anexo 3. Características Físicas (consolidado)	49
Anexo 4. Características Químicas (consolidado)	50
Anexo 5. Triangulo de textura	51
Anexo 6. Equipos utilizados para determinar las características físicas	52
Anexo 7. Proceso de muestreo de suelo	53
Anexo 8. Numero de comunidades Beneficiadas por Municipio de estudio	54
Anexo 9. Número de productores Beneficiados con los análisis	55
Anexo 10. Densidad Aparente Según el tipo de Textura	56
Anexo 11. Escala de capacidad máxima de retención de agua	56
Anexo 12. Escala de Porosidad del suelo	56
Anexo 13. Escala de Permeabilidad según (Kaurichev)	57
Anexo 14. Escala de Conductividad Eléctrica	57
Anexo 15. Tabla de Interpretación del laboratorio LAQUISA	58

## 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

## RESUMEN

El estudio se realizó en los municipios de Chinandega y Villanueva, en el periodo de junio 2012 a julio del 2013. El objetivo fue determinar el estado actual de las características físicas y químicas de los suelos, en áreas agrícolas de pequeños y medianos productores. Para la toma de muestras se utilizó el modelo estadístico tipo II (Efectos aleatorios), se tomaron 113 muestras en las que se realizaron los análisis respectivos. Se aplicó una encuesta de línea base a los productores muestreados para la identificación del manejo y uso actual de los suelo. El análisis estadístico se realizó con los programas Excel y SPSS, obteniendo los siguientes resultados: El 100% de los suelos son manejados de forma convencional, los cultivos principales son (Maíz, Sorgo y Ajonjolí). En la caracterización física: El promedio de densidad aparente es de **1.26 gr/cm<sup>3</sup>**, esto indica que los suelos se encuentran no compactos (Pacheco.1977). La capacidad de saturación de agua promedio es de **55.38%** y de porosidad **52.14%**, estos se consideran óptimos para la agricultura según (Kaurichev 1980) sin embargo encontramos valores que sobrepasan los rangos óptimos **78.95 %**. El porcentaje de sólidos promedio es de **47.86 %**, es decir según (Kaurichev 1980) estamos entre los rangos óptimos sin embargo encontramos en Villanueva valores por encima de los rangos **55.06 %**. Con respecto a la infiltración los valores oscilan entre **0.42 y 17.55 cm/h**, dicha variabilidad está condicionada al tipo de textura y densidad aparente que presente los suelos. De las 7 clases de **textura** encontradas la predominante es la franco arenosa con **69.03%**. Las características químicas en promedio se encuentran en condiciones aceptables para la producción agrícola. Sin embargo algunos elementos presentan deficiencia como el **fosforo** en el municipio de Villanueva y el **magnesio** en el municipio de Chinandega. Los micro-elementos como el **Zn** presenta problemas principalmente en Chinandega y los más abundante son el **Fe** y **Cu** con medias de **109.96 ppm** y **9.4 ppm** respectivamente. Las relaciones entre las bases intercambiables, en ambos municipios tienen problemas solamente con **Ca/K**. Se recomienda que los productores implementen un manejo agroecológico, para disminuir el impacto de las erosiones y conservar los suelos. Realizar un plan de fertilización de cultivos para aprovechar los nutrientes disponibles en el suelo y evitar gastos innecesarios en la producción.

## I. INTRODUCCION

El suelo es el medio natural para el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la base de la rentabilidad de la agricultura, independientemente de las características físicas, químicas y biológicas que estos presenten. (Incer, J. 1998).

En Nicaragua el recurso suelo es uno de los más deteriorado por el manejo inadecuado lo que repercute en la baja productividad de los cultivos agrícolas.

Según (Incer 1998) el deterioro de los suelos tanto físico, químico y biológico se debe al constante cambio del uso del suelo de forestal a agrícola y/o ganadero y al manejo inadecuado que reciben por parte de los productores. La preparación de los suelos de occidente en condiciones secas hace que se pierdan por vía aérea grandes toneladas de suelos fértiles que van a parar al mar, en virtud de beneficiar a la agricultura.

En décadas pasadas en la zona de Occidente de Nicaragua (León y Chinandega) se talaron miles de hectáreas de bosques para dar pase a la agricultura lo que trajo como consecuencia el desgaste de los suelos, aumento de temperatura en el ambiente y reducción del manto acuífero.

Aunque se conoce la importancia de los suelos en las actividades agrícolas, pecuarias y forestales, muy poco se hace para su manejo y conservación. Según el Informe del Estado del Ambiente “GEO 2003” (H. Franklin, et al 2007), uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta Nicaragua es el deterioro de la fertilidad de los suelos por razones de cambios de uso de suelos forestales para agricultura y ganadería incluyendo uso de laderas.

Existe preocupación por parte de productores, instituciones y organismos ambientalistas sobre los cambios que están ocurriendo en la calidad de la tierra del país, pero no hay una observación y supervisión formal de que es lo que está cambiando, en que sentido y a que velocidad.

El seguimiento de los cambios en la evolución del suelo es de suma relevancia para la identificación de los mismos y desarrollar medidas correctivas en el momento preciso en que se presentan, evitando así una degradación del suelo. (Incer, J. 1998).

La actualización de la información sobre las características físicas y químicas que presentan los suelos de occidente permitirá conocer el estado actual en cuanto a su fertilidad y servirá de insumos para la elaboración de planes de manejo sostenible para la preservación y conservación de los suelos y de esta forma, contribuir al bienestar de las familias productoras.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo general

- ❖ Determinar el estado actual de los suelos en los municipios de Villanueva y Chinandega, en base a sus características físicas y químicas para la elaboración de recomendaciones de alternativas de fertilización en el periodo comprendido entre Junio del 2012 – Julio del 2013.

### Objetivos específicos

- ❖ Identificar el manejo actual en suelos de pequeños y medianos productores, en los municipios de Villanueva y Chinandega.
- ❖ Determinar y comparar las características físicas (DA, CMRA, % P, % S, Infiltración y Textura) y químicas (pH, CE, MO, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn), de los suelos en fincas de pequeños y medianos productores, en los municipios de Villanueva y Chinandega.

### **III. MARCO TEORICO**

#### **3.1 Suelo**

El suelo es la cubierta superficial de una gran parte de la superficie continental de la Tierra. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica.

La composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado, están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas. (Suárez, Moisés 2010)

Muchos de los suelos usados para la 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 reciben por parte de los productores. La naturaleza y fertilidad de los suelos dependen de una serie de influencias: roca madre, relieve, clima, crecimiento, descomposición de vegetación, y tiempo, las cuales se combinan para determinar las características claves de un suelo: Disponibilidad de nutrientes (en particular los que limitan 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 aspectos esenciales como las características físicas (textura, densidad, estructura), que regulan la porosidad y características químicas, que enriquecen o empobrecen los suelos de ciertos elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. (Boshier David, et, al, 2004).

#### **3.2 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 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. 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 a la capacidad para mantenerla.

### **3.2.1 Fertilidad natural.**

Se entiende a la fertilidad propia de los suelos vírgenes en los que existe un equilibrio dinámico entre el suelo y la vegetación.

### **3.2.2 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.

### **3.2.3 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, a la fertilidad del suelo sobre la que puede influir a largo plazo. El aumento de productividad provocado no puede considerarse como una "fertilidad adquirida", al no existir modificación de la natural.

### **3.2.4 Fertilidad actual.**

Es la que posee el suelo en un momento determinado, ya sea natural o adquirida. ([www.unex.es](http://www.unex.es), nov., 2004).

### **3.3 Características químicas de los suelos**

#### **3.3.1 Acidez de los suelos (pH)**

La lluvia y la temperatura controlan la intensidad del lavado de nutrientes (lixiviación) y erosión de minerales y así tienen una mayor influencia sobre las propiedades químicas de los suelos, especialmente acidez, alcalinidad y salinidad. La acidez (indicada por valores de pH menores de 7) está asociada con suelos lixiviados, mientras que la alcalinidad (valores de pH mayores de 7) ocurre principalmente en zonas secas. Los suelos demasiado ácidos o alcalinos tienen un impacto negativo sobre la habilidad de las plantas para tomar nutrientes del suelo. Con pH menor de 4 o mayor de 8 se presentan problemas graves, aunque hay especies que toleran pH muy bajos. (Boshier David, et al, 2004).

#### **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 (CE), es un indicador muy útil de la salinidad del suelo. La CE de la solución acuosa salina aumenta a medida que aumenta la temperatura, ya que esta aumenta el movimiento de los átomos. (Amézquita & Navas, 1989).

#### **3.3.3 Materia orgánica**

La falta de materia orgánica en el suelo está muy difundida (por razones biológicas y de manejo), resultando en menor fertilidad, retención de humedad y productividad del suelo. La producción y mantenimiento de materia orgánica es en parte una función de la temperatura. A temperaturas ambientales mayores de 24°C (lo normal en muchas zonas de la región), la tasa de degradación de materia orgánica por microorganismos excede la de producción, y así no se acumula en el suelo. Además, la materia orgánica se mineraliza rápidamente al inicio de la época lluviosa en climas estacionales (Ej. vertiente del Pacífico) y el perfil de los suelos se modifica en pocas semanas; la condición opuesta es la de una

región no estacional, con suelos pobres durante el año como consecuencia del arrastre por lluvias. (Boshier David, et, al, 2004).

### **3.3.4 Relaciones catiónicas**

El contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) define en gran parte el grado de fertilidad del suelo, especialmente el de los dos primeros. 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. (Molina.E.2007).

Durante la interpretación también se evalúa las relaciones entre los cationes Ca, Mg y K para determinar si existe algún desequilibrio. Por lo general el antagonismo principal que se presenta es la relaciones Ca y/o Mg con respecto al K. (Molina.E.2007). Esto sucede cuando los valores de estas relaciones exceden los rangos medios 5.1 - 25 (Ca/K); 2.1 – 15 (Mg/K) según el laboratorio de suelo LAQUISA.

### **3.4 Características físicas de los suelos.**

El suelo desde el punto de vista físico, se le puede definir como un sistema de gran complejidad, heterogéneo, disperso y trifásico (líquido, sólido, gaseoso). El suelo como sistema físico ha implicado tradicionalmente el comportamiento mecánico del suelo. (Sampat A. Gavande, 1991).

#### **3.4.1 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 práctica 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 y 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). Los suelos con valores de 1.1-1.3 gr/cm<sup>3</sup> se consideran bajos; un suelo está compacto cuando poseen valores de densidad aparente mayores de 1.8 gr/cm<sup>3</sup>. (Pacheco M 1980, PLA, I.1997)

### **3.4.2 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 pequeñísimos (menos de 0.5 micras) hasta las gravas gruesas y fragmentos rocosos. (edafologia.ugr.es, 2006).

### **3.4.3 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. (Sampat A. Gavande, 1991).

El término textura se usa para representar la composición granulométrica del suelo. Cada término textural corresponde con una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla. En la textografía 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. (edafologia.ugr.es, 2006).

Los gránulos cuyo tamaño excede los 2 mm reciben el nombre de grava y no se consideran en los análisis de suelos, los otros se dividen en tres clases, según su diámetro, las partículas entre 2 y 0,02 mm se llaman arena; las de diámetro de 0,02 y 0,002 se llaman limo, y aquellas cuyo diámetro medio es igual o inferior a 0,002 mm forma la arcilla. (Carrasco J.M. 1981).

El método del triángulo textural (anexo 3) 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. (Sampat A. Gavande, 1991).

#### **3.4.4 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. (edafologia.ugr.es, 2006)

Llámesse 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. 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. (Karurichev I.S. 1980).

#### **3.4.5 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 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. (Karurichev I.S. 1980).

#### **3.4.6 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. (López J. Ritas, 1990).

La apreciación de la capacidad de adsorción de agua en el suelo se puede definir según los siguientes parámetros 40-50% optima, 30-40% buena, 25-30 satisfactoria, <25 no satisfactoria. (I.S. Karurichev 1980).

#### **3.5 Suelos del pacifico 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 y 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.

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 el cultivo. 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 rompe vientos para reducirla. (Boshier David, et, al, 2004).

### **3.6 Clasificación de los suelos**

Los suelos de Nicaragua se han clasificado en órdenes principales, dependiendo del origen se identifican como: molisoles, inceptisoles, ultisoles, vertisoles, entisoles, histosoles, andosoles, alfisoles y oxisoles (Ineter, 2006). Sin embargo en la región del pacifico norte de Nicaragua solamente encontramos cinco tipos de suelos: Vertisoles, Entisoles, Inceptisoles, Molisoles y Alfisoles.

#### **3.6.1 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 de León y Chinandega, en áreas bajas con pendientes suaves, generalmente inclinadas.

#### **3.6.2 Suelos Entisoles**

Son suelos minerales de formación reciente que tienen poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes genéticos, la mayoría no poseen el horizonte superficial con algún nivel de desarrollo, pero cuando se encuentra tiene colores claros u oscuros, la profundidad varía de profundos a muy superficiales, relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad del suelo es alta a baja, en algunos suelos las inundaciones son frecuentes y prolongadas durante la estación lluviosa. Predominan en el departamento de Chinandega hasta el Departamento de Rivas en el litoral Pacífico.

### **3.6.3 Suelos: Inceptisoles**

Son suelos minerales de desarrollo incipiente, poco profundos a muy profundos; el horizonte superficial es de colores claros o de colores oscuros y el subsuelo tiene un horizonte alterado (horizonte cámbico) de textura franco arenosa muy fina a arcillosa, con estructura de suelo o ausencia de estructura de roca por lo menos en la mitad del volumen; con inundaciones ocasionales y prolongadas en algunas áreas.

Predominan en las Regiones del Pacífico y Norte Central del País. Donde el contenido de aluminio fluctúa de alto a medio. Se presentan en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad se presenta de muy baja a alta. Son desarrollados de sedimentos aluviales, fluviales, coluviales, de cenizas volcánicas, de rocas básicas y ácidas.

### **3.6.4 Suelos Molisoles**

Son suelos minerales con estado de desarrollo: incipiente, joven o maduro. Con un horizonte superficial de color oscuro, rico en humus, bien estructurado, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla aluvial (un horizonte cámbico cargado de arcilla u horizonte que por cambios de pH cambia de coloración); de 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 del Pacífico en los Departamentos de León y Chinandega y pequeños bloques en el Departamento de Madriz. Por sus características son de los mejores suelos para las actividades agropecuarias.

### **3.6.5 Suelos Alfisoles**

Son suelos minerales maduros, bien desarrollados. Con un horizonte superficial de color claro o de color oscuro y un subsuelo de acumulación de arcilla aluvial (horizonte cámbico); de muy profundos a pocos profundos (60 a 120 cm). En relieve de plano a muy escarpado, con una fertilidad de baja a media; desarrollados a partir de rocas ácidas, básicas, metamórficas, materiales indiferenciados y estratos sedimentarios de lutitas.

Están distribuidos en bloques o unidades de suelos en todo el territorio nacional, destacándose en la Región del Pacífico. Por sus características son de los mejores suelos para las actividades agropecuarias.

## **IV. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1 Información de la zona de estudio**

El estudio se realizó en el departamento de Chinandega en los municipios de Villanueva ubicada a 186 Km, al oeste de la capital, posee un clima tropical seco y cálido con lluvias aleatorias de verano, la precipitación varía desde un mínimo de 500 mm hasta un máximo de 2,000 mm, la altura máxima es de 600 msnm hasta 80 msnm, en las llanuras de origen pluvial y Chinandega ubicado a 130 Km al oeste de la capital, priorizando las zonas de mayor importancia productiva, cultivos de importancia alimenticia, los tipos de sistemas de producción y las condiciones topográficas de cada municipio, comunidad y fincas. Según Incer 1998, el municipio posee un clima tropical de sabana, con temperaturas que oscilan entre 21 a 42 °C invierno y verano respectivamente, presenta una precipitación anual de 500 a 2000 mm y una altura de 50msnm.

### **4.2 Descripción del sistema de estudio**

Para este estudio se usaron muestras de suelos de las fincas de pequeños y medianos productores provenientes de los municipios Chinandega y Villanueva. Los tipos de suelos predominantes en las zonas de estudio son: vertisoles, entisoles, inseptisoles, molisoles y alfisoles.

### **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 que los productores brindan a las parcelas a muestrear. (Ver anexo 1)

Posteriormente por medio de una entrevista al productor se llenó la línea base, para conocer años de uso de la parcela, sistema de manejo, métodos de preparación de suelo, cultivos de mayor importancia y tipo de uso de la finca. El estudio se aplicó a productores afiliados al INTA y a productores de las cooperativas: COPROHELMAN, las águilas, villa el progreso y los maribios.

#### **4.3.1 Toma de muestras**

Los muestreos se realizaron en las fincas donde se estaban desarrollando proyectos con FUNICA. La unidad experimental del estudio fue la parcela, la cantidad de muestras dependiendo del tamaño del terreno, la uniformidad de este y los tipos de cultivos, tomando como rango un área máxima de tres manzanas para una muestra. La cantidad de submuestras compuestas de 8 a 20 hoyos, en dependencia del área (m<sup>2</sup>).

La profundidad de muestreo fue de 20 a 30 cm. Con un barreno se sacaba cada sub-muestra y se depositaba en baldes plásticos, donde se mezclaban homogéneamente, se sacaban piedras y desperdicios de cosecha. Se tomó la cantidad de 2.5 kg de suelo que fue colocado en bolsas plásticas debidamente rotuladas (ver anexo 5), con una etiqueta que contenga fecha de muestreo, código de la muestra, profundidad del muestreo, nombre del productor, cultivo anterior, próximo cultivos, rendimiento, comunidad, (ver anexo 2). Para su posterior clasificación, luego se llevaron al laboratorio donde se efectuó el análisis físico y químico. El total de muestras en la zona de estudio fue de 113 muestras.

#### **4.3.2 Diseño 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 población. (Soto R. Iván, 2003).

#### **4.3.3 Variables a evaluar**

##### **4.3.3.1 Variables de línea base**

Para evaluar estas variables se visitó y encuestó a cada productor, para conocer: el tipo de manejo, los cultivos relevantes, actividades que realiza para la preparación de suelo y los años de uso de la tierra.

##### **4.3.3.2 Variables químicas**

Se evaluó a través de un análisis en el laboratorio de suelo (LAQUISA). Los parámetros que se utilizaran para esta variable son pH, MO, CE, macronutrientes (N, P, K, Mg, Ca), micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu).

### 4.3.3.3 Variables físicas

#### 4.3.3.3.1 Permeabilidad del suelo

Para la determinación de la permeabilidad del suelo se utilizó el (DAIKI, modelo 4000 / Japonés, 2009). (Ver anexo 4, foto 1) Este equipo permite medir el coeficiente de permeabilidad o capacidad de infiltración del agua en el suelo, mediante el método de flujo de agua constante, para las muestras de textura gruesa (franco arenoso y arenoso franco), y para las muestras de textura más finas (franco, franco arcilloso y arcilloso) se utilizó el método de flujo de agua variable.

**Formula 1: Determinación de la permeabilidad del suelo - flujo de agua constante. (Manual de manejo DAIKI, Japón, 2009)**

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

**K**= Es la constante de infiltración.

**A**= Área de la superficie de la muestra 19.6 cm<sup>2</sup>

**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.

**Formula 2: Determinación de la permeabilidad del suelo – flujo de agua variable (Manual de manejo DAIKI, Japón, 2009)**

$$K = 2.3 \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \cdot \text{Log}10 \frac{H_1}{H_2} \text{ cm/seg}$$

**a** = el área de la superficie del tubo graduado cm<sup>2</sup>, en caso del tubo graduado pequeño, 0.126 cm<sup>2</sup>

**A** = are de la superficie de la muestra cm<sup>2</sup> 19.6 cm<sup>2</sup>

**L** = espesor de la muestra 5.1 cm

**H<sub>1</sub>** = altura de la superficie de agua de parte del fondo de tierra que prueba el tubo del fondo de tubo graduado 1.7 cm

**H<sub>2</sub>** = altura de la superficie de agua de parte del fondo de tierra que prueba el tubo a la línea de la cima de tubo graduado 7 cm

**t** = tiempo en seg.

#### 4.3.3.3.2 Densidad aparente del suelo

La determinación de la densidad aparente se realizó conforme la metodología implementada en la mayoría de los laboratorios de suelo y aplicando la fórmula correspondiente (MALAGON, D. 1990). La fórmula es:

**Formula 3: Calculo de la densidad aparente.**

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

Peso seco se obtiene de dejar la muestra 24 horas en horno a una temperatura de 100° C. El volumen de los cilindros utilizados se determinó en base a la fórmula 3 (Martín et. Al. 1982):

**Formula 4: Calculo del volumen de un cilindro.**

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

$\pi$  = Valor de pi (3.1415926)

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

$h$  = Altura del cilindro (cm)

#### 4.3.3.3.3 Textura del suelo

El método utilizado para la determinación de la textura fue el método del densímetro o Bouyouco (López J. Ritas 1990), el cual es el método empleado como método base por el laboratorio de suelo LAQUISA.

A través de este método se determinan el porcentaje de arcilla, limo y arena suspendidas y decantadas en la solución de suelo.

Los promedios de textura por municipio y departamento se obtuvo leyendo el método del triángulo textural ver (Anexo 3.), se basa en el sistema que aplica el USDA el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Sampat A. Gavande 1991).

#### **4.3.3.3.4 Capacidad máxima de retención de agua del suelo**

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

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

#### **Formula 5: Calculo para capacidad máxima de retención de agua**

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

#### **4.3.3.3.5 Porosidad del suelo**

Determinación de la porosidad en 100g de suelo según (López J. 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/cm<sup>3</sup>, 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 6: Calculo de porosidad del suelo**

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

**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

#### **4.3.3.3.6 Sólidos totales del suelo**

Determinación del porcentaje de sólidos según (Millar C. et, Al. 1972). Esta variable nos permitirá 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 7: Calculo del porcentaje de sólidos del suelo**

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

#### **4.4 Análisis de los datos**

Para el análisis de los datos se utilizaron los programas SPSS y Excel, los resultados se presentaron en tablas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Manejo que reciben los suelos por parte de los productores en los municipios de Villanueva y Chinandega.

Es necesario tomar en consideración en este tipo de estudios basados en encuestas, que la información obtenida solo refleja los datos emitidos por el productor.

**Tabla 1: Tipo de uso en las fincas muestreadas en Villanueva y Chinandega**

Área utilizada de la finca (Mz):				
Uso	Promedio	Máximo	Mínimo	Suma
Agrícola	4.2	17.0	0.8	469.75
Ganadera	4.8	55.0	0.3	329.29
Forestal	1.9	13.0	0.3	112.25
<b>Total</b>				<b>911.29</b>

N = 113

En la presente tabla (1) podemos ver el número total de mz muestreadas **911,29**, con una media de **4.2 mz** para uso agrícola por productor, **4.8 mz** para uso ganadero y tan solo **1.9 mz**, para uso forestal. Lo que significa que más del 50% del área muestreada es para fin agrícola **469.75 mz**, seguida del área de uso ganadero **329.29 mz**, quedando en último lugar las de uso forestal **112.25 mz**. Estos resultados indican que los productores prefieren utilizar sus parcelas para fines agrícolas, principalmente porque es la agricultura la base del sustento de las familias nicaragüenses, lo encontrado en este estudio lo podemos corroborar con el estudio realizado por (Incer 1998), quien también afirma que los pequeños productores prefieren utilizar sus terrenos con fin agrícola que con fin forestal o ganadero.

**Tabla 2: Cultivos más relevantes en los municipios de Villanueva y Chinandega**

<b>Cultivos relevantes</b>				
<b>Cultivos</b>	<b>Municipio</b>		<b>Totales</b>	<b>% de los cultivos</b>
	<b>Chinandega</b>	<b>Villanueva</b>		
<b>Hortalizas</b>	17	8	25	9.09
<b>Ajonjolí</b>	10	<b>33</b>	<b>43</b>	15.64
<b>Sorgo</b>	18	19	<b>37</b>	13.45
<b>Maíz</b>	<b>45</b>	<b>52</b>	<b>97</b>	35.27
<b>Arroz</b>	<b>32</b>	0	32	11.64
<b>Yuca</b>	14	4	18	6.55
<b>Millón</b>	0	11	11	4.00
<b>Otros</b>	12	0	12	4.36
<b>TOTALES</b>	<b>148</b>	<b>127</b>	<b>275</b>	<b>100</b>

N=113

La tabla 2, nos presenta los cultivos de preferencia para los productores encuestados donde podemos observar que tanto Chinandega como Villanueva coinciden en que el cultivo de mayor importancia es el maíz (**97**) debido a su múltiple uso tales como bastimento para la mayoría de la población, lo que se confirma con el informe emitido por (MAGFOR en el 2006), donde el cultivo de maíz es considerado la base de la alimentación Nicaragüense, sin embargo el rubro del segundo lugar para Villanueva es el ajonjolí (**33**) esto por su alto valor comercial y su alta capacidad para adaptarse a una gran variedad de tipos de suelos además de ser resistente a sequias mientras que para Chinandega el cultivos del segundo lugar es el arroz (**32**), esto debido a la topografía del terreno ya que Chinandega presenta las condiciones adecuadas para la producción del arroz, no así Villanueva quien por sus altas pendientes presenta dificultad a la hora de producirlo y el cultivo en tercer lugar en este caso ambos municipios coinciden con el sorgo (**37**), esto porque según ellos en sus hogares tienen animales como aves de corral y cerdos los cuales suelen alimentar tanto con el maíz y el sorgo, la producción restante lo suelen vender en los mercados locales o cualquier persona que lo solicite.

**Tabla 3: Actividades realizadas por los productores en la preparación del terreno**

Actividades	Municipio		Total	%
	Chinandega	Villanueva		
Tracción animal	9	22	31	20.81
Maquinaria	41	3	44	29.53
Suelo seco	13	2	15	10.07
Suelo húmedo	25	34	59	39.60
<b>TOTAL</b>	<b>88</b>	<b>61</b>	<b>149</b>	100

N=113

Los datos obtenidos en la tabla 3, nos indican que la preparación de los suelos en ambos municipio es variable. En Chinandega la mayoría de los productores (**41**) utilizan maquinaria agrícola y solamente (**9**) utilizan tracción animal debido a que la gran mayoría de sus suelos son planicies y permiten hacer uso de maquinarias agrícolas las cuales facilitan la actividad de laboreo y si son usadas adecuadamente pueden brindar mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos, no así en Villanueva en donde la mayoría de los productores prefiere utilizar tracción animal (**22**) y solamente (**3**) utilizan maquinaria agrícola, debido a que la mayoría de sus suelos son de ladera por lo cual no pueden hacer uso de maquinarias agrícola y recurren a hacer uso de tracción animal.

La mayoría de los productores encuestados (**59**), tienden a preparar sus suelos en condiciones húmedas y muy pocos (**15**), optan por hacerlo en condiciones secas. Esto se debe a las facilidades de laboreo que presenta el suelo en condiciones húmedas. De acuerdo a la tabla 3 esta actividad se realiza principalmente en el municipio de Villanueva debido a su variabilidad de texturas y sus condiciones topográficas.

Según (Bello U y Pino Q. María 2000) el laboreo del suelo es una práctica que básicamente se encuentra orientada a proporcionar las condiciones necesarias para que una semilla pueda germinar y desarrollarse como planta adulta con las menores dificultades posibles y así proporcionar buenos rendimientos al productor.

**Tabla 4: Tipo de manejo que los productores encuestados brindan a sus parcelas**

<b>Tipo de Manejo</b>	<b>Municipio</b>	<b>Número de productores</b>	<b>Valor porcentual</b>
<b>Convencional</b>	Chinandega	<b>54</b>	<b>100</b>
	Villanueva	<b>59</b>	
<b>Convencional- Orgánico</b>	Chinandega	0	<b>0</b>
	Villanueva	0	
<b>Orgánico</b>	Chinandega	0	<b>0</b>
	Villanueva	0	
<b>Total</b>		<b>113</b>	<b>100</b>

**N = 113**

La tabla 4 muestra los resultados obtenidos a través de la línea base, los cuales indican que el **100 %** de los productores manejan sus parcelas de forma convencional. Esto se debe a que es una práctica más fácil de utilizar y los productos sintéticos tienen un efecto más rápido en el desarrollo, producción de los cultivos, control de plagas y mayor disponibilidad en el mercado local.

Según (Studdert Guillermo, 2001) el manejo convencional es el manejo que hace tradicionalmente el productor, utilizando maquinaria pesada para la preparación de los suelos y productos químicos para la fertilización de los cultivos, el control de las plagas y enfermedades de los mismos.

**Tabla 5: Años de uso de las áreas muestreadas**

<b>Municipio</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Chinandega</b>	15	1	45
<b>Villanueva</b>	15	1	45

**N=113**

En el caso de los años de uso de la tierra estos se basan en el tiempo que tienen el productor o su familia de manejar las parcelas, ya que con el tiempo van cambiando de dueño. Por lo tanto la información obtenida es válida para los rangos de años de uso de la tierra encontrados.

La tabla 5 muestra que el promedio de años de uso es **15**, y existe un máximo en ambos municipios de **45** años de explotación, este valor indica que en la zona de estudio hay suelos con casi medio siglo destinados para la agricultura, ya que es esta la base del sustento de las familias rurales nicaragüenses.

Esta misma tabla muestra un mínimo de 1 año de uso lo cual nos permite decir que existen suelos en la zona de estudio, que están siendo explotados por primera vez, esto se debe principalmente al asentamiento de nuevas familias y al cambio de uso de forestal a agrícola. Esto lo podemos confirmar en lo escrito por (Incer, 1998) donde afirma que al aumentar la población aumenta también la frontera agrícola y disminuye el área forestal

## 5.2 Comparación de los resultados de los análisis físicos entre municipios

**Tabla 6: Valores de densidad aparente de las muestras de estudio**

Municipios	U/M	Media	Mínimo	Máximo
<b>Chinandega (N= 54)</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.18	1.02	1.47
<b>Villanueva (N = 59)</b>		1.35	1.25	1.46
<b>Total</b>		<b>1.26</b>	<b>1.13</b>	<b>1.46</b>
Rangos *)		0.9 – 1.4	< 1	> 1.4
Valoraciones *)		Óptimos	esponjosos	Compactados

**N=113; \*) Rangos y valoraciones establecidos por (B. Carbo Carlos 1999)**

Los valores de densidad aparente presentan un rango medio entre **1.13 y 1.46 g/cm<sup>3</sup>**. El municipio de Villanueva es el que presento el promedio más alto **1.35 g/cm<sup>3</sup>**, mientras Chinandega presento un promedio más bajo **1.18 g/cm<sup>3</sup>**. Con respecto al promedio más alto que presenta Villanueva 1.35 g/cm<sup>3</sup> se debe a la composición del suelo el que presenta fracciones rocosas.

Los resultados de la tabla 8 muestran valores menores de **1.8 (g/cm<sup>3</sup>)**. Lo que nos permite afirmar que los suelos estudiados en los municipios no se encuentran compactados y se pueden considerar óptimos para la agricultura de acuerdo con la clasificación de (B. Carbo Carlos 1999), quien afirma que la densidad aparente es óptima cuando oscila entre **0.9 y 1.4 g/cm<sup>3</sup>** y valores entre **1.5 y 1.7 g/cm<sup>3</sup>** disminuyen la producción de los cultivos, con respecto a Villanueva este presenta

La variabilidad de los valores de D.A se debe a los tipos de textura presentes en cada municipio, siendo el municipio de Villanueva el que presenta una mayor variabilidad de texturas no así el municipio de Chinandega.(ver tabla 13). La DA es muy importante para la producción agrícola, dado que nos indica el estado de compactación de los suelos y dependiendo de su valor esta puede influir positiva o negativamente en los rendimientos por manzanas de un cultivo. (B. Carbo Carlos 1999).

**Tabla 7: Valores de la capacidad máxima de retención de agua.**

<b>Municipios</b>	<b>U/M</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Chinandega</b> (N=54)	%	67.08	39.82	78.95
<b>Villanueva</b> (N=59)		45.06	22.06	71.13
<b>Total</b>		<b>56.07</b>	<b>30.94</b>	<b>75.04</b>
Rangos *)		40 – 50	30 – 40	< 25
Valoraciones *)		Optimo	Satisfactoria	No satisfactoria

**N=113; \*) Rangos y valoraciones establecidos por (Kaúrichev I.S. 1980)**

La capacidad de retener cierta cantidad de agua en los suelos depende principalmente de la textura y la cantidad de materia orgánica que estos posean. Los valores expresados porcentualmente nos indican la cantidad de agua que retiene un suelo en estado de saturación (Carrasco J.M. 1981).

La variable capacidad máxima de retención de agua (CMRA), presentó un rango medio entre **30.90 - 75.04 %**. Siendo el municipio de Chinandega el que presenta la media más alta **67.08 %**, mientras que Villanueva presentó una media baja **45.06 %**.

Los valores de CMRA presentes en la tabla 9 nos indican que estos municipios difieren mucho en relación a esta variable, ya que depende tanto de la D.A como de la textura presente en el suelo, por lo que presentan valores muy bajos pero a la vez valores muy altos por encima de los rangos permitidos lo que significa que no se pueden considerar óptimos en ambos municipios de acuerdo a los rangos establecidos por **Kaúrichev I.S. 1980** los cuales oscilan entre **40 y 50 %**. Los suelos con texturas fina tienden a tener una mayor capacidad de retención que los suelos arenosos, sin embargo es Chinandega quien presenta los valores más alto aun teniendo suelos con texturas gruesas (ver tabla 13), esto es posible debido a que los suelos muestreados en este municipio presentan densidades aparentes más bajas que los suelos de Villanueva (ver tabla 8) que los hace suelos muy livianos y también se puede asociar al tipo de preparación de suelo, conociendo que en el municipio de Chinandega se utiliza más maquinaria.

**Tabla 8: Porcentaje de poros presentes en las muestras recolectadas**

<b>Municipios</b>	<b>U/M</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Chinandega</b> (N=54)	%	55.23	44.53	61.51
<b>Villanueva</b> (N=59)		49.03	44.91	52.83
<b>Total</b>		<b>52.14</b>	<b>44.72</b>	<b>57.17</b>
Rangos *)		55 – 65	50 – 55	< 40
Valoraciones *)		Óptimos	Satisfactoria	No Satisfactoria

**N=113; \*) Rangos y valoraciones establecidos por (Kaúrichev I.S. 1980) ver anexo 10.**

El suelo está estructurado en agregados que pueden tener diferentes formas, tamaños y resistencia a ser destruidos; la unión de todos ellos forman espacios de diferentes tamaños llamados poros (Arias 2001).

Los rangos de la variable porcentaje de poros varían entre los **44.72 – 57.17 %**. Siendo el municipio de Chinandega quien presentó el promedio más alto **55.23%** mientras Villanueva presentó un promedio de **49.03 %**.

Los valores presentes en la tabla 10, nos indican que los porcentajes de poros varían entre satisfactorios y óptimo, de acuerdo a la textura y densidad aparente de los suelos en estudio. Esta clasificación nos permite afirmar que los suelos permiten un excelente desarrollo radicular lo cual es muy importante para absorción de nutrientes y sostén de las plantas.

Tomando en consideración la teoría de (Arias 2001) los suelos de textura fina contienen un mayor número de poros (micro poros) que los suelos de texturas gruesas, sin embargo es Chinandega quien presenta los mejores porcentajes de poros aun teniendo suelos de texturas gruesas. Esto se puede explicar al observar la tabla 8 la cual muestra que el municipio de Villanueva presenta los valores más altos de densidad aparente lo cual contribuye a una reducción de poros

**Tabla 9: Porcentaje de sólidos de las muestras de suelo**

<b>Municipios</b>	<b>U/M</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Chinandega</b> (N=54)	%	44.76	38.49	55.47
<b>Villanueva</b> (N=59)		50.96	47.17	55.09
<b>Total</b>		<b>47.86</b>	<b>42.83</b>	<b>55.28</b>

**N=113**

La parte solididad de los suelos está compuesta principalmente por partículas minerales de diversos tamaños. Si estas partículas poseen más de 2 mm, se llaman fragmentos rocosos o grava, si poseen menos de 2 mm, se les llama tierra, formada por: limo, arena y arcilla. (Arias 2001).

La tabla 11, muestra valores medios de 44.76 % en Chinandega mientras que Villanueva presenta valor medio más alto 50.96 %, lo que es debido al contenido de grava y fragmentos rocosos que poseen sus suelos, la mayoría en ladera y sin ninguna obra de conservación. Parcelas con estas características permiten un deterioro en las características físicas del suelo, teniendo en cuenta que estos suelos carecen de un horizonte “A” definido y que su material parental se encuentra a escasos centímetros es decir son suelos en formación. No así los suelos del municipio de Chinandega los cuales presentan suelos bien formados, sin embargo encontramos suelos con porcentajes de solidos bastante alto. Esto lo podemos asociar al uso de maquinaria en tiempos de sequias lo que trae como consecuencia erosiones eólicas, pero además en Chinandega encontramos un mínimo de 38.49 % lo que se puede aducir a que dicha muestra pertenece a la comunidad de la Filadelfia la que presenta un porcentaje de materia orgánica de 10.19 lo que indica que es un suelo orgánico con poco material sólido.

**Tabla 10: Velocidad de infiltración en las muestras de suelo**

<b>Municipios</b>	<b>U/M</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Chinandega</b> N= 54	cm/h	5.40	0.74	17.66
<b>Villanueva</b> N= 59		5.06	0.10	17.44
<b>Total</b>		<b>5.24</b>	<b>0.42</b>	<b>17.55</b>
Rangos *)		10 - 50	3 – 7	< 3
Valoraciones *)		Óptimos	Satisfactoria	No satisfactoria

**N=113; \*) Rangos y valoración establecidos por (Kaurichev 1980).**

Los datos obtenidos para la variable permeabilidad presentan rango entre **0.42-17.55 cm/h**, siendo el municipio de Chinandega el que presento la media más alta **5.40 cm/h**, mientras que el municipio de Villanueva presentó una media de **5.06 cm/h**. Cabe señalar que el comportamiento de las muestras al momento de la determinación, estas disminuían de volumen por efecto de acomodamiento de sus partículas por acción del H<sub>2</sub>O (suelos polvorientos) influye en la reducción de los poros y por ende en la infiltración. Los suelos con textura arenosa tienen permeabilidad muy alta, en cambio los suelos de textura fina polvorienta son de baja permeabilidad.

El municipio de Villanueva presenta los valores más bajos y tiene una alta variabilidad producto a su diversidad de texturas (ver tabla 13). A diferencia del municipio de Villanueva la variabilidad del municipio de Chinandega no es producto de la diversidad de textura sino de los altos contenidos de limo en las muestras colectadas. En promedio la permeabilidad de los suelos en estudio se considera satisfactoria según la clasificación realizada por (Kaurichev 1980), quien afirma que los suelos que presentan una permeabilidad entre los rangos (3 - 7 cm/h), es satisfactoria. (Ver anexo 11).

La permeabilidad es la capacidad del suelo de absorber y filtrar el agua que cae en su superficie, la primera fase de la permeabilidad se caracteriza por el proceso de absorción, cuando los poros libres van llenándose sucesivamente de agua. La absorción sucesiva de humedad prosigue hasta la plena saturación del suelo.

**Tabla 11: Porcentaje de textura por municipio**

Tipos de Textura	Municipio		Porcentaje total (%)
	Chinandega	Villanueva	
<b>Arcilloso</b>		1	0.9
<b>Arenoso Franco</b>	2	1	2.7
<b>Franco</b>		24	21.2
<b>Franco Arcilloso</b>		5	5.3
<b>Franco Arenoso</b>	52	26	68.1
<b>Franco Limoso</b>		2	1.8
<b>Total</b>	54	59	100

**N=113**

La tabla N° 13, nos indica las texturas por municipio en la cual Chinandega de las **54** muestras analizadas **52** de ellas presentan textura franco arenosa, y tan solo **2** muestras presentaron la textura arenoso franco. Mientras que en Villanueva las texturas están más distribuida, ya que de las 59 muestras **26** de ellas pertenecen a la textura franco arenosas, **24** francas, **5** muestras presentan una textura franco arcillosa, **2** franco limosa, y tan solo **1** muestra se encontró con la textura arenoso franco y **1** con textura arcillosa.

Los datos presentes en la tabla 13 nos indican que en los suelos del pacifico norte de Nicaragua predominan suelos de textura franco arenosa. La textura de un suelo está en dependencia del origen y la topografía del mismo. La variabilidad de textura en el municipio de Villanueva es producto de la variabilidad de topografía y del material de origen de los suelos, esto explica la variación de textura en el municipio de Villanueva en donde la mayoría de sus suelos son de ladera, no así el municipio de Chinandega quien presenta suelos planos. La textura predominante encontrada en las 113 muestras de suelo, es la franco arenosa con **68.1%**

Los suelos con textura franco arenosa poseen altos porcentajes de poros, esto facilita la capacidad de infiltración y un mejor desarrollo radicular de las plantas, son fáciles de manejar aunque poseen baja retención de agua

Según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) afirma que en el pacífico de Nicaragua predominan los suelos con textura franco arenosa lo que se confirma con nuestros análisis, los que indican que más del 65 % de los suelos presentan textura franco arenosas.

### 5.3 Comparación de los análisis químicos entre Municipios

Los rangos y valoraciones utilizados en la comparación de los resultados obtenidos se basan principalmente los valores establecidos en la tabla de interpretación emitida por el laboratorio LAQUISA (2013).

**Tabla 12: Conductividad eléctrica y pH de los suelos evaluados**

Municipios	Parámetro	U/M	Rangos medios	Media	Mínimo	Máximo
<b>Chinandega</b> N= 54	pH		5.5 – 6.5	5.95	5.20	6.80
	C.E	μs/cm	300 - 800	230.39	83.06	<b>1211.94</b>
<b>Villanueva</b> N= 59	pH		5.5 – 6.5	6.14	5.50	7.30
	C.E	μS/cm	300 - 800	349.03	137.27	893.59

**N=113; Rangos y valoraciones pH establecidos por laboratorio LAQUISA.**

**Rangos y valoraciones C.E establecidos por laboratorio (UNAN-LEON).**

Los datos obtenidos de la variable **pH** nos muestran que el municipio de Villanueva presenta la media más alta con **6.14 pH**, mientras Chinandega presento una media de **5.95 pH**, dichas medias no presentan problemas para la producción agrícola lo que se verifica según la tabla de interpretación de la (LAQUISA) quien afirma que los rangos medios para los suelos agrícolas están entre 5.5 y 6.5 pH teniendo bastante equilibrados los iones de hidrogeno (H<sup>+</sup>) y los iones de hidróxido (OH<sup>-</sup>). En relación con los valores mínimos y máximos, el mínimo lo presenta Chinandega en tres comunidades Valle los morenos, la Grecia y Divino niño con **5.20 pH** estos valores nos indican que debemos tener dichas comunidades en cuenta a la hora de realizar un plan de manejo agroecológico para corregir el pH y el valor máximo Villanueva con **7.30 pH** dicho valor lo encontramos en la comunidad de las vegas comunidad que esta aledaña a montañas por lo cual hay arrastres de sedimentos los que se acumulan en las parcelas aledañas causando un aumento en las bases intercambiables de los suelos del lugar.

La mayor disponibilidad de nutrientes la encontramos en rangos de pH desde **5.5 y 7**, pH (Arias Jiménez 2001) mayores de **7.5** por lo general nos indican que son suelos alcalinos

con más iones de hidróxidos que hidrogeno. En otras palabras suelos con pH mayores de 7.5 tienen la mayor parte de sitios intercambiables saturados de bases lo que nos indican que tendremos deficiencia de hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.

Los datos obtenidos de la variable conductividad eléctrica (C.E), nos muestran que el municipio de Villanueva presenta la media más alta 349.03 mientras que Chinandega presenta una media de 230.39, estos valores significan que en promedio las 113 muestras analizadas no presentan problemas de salinidad es decir los niveles de sales solubles en el suelo están bajos.

Los valores mínimos y máximos los encontramos en Chinandega con 83.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 1211.94  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente. El valor más bajo lo presentan las comunidades de: La Bolsa, Valle los Morenos, La Grecia y San Isidro con valores que están entre 83.6 a 98.97  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que indica suelos con muy bajos contenidos de sales aptos para cultivos no susceptibles a las altas concentraciones de sales, mientras que los valores máximos están en las comunidades de: La Bolsa, La Carreta, Las Vegas, Los Laureles y Las Pilas, en estos suelos la agricultura se torna más complicada porque suelos con abundantes sales genera lo que se conoce como estrés hídrico (Guerrero Andrés 2000) es decir aunque tengamos suficiente humedad esta no estará disponible para las plantas por la elevada presión osmótica de la solución del suelo.

**Tabla 13: Contenido de materia orgánica y macro elementos en muestras estudiadas**

MUNICIPIO	Parámetro	U/M	Rangos medios	Media	Mínimo	Máximo
<b>Chinandega</b> N= 54	<b>M.O</b>	%	1.9 – 4.2	7.71	0.81	10.97
	<b>N</b>	%	0.03 – 0.2	0.39	0.04	0.55
	<b>P</b>	Ppm	11 – 20	19.31	4.30	91.90
	<b>K</b>	meq/100g	0.3 – 0.6	0.52	0.20	1.40
	<b>Ca</b>	meq/100g	4.1 – 20	11.17	3.60	23.30
	<b>Mg</b>	meq/100g	2.1 – 10	1.90	0.30	6.50
<b>Villanueva</b> N= 59	<b>M.O</b>	%	1.9 – 4.2	4.08	0.63	9.49
	<b>N</b>	%	0.03 – 0.2	0.20	0.03	0.47
	<b>P</b>	Ppm	11 – 20	8.81	2.80	33.10
	<b>K</b>	meq/100g	0.3 – 0.6	0.34	0.10	0.70
	<b>Ca</b>	meq/100g	4.1 – 20	14.97	8.30	25.80
	<b>Mg</b>	meq/100g	2.1 – 10	2.94	1.30	6.10

**N=113; Rangos y valoraciones establecidos por laboratorio (LAQUISA).**

En la tabla 15 el municipio de Chinandega con respecto a la materia orgánica presenta la media más alta con **7,71%** mientras que Villanueva presenta una media de **4.08%**, En relación a los valores mínimos y máximos, el mínimo lo presenta Villanueva con **0.63%** y el máximo Chinandega con **10.97%** esto se debe al origen y topografía de los suelos de Villanueva los que presenta abundantes pendientes y montañas que los hace ser suelos bastante minerales que los de Chinandega y por consiguiente tienen menos materia orgánica. **La materia orgánica** influye en las propiedades físicas y químicas de los suelos y es el principal indicador de la calidad del suelo y su productividad.

La cantidad de materia orgánica presente en el suelo estará en dependencia de la textura del mismo, (Guerrero, 2000). Según la tabla de interpretación del laboratorio LAQUISA (ver anexo 13) los suelos con rangos entre 1.9-4.2 % de MO se encuentran en nivel (Medio), lo que nos permite afirmar que el porcentajes de materia orgánica son altos en 78 de las 113 muestras, es decir que la mayoría de los suelos muestreados poseen un excelente contenido

de MO. Sin embargo también se encontraron 4 muestras con valores muy bajos **0.81 %**, principalmente en suelos de ladera.

Con respecto al **Nitrógeno** la tabla 15, presenta la media más alta con **0.39%** en Chinandega, mientras que Villanueva presentó una media de **0.20 %**. El contenido mínimo lo presenta Villanueva con **0.03%** y el máximo Chinandega con **0.55 %**. Los porcentajes encontrados, nos indican que los suelos presentan variabilidad debido al material parental de cada municipio pero además los valores altos son a causa del contenido alto de materia orgánica, esto lo podemos verificar con estudios realizados por Fassbender (1987), donde determino contenidos de Nitrógeno en los suelos tropicales encontrando amplia variación entre **0.02%** y **0.4%** y en suelos muy ricos en materia orgánica, pueden llegar hasta el **2%**.

Los altos contenidos de nitrógeno encontrados en el suelo están en dependencia del porcentaje de materia orgánica presente en él, dado que la principal fuente del nitrógeno en el suelo es la materia orgánica. Como se pudo observar en la tabla 15 los valores altos de MO corresponden a los valores altos en Nitrógeno.

Con la posible excepción del nitrógeno, ningún otro elemento es tan decisivo para el crecimiento de las planta como el **fosforo**, este se encuentra en el suelo de forma orgánica e inorgánica. (Buckman y Brady, 1970). Los resultados obtenidos de la variable fosforo nos muestran que en el municipio de Chinandega se encontró la media más alta con **19.31 ppm** mientras que en Villanueva se encontró una media de **8.81 ppm**, en los valores máximos y mínimos, el mínimo lo presentó Villanueva con **2.80 ppm** y el máximo lo presentó Chinandega con **91.90 ppm**. Estos valores presentan una alta variabilidad la que es debida al origen de los suelos ya que de las **113** muestras tomadas **64** presentan deficiencia y de estas **47** pertenecen a Villanueva es decir que de **59** muestras tomadas en Villanueva **47** de ellas presentan deficiencias de este elemento por ser de origen sedimentarios. No así las de Chinandega que solamente **17** de las **54** muestras presentan deficiencia y esto es comprensible ya que por ser suelos de origen volcánicos estos presentan en su composición química un contenido entre medio y deficiente de **P** (Fassbender 1987).

Los contenidos de fósforo en los suelos de áreas tropicales son muy variables. Aparentemente, los suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas presentan un mayor contenido de fósforo que los desarrollados de sedimentos.

Los valores obtenidos de la variable potasio nos indican que en el municipio de Chinandega se encontró la media más alta con **0.52 meq/100g** mientras que en Villanueva se encontró una media de **0.34 meq/100g** en los valores mínimos y máximos, el valor mínimo lo presenta Villanueva con **0.10 meq/100g** y el valor máximo lo presenta Chinandega con **1.40 meq/100g**.

En promedio, los resultados nos indican que los suelos poseen niveles medios de potasio según rangos de la tabla de interpretación del laboratorio LAQUISA (0.3-0.6) (ver anexo 13), sin embargo, se encontraron 28 muestras con niveles bajos de las cuales 21 de estas pertenecen a Villanueva que se comprende por qué dichas muestras se encuentran en lugares con pendientes arriba de los 30 C° y 17 de las 113 muestras con niveles altos de potasio pertenecientes a Chinandega, esto es a causa de la alta cantidad de materia orgánica presente en los suelos de Chinandega la que se encarga de almacenar elementos como el K en sus coloides, lo que se confirma según (Fassbender 1987) quien dice que el potasio intercambiable se encuentra adherido al complejo coloidal (arcilla y materia orgánica) está en equilibrio con el potasio de la solución del suelo.

El **potasio** es un elemento esencial en todo organismo viviente. En la fisiología de las plantas está íntimamente relacionado con la absorción y retención del agua en las células. (Arias Jiménez 2001).

Los datos obtenidos en la variable calcio nos indica que el municipio de Villanueva presentó la media más alta con **14.97 meq/100g**, mientras que Chinandega presentó una media de **11.17 meq/100g**. En relación a los valores mínimos y máximos, el mínimo lo presenta Chinandega con **3.60 meq/100g** y el máximo lo presenta Villanueva con **25.80 meq/100g**.

Como podemos observar en la tabla 15 con respecto al Ca los valores altos los presenta siempre Villanueva teniendo la media más alta y el valor máximo encontrado, lo que se confirma por el origen de los suelos de Villanueva los que son sedimentarios en donde abundan las bases intercambiables y entre ellos en Ca.

De acuerdo con los valores medios en la tabla de interpretación de LAQUISA (4-20 meq/100g) (ver anexo 13), podemos afirmar que 105 datos de los suelos estudiados se

encuentran dentro de este rango; sin embargo encontramos 7 muestras con valores muy altos con respecto a los valores medios considerados por el laboratorio LAQUISA.

Según (Arias Jiménez 2001), la concentración de calcio en el suelo es diez veces más alta que la del potasio; sin embargo, la tasa de absorción es más baja que la del potasio, esto es debido a que el calcio es absorbido solamente por las puntas de las raíces jóvenes donde la pared celular aún no está endurecida.

Los resultados obtenidos del **Mg** nos indican que el municipio de Villanueva presenta la media más alta con **2.94 meq/100g** mientras que Chinandega presenta una media de **1.9 meq/100g** este mismo municipio presenta los valores mínimos y máximos con **0.30 meq/100g** y **6.50 meq/100g** respectivamente. Los valores obtenidos de esta variable se encuentran en los niveles medios de acuerdo a la tabla de interpretación de LAQUISA (2.1-10 meq/100g) (ver anexo 13); sin embargo encontramos 50 muestras con deficiencia de este elemento de las cuales 37 pertenecen a Chinandega es decir más de la mitad de las muestras de Chinandega presentan deficiencia de **Mg**.

El contenido de **magnesio** en el suelo depende del grado de meteorización del suelo, este elemento al igual que el calcio, se lava fácilmente por la lluvia. En suelos ácidos el contenido de magnesio es muy bajo, mientras que en suelos calcáreos o sedimentarios ubicados en zonas de menor precipitación y en zonas áridas el contenido de este elemento es mayor. (Arias Jiménez, 2001)

**Tabla 14: Contenido de micro-elementos por municipio de las muestras analizadas**

Municipio	Parámetro	U/M	Rangos medios	Media	Mínimo	Máximo
<b>Chinandega</b> N= 54	Fe	ppm	11 – 100	118.64	60.80	162.60
	Cu		3 – 20	13.34	6.20	26.80
	Zn		3.1 – 10	2.96	1.20	8.20
	Mn		6 – 50	7.13	2.40	28.30
<b>Villanueva</b> N= 59	Fe		11 – 100	102.16	39.50	146.60
	Cu		3 – 20	5.85	0.10	13.40
	Zn		3.1 – 10	1.80	0.70	6.90
	Mn		6 – 50	21.78	9.00	41.70

**N=113; Rangos y valoraciones establecidos por laboratorio (LAQUISA).**

La tabla 16 nos indica que el **Fe** en Chinandega presentó una media de **118.64 ppm**, un mínimo de **60 ppm** y un máximo de **162.60 ppm**, mientras Villanueva presenta valores menores teniendo una media de **102.16 ppm**, un mínimo de **39.50 ppm** y un máximo de **146.6 ppm**; cómo podemos observar el valor mínimo de ambos municipios esta entre el rango medio establecido por LAQUISA (11-100 ppm) es decir que para este elemento no se presentan deficiencias en ninguna de las muestras analizadas. Según (Incer Jaime) la abundancia de Fe en esta zona es debido a que los suelos provienen de cenizas volcánicas.

En el municipio de Chinandega el **cobre** es un micro-elemento con concentraciones diversas en los diferentes suelos muestreado. Se presentó una media de **13.34 ppm**, un mínimo de **6.20 ppm** y un máximo de **26.80 ppm**. En el caso de Villanueva presentó un valor medio de **5.85 ppm**, un mínimo de **0.10 ppm** y un máximo de **13.40 ppm**. Según la tabla de interpretación de la (LAQUISA) (ver anexo 13), los valores medios oscilan entre (3-20 ppm) lo que nos indica que en promedio los suelos muestreados presentan buenas cantidades de Cobre disponible para el desarrollo de los cultivos, sin embargo encontraron en las comunidades del Pajuil y las Vegas valores muy por debajo del rango establecido por la tabla de interpretación de LAQUISA (ver anexo 13). Lo que nos alerta a realizar un plan integral en dichas fincas para corregir la deficiencia. El cobre **Cu** es el microelementos que

menos movilidad presenta en el suelo en regiones muy húmedas tiende a ser limitante por la lenta meteorización de los suelos no así en los trópicos secos como en la región del pacífico de Nicaragua donde encontramos suelos con valores de Cu en exceso (Fassbender 1987).

El municipio de Chinandega con respecto al **Zinc** presentó una media de **2.96 ppm** mientras que el municipio de Villanueva presentó una media de **1.80 ppm**, con respecto al valor mínimo lo encontramos en Villanueva **0.70 ppm**, el valor máximo en Chinandega con **8.20 ppm**, ambos municipios presentan muestras por debajo de los rangos medios establecidos por el laboratorio LAQUISA (ver anexo 13). La deficiencia de este elemento probablemente se debe al manejo que reciben los suelos por parte de los productores, ya que este elemento se encuentra íntimamente relacionado con la arcilla (Arias, 2001), coloide que se pierde fácilmente por efectos de erosión cuando se preparan los suelos en condiciones secas o por arrastre en terrenos con bastante pendiente además la cantidad de **zinc (Zn)** en el suelo depende del tipo de material parental del cual se origina el suelo. Suelos originados de rocas ígneas tienen alto contenido de Zn. Las plantas requieren de muy pequeñas cantidades de este elemento para su desarrollo (Arias, 2001).

La tabla 16 nos muestra para el (Mn) valores medios de 7.13 y 21.78 Ppm para Chinandega y Villanueva respectivamente. Valores que según la tabla de interpretación de LAQUISA (ver anexo 13) están dentro el rango medio para los suelos agrícolas. No obstante en el municipio de Chinandega en la comunidad de San Isidro se encontraron dos valores de **2.40 ppm** valores que según la tabla de interpretación de LAQUISA (ver anexo 13) representan problemas para la producción agrícola. Estas deficiencias de **Mn** puede ser inducida por las texturas franco arenosas en dichas muestras a eso añadimos que los mismos suelos con esta deficiencia también presentan niveles bajos de MO.

Según (Fassbender, 1987) el **Mn**, tienen valores buenos para la agricultura entre **6 y 50 ppm**, valores menores que **6 ppm** se consideran muy bajos mientras que valores mayores de **50 ppm** se consideran muy altos.

**Tabla 15: Relación entre las bases intercambiables por municipio**

Municipio	Parámetro	Rangos Medios	Media	Mínimo	Máximo
<b>Chinandega</b> N= 54	Ca+Mg/K	10.1 – 40	32.69	7.29	131.50
	Ca/Mg	2.5 – 5	9.27	3.00	19.33
	Ca/K	5.1 – 25	27.91	6.57	100.50
	Mg/K	2.6 – 15	4.77	0.60	31.00
<b>Villanueva</b> N= 59	Ca+Mg/K	10.1 – 40	65.78	19.80	218.00
	Ca/Mg	2.5 – 5	5.39	2.96	8.64
	Ca/K	5.1 – 25	55.03	16.60	173.00
	Mg/K	2.6 – 15	10.76	3.17	45.00

**N=113; Rangos y valoraciones establecidos por laboratorio (LAQUISA).**

La tabla 17 de las relaciones entre las bases intercambiables **Ca+Mg/K** presentan media de **32.69** y **65.78** para Chinandega y Villanueva respectivamente, es decir que en Villanueva en Promedio el nivel de relación que existe en las muestras de Chinandega se encuentra entre los rangos medios(**10-40**) según la tabla de interpretación del laboratorio **LAQUISA**, lo que indica que **Ca + Mg** no induce una reducción en la disponibilidad de **K**; sin embargo en los promedios del municipio de Villanueva se encuentran por encima de los rangos medios; lo que nos indica que la suma de **Ca+Mg** están actuando sobre la disponibilidad del potasio es decir aunque tengamos potasio en el suelo no estará disponible para las plantas (Fassbender 1987).

El equilibrio catiónico juega un papel importante especialmente en las interacciones **Ca+Mg/K** el calcio y el potasio estimulan el crecimiento de las raíces de los cultivos.

Los resultados obtenidos entre **Ca/Mg** son levemente altos para el municipio de Villanueva con **5.39** y muy altos para el municipio de Chinandega con **9.27**; en otras palabras una relación de **Ca/Mg** con valores de **5.39** sugiere que en el suelo hay **5.39** partes de Calcio por cada parte de **Mg**. Es decir que se presentan deficiencia de Mg en relación al contenido de Calcio.

La relación **Ca/Mg**, interviene en los procesos de fotosíntesis, respiración, regulación hormonal, fijación de nitrógeno, metabolismo (Fassbender 1987). Para obtener una buena producción dicha relación debe estar según el laboratorio LAQUISA entre **(2 – 5)**. ver anexo 13.

Estos suelos presentan un nivel de relación **Ca/K** muy altos para el municipio de Chinandega con **100.50** es decir **100.50** partes de Ca por cada parte de **K**, cuanto los rangos medios según la tabla de interpretación de LAQUISA tienen un valor máximo de **25** partes de **Ca** por cada parte de **K**, lo que conlleva a la disminución en la disponibilidad del K. La interacción **Ca/K** favorece al desarrollo de raíces, frutos y hojas. Esto se confirma según (Fassbender 1987). Quien dice que los excesos de **K** reducen la absorción de **Ca** o viceversa

El municipio de Villanueva la relación **Ca/K** presenta un valor medio de **55.03** y según la tabla de interpretación de LAQUISA los rangos medios en esta relación **Ca/K** están entre **5.1 y 25** es decir que estas muestras presentan el doble **55.03** partes de **Ca** por cada una de **K** lo que inmoviliza la absorción de **K** por las plantas.

El **K** induce síntomas de deficiencia de **Mg** si la relación **Mg/K** es menor que **1** (Fassbender, 1987). La relación media Mg/K en el municipio de Chinandega es de **4.77**, para el municipio de Villanueva es de **3.17**, lo que indica relaciones entre estas bases equilibradas, permitiendo que los cultivos lo absorban de forma normal. Sin embargo Chinandega presenta un mínimo de **0.60** indicando una clara indisponibilidad con el elemento **Mg** por lo que será indispensable aplicaciones de fertilizantes que contengan dicho elemento y de esa manera equilibrar las relaciones.

## VI. CONCLUSIÓN

**Según la línea base**, los productores (113) prefieren utilizar sus áreas con fines agrícolas, en ambos municipios manejan sus parcelas de forma convencional. La preparación de los suelos depende principalmente de la topografía de cada municipio, en el municipio de Chinandega los productores utilizan maquinaria agrícola, sin embargo en Villanueva, en las zonas de ladera, los productores utilizan tracción animal o realizan siembra directa (espeque). El cultivo más relevante en ambos municipios es el maíz, sin embargo en Chinandega el cultivo de segundo lugar es el arroz, en Villanueva que es el ajonjolí. El tiempo de uso de la tierra están en ambos municipios oscila entre 1 a 40 años.

**En base las propiedades físicas** el municipio que presento las características óptimas para la agricultura fue Chinandega. La densidad aparente promedio de Chinandega fue de 1.26 gr/cm<sup>3</sup>, lo que indica que no presentan problemas de compactación. En relación a la capacidad máxima de retención de agua, el municipio de Villa Nueva presenta los valores en el límite inferior del óptimo (40 -50 %), dado a la clase de textura predominante en las fincas. El porcentaje de poros se presenta en ambos municipios entre los rangos óptimos 55-65%, sin embargo en el municipio de Villa Nueva se encuentran von valores por debajo de este optimo (49%). El contenido de solidos es mayor en Villa nueva, lo que indica alta presencia de material mineral. La alta porosidad de los suelos en Chinandega se atribuye a la alta concentración de materia orgánica proporcionando esta volumen al suelo. Las texturas predominantes en ambos municipios son las franco arenoso con 69.03 %, y franco 21.24 %. Solo en el caso de villa nueva se presentaron la textura franco – arcillosa con 5.3%.

**En base a las características químicas** el municipio que mejores condiciones de fertilidad presento fue Chinandega, donde la mayoría de los parámetros tienen valores superiores al óptimo. El pH presenta un valor promedio de 6.05, dicho valor es ideal para la producción agrícola. El contenido de materia orgánica en ambos municipios es de 5.80 %, presentado Chinandega valores de 7.7%, el cual se considera alto para los suelos agrícolas que normalmente presentan valores menores al 3 %. El nitrógeno se encuentra con valores medio de 0.29%, lo que indica abundancia de dicho elemento que está relacionado directamente con el contenido de materia orgánica. El fosforo presentó problemas en el

municipio de Villanueva, ya que tienen una media de 8.81 ppm es decir se encuentra por debajo de los rangos establecidos. El municipio de Chinandega presenta una media de 19.31 ppm para este mismo elemento, lo que nos indica que buenas reservas de este nutriente.

El nutriente Potasio, se encuentra en promedio 0.43 meq/100ml para ambos municipios, lo que significa que estos suelos en su mayoría contienen buenas cantidades de dicho elemento. Sin embargo se presentan algunas muestras con limitado contenido principalmente en el municipio de Villanueva, donde se encontraron 21 de las 59 muestra por debajo del rango medio. El contenido de magnesio se presentan en ambos municipios con valores dentro del rango establecido como nivel medio, presentado un media de 2.45 meq/100g. Sin embargo encontramos 37 muestras de Chinandega con valores por debajo del rango medio, lo que nos indica que estas fincas presentan deficiencia de este nutriente.

En relación a los micros-elementos el municipio de Chinandega es el que presento las mejores concentraciones, sin embargo ambos municipios presentan problemas con el nutriente zinc, por presentar valores por debajo de los rangos normales o medios. Los mejores valores de las bases intercambiables la presento Chinandega, siendo Villanueva el que presento problemas principalmente con Ca+Mg/K y Ca/K.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los productores sustituyan, con ayuda de los técnicos la agricultura convencional por la agroecológica, de manera que traten de aplicar lo menos posible los productos químicos y en zonas con bastante pendiente realizar prácticas de conservación de suelo como terrazas, barreras vivas, la elaboración de surcos perpendicular a la pendiente y siembra directa.

Con respecto a la capacidad máxima de retención de agua es necesario que en las comunidades Las Pilas, Tom Valle, El Pajuil, Las Pozas y La Picota, se realice rotación de cultivos e incorporación de materia orgánica para corregir la poca retención de agua en presentaron estos suelos.

Dentro de las características químicas, el P presenta deficiencias en los suelos de Villanueva. Se recomienda realizar aplicaciones periódicas de gallinaza, harina de hueso, estiércoles de aves y productos orgánicos a base de algas marinas en todo el ciclo de cultivo, para tratar de evitar los bajos rendimientos por falta de este elemento esencial. El K presenta deficiencia en Villanueva dentro de las comunidades el Chagüite, el Pajuil y los Laureles, por lo que es necesario las aplicaciones de estiércol, ceniza de madera, sales minerales y productos naturales con alto contenido de potasio. Dado que en 37 fincas, de las 59 muestreadas en Chinandega se presentan deficiencias de Magnesio, se recomienda aplicaciones de este elemento, con productos como algas marinas, cenizas de madera, abonos verdes con el fin de corregir la deficiencia.

Es necesario que los productores realicen análisis físicos y químicos de suelo al menos cada cinco años, ya que los suelos van cambiando con el paso de los años, por la absorción de los cultivos establecidos y por la intervención del hombre a través de la labranza mecanizada. Estos cambios debe de ser monitoreados para establecer las estrategias de conservación de la fertilidad química (planes de fertilización), condiciones físicas óptimas para el desarrollo los cultivos, dado que estas condiciones contribuyen la productividad de los mismos y por ende a mejoras en el ingreso económico.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Alonso C. et, Al. (1977). Compendio de suelo, 1er edición Editorial pueblo y educación La Habana, Cuba. Pág. 199.
2. Amézquita & Navas, (1989) características químicas de los suelos, Madrid, España.
3. Arias Jiménez Ana (2001). Suelos tropicales, 1er edición Editorial universidad estatal a distancia, San José, Costa Rica.
4. B. Carbo Carlos (1999): Enciclopedia Práctica de la agricultura y la ganadería, OCEANO / CENTRUM; Barcelona, España.
5. Bello Marco y Pino Q. María (2000), Preparación del suelo, boletín INIA N° 18 (Instituto de investigaciones agropecuarias), ISSN 0717 - 4829 Puntarena, Chile.
6. Boshier David, et al. (2004) La diversidad de América Central enriquece - clima y suelos de la región/edición no2/ Tegucigalpa MDC, Honduras C.A/pág.56-68.
7. Brady NC, Weil RW (1999), The nature and properties of soils. 12a. ed. Prentice Hall. N.J. USA. 750 pp.
8. Carrasco J.M. Dorién, (1981), Química agrícola, Editorial Alhambra, Madrid, España.
9. Casas. Antonio, (1999)/Análisis de suelos/suelo agrícola /análisis \_suelos. htm/ consultado 25/01/10.disponible en: [www4.cajamar.es/](http://www4.cajamar.es/).
10. Edafología. (2006) Textura del suelo. Propiedades físicas de los suelos./consultado03/02/10 Disponible: [edafologia.ugr.es/IntroEda/tema04text.htm/](http://edafologia.ugr.es/IntroEda/tema04text.htm/).
11. Erickson Nancy, 2002 El muestreo de Suelo, escuela agrícola panamericana, Tegucigalpa, Honduras
12. Fertilidad del suelo. En línea / Consultado /20/11/08/. Disponible en: [www.unex.es/edafo/GCSP/GCSL3FertSue.htm-12k](http://www.unex.es/edafo/GCSP/GCSL3FertSue.htm-12k)

13. Guerrero García Andrés (2000). El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos, 2da reimpresión, ediciones mundi-prensa, Barcelona, España.
14. Fassbender, Hans w. (1987) química del suelo con énfasis de américa Latina, 2ª.Edicion, San José, Costa Rica.420p.
15. Incer Jaime. (1972) Geografía Básica de Nicaragua/Editorial Recalde, Managua, Nicaragua. Pág.70, 71,109.
16. Incer Jaime. (1972) Geografía Dinamica de Nicaragua/Editorial Recalde, Managua, Nicaragua
17. INTA (2002) Guía tecnológica 1: Generalidades sobre los Granos Básicos. Managua.
18. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2006) Caracterización geográfica Del territorio nacional, Managua, Nicaragua. Disponible//www.ineter.gob.ni.
19. Kaurichev, N.P I.S. Panov, (1980) practicas de edafología, /Edit. Mir Moscú / Rusia traducido al español, 1984 Pag.110.
20. López M María Antonia. La Prensa - Campo y Agro (Oct. 2004) - Suelos se utilizan según clasificación21. Archivo. [laprensa.com.ni/.../campoyagro-20041021-01.HTML](http://laprensa.com.ni/.../campoyagro-20041021-01.HTML).
21. López Ritas J, Melida. (1990)El diagnostico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio, Cuarta edición. Madriz, España. Pág. 173.
22. Millar C. et, Al. (1972) Fundamentos de la ciencia del suelo 5ta edición, Traducido (1980) por editorial continental S.A., México, D.F.
23. MAGFOR (2006): Ministerio Agropecuario y Forestal, Dirección de Estadísticas, informe anual de producción agropecuaria ciclo agrícola 2005/2006 y período pecuario 2005.

24. MALAGON, D. (1990), física de suelo. Bogotá, Cali, Col.IGAC.622 P.
25. Manual de instrucción para la de medición del coeficiente de permeabilidad DAIKI de tipo plegable 4000, JICA, Japón. / Traducida al español (2009).
26. Molina Eloy (2007). Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.
27. Pacheco M. (1980), PLA, I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Maracay, ven. UCV-fagro.112 P.
28. Sampat A. Gavande, (1991), Física de suelo principios y aplicaciones, Editorial Limusa, México Pág.17.
29. Sánchez A. Pedro, (1981), Suelos del trópico, características y manejo, San José Costa Rica.
30. Soto R. Iván, (2003): Conceptos generales de estadísticas. 1ra Edición. Editorial. Andes. Lima, Perú.
31. Studdert Guillermo, abril 2001 - Labranza convencional Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Balcarce consultado 04/08/10 disponible en [www.inta.gov.ar/balcarce/info/](http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/).
32. Suárez Arturo, 1994. Muestreo de suelo y propiedades físicas del suelo. Fundación Hondureña para la investigación, San Pedro Sula; Honduras.
33. Suárez Moisés, (2010), Apuntes de la clase de tecnología y el medio ambiente, UNI, Managua, Nicaragua.
34. Theodor Friedrich, FAO/AGSE (2010), Desde la Conservación de Suelo a una Agricultura Conservacionista [www.fao.org/ag/AGS/agse/erosio.ht](http://www.fao.org/ag/AGS/agse/erosio.ht)
35. Warrick AW (2002) Soil physics companion. CRC PRESS. Washington D.C., U SA. 389

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Ficha para la encuesta de Línea Base

Departamento:			
Fecha:			
Municipio:			
1) Aspectos generales			
GPS			
Tamaño total de la finca:			
Ubicación:			
Nombre del productor:			
Nombre de la finca:			
Área utilizada de la finca (Mz):	Agrícola	Ganadera	Forestal
Otras			
2) Aspectos agrícolas			
Que cultivos siembra:			
Variedades que utiliza:	criolla:	Mejoradas:	
Manejo de la finca:	Orgánico	convencional	
Que insumos utiliza:	Urea	completo:	abonos orgánicos
Cantidad de insumos utilizados /mz:			
Rendimientos /mz:			
Como prepara su suelo:	maquinaria:	tracción animal:	
	Suelo seco	Suelo húmedo	
	Roturación	Cero labranza	Subsoleo

Que obras mecánicas realiza:	Arado	Grada	Cultivadora
Que obras de conservación de suelo pone en práctica:	Barreras vivas	Barreras muertas	Acequias
	Terrazas	Control de cárcavas	cobertura de suelo
	mínima labranza	siembra directa	
Realiza rotación de cultivos:	SI:	NO:	
Cual son los cultivos de la rotación:			
Cada cuanto las realiza:			
3) Aspectos forestales			
Ha reforestado en su finca:	SI	NO	
¿Cuánto ha reforestado del área total?	# Mz		
Especies utilizadas:			
Qué tipo de mantenimiento le proporciona a esta área:	Limpieza	Poda	Rondas
Cada cuanto le da mantenimiento:	# de veces		
Uso de fertilizante:	SI	NO	
Que fertilizante utiliza:	urea:	completo	abonos orgánicos
Cantidad (qq/mz):			

## Anexo 2. Ficha de información de las muestras

Bodigo GPS:		Código de la muestra:	
Nombre de la finca o Hacienda:			
Localización:		Comarca:	
Municipio:		Departamento:	
Fecha de toma de muestras:		Precipitación anual (mm):	
Área que se presenta (mz):		Cultivo anterior:	
Profundidad (cm):		Fertilización Utilizada (qq/mz):	
Rendimiento (qq/mz):		Cultivo a Sembrar:	
Otras enmiendas Aplicadas:		Rendimiento esperado:	
Mes en que se sembrara:		Otras Actividades:	
Variedad a sembrar:		Años de uso de la parcela	

## Anexo 3: Características físicas presente en los suelos muestreados

Consolidado de análisis Físico				
Parámetros Físicos	U/M	Media	Mínimo	Máximo
<b>D.A</b>	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.27	1.02	1.47
<b>Poros</b>	%	52.00	44.53	61.51
<b>Sólidos</b>		48.00	38.49	55.47
<b>CMRA</b>		55.38	22.06	75.04
<b>Infiltración</b>	cm/h	5.23	0.10	17.66

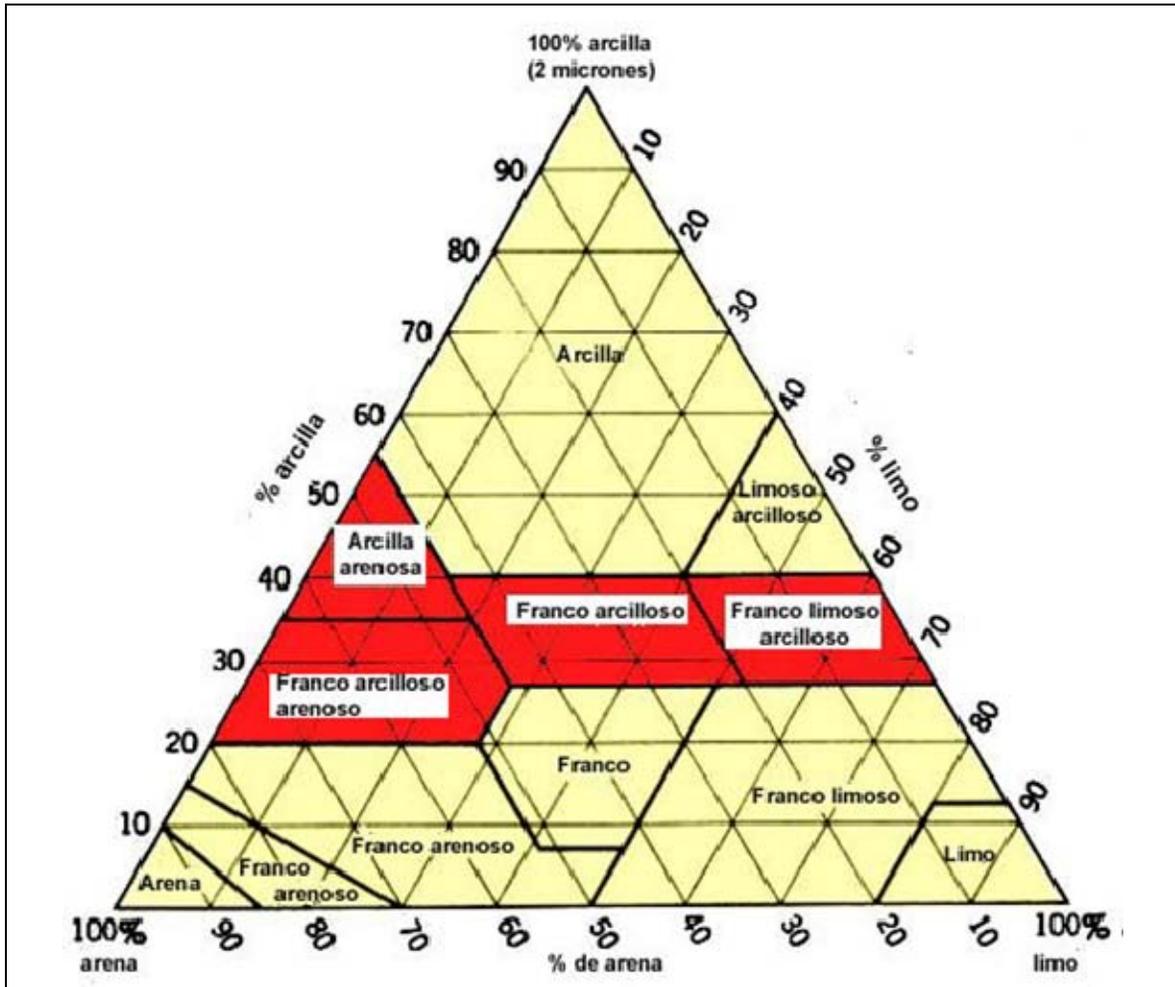
N = 113

**Anexo 4: Características químicas presente en los suelos muestreados (Consolidado de análisis químicos)**

<b>Parámetros Químicos</b>	<b>U/M</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>pH</b>	PH	6.05	5.20	7.30
<b>C.E</b>	μS/cm	292.89	83.06	1211.94
<b>MO</b>	%	5.80	0.63	10.97
<b>N</b>	%	0.29	0.03	0.55
<b>P</b>	Ppm	13.78	2.80	91.90
<b>K</b>	meq/100g	0.43	0.10	1.40
<b>Ca</b>	meq/100g	13.17	3.60	25.80
<b>Mg</b>	meq/100g	2.45	0.30	6.50
<b>Fe</b>	Ppm	109.96 alto	39.50	162.60
<b>Cu</b>	Ppm	9.40	0.10	26.80
<b>Zn</b>	Ppm	2.35 bajo	0.70	8.20
<b>Mn</b>	Ppm	14.85	2.40	41.70
<b>Ca+Mg/K</b>	-	50.12 alto	7.29	218.00
<b>Ca/Mg</b>	-	7.23 alto	2.96	19.33
<b>Ca/K</b>	-	42.20alto	6.57	173.00
<b>Mg/K</b>	-	7.93	0.60	45.00

**N = 113**

Anexo 5. Metodo del triangulo para determinar la Textura



**Anexo 6. Equipos utilizados para determinar las características Físicas.**



Daiki, foto 1



Balanza para pesado de muestras de suelo, foto 2



Determinación de la permeabilidad, foto 3



Muestra de suelo en proceso de saturación, foto 4



Horno para obtener peso seco, foto 5

## Anexo 7. Proceso de muestreo de suelo



Llenado de la Línea Base o Encuesta



Extracción de muestras aleatorias



Recolección de las muestras en baldes



Almacenamiento de la sub-muestra en bolsa, con su debida ficha



**Anexo 9. Número de productores Beneficiados en el municipio de Villanueva y Chinandega.**

<b>Comunidad VILLA NUEVA</b>	<b>Número de Productores</b>
Guasimito	1
La Jolota	4
La Carreta	6
La Pacaira	3
El Becerro	2
El Pajuil	15
Las Vegas	7
El Madroño	2
San Ramón	1
El Chagüite	7
Laureles 1	7
Caña fistola	2
Las Pilas	2
<b>Total</b>	<b>59</b>
<b>Comunidad Chinandega</b>	<b>Número de productores</b>
El Ensayo	5
Ameya	2
El Rosario	4
Filadelfia	7
San Benito	6
San Isidro	8
Valle los Morenos	3
La Grecia	8
El Divino Niño	1
La Mora	3
La Bolsa	7
<b>Total</b>	<b>54</b>
<b>TOTAL</b>	<b>113</b>

**Anexo 10. Densidad Aparente Según el tipo de Textura (B. Carbo Carlos 1999)**

<b>Textura</b>	<b>Densidad Aparente gr/cm<sup>3</sup></b>
Suelos Orgánicos	0.2 - 0.6
Textura Fina	1.0 - 1.3
Textura gruesa	1.3 - 1.8

**Anexo11. Escala de capacidad máxima de retención de agua (Kaúrichev I.S. 1980)**

<b>Capacidad de absorción de humedad (%)</b>	<b>Apreciación</b>
40-50	OPTIMA
30-40	BUENA
25-30	SATISFACTORIA
< 25	NO SATISFACTORIA

**Anexo 12. Escala de Porosidad del suelo (Kaúrichev I.S. 1980)**

<b>Porosidad total</b>	<b>Apreciación Cualitativa</b>
> 70	Porosidad Excesiva, suelo esponjoso
55 - 65	Porosidad Excelente, Capa arable del suelo bien cultivado
50 - 55	Porosidad Satisfactoria para la capa arable
< 40	Porosidad No Satisfactoria para la capa arable
25 - 40	Porosidad demasiada Baja. Es típica de los horizontes compactados

**Anexo 13. Escala de Permeabilidad según (Kaurichev 1987)**

<b>Permeabilidad cm/h</b>	<b>Apreciación</b>
más de 100	de caída al vacío
(100-50)	Demasiado alta
(50-10)	óptima
(10-7)	buena
(7-3)	satisfactoria
menos de 3	no satisfactoria

**Anexo 14. Escala de Conductividad Eléctrica (Guerrero Andrés 2000).**

<b>Calificación</b>	<b>CE (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>
(No-salino)	10-450
Bajo	450-1500
(Ligeramente salino)	
Mediano	1510-2900
(Moderadamente salino)	
Alto	2910-8500
(Fuertemente salino)	
Muy Alto	>8500
(Muy fuertemente salino)	

**Anexo 13. Tabla de Interpretación del laboratorio LAQUISA.**

LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. (LAQUISA)  
 ESCALA DE REFERENCIA PARA LA INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS QUIMICO DE SUELO

NOMBRE	SÍMBOLOS	UNIDADES	BAJO	MEDIO	ALTO MAYOR QUE	MÉTODO DE EXTRACCIÓN	DETERMINACIÓN
pH	pH	pH	5.5	5.5-6.5	6.6	1 : 2.5 en agua.	Potenciométrico
MATERIA ORGÁNICA	M.O	%	1.8	1.9-4.2	4.3	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Volumétrico
FÓSFORO	P	ppm	10	11-20	21	2.5:25 Olsen Modificado.	Colorimétrico Azul de Molibdeno
POTASIO	K	meq/100ml	0.2	0.3-0.6	0.6	2.5:25 Olsen Modificado.	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
* CALCIÓ	Ca	meq/100ml	4	4.1-20	20	2.5:25 KCl 1N	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
MAGNESIO	Mg	meq/100ml	2	2.1-10	10	2.5:25 KCl 1N	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
HIERRO	Fe	ppm	10	11-100	100	2.5:25 Olsen Modificado.	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
COBRE	Cu	ppm	2	3-20	20	2.5:25 Olsen Modificado.	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
ZINC	Zn	ppm	3	3.1-10	10	2.5:25 Olsen Modificado.	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
MANGANESO	Mn	ppm	5	6-50	50	2.5:25 Olsen Modificado.	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
AZUFRE	S	ppm	20	21-36	36	2.5:25 CaH <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	Tubidimétrica.
BORO	B	ppm	0.2	0.3-0.6	0.6	2.5:25 CaH <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	Colorimétrica Curcumina.
MOLIBDENO	Mo	ppm		<0.1	0.5		Colorimétrico Sulfocianuro
Ca+Mg/K			10	10.1-40	40		
Ca/Mg			2	2.1-5	5		
Ca/K			5	5.1-25	25		
Mg/K			2.5	2.6-15	15		