

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA – LEON.

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA.

CARRERA DE AGROECOLOGIA TROPICAL.



Caracterización del estado actual de los suelos del departamento de León, en base a sus características físicas y sistemas de producción. En el período abril 2009 a junio 2010.

AUTOR: Br. OSMAR ANTONIO REYES MENDOZA.

TUTOR: Dra. XIOMARA CASTILLO.

ASESOR: Msc. PATRICIA CASTILLO

LEON, JUNIO DEL 2010.

INDICE GENERAL.

Selección	Páginas.
ÍNDICE DE GRÁFICOS	iv
ÍNDICE DE TABLA	v
ÍNDICE DE ANEXO	vi
SIGLAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO	vii
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTO	ix
RESUMEN	x
I INTRODUCCIÓN	01
II OBJETIVOS	03
Objetivo General	03
Objetivos Específico	03
III MARCO TEÓRICO	04
3.1 Características físicas de los suelos	04
3.1.2 Densidad aparente del suelo	05
3.1.2.1 Labranza del suelo y densidad aparente	05
3.1.3 Sólidos del suelo	06
3.1.4 Textura del suelo	06
3.1.4.1 Propiedades agrológicas	07
3.1.5 Porosidad	07
3.1.6 Permeabilidad de los suelos	08
3.1.7 Capacidad de saturación de agua	08
3.2 Fertilidad de suelos	09
3.2.1 Tipos de fertilidad	09
3.2.1.1 Fertilidad Natural	09
3.2.1.2 Fertilidad potencial	09

3.2.1.3 Fertilidad Adquirida	10
3.2.1.4 Fertilidad actual	10
3.2.2 Productividad del suelo	10
3.2.3 Materia orgánica	11
3.3 Suelos de Nicaragua	11
3.3.1 Clasificación de los suelos de Nicaragua	12
3.3.1.1 Suelos Vertisoles	12
3.3.1.2 Suelos Entisoles	12
3.3.1.3 suelos Inceptisoles	13
3.3.1.4 Suelos Mollisoles	14
3.3.1.5 Suelos Alfisoles	14
3.3.1.6 Suelos Ultisoles	15
3.3.1.7 Suelos Oxisoles	15
3.3.1.5 Suelos Histosoles	15
3.3.2 Caracterización de los suelos del departamento de León	16
3.3.2.1 Suelos de Larreynaga Malpaisillo	16
3.3.2.2 Suelos de La paz Centro	16
3.3.2.3 Suelos de Quezalguaque	17
3.3.2.4 Suelos de Telica	18
3.3.3.5 Suelos de El Sauce	19
3.3.3.6 suelos de Nagarote	20
3.4 Economía del departamento de León	20
IV MATERIALES Y METODOS	22
4.1 Información general de la zona	22
4.2 Descripción de los materiales	23
4.3 Metodología	23
4.4 Diseño Experimental	24
4.5 Definición de las variables	24

4.6 Definición de La toma Muestra metodológicamente	30
4.7 Análisis estadístico	31
V RESULTADOS Y DISCUSIONES	29
5.1 Resultados del manejo actual y dedicación económica de los suelos en el departamento de León.	32
5.2 Resultados de la caracterización física de los suelos del departamento de León	36
5.3 Resultados de la comparación del estado actual de las características físicas de los suelos en los suelos del departamento de León	38
VI CONCLUSIONES	45
VII RECOMENDACIONES	46
VIII BIBLIOGRAFIA	47
IX ANEXOS	50

i INDICE DE GRAFICOS

Grafica 1	Suelos de Nicaragua a nivel de orden	13
Grafica 2	Mapa de Larreynaga Malpaisillo	16
Grafica 3	Mapa del municipio de La paz Centro	17
Grafica 4	Mapa del municipio de Quezalguaque	17
Grafica 5	Mapa del municipio de Telica	18
Grafica 6	Mapa del municipio de El Sauce	19
Grafica 7	Mapa del Municipio de Nagarote	20
Grafica 8	Mapa del departamento de León	20
Grafica 9	Equipo DAIKI modelo 4000	25
Grafico 10	Llenado de encuesta de línea base	30

ii INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Años de uso de la tierra de los suelos del departamento de León.	32
Tabla 2 Tipo de manejo de fincas muestreadas del departamento de León.	33
Tabla 3 Tipo de labranza efectuada en los suelos del departamento de León.	34
Tabla 4 Profundidad del arado de los suelos muestreados.	35
Tabla 5 Caracterización física de los suelos del departamento de León	36
Tabla 6 Promedio de densidad aparente de los suelos del departamento de León.	38
Tabla 7 Capacidad máxima de retención de de agua los suelos del departamento de León.	39
Tabla 8 Porcentaje de porosidad de los suelos del departamento de León	41
Tabla 9 Porcentaje de sólidos de los municipios del departamento de León.	42
Tabla 10 Textura de los suelos del departamento de León	42
Tabla 11 Índice de permeabilidad promedio de los suelos muestreados en el departamento de León.	43

iii INDICE DE ANEXOS.

Anexo 1 Encuesta de línea base aplicada a los productores	51
Anexo 2 Hoja de la información de la muestra	53
Anexo 3 Método del triangulo textural para determinar las clases texturales básica	54
Anexo 4 Equipos utilizados para determinar los parámetros físicos	55
Anexo 5 Proceso del muestreo de suelo	58
Anexo 6 Numero de productores beneficiados del estudio vs Organización	59
Anexo 7 Total de área muestreadas en el departamento de León.	60
Anexo 8 Correlaciones entre materia orgánica y capacidad de retención del suelo	61
Anexo 9 Permeabilidad del suelo, clases y velocidades percolación	61
Anexo 10 Funciones de poros de diferentes diámetros en el suelo	62
Anexo 11 Apreciación de la porosidad total de suelo	62
Anexo 12 Rangos de densidad aparente según la textura del suelo	62

iv 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 / León
PMP	Pequeños y medianos productores
CIAN	Colegio de Ingenieros Agrónomos de Nicaragua
INTA / Pacifico Norte	Instituto Nicaragüense de tecnología Agropecuaria / Pacifico Norte.

DEDICATORIA

A Dios y a todas las personas que me brindaron su apoyo para realizar esta investigación, ya que sin el apoyo de ellas no habría sido posible culminar mis estudios.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme brindado el conocimiento, la fuerza, la paciencia y sobre todo salud por permitirme finalizar estos cinco años de estudios universitarios y culminar mi trabajo investigativo, para poder realizarme como un profesional en esta sociedad.

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

Agradezco a FUNICA-FAT, INTA y CIAN que a través del proyecto de suelo me brindaron la oportunidad de realizar mi tesis utilizando los resultados de dicho proyecto.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en siete municipios del departamento de León, en el periodo de Abril 2009 a Junio 2010, el objetivo de estudio fue determinar las condiciones físicas en los suelos. Se contó con un total de 346 muestras las cuales fueron distribuidas, en los diferentes municipios. Para el trabajo se realizó un estudio de línea base para determinar el uso actual del suelo en las parcelas de los productores; se evaluaron las Características físicas de cada muestra y se determinó el coeficiente de permeabilidad. Para el análisis estadístico se utilizaron los programas Excel y SPSS; obteniendo los siguientes resultados: En Manejo actual y dedicación económica de los suelos de León, El municipio que obtuvo mayor promedio de años de uso de la tierra es Malpaisillo con 29 años, en la variable Manejo, el convencional fue el que obtuvo un mayor resultado con un 75%, y un 14% el manejo orgánico, el 55% de la población utiliza maquinaria, el menor valor pertenece a cero labranza con apenas un 2%. En la variable de profundidad del arado el rango oscila de 25-30 cm profundidad, el promedio los productores siembran a 28 cm y la menor profundidad esta a 10 cm. En la caracterización física de los suelos, los promedios de densidad aparente es de 1.1 gr/cm^3 . Los resultados indican que los suelos se encuentran dentro de la categoría de no compacto. (PACHECO M. 1980). La capacidad de saturación de agua es del 42% mostrando así una capacidad de retención excelente. El valor más alto de porosidad es 57% siendo esta muy buena, (Karurichev I.S. 1980). El porcentaje de sólidos que presenta es de 43% y la textura predominante es de franco arenoso, y un coeficiente de permeabilidad 6.1 cm/h, en comparación al estado actual de las características físicas de los suelos en los municipios del departamento de León. Los valores mínimos de densidad aparente oscilan 0.9-1 y los valores máximos 1.2-1.4 perteneciendo este a Telica. El municipio con mayor capacidad en retención de agua es Malpaisillo con 45 %, el promedio más bajo se presenta el municipio de Nagarote con 41%. En la variable porosidad el mayor porcentaje es El Sauce con (58%). Los porcentajes para el resto de porosidad oscilan entre (54-57%). Malpaisillo presenta mayor porcentaje de sólidos con 45% y el de menor, el sauce con 42%. La textura franco arenosa y franco arcillo arenosa son las más predominante con 43% respectivamente y apenas 14% franco arcillosa perteneciente a Malpaisillo. En Permeabilidad El Sauce 10.5 cm/h y León con 8.7 cm/h, son los municipios con mayor promedio, los valores más bajos Nagarote con 2.3 y Malpaisillo con 3.6 cm/h. Los suelos de León han sido utilizados por más de 15 años en la actividad agrícola lo cual ha provocado cambios físicos, el productor debe desarrollar medidas correctivas en el momento en que se presenten estos cambios, que influyan de forma directa en el comportamiento de la producción a lo largo de los años, evitando así una degradación del suelo.

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua ha sido un país con una larga trayectoria agrícola y ganadera fundamentada en las excelentes características de los suelos; abundantes recursos hídricos superficiales y subterráneos para el riego; condiciones climáticas favorables, aunque afectadas en algunas zonas por sequías interestacionales y un potencial humano con alta tradición agropecuaria.

En Nicaragua, la Zona Seca representa un 34 % del territorio nacional y en ella se asienta el 80 % de la población, la gran mayoría de estas se dedica a la actividad agrícola. Dicho territorio con características de sequía tiende a ampliarse por razones de mal manejo de los recursos naturales agravado por cambios climáticos, una producción agrícola en crisis y escasas oportunidades de empleo local. Para los años 60 en la región del pacífico, más del 70% del territorio estaba ocupado por cultivo de algodón, café, maíz, frijol, sorgo, ajonjolí y pasto etc. Sólo en el departamento de León se cultivaban de 60 a 70 mil manzanas ocasionando un manejo intensivo de los suelos, después de 20 años de explotación ha dado origen a problemas de erosión, desertificación, baja fertilidad y rendimientos productivos. (Incer Jaime 1972).

Los suelos agrícolas sufren durante todo el proceso de producción cambios que influyen de forma directa en el comportamiento de la producción a lo largo de los años. El seguimiento de estos 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.

Los suelos del Pacífico, se originaron a partir de cenizas volcánicas en la porción norte y central. Estos suelos permiten el laboreo, optimizan la retención de humedad, y por su misma estructura y textura, mejoran el desarrollo radicular. (Incer Jaime 1972). Los suelos de Nicaragua se han clasificado en órdenes principales dependiendo del origen identificados como molisoles,

inceptisoles, altisoles, ultisoles, vertisoles, entisoles, histosoles entre otros. (López, M. Antonieta, 2004).

Los suelos de Occidente siguen considerados como los mejores de Centroamérica, dada la textura, estos son vertisoles, inceptisoles, mollisoles, entisoles, orientados a la producción de arroz, caña de azúcar y otros.

Las propiedades físicas son todas aquellas que denotan el estado, capacidad de trabajo de la forma y energía de la materia. Las propiedades físicas del suelo junto con las químicas y biológicas determinan entre otras la productividad de los suelos. El conocimiento de estas propiedades nos permite conocer mejor las actividades agrícolas, como el laboreo, la fertilización, el drenaje, la irrigación, la conservación de suelo y agua, manejo de residuos y cosecha. Determinan, entre otras, la productividad de los suelos. (Sampat A. Gavande, 1991).

En Nicaragua el recurso suelo es uno de los más deteriorados por el mal uso de los suelos con prácticas agrícolas inadecuadas y no reguladas, lo cual afecta los relieves que son sensibles a las fuerzas del viento y el agua.

Aunque se conoce la importancia de los suelos en las actividades agrícolas, pecuarias y forestales, muy poco se hace para el manejo y la 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.

II OBJETIVOS.

Objetivo General:

- Determinar el estado actual de las condiciones físicas en los suelos del departamento de León.

Objetivos específicos:

- Identificar el manejo y dedicación económica de los suelos en el departamento León.
- Analizar las características físicas de los suelo en el departamento de León.
- Comparar entre los municipios del departamento de León el estado actual de las características físicas de los suelos.

III MARCO TEÓRICO.

Para el desarrollo sostenible de la agricultura en todo país, se inicia con la obtención de una base de datos sobre la calidad de los suelos que este posee, calidad desde el punto de vista de la fertilidad y su capacidad de suministrar los elementos esenciales para el buen desarrollo de los cultivos. Se han determinado relaciones consistentes entre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la respuesta de los cultivos a la fertilización (Ramírez R. et al. 1989), así mismo la relación entre la preparación del suelo y el desarrollo de los cultivos (D. Blaise & C.D. Ravindran 2003).

El muestreo de suelos para el diagnóstico de la fertilidad y calidad de los suelos se ha convertido en una práctica necesaria para las futuras planificación de la producción. El diagnóstico es una herramienta para elaborar recomendaciones de fertilización y manejo de la fertilidad, ya que si se realiza en forma sistemática a través del tiempo permite conocer y obtener información sobre la evolución del suelo, y además si requerimos de la oferta de nutrientes y las medidas de conservación del mismo.

Cuando el diagnóstico de la calidad de los suelos se realiza de forma sistemática en el espacio y el tiempo, se obtendrá suficiente información para la elaboración de parámetros o indicadores de calidad de suelo propios del país y de las diferentes zonas de estudio, estos indicadores nos permitirán en el futuro poder identificar previamente el impacto que los diferentes sistemas de producción ocasionan al suelo mismo.

3.1 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).

3.1.2 Densidad Aparente.

La compactación del suelo es el incremento de la densidad aparente, que resulta de la aplicación de una carga o presión. Esta presión puede venir de fuerzas mecánicas aplicadas, de la contracción de algunos suelos al secarse y de la destrucción de la materia orgánica o de la estructura del suelo; sin embargo, los principales problemas de la compactación de suelo se debe al uso excesivo de maquinaria agrícola y la practica inoportuna de labranza, lo cual genera la formación de una capa dura inmediatamente debajo del suelo arado. A esta capa de suelo compactado se le llama piso de arado y limita la profundidad efectiva del suelo para la exploración de las raíces, también disminuye la velocidad de infiltración del agua, la porosidad del suelo 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/cm³ se consideran bajos; un suelo está compacto cuando poseen valores de densidad aparente mayores de 1.8 gr/cm³, (Pacheco M 1980, PLA, I.1997)

3.1.2.1 La branza del Suelo y la D.A:

La labranza excesiva o inadecuada puede llevar a círculos viciosos de erosión, compactación, mineralización excesiva de la materia orgánica y a otros problemas.

Una alternativa son sistemas de labranzas reducidas donde se limitan la frecuencia, profundidad e intensidad de labores al mínimo. La eficiencia de la tracción animal se puede incrementar a través de herramientas mejores o complementarias, así como mejores sistemas de tracción. (Carrasco J.M. 1981).

3.1.3 Sólidos del suelo:

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

3.1.4 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 los términos de textura se prescinde de los contenidos en gravas; se refieren a la fracción del suelo que se estudia en el laboratorio de análisis de suelos y que se conoce como tierra fina. Por ejemplo, un suelo que contiene un 25% de arena, 25% de limo y 50% de arcilla se dice que tiene una textura arcillosa. Los términos texturales se definen de una manera gráfica en un diagrama triangular que representa los valores de las tres fracciones. El triángulo de textura muestra los límites de arena, limo y arcilla contenido en las diferentes clases de suelos. (edafologia.ugr.es, 2006).

Los gránulos cuyo tamaño excede los 2 mm reciben el nombre de grava y no se considera 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).

3.1.4.1 Propiedades agrológicas.

Los suelos arenosos son inertes desde el punto de vista químico, carecen de propiedades coloidales y de reservas de nutrientes. En cuanto a las propiedades físicas presentan mala estructuración, buena aireación, muy alta permeabilidad y nula retención de agua.

Por el contrario los suelos arcillosos son muy activos desde el punto de vista químico, adsorben iones y moléculas, floculan (la fracción arcilla permanece inmóvil) y dispersan (migran), muy ricos en nutrientes, retienen mucha agua, pero son impermeables y asfixiantes.

Los suelos limosos tienen nula estructuración, sin propiedades coloidales, son impermeables y con mala aireación. Los suelos francos son los equilibrados con propiedades compensadas.

3.1.5 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 (curva de la superficie de un líquido que se produce en respuesta a la superficie de su recipiente).

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.

3.1.6 Permeabilidad de los suelos:

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

La permeabilidad del suelo se mide en función del tiempo, lo que está relacionado con la saturación del suelo, el hinchamiento del coloidal y el cambio de su estado estructural. En los suelos plenamente saturados de agua, el valor de la permeabilidad que caracteriza el proceso de infiltración es más o menos constante. La permeabilidad depende de la composición química y mecánica, el estado estructural, porosidad, densidad y humedad del suelo. Los suelos arcillosos y arcillo-arenosos de estructura grumosa granular son resistentes al agua, así como los suelos arenosos y areno-arcillosos, se distinguen por su alta permeabilidad. Los suelos de estructura terronosa pulverulenta son de permeabilidad baja. Para la evaluación agronómica de los suelos es muy importante conocer el valor de la permeabilidad. (Karurichev I.S. 1980).

3.1.7 Capacidad de saturación de agua:

Es la cantidad de agua para llenar todos los espacios de poros entre las partículas de suelo, es decir el límite superior del contenido de humedad. Para que los suelos estén saturados es necesario que todo el aire retenido en los espacios de

los poros sea reemplazado con agua. Algunas veces a la saturación se le denomina capacidad máxima de retención de agua o poder retentivo para el agua. (López J. Ritas, 1990).

La alta cantidad de materia orgánica, ayuda a que los índices de saturación aumentan considerablemente con el contenido de materia orgánica. (Casas, Antonio1999)

Según 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).

3.2 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, físico-químicas o químicas. Por ello se habla de una fertilidad asociada a cada una de ellas, si bien solo serían aspectos parciales de un mismo concepto unitario.

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 Tipos de fertilidad

3.2.1.1 Fertilidad natural.

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

3.2.1.2 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.

3.2.1.3 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.

3.2.1.4 Fertilidad actual.

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

3.2.2 productividad del suelo.

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

3.2.3 Materia orgánica del suelo:

En el suelo además de la arcilla y otros óxidos metálicos, existe otro componente coloidal: la materia orgánica. La fracción más fina de la materia orgánica recibe el nombre de humus y es materia orgánica transformada, es decir materia orgánica que ha perdido todo su vestigio de organización biológico (celular) y vista desde un microscopio, aparece como un material amorfo.

La materia orgánica se origina a partir de residuos de plantas y animales continuamente transformados y del desarrollo de microorganismos que se nutre de dichos residuos. (Carrasco J.M. 1981).

3.3 Suelos de Nicaragua.

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

En Nicaragua, algunos suelos profundos de cenizas tienen la desventaja de drenar y secarse rápidamente, pero los suelos de las costas de los lagos de Nicaragua y Managua, con contenidos más altos de arcilla, mantienen mejor la humedad y así han sido más favorables para los cultivos. Sin embargo, hay áreas extensas del llamado talpetate en el sur de Nicaragua, que son considerados antiguos flujos de lava. El talpetate forma una capa relativamente impermeable

cuya profundidad puede variar desde muy cerca de la superficie a dos metros en un área muy pequeña. El talpetate puede impedir el crecimiento de raíces, limitando la capacidad de cultivos y árboles de aguantar periodos secos. Los vientos también pueden causar erosión en suelos al descubierto, en particular en topografías planas o de pendiente moderada. En el noroeste de Nicaragua (zona de León y Chinandega) se han presentado problemas graves con erosión por viento, necesitando rompevientos para reducirla. (Boshier David, et, al, 2004).

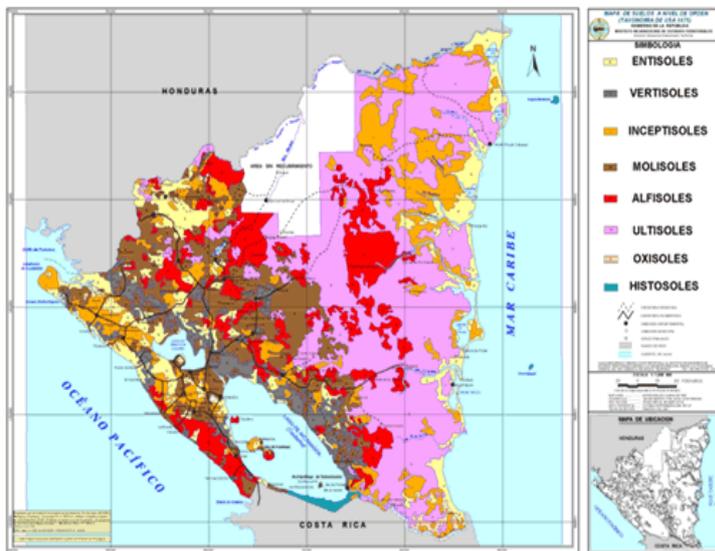
3.3.1 Clasificación de los suelos de Nicaragua.

3.3.1.1 Vertisoles (Sonzocuite) Son suelos minerales de desarrollo reciente, con horizonte superficial de poco espesor, muy arcillosos, que durante la estación seca se contraen y presentan grietas anchas y profundas y durante la estación lluviosa se expanden, tienen formación de micro relieve en la superficie, son de muy profundos a moderadamente profundos (que no tienen contacto rocoso a menos de 50 cm de profundidad), la fertilidad del suelo es de alta a baja, formados de sedimentos lacustres o lagunares, de tobas, basaltos y otras rocas ricas en bases y fácilmente meteorizables, en pendientes de 0–8%, también se encuentran en pendientes de hasta 15%. Estos suelos Predominan en la Región Central, en el **Departamento de Chontales** y se extienden hasta **parte del Río San Juan (Municipio de San Carlos)** y pequeños bloques diseminados en la Región del Pacífico en los **Departamentos de León y Chinandega**, en áreas bajas con pendientes suaves, generalmente inclinadas. (Grafica 1)

3.3.1.2 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 (epipedón ócrico) u oscuros (epipedón úmbrico), 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 la **Región Norte Central** en los **Departamentos de Madriz y Nueva Segovia**; otros bloques diseminados en la Región del Pacífico y se extienden desde el **Departamento de Chinandega hasta el Departamento de Rivas** en el litoral Pacífico. En la Región Atlántica pequeños bloques diseminados sobre el litoral desde la Laguna de Bismuna por el norte hasta San Juan de Nicaragua por el sur.

Gráfica 1: Suelos de Nicaragua a nivel de orden.



Fuente: Instituto nicaragüense de estudios territoriales 2006.

3.3.1.3 Suelos: Inceptisoles: Son suelos minerales de desarrollo incipiente, de poco profundos a muy profundos; el horizonte superficial es de colores claros (epipedón ócrico) o de colores oscuros (epipedón úmbrico) 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 llanuras de la **Región Autónoma del Atlántico Norte y bloques diseminados en las llanuras de la Región Atlántico Sur** y en el Departamento de Río San Juan. Asimismo se encuentran pequeños bloques diseminados 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.

3.3.1.4 Suelos Molisoles: Son suelos minerales con estado de desarrollo: incipiente, joven o maduro. Con un horizonte superficial (epipedón mólico) de color oscuro, rico en humus, bien estructurado, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla aluvial (un horizonte argílico, o un horizonte cámbico cargado de arcilla); 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 Central en los Departamentos de Chontales y Boaco**, extendiéndose hacia 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.

3.3.1.5 Suelos Alfisoles: Suelos minerales maduros, bien desarrollados. Con un horizonte superficial de color claro (epipedón ócrico) o de color oscuro (epipedón úmbrico) y un subsuelo de acumulación de arcilla aluvial (horizonte argílico); 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 Autónoma del Atlántico Sur (Municipio de Paiwas)**, en **la Región Norte Central, en los Departamentos de Jinotega y Matagalpa; y en la Región del Pacífico, predominan en los Departamentos de Carazo y Rivas**. Por sus características son de los mejores suelos para las actividades agropecuarias.

3.3.1.6 Suelos Ultisoles: Son suelos que tienen un drenaje interno natural de imperfecto a bien drenados, de profundos a muy profundos, en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad natural tiene valores de baja a media, con un contenido variable de aluminio, se han desarrollado de rocas básicas, intermedias y ácidas, de sedimentos aluviales, coluviales y fluviales. Predominan en las **Regiones Autónomas del Atlántico Norte y Atlántico Sur; y en la Región Norte Central, en los Departamentos de Matagalpa y Jinotega.**

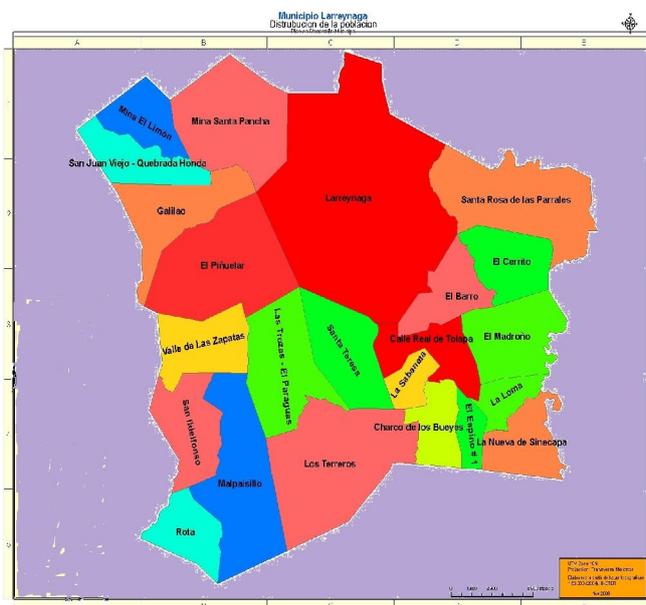
3.3.1.7 Suelos Oxisoles: Son suelos minerales seniles, en la última etapa de intemperización química, con un horizonte superficial de colores claros que descansa sobre un subsuelo muy grueso de color rojo amarillento, muy profundos, moderadamente estructurado, con altas concentraciones de Hierro (Fe) y Aluminio (Al), bien drenados, muy ácidos, con un alto contenido en aluminio intercambiable, de relieve ondulado a escarpado, fertilidad muy baja, desarrollados de rocas ultra básicas (diabasa o basalto ultra básico). Estos suelos se Localizan en **el Departamento de Río San Juan.**

3.3.1.8 Suelos Histosoles: Son suelos orgánicos muy profundos con un horizonte superficial de gran espesor, que contiene más del 20% de materia orgánica, por el alto contenido de tejido orgánico; con drenaje interno pobre a muy pobre, en relieve plano depresional y áreas pantanosas, con fertilidad baja a alta, desarrollado a partir de acumulación de depósitos orgánicos y sedimentos lacustres y fluviales. La mayor parte del año, tienen el nivel freático en o sobre la superficie del suelo. Se hallan localizados en **el departamento de Río San Juan.** (www.ineter.gob.ni, 2006).

3.3.2 Caracterización de los Suelos del departamento de León.

3.3.2.1 Suelos de Larreynaga, Malpaisillo.

En la Planicie, se encuentran los mejores suelos para la producción agrícola intensiva; son suelos profundos, bien drenados, de textura franco arcillosa, de topografía plana alternados con suelos de textura pesada, arcillosos de drenaje imperfecto a mal drenados conocidos como Vertisoles o Sonzocuite; esta planicie se separa en dos Zonas por las formaciones de lomeríos, tomando los nombres de las poblaciones que albergan: la



Grafica 2: Mapa del Municipio de Malpaisillo

Planicie de Malpaisillo, en el Sector Oeste y la Planicie de Larreynaga en el Sector Este; en ellas, se identifican a los llanos de La Palmera y Sinecapa, respectivamente.) (Instituto nicaragüense de fomento municipal, INIFOM, 1994).

Las condiciones climáticas de la Planicie de Malpaisillo, presentan una canícula muy prolongada, más de 30 días consecutivos; por lo que se hace necesario el riego para la producción de primera; los suelos de la Planicie de Larreynaga, presentan una topografía suavemente ondulada, con pendientes de 8 a 15 % y se encuentra fuertemente erosionados por el uso intensivo sin prácticas de manejo y conservación de suelos. (Grafica 2)

3.3.2.2 Suelos de La Paz Centro.

Los suelos de La Paz Centro se caracterizan por ser suelos que van de profundos a moderados superficiales, de color rojizo con subsuelos arcillosos que se derivan

de cenizas volcánicas, siendo ricos en minerales básicos se encuentran en las planicies con pendientes casi planas y onduladas.

Los suelos predominantes en el municipio son arena franca muy fina, franco arenoso, franco arcilloso, franco limoso y limo, arcillo arenoso, arcillo limoso con menos del 60% de arcilla y las arcillas pesadas (Vertisoles mayor del 60% de arcilla) estos suelos se encuentran distribuidos en todo el territorio existiendo áreas específicas de



Grafica 3: Mapa del municipio de la Paz Centro

localización. Así se tiene que en la parte sur y sureste del municipio predominan los suelos Vertisoles; al oeste suelos con textura moderadamente finas (arena franca muy fina, franco arenoso, franco arcilloso, franco limoso y limo, arcillo arenoso, arcillo limoso) en la parte noreste, los suelos específicamente en la comarca momotombo los suelos son arenosos que se han desarrollado a partir de sedimentos aluviales y lacustre. (Grafica3) (Instituto nicaragüense de fomento municipal, INIFOM, 1994).

3.3.2. Suelos de Quezalguaque.

Se encuentran los mejores suelos para la producción agrícola intensiva; son suelos profundos, bien drenados, de textura franco



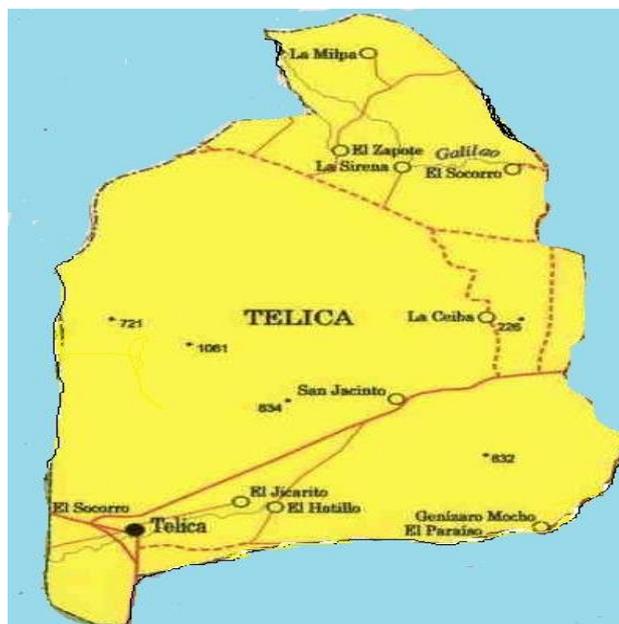
Grafica 4 Mapa del municipio de Quezalguaque

arcillosa, de topografía plana; este Sector abarca la parte central y Sur del territorio; comprende algunas inclusiones de suelos arcillosos pesados de drenaje imperfecto o áreas de llano, buenos para la agricultura de riego o pasto con pendientes de 0 a 8%, bueno para todo tipo de cultivo adaptable a la región, se encuentra un área de lava volcánica, aproximadamente unas 20 Ha y un área de suelos pedregosos, unas 250 Ha aproximadamente.

En el pie de monte de la Cordillera de los Maribios, los suelos son frágiles, superficiales, pedregosos en algunas localidades, erosionados por la deforestación, presenta muchos barrancos y su uso potencial es para la Conservación de recursos naturales; siendo el Pie de Monte de un área protegida por decreto de ley, debe ser reforestada, las actividades productivas de los pobladores afincados en el sector deben ser controladas y orientadas a la producción forestal, agrosilvopastoril y agroforestal con tecnología agroecológica; este Sector abarca las localidades de: La Joya, Zarandajo, Casa, El Guanacastal, y la Colonia Cristo Rey. Entre El Guanacastal y la Colonia Cristo Rey, se evidencia una Zona de unas 100 Ha, con muy buenos suelos para la agricultura intensiva, la que debe ser manejada con prácticas de tecnología agroecológica y en sistemas de producción agroforestal.

3.3.2.4 Suelos de Telica.

Los suelos son derivados de cenizas volcánicas recientes y antiguas, además de rocas volcánicas. Estos suelos pueden ser desde altamente productivos a improductivos, recomendados para la forestaría, pastizales y agricultura, con tratamientos especiales de conservación. Con fertilizantes y agua presentan alta



Grafica 5 Mapa del municipio de Telica

3.3.2.6 Suelos de Nagarote.

Sus suelos son calcáreos, poco propicios para la explotación agrícola intensiva y favorecedores de una ganadería extensiva.

El uso del suelo en el municipio de Nagarote debe basarse en la implementación de sistemas agroforestales, silbo pastoriles y zonas de protección de vida silvestre, cuya principal función es la recuperación de los ecosistemas degradados y el



Grafica 7 Mapa del municipio de Nagarote.

aprovechamiento de la tierra; tomando en cuenta la capacidad de uso del suelo, condiciones climáticas y especies de plantas adaptables a esas condiciones. (INIFOM, 1994).

3.4 Economía del departamento de León.

La economía tradicional de León es eminentemente agropecuaria, Las áreas de producción campesina son el resultado del desplazamiento de pequeños productores fuera de las ricas planicies que fueron ocupadas por latifundios dedicados a cultivos industriales, en las décadas del bum del algodón. La pequeña y mediana producción campesina se ocupa en la producción de granos básicos y a la ganadería, rubros cada vez menos rentables que explican el creciente deterioro económico del sector y las innumerables iniciativas de reconversión productiva de los últimos quince años.



Grafica 8 Mapa del departamento de León

En la economía nacional; los municipios que más aportan son León, La Paz Centro, Larreynaga, El Jicaral y Telica. Los rendimientos sólo son estables en el cultivo de soya, ya que la producción es baja comparada hace 10 años lo que genera una gran demanda de este grano e incrementando el precio hasta en 30 dólares por quintal. Sólo el arroz presenta una tendencia al incremento de los rendimientos por área. La ganadería es la segunda actividad económica de la región; el rubro más importante es el vacuno con un hato equivalente al 7% del total nacional, se genera un 30% de la producción lechera y un 15% de la producción de carne Aunque hay producción porcina y avícola en el departamento no se cuenta con estadísticas sobre ellas. Un porcentaje importante de la población se dedica a la ganadería extensiva de subsistencia con pastos naturales en suelos marginales. A pesar de ser el principal productor de semillas mejoradas de pasto, sólo los grandes productores de Nagarote, La Paz Centro y León se dedican a la ganadería tecnificada. El principal productor de leche es Nagarote seguido de La Paz Centro y León. En Larreynaga se dedican a ganadería de doble propósito y en El Sauce y Achuapa al repasto para carne. Las pequeñas propiedades agropecuarias se concentran en León y El Sauce; las fincas grandes en Larreynaga. (www.amunic.org,2004).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Información general de la zona de estudio

El estudio se realizó en siete municipios del departamento de León, priorizando las zonas de mayor importancia productiva, cultivos de importancia, los tipos de sistemas de producción y las condiciones topográficas de cada zona, comunidad y finca. Para esto se realizó un estudio de línea base por zona para determinar el uso actual del suelo.

Los municipios muestreados fueron:

El Sauce, con condiciones climáticas que varía de 1000 a 1800 mm anuales. La temperatura media anual oscila de 26⁰C a 32.2⁰C, y los suelos son de textura francos arcillosos (Zapata, 1998).

Larreynaga, Quezalaguaque, Telica, las condiciones climáticas similares son de Tropical Sabana, la precipitación pluvial anual promedia entre los 1,200 y 1,827 mm y se concentra durante la estación lluviosa, entre los meses mayo, octubre y principios de noviembre. La temperatura anual 30⁰C. Son suelos profundos, bien drenados, de topografía plana alternados con lomeríos y suelos de textura pesada. (INIFOM 1994).

La paz centro posee un clima seco y cálido. La temperatura media anual es de 27⁰C. en los meses más frescos. La precipitación anual varía entre un mínimo de 500 mm. Y 2,000 mm. Máximo.

Nagarote, Se caracteriza por tener un clima seco, con lluvias aleatorias de verano que favorecen una vegetación nativa del tipo Sabana Tropical y algunos bosques tropicales Caducifolios. Sus suelos son calcáreos, poco propicios para la explotación agrícola intensiva y favorecedores de una ganadería extensiva. La temperatura general del municipio es caliente y oscila en un promedio anual entre los 37.2° y 39.2° C.

León, Con condiciones climáticas precipitación pluvial anual promedio entre los 500 y 2,000 mm y se concentra durante la estación lluviosa, entre mayo y octubre. La temperatura anual es de unos 30° C. suelos van de profundos a moderados superficiales, de color rojizo con subsuelos arcillosos que se derivan de cenizas volcánicas, siendo ricos en minerales básicos. (INIFOM 1994).

4.2 Descripción de los materiales

4.2.1 Obtención de la información sobre el manejo de suelos:

1. Encuesta de línea base
2. Diagnostico visual.

4.2.2 Levantamiento de muestras:

- Barreno, palines y barras.
- Baldes, Bolsas plásticas.
- Hoja de información de la muestra.
- Marcadores, GPS.

4.3 Metodología.

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

El levantamiento de las muestras de suelos se procedió primeramente a la selección de los productores beneficiarios del proyecto, miembros de las organizaciones de productores: APRENIC, COOP. DEL CAMPO, COOP. EL PROGRESO, UNAG, ASOGAL.

4.4 Diseño experimental

4.4.1 Estudio de línea base

Para la realización de los talleres primero se elaboró una encuesta de línea base para determinar el uso actual del suelo evaluar la finca y conocer teóricamente el terreno, los tipos de sistemas de producción y las condiciones topográficas de cada finca en total se realizaron 5 talleres de línea base por municipio donde se le aplico al productor la encuesta directamente para identificar el área a muestrear y planificar día y hora del muestreo

4.4.2 Muestreo:

Para el estudio utilizamos el modelo estadístico tipo II (Efectos aleatorios), este se implementa cuando los tratamientos y demás factores que intervienen en un experimento son elegidos al azar de una población. (Soto R. Iván, 2003).

4.5 Definición de las variable

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

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

Estas cuatro variables se obtuvieron de la encuesta de línea base realizada a los productores de cada municipio.

4.5.1 Años de uso de la tierra.

El tiempo de dedicación agrícola o de uso de la tierra es un factor determinante para la identificación del estado actual de los suelos, ya que con el tiempo estos presentan cambios en sus características físicas, lo que ocasiona que los suelos hoy en día estén degradados, compactos y con formación de enormes cárcavas, es por ello que se considero ésta como una variable a evaluar dentro de las encuestas realizadas a los productores.

4.5.2 Manejo de la finca y Tipo de labranza

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

4.5.3. Profundidad del arado

La profundidad de la labranza es el indicador de la capa alterada dentro de los horizontes del suelo, lo que permitirá conocer en qué condiciones de alteración se presenta el horizonte superficial o capa arable en su estructura y consistencia.

4.5.4 Permeabilidad del suelo

Para la determinación de la permeabilidad del suelo se utilizo el (DAIKI, modelo 4000 / Japonés, 2009). Este instrumento permite medir el coeficiente de permeabilidad o capacidad de infiltración, mediante el método de flujo de agua. (Grafica 8).



Grafica 9: Equipo DAIKI – Modelo 4000

4.5.4.1 Pasos para determinar permeabilidad:

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

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

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

K= Es la constante de infiltración. **A**= Área de la superficie de la muestra 19.6 cm²
Q= Cantidad de flujo de agua 20ml **t** = Tiempo de infiltración 20ml.
L= El espesor del cilindro 5.1cm. **ΔH** = Diferencia de las cabezas de agua 6.8 cm.

4.5.5 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 2: 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 el horno a una temperatura de 70° C. El volumen de los cilindros utilizados se determinó en base a la fórmula 3 (Martín et. Al. 1982):

Formula 3: Calculo del volumen de un cilindro.

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

π = Valor de pi (3.1415926)

r² = Radio del cilindro elevado a al cuadrado (cm)

h = Altura del cilindro (cm)

4.5.6 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 de la UNAN- León.

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).

4.5.7 Capacidad máxima de retención de agua del suelo

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

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 4: Calculo para capacidad máxima de retención de agua

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

4.5.8 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/cm³, la cual representa la densidad de cuarzo (Arena) y por encontrarse en todos los suelos se considera este valor como una constante para determinación de la porosidad del suelo (Alonso C. et al 1977).

Formula 5: Calculo de porosidad del suelo

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

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

4.5.9 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 6: Calculo del porcentaje de sólidos del suelo

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

4.6 Definición de la toma de muestra metodológicamente.

4.6.1 Levantamiento de la información

Para cada zona se realizó un estudio de línea base (grafica 9) con los productores, previo a la toma de muestras para obtener la información completa sobre el estado actual de de los suelos agrícolas, para realizar un diagnóstico, y planificar la cantidad de muestras a sacar por productor tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Clasificar las fincas según su actividad principal.
- Ubicación, tamaño de la parcela.
- Manejo (convencional, orgánico).
- Preparación de suelo, ver (Anexo 1).



Grafica 10: Llenado de encuesta de línea base.

4.6.2 Toma de muestras

Los muestreos se realizaron en las fincas donde se estaban desarrollando proyectos con FUNICA. La unidad experimental de estudio fue la parcela, la cantidad de muestras dependió del tamaño del terreno, de la uniformidad de este y de los tipos de cultivos, tomando como rango el área máxima para una muestra es de tres manzanas según (Erickson Nancy, 2002, Oviedo Quintana Jorge, 1992, Suárez Arturo, 1994) ya que los productores poseen en promedio tres manzanas. La cantidad de submuestras eran mixtas compuestas de 8-15 hoyos, en dependencia del área (m^2). La profundidad de muestreo fue de 20 a 30 cm. Con un barreno se sacaba cada submuestras y se depositaba en baldes plásticos, donde se mezclaban homogéneamente, se sacaban piedras y

desperdicio de cosecha. Se tomó la cantidad de 2.5 kg de suelo la que fue colocada 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 cultivo, rendimiento, comunidad ver (anexo 2). Para su posterior, clasificación, luego eran llevadas al laboratorio donde se hará el análisis físico.

El total de muestras para la primera fase del proyecto es de 400 muestra.

4.7 Análisis estadístico:

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

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

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

V RESULTADOS Y DISCUSIONES.

5.1. Resultados del manejo actual y dedicación económica de los suelos en el departamento León.

Los resultados obtenidos de la línea base se basan en las encuestas realizadas a los **118** de productores de los siete de municipios de estudios. (Anexo 6). Es necesario tomar en consideración en este tipo de estudios basados en encuestas, que muchas veces la información obtenida sólo refleja los datos emitidos por el productor. En el caso de los años de uso de la tierra estos se basan en el tiempo que tiene el productor o su familia de manejar las parcelas agrícolas, y no los años en que quizás otras familias han utilizado estas tierras para la agricultura, 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.

Tabla 1: Años de uso de la tierra de los suelos del departamento de León.

Años de uso de la tierra			
Municipio	Media	Mínimo	Máximo
El Sauce	24	2	50
La paz Centro	28	25	30
León	21	5	60
Malpaisillo	29	5	40
Nagarote	16	3	28
Quezalguaque	16	2	35
Telica	20	1	65
Promedio Total	22	6	44

N= 118

El uso de la tierra hacia la dedicación agrícola en el departamento de León tiene un promedio de **22** años de uso, presentando un mínimo de **6** años y un máximo de **44** años, el municipio de Malpaisillo muestra el más alto porcentaje con **29** años, seguido de La Paz Centro con **28** años. Los resultados menores pertenecen a los municipios de Nagarote y Quezalguaque con **16** años respectivamente. Los

resultados promedios indican que los suelos del departamento de León han sido usados en la agricultura por más de **15** años como mínimo.

En los valores máximo y mínimo el más alto pertenece al municipio de Telica **65** años y León **60**, entre los valores más bajos tenemos Telica **1** año, El Sauce y Quezalguaque ambos con **2** años. Según La FAO (Theodor F. 2010) los suelos del occidente de Nicaragua desde hace 40 años se utilizaron como zonas aldoneras, presentando problemas en las condiciones físicas, en los últimos 20 a 30 años se implementaron alternativas para solucionar estos problemas, como consecuencia, todos los suelos del occidente están hoy en día degradados, compactados y formación de enormes cárcavas.

Según (Sampat A. Gavande 1991). Las condiciones físicas del suelo se pueden modificar por su manejo y se pueden alterarse radicalmente. Por eso es necesario que el manejo que se brinda al suelo deba tener previamente un conocimiento claro de las condiciones físicas del suelo.

Tabla 2: Tipo de manejo de las fincas muestreadas del departamento de León.

Municipio	convencional	orgánico	orgánico-convencional
El Sauce	12	0	4
La paz Centro	6	0	0
León	19	11	9
Malpaisillo	23	0	0
Nagarote	9	0	0
Quezalguaque	9	3	0
Telica	11	2	0
Total	89 (75%)	16 (14%)	13 (11%)

N = 118

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 el control de las plagas y enfermedades de los cultivos. Los resultados obtenidos en relación al tipo de manejo que se

implementa en las parcelas de los productores encuestados, se presentan en la tabla 2. El manejo convencional fue el que obtuvo un mayor resultado con un total de **89** productores, que representa el **75%** de la población. Este el manejo predomina en todos los municipios del departamento de León.

Manejo orgánico representa un Sistema agrícola de producción que prescinde del empleo de productos de síntesis química para el mejoramiento de la calidad de los suelos y el tratamiento de plagas y enfermedades de los cultivos. Se fundamenta en optimizar las condiciones edáficas a partir de enmiendas orgánicas, y de prácticas culturales tales como la labranza mínima, y rotación de cultivos (www.manualdellombricultura.com. 2008).

Al comprar los resultados de la encuesta el manejo convencional supera en porcentaje al manejo orgánico que solo representa un **14%** para un total de **16** productores, pertenecientes a los municipios de Telica, Quezalguaque y León. Mientras que la combinación manejo orgánico y convencional figura con un **11%** de un total de **13** productores, de los municipios de El sauce y León. (Tabla 2)

Tabla 3: Tipo de labranza efectuada en los suelos del departamento de León.

Municipio	Maquinaria	Tracción Animal	Maq.-Tracción A.	Cero labranza	Cero L.- Tracción A.
El Sauce	0	7	4	0	5
La paz Centro	5	1	0	0	0
León	25	3	9	1	0
Malpaisillo	15	3	5	0	0
Nagarote	8	0	1	0	0
Quezalguaque	5	3	4	0	0
Telica	7	2	4	1	0
Total	65 (55%)	19 (16%)	27 (23%)	2 (2%)	5 (4%)

N= 118

La labranza impide la sucesión natural de la vegetación, el principal propósito de la labranza es aumentar los poros y una buena estructura, pero ninguna herramienta agrícola crea más que poros gruesos; una labranza cuidadosa puede apoyar el proceso biológico de una estructura grumosa pero a veces ocurre lo contrario.

Los resultados obtenidos de la variable tipo de labranza, muestra que en el departamento de León el **55%** de la población total prepara el terreno con maquinaria, seguido de la combinación de maquinaria y tracción animal con **23%** y tracción animal con un **16%**. (Tabla 3)

Los porcentajes menores pertenecen a cero labranza con **2%** y a la combinación de esta y tracción animal que alcanza un **4%** del total de la población.

Las prácticas de labranzas influyen en todas las condiciones físicas del suelo, el laboreo excesivo causa erosión, compactación, pérdida de humedad, mala estructura y deterioro de varias características físicas del suelo que impide el desarrollo radicular. (Sampat A. Gavande 1991).

Tabla 4: Profundidad del arado de los suelos muestreados.

Municipio	Media	Rango
	cm	
El Sauce	21	10-25
La paz Centro	24	20-30
León	27	15-30
Malpaisillo	24	15-30
Nagarote	27	20-30
Quezalguaque	28	25-30
Telica	26	15-30

N= 118

La profundidad del arado dependerá del tipo del cultivo a sembrarse y de topografía del terreno.

De los resultados obtenidos el mayor rango es de **25-30cm** de profundidad perteneciente al municipio de Quezalguaque que en promedio la mayoría de sus productores aran **28cm**. El rango menor oscila de **10-25cm** perteneciente al municipio de El Sauce el cual en promedio sus productores aran a **21cm** de profundidad, esto se debe que en El sauce los terrenos agrícolas poseen abundante piedra superficial y en el perfil del suelo, la topografía que predomina es semiplana o quebrada. (Zapata, 1998), lo que no permite profundizar a mas de 25 centímetros el surco, por lo cual se utiliza poca maquinaria agrícola y se implementa mas tracción animal y cero labranza, (Tabla 3); a diferencia del municipio de Quezalguaque donde sus suelos son profundos, bien drenados, de topografía plana (www.amunic.org,2004). Se implementa más maquinaria agrícola y poca tracción animal. (Tabla 3). Los otros rangos oscilan de **15-30 y 20-30 cm**

5.2 Resultados de la caracterización física de los suelos del departamento de León.

Tabla 5 Caracterización física de los suelos del departamento de León.

Parámetros Físicos	Unidad de medida	Media	Mínimo	Máximo
Densidad aparente	gr/cm ³	1.1	0.9	1.3
Cap. Max. retención	(%)	42	29	60
Porosidad		57	49	62
Sólidos totales		43	38	51
Infiltración	cm/h	6.1	1.2	26.8
Textura	%	Limo	Arcilla	Arena
		25	21	55
		Franco arenosa		

N= 346

Los resultados obtenidos en la variable densidad aparente presentan un promedio de **1.1**, con un mínimo de **0.9** y un máximo de **1.3**, según (Pacheco M. 1980, PLA, I. 1977). Los suelos no están dentro de la categoría de suelos compactos.

En la variable capacidad máxima de retención de agua, tiene un mínimo de **29%** y máximo de **60%** para un promedio **42%** de según (Karurichev I.S. 1980) los suelos

con una buena capacidad de retención de agua son aquellos que poseen un promedio entre el **40-50%**.

La variable porosidad presenta un promedio de **57%**, un mínimo de **49%** y un máximo de **62%**. Según (Karurichev I.S. 1980).los suelos que poseen una porosidad excelente son aquellos cuyo porcentaje es mayor del **55%**.

Los resultados obtenidos en porcentaje de sólidos muestran un promedio de **43%**, con un mínimo de **38%** y un máximo de **51%**. Según (Sampat A. Gavande 1991). La fase sólida está formada por constituyentes orgánicos e inorgánicos, lo que indica que posee buena porosidad, ya que éste excluye los espacios porosos.

En los resultados obtenidos de la variable textura el promedio de partículas es de **25%** de limo, **21%** de arcilla y **55%** de arena, lo cual indica que tiene una textura **franco arenoso**. Según (Sampat A. Gavande 1991) estos suelos poseen alta capacidad de infiltración, alto porcentaje de poros, son fáciles de manejar y poseen baja retención de agua.

Los resultados obtenidos de la variable permeabilidad en el departamento de león en promedio es de **6.1 cm/h**, con un mínimo **1.2 cm/h** y un máximo de **26.8**, dada la textura franco arenosa estos promedios de infiltración son regulares ya que entre más gruesa es la partícula de suelo la infiltración va aumentando (Manual de manejo DAIKI, Japón). Según (Karurichev I.S. 1980) la permeabilidad está relacionado con la saturación del suelo, entre más saturados estén los suelos el proceso de infiltración es mas estable, es decir el valor de permeabilidad es más o menos constante.

5.3 Resultados de la comparación del estado actual de las características físicas de los suelos en los municipios del departamento de León.

Para la interpretación de las variables de características físicas (D.A, capacidad de retención, porosidad y textura) se cuenta con una población de 346 muestras que fueron extraídas de una extensión de 1.325,65 manazas (Anexo 7).

Tabla 6: Promedio de Densidad aparente de los suelos del departamento de León.

Municipio	D.A gr/cm ³		
	Media	Mínimo	Máximo
El Sauce	1.1	0.9	1.2
La paz Centro		1	1.2
León		0.9	1.3
Malpaisillo		0.9	1.3
Nagarote		1	1.2
Quezalguaque		1	1.2
Telica		1	1.4

N=346

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).

Tabla: Resultados de densidades según la clases de suelos (Sira Arequipa, 2000).

Rangos de DA (gr/cm ³)	Clase de Textura
1,1 a 1,3	suelos arcillosos o pesados;
1,3 a 1,5	suelos francos
1,5 a 1,7	suelos arenosos o ligeros,

Los resultados de densidad aparente que presentan los municipios muestreados son en su promedio (**1.1 gr/cm³**).

Los valores mínimos de densidad aparente oscilan entre **(0.9-1gr/cm³)** y los máximos entre **(1.2 y 1.4 gr/cm³)** Así como por la clase textura que predomina en la zona que es franco arenosa y franco arcillo arenosa Esto indica que los suelos de los municipios del departamento de León a pesar de que poseen valores altos no se encuentran compactados; ya que se considera un suelo compactado cuando este tiene valores de densidad aparente mayores de **1.8 gramos/cm³**. (Pacheco M. 1980, PLA, I. 1977). Según (Millar C. et, Al. 1972) la densidad aparente varía según su textura ver (anexo 12). Según (B. Carbo Carlos 1999): la densidad aparente es óptima para la producción varía entre **0.9 y 1.4** y valores de **1.5 y 1.7** disminuyen la producción de los cultivos.

Tabla 7 Capacidad máxima de retención de agua de los suelos del departamento de León.

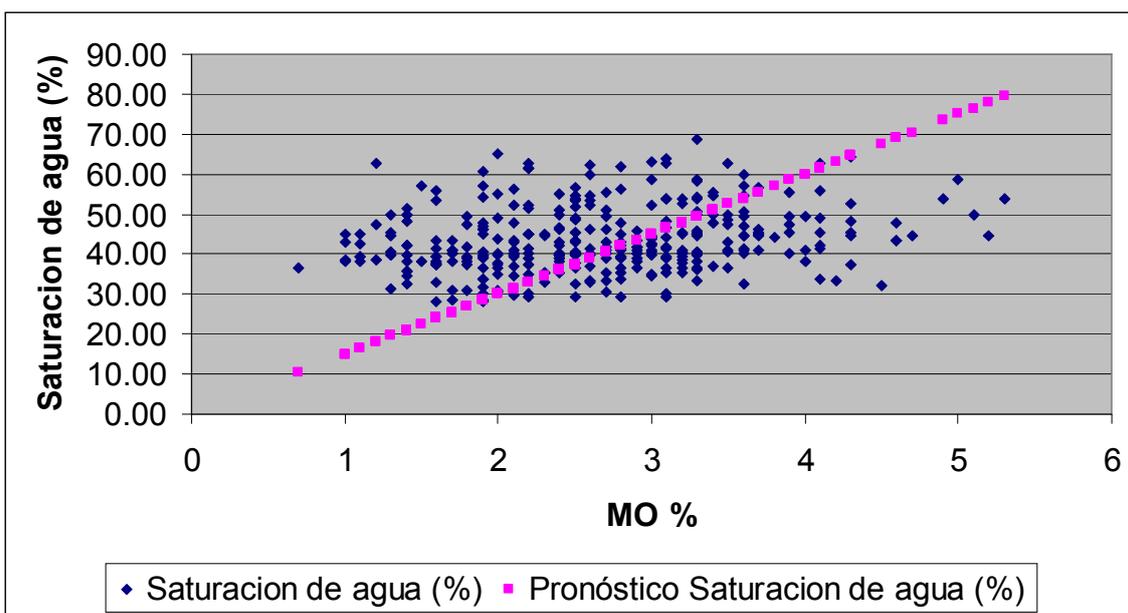
Municipios	Capacidad máxima de retención		
	(%)		
	Media	Mínimo	Máximo
El Sauce	42	29	56
La paz Centro	43	30	63
León	44	28	65
Malpaisillo	45	30	63
Nagarote	41	29	58
Quezalguaque	42	30	56
Telica	41	28	59

N=346

En los promedios obtenidos de la capacidad máxima de retención agua correspondiente a los municipios del departamento de León, el municipio que presentó el promedio más alto es Malpaisillo con **45 %**, dada su textura franco arcillosa tiene la capacidad de retener más agua.

Los valores de los demás municipios oscilan de **41 a 44 %**, lo que indica que tienen una buena capacidad de retención de agua, ya que un suelo con **40-50%** de promedio posee una saturación óptima. (Karurichev I.S. 1980).

Según (Casas. Antonio, 1999). La alta cantidad de materia orgánica, aumentan considerablemente los índices de saturación. Este resultado es similar a los obtenidos en las muestras tomadas en el departamento de León, donde la capacidad de retención de agua del suelo incrementa conforme aumenta el contenido de materia orgánica, dicho aseveración se confirma con el análisis de regresión realizado.



La correlación en este caso no es significativa, sin embargo la probabilidad de que la materia orgánica influya sobre la saturación se refleja en la curva de pronóstico (R^2 ajustado = 0.89) (Anexo 8 Tabla de Regresión) dado que la comparación de los datos es sólo para suelos de tipo agrícola y no hay mayor índice de materia orgánica. Según (Zais Alberto, 1997 y Casas. Antonio, 1999) en estudios realizados existe relación entre materia orgánica y saturación de agua.

Tabla 8: Porcentaje de porosidad de los suelos del departamento de León.

Municipio	Porosidad (%)		
	Media	Mínimo	Máximo
El Sauce	58	52	64
La paz Centro	57	51	61
León	56	48	64
Malpaisillo	55	49	64
Nagarote	56	52	60
Quezalaguaque	57	50	61
Telica	56	44	60

N=346

De los resultados obtenidos de la variable porosidad el que presenta mayor porcentaje es el municipio de El Sauce con **(58%)**, para el resto de municipio los porcentajes oscilan entre **(55-57%)**. Según (Karurichev I.S. 1980), los suelos que poseen una porosidad excelente tienen promedios mayores del **55%**, suelos con valores menores del **50%-55%** tienen una porosidad satisfactoria y suelos con valores menores del **50%** reconsidera no satisfactoria ver (anexo 11). Según (Millar C. et, Al. 1972) suelos con porcentajes del **50.3%** se consideran más o menos típicos para capas arables de textura media.

El caso del municipio de El Sauce, dada su textura franco arcillo arenosa, presenta mayor cantidad de microporos, por consiguiente su porosidad debería de ser menor, debido a que las muestra estudiadas de El Sauce poseen mucha grava, esto aumenta el porcentaje de macroporos en cada muestra lo cual contribuyo a que la infiltración fuera más rápida, a semejándose a la de los demás municipios que poseen una textura arenosa. Según (Benzing Albrecht, 2001) la presencia de diferentes diámetros de poros, permite el equilibrio entre la aireación y humedad, entre infiltración, drenaje y retención de agua; lo que favorece el crecimiento de raíces, ver (anexo 10).

Tabla 9 Porcentajes de sólidos de los municipios del departamento de León.

Municipio	% sólidos		
	Media	Mínimo	Máximo
El Sauce	42	36	48
La paz Centro	43	39	49
León	44	36	52
Malpaisillo	45	36	51
Nagarote	44	40	48
Quezalguaque	43	39	50
Telica	44	40	56

N=346

El tamaño de las partículas sólidas varía desde los coloides pequeñísimos (menos de 0.5 micras) hasta las gravas gruesas y fragmentos rocosos. La fase sólida del suelo está formada por una asociación íntima de constituyentes orgánicos e inorgánicos (Malagon, 1990).

En los resultados de sólidos obtenidos tenemos que el municipio que presenta mayor porcentaje es Malpaisillo **45%**, seguido de León y Quezalguaque **44%**, el valor más bajo pertenece al municipio de El Sauce **42%**. En los valores de mínimo por municipio estos oscilan de **36-40%** y los máximos presentan **48-52%**.

Tabla 10 Textura de los suelos del departamento de León.

Municipio	Textura
El Sauce	Franco arcillo arenoso (43 %)
La paz Centro	
Nagarote	
León	Franco arenoso (43%)
Quezalguaque	
Telica	
Malpaisillo	Franco Arcilloso (14%)

N=346

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. (edafologia.ugr.es, 2006).

Según (INETER, 2006) los suelos que predominan en el departamento de León son de tipo molisoles y vertisoles, son suelos minerales de desarrollo reciente. En la tabla 10 se observa que las texturas franco arenosa y franco arcillo arenoso son las más predominante en el departamento de León con un **43%** respectivamente y apenas con un **14%** la textura franco arcillosa perteneciente al municipio de Malpaisillo. En la textura franco arcillosa predominan las partículas de diámetro iguales o inferiores a 0.002 mm (Carrasco J.M. 1981), por tanto posee poca cantidad de macro poros y su capacidad de infiltración es baja.

Estos suelos tienden a volverse más compactos y masivos a restringir la circulación de aire y agua, mientras que los suelos de textura media y gruesa con cierto grado de humus necesitan una labranza mínima. (Sampat A. Gavande, 1991).

Tabla 11: Índice de permeabilidad promedio de los suelos muestreados en el departamento de León.

Municipio	Promedio	Mínimo	Máximo
	Infiltración (cm/h)		
El Sauce	10.5	1.0	30.6
La paz Centro	5.5	1.2	25.3
León	8.7	1.0	68.9
Malpaisillo	3.6	1.0	23.1
Nagarote	2.3	1.0	8.3
Quezalaguaque	5.1	1.7	9.4
Telica	6.7	1.1	21.9
Promedio Total	6.1	1.2	26.8

N=346

La velocidad de infiltración es un parámetro que depende de la clase de textura, grado de compactación en que se encuentran estos suelos, y contenido de gravas de los horizontes. (Karurichev I.S 1980). Los valores más altos de infiltración que se presentan son en los municipios de El Sauce **10.5** y León con **8.7**, seguidos del municipio de Telica **6.7**, el municipio de El Sauce contrariamente la textura franco arcillo arenosa que predomina, es el promedio más alto esto es debido, al alto contenido de grava que las muestras poseían ya que los terrenos agrícolas poseen abundante piedra superficial y la topografía que predomina es semi plana o quebrada. (Zapata, 1998)

El municipio que obtuvo menor valor fue Nagarote con (2.3 cm/h) seguido del municipio de Malpaisillo con (3.6 cm/h). Lo que indica que la infiltración es mucho menor en ambos municipios debido a factores ya mencionados. La textura predominante en estos municipios es arcillosa, Según (DAIKI, modelo 4000 / Japonés, 2009) el coeficiente de permeabilidad se va reduciendo a medida que el tamaño de las partículas es menor. Según (Karurichev I.S 1980) la permeabilidad se mide en función del tiempo lo que está relacionado a la saturación del suelo, en los suelos plenamente saturados, el valor de permeabilidad que caracteriza el valor de infiltración es más o menos constante.

Los valores mínimos de infiltración es de **1.0** y el valor máximo es de **68.9** perteneciente al municipio de León, según (Millar C. et, Al. 1972) a pesar que estos promedios son bajos la velocidad de permeabilidad según la clase reconsideran moderadamente rápidos y muy rápidos ver (anexo 9).

VI. CONCLUSIÓN

Los suelos del departamento de León han sido utilizados por los productores por más de 15 años en las actividades agrícolas, de los 118 productores, 89 manejan la parcela de forma convencional, utilizando maquinaria, para la preparación del terreno, arando a una profundidad de 28 cm.

La densidad aparente que promedio presentan los suelos del departamento de León es de 1.1 gr/cm^3 , por lo cual se encuentran dentro de la categoría de suelo no compacto según la clasificación elaborada por Pacheco M. en 1980 y PLA, I. en 1977 y Millar C. et, Al en 1972

Las texturas predominantes en el departamento de León son franco arenoso representando un 43%, franco arcilloso arenoso 43% y los suelos franco arcillosos tan solo ocupan un 14% del total de muestras. Estos resultados concuerdan con las clasificaciones de texturas según INETER (2006).

La capacidad máxima de retención de agua es considera buena, ya que poseen promedios mayores del 40% de retención (Karurichev I.S. 1980).

En relaciona a la porosidad, los suelos del departamento de León poseen una cantidad de poros mayor del 55%. Estos valores se consideran excelente, según la clasificación elaborada por Millar C. et, Al. 1972. En algunos casos esto valores se deben al alto contenido de arena gruesa de algunos municipios como Malpaisillo y El Sauce.

El departamento de León presenta un promedio total del coeficiente permeabilidad de 6.1 cm/h , este promedio varía a lo interno de cada municipio. Los valores oscilan entren ($2.3\text{-}10.51 \text{ cm/h}$), debido a que el coeficiente de permeabilidad dependerá de la textura del suelo, del grado de compactación y del porcentaje de micro y macroporos que posean los suelos de estudio, ya que entre más fino es el suelo su permeabilidad se va reduciendo. (FAO.org, 2003)

VII. RECOMENDACIONES.

En base a los resultados obtenidos de la línea base, en la variable Manejo de suelo, se debe de tratar de sustituir el sistema de manejo convencional, para los municipios de Malpaisillo, León, Telica y El Sauce; y evitar el deterioro de las características físicas de los suelos y así mejorar la fertilidad de estos.

Los municipios de León, Malpaisillo, Telica y Quezalaguaque, en los parámetros de capacidad máxima de retención de agua y porosidad, presentan valores bajos y valores altos en densidad aparente, lo que indica un deterioro físico del suelo. Los productores de estos municipios, deben desarrollar medidas correctivas para solucionar estos problemas, como incorporación de materia orgánica al suelo, disminuir el número de pases de grada, realizar obras de conservación de suelo entre otras; ya que estos problemas influyen de forma directa en el comportamiento de la producción a lo largo de los años.

Es necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra (productores y técnicos de campo) conocer las propiedades físicas del suelo que van cambiando a medida transcurre el uso de los mismo, para entender en qué forma y cómo estos cambios influyen en el crecimiento de las plantas. Así como también comprender la importancia de mantener el suelo con las mejores condiciones físicas posibles; dado que en condiciones óptimas de desarrollo los cultivos expresaran su máximo potencial productivo y por ende mejoras en el ingreso económico.

Realizar futuros estudios de suelo en los municipios de Achuapa, El Jicaral y Santa Rosa del Peñón, ya que estos no fueron incluidos en esta investigación para obtener mayor representatividad por departamento y conocer en que condiciones físicas se encuentran estos suelos del occidente de Nicaragua.

VII BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso C. et, Al. (1977). Compendio de suelo, 1er edición Editorial pueblo y educación La Habana, Cuba. Pág. 199.
2. Asociación de municipios de de Nicaragua Departamento de león/(2004) consultado/2011/08.disponible en www.amunic.org.
3. B. Carbo Carlos (1999): Enciclopedia Práctica de la agricultura y la ganadería, OCÉANO / CENTRUM; Barcelona, España.
4. Benzing, Albrecht. (2001) Agricultura Orgánica –fundamentos para la región andina edit. Neckar-Verlag, Villingen-schwenningen. Pág.325-340
5. 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.
6. Carrasco J.M. Dorién, (1984) química agrícola, Madrid, España, edit. Alhambra, pág. 1 y 22.
7. Casas. Antonio, (1999)/Análisis de suelos/suelo agrícola /análisis _suelos. htm/ consultado 25/01/10.disponible en: www4.cajamar.es/.
8. D. Blaise, C.D. Ravindran (2003): Influence of tillage and residue management on growth and yield of cotton grown on a vertisol over 5 years in a semi-arid region of India. Soil & Tillage Research 70 (2003) 163–173.
9. Edafología. (2006) Textura del suelo. propiedades físicas de los suelos./consultado03/02/10.Disponible:edafologia.ugr.es/IntroEda/tema04text.htm/.
- 10.Erickson Nancy, 2002 El muestreo de Suelo, escuela agrícola panamericana, Tegucigalpa, Honduras.
- 11.(FAO), 2003 Permeabilidad del suelo consultado en línea el 10/08/10 disponible en [ftp//ftp.fao.org](ftp://ftp.fao.org).
- 12.Fertilidad del suelo. (7 nov. 2004) Consultado/20/11/08/. Disponible en www.unex.es/edafo/GCSP/GCSL3FertSue.htm - 12k

13. Henrik Franklin, José Parra Duhalde, Ricardo Quiroga, Rikke Olivera, Liliana Carreño, Jaime Cofre (2007): Nicaragua: Análisis Ambiental de País. VPC/cid serie de estudios económicos y sectoriales cid-07-008. Banco Interamericano de Desarrollo.
14. Incer Jaime. (1972) Geografía Básica de Nicaragua/Editorial Recalde, Managua, Nicaragua. Pág.70, 71,109.
15. Instituto nicaragüense de fomento municipal INIFOM (2004) Diagnostico básico de las municipalidades. Larreynaga, Quezalguaque, Telica.
16. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2006) Caracterización geográfica Del territorio nacional, Managua, Nicaragua. Disponible//www.ineter.gob.ni.
17. Karurichev, N.P I.S. Panov, (1980) practicas de edafología, /Edit. Mir Moscú/ Rusia traducido al español,.1984 Pag.110
18. López M María Antonia. La Prensa - Campo y Agro (Oct. 2004) - Suelos se utilizan según clasificación21. archivo. laprensa.com.ni/.../campoyagro-20041021-01.HTML.
19. López Ritas J, Melida. (1990)El diagnostico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio, Cuarta edición. Madriz, España. Pág. 173.
20. MALAGON, D. (1990), física de suelo. Bogotá, Cali, Col.IGAC.622 P.
21. Manual de instrucción para la de medición del coeficiente de permeabilidad DAIKI de tipo plegable 4000, JICA, Japón. / Traducida al español (2009).
22. Manual de lombricultura, (2008). consultado en línea 10/09/10 disponible en www.manualdellombricultura.com.
23. Martín Karlheinz, Lothar Mayer & Klaus Sommer (1982): Tafelwerk für Matematik, Physik und Chemie. Pag. 33. Verlag Berlin. Alemania.
24. Millar C. et, Al. (1972) Fundamentos de la ciencia del suelo 5ta edición, Traducido (1980) por editorial continental S.A., México, D.F.
25. Oviedo Quintana Jorge, 1992 manual de fertilizantes, FAO-MIDINRA.
26. Pacheco M. (1980), PLA, I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnostico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Maracay, ven. UCV-fagro.112 P.

27. Primavesi Ana (1982), Manejo ecológico del suelo, 5ta edición, Editorial El Ateneo, Buenos Aires, Argentina.
28. Ricardo Ramírez & Dennis Morales (1989): Comparación de cuatro métodos de análisis del fósforo del suelo para estimar el requerimiento de p2 o5 por el tomate (*lycopersicon esculentum*)
29. Sampat A. Gavande, (1991), Física de suelo principios y aplicaciones, Editorial Limusa, México Pág.17.
30. SIRA AREQUIPA. (2000). Capitulo 1, relación suelo - agua – planta, densidad aparente. En línea. Consultado el 8 de noviembre del 2008. Disponible en: [www.sira-arequipa.org.pe / principal / inftecnica / manuales / relacion.doc](http://www.sira-arequipa.org.pe/principal/inftecnica/manuales/relacion.doc) + densidad+aparente+concepto.
31. Soto R. Iván, (2003): Conceptos generales de estadísticas. Edit. Andes. edic. 1. Lima, Perú.
32. Suárez Arturo, 1994. Muestreo de suelo y propiedades físicas del suelo. Fundación Hondureña para la investigación, San Pedro Sula; Honduras.
33. Studdert Guillermo, abril 2001 - Labranza convencional Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Balcarce consultado 04/08/10 disponible en www.inta.gov.ar/balcarce/info/
34. Theodor Friedrich, FAO/AGSE (2010) Desde la Conservación de Suelo a una Agricultura Conservacionista www.fao.org/ag/AGS/agse/erosio.htm
35. Zais Alberto. (et al), Forestación de suelos agrícolas, España (1997), Ediciones de la universidad de castilla.
36. Zapata Moran Luis Antonio, (1998). Informe sobre la situación organizativa y económica en el municipio de El Sauce Proyecto, Prochilion/IDR/GT2.

ANEXOS.

Anexo 1: Encuesta de línea base aplicada a los productores.

Departamento:	Fecha:		
Municipio:			
1) Aspectos generales			
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 y afinamiento	Cero labranza	Subsuelo
Que obras mecánicas realiza:			
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 ganaderos			
Variedad de pasto:			
Tipo de pasto:	Leguminosa	Gramínea	
Que tecnología utiliza para el manejo:	picadora	Ensilaje	Bloques
Fertiliza su pasto:	SI:	NO:	
Que insumos utiliza	urea:	completo	abonos orgánicos
Cantidad de insumos que utiliza:			
4) Manejo del ganado			
Cantidad de ganado:			
Tipo de ganado:	ganado mayor:	ganado menor:	
Cuántas veces al año vacuna:	Número de veces:	Desparasitante:	vitaminas:
Que insumos utiliza:			
5) 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)			

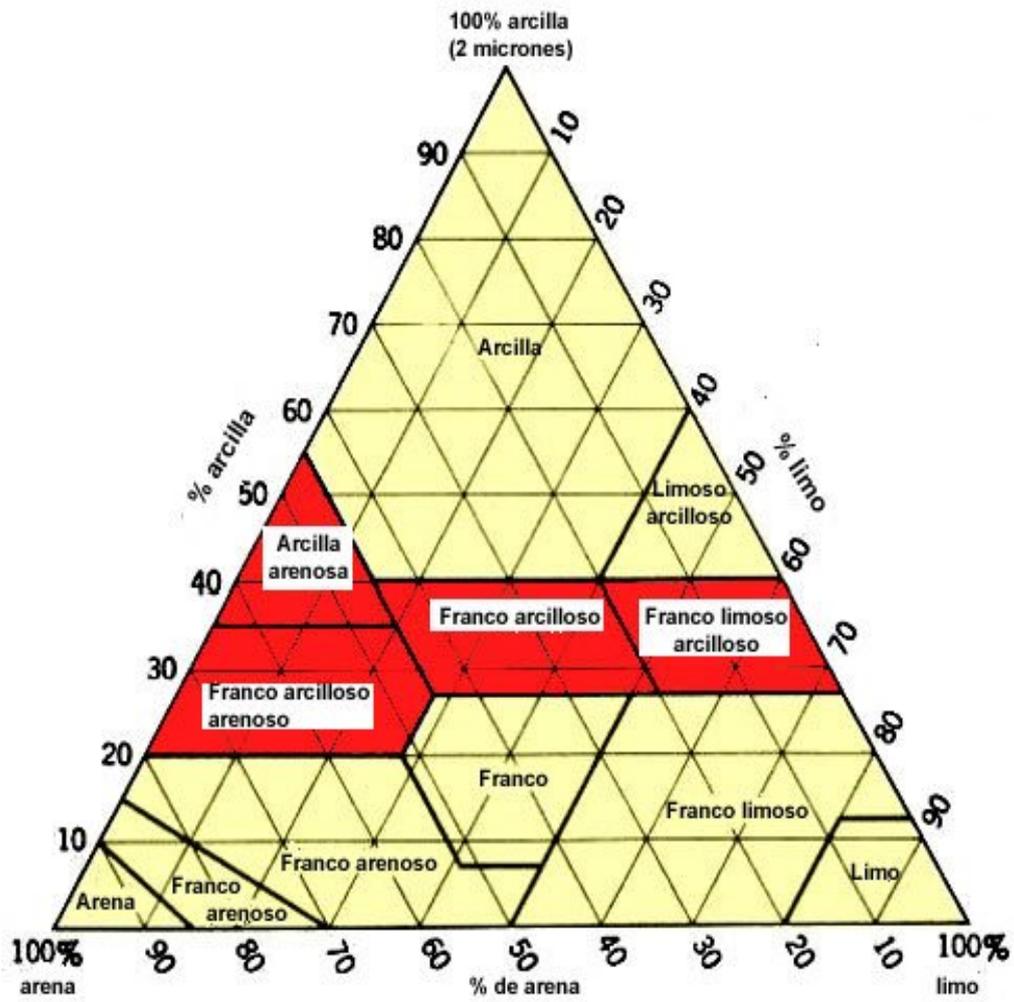
Anexo 2: Hoja de la Información de las Muestras

Código GPS	
---------------	--

Código de la muestra	
----------------------	--

Nombre de la finca o Hacienda			
Localización (pueblo)		Comarca	
Municipio		Departamento	
Altitud (m.s.n.m.)		Precipitación anual (cm ³)	
Área que presenta (mz)		Fecha de toma de muestra	
Profundidad (cm)		Cultivo Anterior	
Rendimiento (qq / mz)		Fertilización utilizada (qq / mz)	
Otras enmiendas Aplicadas		Cultivo a sembrarse	
Mes en que se sembrará		Rendimiento esperado (qq / mz)	
Variedad a sembrar		Otras Actividades	

Anexo 3 Método del triángulo textural para determinar las clases texturales básicas.



Anexo 4. Equipos utilizados para determinar los parámetros físicos.



DAIKI Modelo 4000 instrumento para medir el coeficiente de permeabilidad.



Balanza para el pesado de la muestra de suelo



Muestras de suelo en proceso de saturación durante una hora.



Realización de la medición del coeficiente de permeabilidad mediante el Instrumento DAIKI modelo 4000.



Muestras colocadas en el horno luego de haber realizadó el proceso de permeabilidad para obtener el peso seco.

Anexo 5: Proceso del muestreo de suelo.



Extracción de muestra con barreno



Muestra colocada en el balde



Submuestras mezcladas y colocadas en bolsas codificadas.



Muestras colocadas en bolsas

Anexo 6: Numero de productores beneficiados del estudio vs Organización

BENEFICIARIOS	MUNICIPIO / COMARCA	# DE PRODUCTORES
LEON		
COOP EDDY CASTELLON	MALPAISILLO	24
	LA PAZ CENTRO	5
INTA / ALCALDIA	SAUCE	16
COOP. NOEL MURILLO	NAGAROTE	8
COMULTE	TELICA	8
UNAG-L	QUESALGUAQUE	11
	León / Lechecuagos	4
	TELICA	1
	LEON / Troilo	7
APRENIC	León/ Lechecuagos	2
	LEON / CHACRASECA	8
PRIVADAS	León / Convento	2
	León / Troilo	2
	León / Abangasca	2
	Telica / San Jacinto	4
	León / Chagüe	4
	Nagarote	2
COOP. ASOGAL-LEON/	León / Salinas grandes	5
	León / Poneloya	3
TOTAL		118

Anexo 7: Total de área muestreadas en el departamento de León.

Municipio / comarca	Numero de Muestras	Área Muestreada
		mz
MALPAISILLO	117	478,5
LA PAZ CENTRO	31	188
SAUCE	26	83
NAGAROTE	22	76
QUESALGUAQUE	28	79,75
TELICA	15	76,4
TELICA / San Jacinto	8	13,75
León/Lechecuagos	17	64
León / Chacraseca	24	80
León / Convento	13	40
León / Chagüe	4	10
León / Troilo	22	76
León / Salinas grandes	5	7,25
León / Poneloya	14	53
TOTAL	346	1.325,65

Anexo 8. Correlaciones entre la MO y capacidad de retención del suelo.

Estadísticas de la regresión ajustada	
Coefficiente de correlación múltiple	0.9470226
Coefficiente de determinación R ²	0.89685181
R ² ajustado	0.89392783
Error típico	14.2260688
Observaciones	343

ANOVA^b

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1324.752	1	1324.752	21.842	,000 ^a
	Residual	20863.808	344	60.651		
	Total	22188.559	345			

a. Variables predictoras: (Constante), MO_

b. Variable dependiente: Saturación de agua_

Anexo 9 Permeabilidad del suelo, clases y velocidades percolación

Clases	Permeabilidad centímetros por hora	Percolación
Lento:		
1. Muy lento	menos de 0.002	minutos por centímetro más de 30 000
2. Lento	0.002–0.08	
Moderado:		
3. Moderadamente lento	0.08 a 0.32	750–30 000
4. Moderado	0.32 a 1.00	187.5–750
5. Moderadamente rápido	1.0 a 2.0	60–187.5
6. Rápido	2.0 a 4.0	30–60
7. Muy rápido	más de 4.0	15–30
		menos de 15

Anexo 10 Funciones de poros de diferentes diámetros en el suelo.

Funciones de poros de diferentes diámetros en el suelo; partículas que forman los diferentes poros (adaptado de Oades, soil organic matter and structural stability, pp. 319-337 en tinsley darbyshire, Biological processes and soil fertility, 1984, con el permiso de Kluwer Academic publishers.

Diámetros de poros (μm)	Función	Diámetro de partículas (μm)
\square 0.2	agua "muerta" (no disponible)	\square 2
0.2-2	Almacenamiento de agua disponible para las plantas	2-250
25-100	Conducción capilar, aireación	250-1.000
\square 100	Aireación, infiltración y drenaje rápidos, Crecimiento de raíces	\square 1.000

Anexo 11 Apreciación de la porosidad total de suelo.

Escala de porosidad de los suelos arcillosos y arcillo arenosos.	
Porosidad total	Apreciación cualitativa
>70	Porosidad excesiva. Suelo esponjoso fofo
55-65	Porosidad excelente. Capa arable del suelo bien cultivado
50-55	Porosidad satisfactoria para la capa arable
<50	Porosidad no satisfactoria para la capa arable.
40-25	Porosidad demasiado baja. Es típica de los Horizontes iluviales compactos.

Anexo 12 Rangos de Densidad aparente según la textura del suelo.

Densidad aparente y textura.	
Textura	D.A
Suelos orgánicos	0.2-0.6
Textura Fina	1.0-1.3
Textura Gruesa	1.3-1.8