

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA**  
**UNAN-LEÓN**

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y VETERINARIA  
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA TROPICAL



**Caracterización de propiedades físicas del suelo en diferentes parcelas productivas dentro del municipio de León, durante el ciclo productivo 2017.**

Trabajo presentado como requisito para optar al título de Ingeniería en Agroecología Tropical

**Presentado por:**

Br. Diego Luis Coppens Zamora

**Tutora:** Dra. Xiomara Castillo

León, Octubre 2017

*“¡A la libertad por la Universidad!”*

## ÍNDICE

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
<b>III. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO .....	3
3.1.1. ESTRUCTURA .....	3
3.1.2. TEXTURA .....	4
3.1.3. POROSIDAD .....	5
3.1.4. DENSIDAD DEL SUELO .....	6
3.1.5. COLOR .....	6
3.1.6. CONSISTENCIA .....	6
3.1.7. DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO .....	7
3.1.8. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN .....	8
3.2. ASPECTOS BIOLÓGICOS DEL SUELO .....	9
3.2.1. MATERIA ORGÁNICA .....	9
3.2.2. ORGANISMOS DEL SUELO .....	10
3.3. FERTILIDAD .....	10
3.4. DEGRADACIÓN DEL SUELO .....	10
3.5. AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN .....	12
3.6. DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA DE LAS COBERTURAS DE SUELO .....	12
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
4.1. SITIOS DE ESTUDIO .....	14
4.2. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO .....	15
4.3. ETAPAS DEL ESTUDIO .....	15
4.5. METODOLOGÍAS DE ESTUDIO .....	17
4.6. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES .....	19
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
5.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS PARCELAS EVALUADAS .....	24
5.1.1. PARCELA “LA LEONA 1” .....	24
5.1.2. PARCELA “LAS BRISAS”, PROPIEDAD DE RODRIGO BOANERGES .....	25
5.1.3. PARCELA DE MAURO SOLÓRZANO, EN LECHECUAGOS .....	26

5.1.4. CAMPUS AGROPECUARIO NO. 2. (FINCA EL PEGÓN) DE LA UNAN-LEÓN .....	27
5.1.5. DATOS AGRÍCOLAS DE LAS PARCELAS .....	30
5.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS EN PARCELAS.....	30
5.2.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO .....	31
5.2.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN VISUAL DE SUELO (EVS) .....	38
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>44</b>
<b>IX. ANEXOS .....</b>	<b>46</b>
TABLAS DE RESULTADOS .....	48
GLOSARIO... ..	50
APARATOS DE MEDICIÓN .....	52
FOTOGRAFÍAS .....	52

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos, sin quienes la motivación por continuar no hubiese sido suficiente para terminar lo que encuentro ser como un trabajo académico de gran provecho, así como una oportunidad valiosa para desarrollar aprendizajes y destrezas a través del proceso investigativo.

A maestras y profesores que nos introdujeron a la Agroecología, maestros dedicados que son un puente hacia el porvenir. Son motivación e interés para los estudiantes, juntos descubrimos y nos sorprendemos al escudriñar la ciencia. Debemos seguir trabajando en pro de una agricultura ecológica y sostenible.

Encuentro la satisfacción de llevarme aprendizajes varios en cuanto a la ciencia del suelo y mediante el proceso investigativo. Dedico este trabajo a mi tutora, Dra. Xiomara Castillo, por su labor docente durante esta valiosa experiencia científica.

Finalmente, dedico este trabajo a los pequeños productores de alimentos, animados a emprender cambios, no solo en la rama agrícola sino de manera integral y desde su forma de pensar. No asumo la responsabilidad de cambiarlos a ellos, sino ser partícipe del mismo proceso de aprendizaje, donde la apuesta es a largo plazo.

## RESUMEN

Nicaragua presenta numerosas ventajas para la producción; suelos fértiles, agua dulce disponible y una larga tradición agrícola y pecuaria. Sin embargo, uno de los mayores problemas que enfrenta hoy el país es la degradación del suelo. El objetivo central de esta investigación fue determinar ciertas propiedades físicas del suelo en diferentes parcelas productivas ubicadas en el municipio de León; La Leona, Lechecuagos, Las Brisas y La Ceiba. Primeramente se realizaron entrevistas a los productores, recopilando información de interés (datos agrícolas y de producción). Se seleccionaron parcelas con áreas menores a ½ manzana para determinar variables físicas del suelo como biomasa acumulada, humedad, densidad aparente, textura y profundidad. Se realizaron evaluaciones visuales en las parcelas, de manera simultánea al muestreo de suelo, así como pruebas de infiltración, cobertura y compactación. Mediante el estudio, se encontraron diferencias notables de humedad y biomasa acumulada, principalmente entre parcelas de productores y parcelas del Campus Agropecuario No. 2 (El Pegón), donde se constató la presencia de cobertura en el suelo (yuca, plátano y aguacate). Se observó el fenómeno de compactación en la mayoría de las parcelas evaluadas (salvo aguacate y plátano), relacionada a bajas tasas de infiltración y humedad. La evaluación visual, por su lado también mostró diferencias de puntaje entre parcelas de productores y parcelas del Pegón. Parámetros como la presencia de lombrices y calidad de agregados fueron bajos en todas las parcelas de productores, mientras en El Pegón se encontró cobertura y evidencia de agregados, una adecuada estructura de suelo, así como presencia de artrópodos y lombrices. El estudio permitió inferir sobre el efecto que tienen las coberturas sobre las características físicas del suelo; con especial relevancia en factores como humedad, infiltración y biomasa acumulada. Se puede concluir destacando la importancia de la cobertura de suelo como alternativa de conservación, aunque no basta por sí sola sino que debe ser integrada a un manejo de todo el sistema productivo, donde se incluyan otras técnicas como la labranza mínima, la siembra directa y la rotación de cultivos. Se recomiendan el uso de cobertura permanente y la incorporación de rastrojos en los campos agrícolas, para proteger el suelo de agentes erosivos y conservar mejor su fertilidad.

## ABSTRACT

Nicaragua as a country shows many advantages for agricultural production; it has fertile soils, an availability of freshwater, and a long agricultural tradition. However, one of the worst problems that the country faces today is soil degradation. The main goal of this research was to determine physical properties of soil in different productive plots located in the municipality of León and within the communities of La Leona, Lechecuagos, Las Brisas, and La Ceiba. Interviews were first conducted with local farmers, with the objective to collect data about crops and soil management. Plots no larger than 3,500 square meters were evaluated and soil properties within the plots were tested for humidity, biomass accumulation, apparent density, soil texture, and depth. Visual analyses were done at the same time as soil samplings as well as infiltration and compaction tests. Following data analysis, several differences in humidity and biomass were noted between farmers and Campus Agropecuario No. 2 (*Pegón*) plots, which were enriched by yucca, plantain, and avocado cover crops. Soil damage due to compaction was also observed in most of the evaluated plots (excluding avocado and plantain) and was shown to be related to low soil infiltration rates and less soil humidity. Visual analyses also showed differences between the farmer's plots and the *Pegón* plots, including the presence of insects and worms. This study allows conclusions to be made about the effects that soil coverage or cover crops have on physical properties of soil, particularly when relating to humidity, infiltration, and biomass accumulation factors. From this study, it can be concluded that soil coverage is essential for soil conservation and should be integrated into plot management, together with minimum tillage, direct planting, and crop rotation. Continuous, year-long soil coverage from cover crops is recommended as well as the incorporation of straw and field stubble, to protect soil from erosive agents and preserve its fertility.

## I. INTRODUCCIÓN

Nuestro país, a nivel agrícola presenta numerosas ventajas como son la relativa disponibilidad de agua potable (superficial y subterránea, usada para riego), tierras fértiles y una larga tradición agrícola y pecuaria, heredada desde tiempos de la colonia. (Incer. Jaime, 1998).

Según el tercer Informe “GEO” sobre estado del ambiente en Nicaragua (MARENA, 2006) uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta Nicaragua es el deterioro de la fertilidad de los suelos por razones de cambio en el uso de los suelos forestales para fines de agricultura y ganadería.

Un reciente estudio del Instituto de Estudios Territoriales (INETER), en 2015, sobre el cambio en el uso de los suelos del país, demostró que alrededor de un 40% de los suelos del país están siendo sobre-explotados, sin tomar en cuenta su uso potencial. La ganadería por su lado, siendo el tradicional motor de la economía nacional, mantiene un permanente proceso de fronterización agrícola, expandiéndose hacia zonas de bosque y reservas naturales, causando estragos como la contaminación de los ríos y la migración de poblaciones indígenas autóctonas.

Debido al fuerte deterioro ambiental, principalmente a la pérdida y erosión de nuestros suelos, la producción agrícola enfrenta serios problemas. La falta de agua potable en la región de occidente es evidente, su conservación en el suelo es vital para la agricultura y para una población creciente. Tomando en cuenta el crecimiento demográfico que se observa y su consecuente presión sobre los recursos naturales, las actividades productivas deben enfocarse hacia la sostenibilidad.

La labranza excesiva o inadecuada puede llevar a círculos viciosos de erosión, compactación, mineralización excesiva de la materia orgánica, entre otros problemas. Una alternativa son los sistemas de labranza reducidas, donde se limitan la frecuencia, profundidad e intensidad de las labores agrícolas al mínimo. (Carrasco. 1981).

Las coberturas de suelo resultan ser una medida efectiva para mejorar el suelo, y es una alternativa económicamente viable para el productor. A largo plazo medidas como el laboreo mínimo o la siembra directa mostrarán resultados en el suelo, una mayor actividad biológica, con mejor infiltración y retención de agua y nutrientes, se verán a su vez traducidos en una mejor y más sostenida producción agrícola. (INTA, 2003).

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar la condición física del suelo en diferentes parcelas productivas, en el municipio de León y durante el ciclo productivo 2017.

### **2.2 Objetivos específicos:**

- Caracterizar las parcelas en estudio, en cuanto al uso de suelo y manejo agrícola.
- Determinar las propiedades físicas del suelo en las diferentes parcelas en estudio.
- Comparar los resultados obtenidos entre las parcelas de productores y parcelas del Campus Agropecuario N° 2. (El Pegón).

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Características físicas del suelo

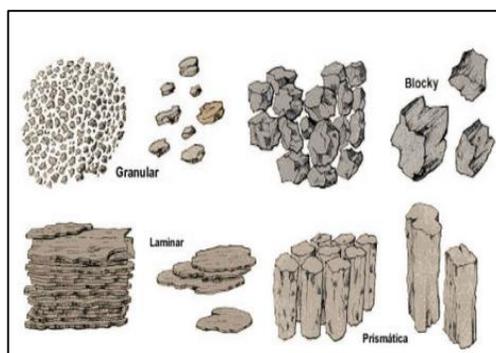
Las propiedades físicas son todas aquellas características que denotan el estado, capacidad de trabajo, de la forma y energía de la materia. El conocimiento de estas propiedades nos permite conocer mejor las actividades agrícolas, como el laboreo, la fertilización, el drenaje y la irrigación. Determinan, entre otras propiedades, la productividad de los suelos (Sampat. A. Gavande, 1972).

“El suelo desde el punto de vista físico, se le puede definir como un sistema de gran complejidad, heterogéneo, disperso y trifásico (fases sólida, líquida y gaseosa). El suelo como sistema físico implica un comportamiento mecánico” (Sampat, 1972).

##### 3.1.1. Estructura

Las partículas texturales del suelo como arena, limo y arcilla se asocian para formar agregados. La estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el suelo, la conducción térmica, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión. El agua es el componente elemental que afecta la estructura del suelo con mayor importancia debido a su solución y precipitación de minerales, con determinados efectos en el crecimiento de las plantas (Carrasco, 1997).

La estructura del suelo es la arquitectura del suelo, o sea, la forma en que están ordenados las partículas sólidas y los espacios. La descripción de la estructura del suelo se refiere al tamaño y forma de las unidades de suelo o agregados y los espacios de aire o poros dentro y entre ellos. Los agregados están constituidos por partículas de suelo individuales ligados con materia orgánica,



**Figura 1:** Estructura del suelo

arcilla y hierro. Diferentes suelos tienen diferentes tipos de estructuras formadas en el transcurso de los años como una parte natural del proceso de la formación del suelo (FAO, 2009).

La estructura también se refiere a la agregación de partículas individuales del suelo para generar unidades de mayor tamaño conocidas como agregados o terrones y que son el resultado de procesos pedogenéticos. El tipo de estructura describe la forma o configuración de los agregados individuales, entre las cuales podemos encontrar:

a) **Estructuras granulares y migajosas:** son partículas individuales de arena, limo y arcilla agrupadas en granos pequeños casi esféricos. El agua circula muy fácilmente a través de esos suelos. Por lo general, se encuentran en el horizonte A del perfil de suelo.

b) **Estructuras en bloques o bloques sub angulares:** son partículas de suelo que se agrupan en bloques casi cuadrados o angulares con los bordes más o menos pronunciados. Los bloques relativamente grandes indican que el suelo resiste la penetración y el movimiento del agua.

c) **Estructuras prismáticas y columnares:** son partículas de suelo que han formado columnas o pilares verticales separados por fisuras verticales diminutas, pero definidas. El agua circula con mayor dificultad y el drenaje es deficiente.

d) **Estructura laminar:** se compone de partículas de suelo agregadas en láminas o capas finas que se acumulan horizontalmente una sobre otra. A menudo las láminas se traslapan, lo que dificulta notablemente la circulación del agua. Esta estructura se encuentra casi siempre en los suelos boscosos, en parte del horizonte A y en los suelos formados por capas de arcilla (Sevilla, 2003).

### **3.1.2. Textura**

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. Cada término textural corresponde con una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla. (Sampat, 1972).

**Tabla 1:** Clasificación de las partículas del suelo según tamaño en mm. (INTA, 2003).

<b>Fracción del suelo</b>	<b>Tamaño en mm</b>
Arena gruesa	2,0 – 0,2
Arena fina	0,2 – 0,02
Limo	0,02 – 0,002
Arcilla	< 0,002 - < 2 micras

Los gránulos cuyo tamaño exceden los 2 mm reciben el nombre de grava y no se consideran en los análisis de suelos, los demás se dividen en tres clases, según su diámetro, las partículas entre 2 y 0,02 mm se llaman arena, las de diámetro entre 0,02 y 0,002 son los limos, y aquellas cuyo diámetro es igual o inferior a 0,002 m forma la arcilla (Carrasco, 1997).

La determinación de la textura consiste simplemente en indicar, para un suelo dado la proporción que ocupa en él cada elemento constituyente: arena gruesa, arena fina, limo y arcilla (Tabla 1). Se determina igualmente la cantidad de grava y gravilla. En suma, consiste en un análisis granulométrico. Por lo tanto, granulometría es la proporción relativa de arena, limo y arcilla que contiene un suelo (Carrasco, 1997).

### **3.1.3. Porosidad:**

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen de suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por un 50% de materiales sólidos (45% minerales y 5% de materia orgánica) y 50% de espacio poroso.

Dentro del espacio poroso se distinguen macro y micro poros, donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros en cambio, retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (Carrasco, 1997).

La porosidad total está también estrechamente ligada a la estructura del suelo y ésta aumenta a medida que el suelo forma agregados. Cualquier práctica que altere la estructura del suelo, afectará también la porosidad del mismo (Hudson, 1982).

#### **3.1.4. Densidad del suelo:**

Carrasco (1997) afirma que mediante la determinación de la densidad se puede obtener la porosidad total en el suelo. Se refiere al peso por volumen del suelo. Existen dos tipos de densidad, real y aparente. La densidad real de las partículas densas varía con la proporción de elementos que constituyen el suelo. Una densidad aparente alta indica un suelo compacto o tenor elevado de partículas granulares como la arena. Una densidad aparente baja no indica necesariamente un ambiente propicio para el crecimiento de las plantas.

#### **3.1.5. Color**

El color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta de ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias de un perfil de suelo, determinar el origen del material parental, presencia de materia orgánica, estado del drenaje y presencia de sales y carbonatos (Sampat, 1972).

Es una característica importante; no solo sirve para reconocer los distintos tipos de terreno, sino que indica ciertas propiedades físicas y químicas. El color del suelo por lo general se debe al contenido de humedad, de humus y la naturaleza química de los compuestos de hierro (Sampat, 1972).

#### **3.1.6. Consistencia:**

La consistencia del suelo es la firmeza con que se unen los materiales que lo componen o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura. La consistencia del suelo se mide por muestras de suelo mojado, húmedo y seco. Esta propiedad también se relaciona a la compactación, frecuentemente provocada por el uso prolongado de maquinarias y labranza excesiva (FAO, 2009).

### 3.1.7. Disponibilidad de agua en el suelo

El agua en el suelo se halla alojada en los macro y micro poros y adsorbida en las partículas de suelo. Para un determinado momento, la cantidad de agua contenida por un suelo podrá definirse según las siguientes condiciones:

**a) Humedad de saturación:** es el contenido de agua de un suelo en el que todos sus poros están llenos de agua. Esta situación puede observarse inmediatamente después de una lluvia o riego abundante.

**b) Capacidad de campo (CC):** también conocido como límite máximo, es el contenido de agua presente en un suelo luego de drenar libremente durante los 2 o 3 días posteriores a una lluvia o riego intenso. Se estima que corresponde al agua retenida a un potencial mátrico que puede variar entre 0.1 bar para suelos arenosos hasta 0.5 bares para suelos arcillosos. Se puede tomar como valor medio 0.3 bar.

**c) Punto de marchitez permanente (PMP):** También conocido como límite mínimo, es el contenido de agua de un suelo retenida tan firmemente que las plantas no pueden extraerla causándoles una marchitez irreversible. En este estado se admite, en general, que el agua está retenida con potenciales menores a 15 bares.

No todas las especies vegetales tiene la misma capacidad para extraer agua del suelo, incluso esta capacidad puede variar según el estado fenológico de la planta; por lo tanto el valor del PMP no será un punto constante, para todos los casos. Además el PMP depende también de características propias del suelo como la granulometría del suelo, su compactación, el contenido de materia orgánica y la profundidad del perfil, entre otros factores. (Sampat, 1972).

**d) Agua útil (AU) o agua disponible:** Es la diferencia entre los contenidos de agua a CC y PMP. Es la que se considera como agua utilizable o potencialmente extraíble por las plantas en la zona de crecimiento radical. Esta es la fracción del agua del suelo que puede perderse por evaporación o variar por el consumo de las plantas.

La diferencia entre el punto de capacidad de campo y punto de marchitez permanente resulta en el agua disponible para las plantas, expresado en milímetros o en porcentaje. La

textura del suelo influencia la cantidad de agua en un suelo drenado hasta el punto de capacidad de campo y la cantidad disponible para las plantas (Sampat, 1972).

### 3.1.8. Capacidad de infiltración

Es una propiedad muy importante del suelo y representa un fenómeno complejo mediante el cual se puede explicar tanto el ingreso del agua en el suelo y su correspondiente movimiento, así como la retención en su interior. La capacidad de infiltración es la velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo. La capacidad de infiltración depende de muchos factores; un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor que un suelo arcilloso y compacto (Narro, 1994).

Ésta se mide conforme al tiempo que le toma determinada área de suelo en infiltrar agua, una vez alcanzada su capacidad de campo. Si una gran parte de los poros del suelo ya se encuentran saturados la capacidad de infiltración será menor que si la humedad del suelo es relativamente baja (Narro, 1994).

**Tabla 2:** Rangos de infiltración básica según textura del suelo (Brouwer et al., 1988).

Tipo de suelo	Infiltración en cm/h	Calificación
Arenoso	> 30	Muy rápida
Franco arenoso	20 – 30	Rápida
Franco	10 – 20	Moderada
Franco arcilloso	5 – 10	Lenta
Arcilloso	< 5	Muy lenta

### 3.1.8. Permeabilidad del suelo

Es la capacidad del suelo de adsorber y filtrar el agua que cae en la superficie. La primera fase de la 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 (Sampat, 1972).

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. Para la evaluación agronómica de los suelos es muy importante conocer el valor de su permeabilidad (Sevilla, 2003).

### **3.2. Aspectos biológicos del suelo**

La biota del suelo la compone el conjunto de la fauna y la flora que viven en él; la gran mayoría de los organismos del suelo vive en las capas superficiales del perfil (residuos vegetales frescos), donde las condiciones de humedad, temperatura, ventilación y luminosidad, así como el espacio disponible, satisfacen sus necesidades (Jaramillo, 2002).

La biología del suelo ha sido frecuentemente evaluada con el fin de conocer la importancia que conlleva sus contribuciones a los procesos del ecosistema. Estos procesos soportan el suministro a las funciones del ecosistema que permiten el sostenimiento y la productividad por su influencia en la calidad y salud del suelo (Jaramillo, 2002).

#### **3.2.1. Materia orgánica**

La materia orgánica contenida en el suelo consta de: raíces de plantas, bacterias, hongos y animales. Exudados de las raíces de plantas y organismos del suelo. Plantas muertas y otros organismos en diferentes fases de descomposición. Las capas superficiales son más ricas en materia orgánica que las capas profundas del suelo. Al aumentarse la profundidad de cultivo con arado, se reduce temporalmente la materia orgánica del suelo, perturbando la vida del suelo (Carrasco, 1997).

La materia orgánica del suelo está estrechamente relacionada con los organismos vivos. Este es un factor importante para la productividad del suelo. La materia orgánica del suelo contiene abundantes nutrientes y estos se ven liberados al producirse su descomposición. Parte de ésta actúa como alimento para los organismos del suelo. Estabiliza los agregados de los suelos minerales. (Primavesi, 1987).

### 3.2.2. Organismos del suelo

La vida en el suelo es muy diversa, consta de micro y macro organismos (bacterias, algas, hongos, animales tales como protozoos, nematodos, lombrices e insectos) y sobretodo las propias plantas con sus sistemas de raíces. Sus residuos y exudados, forman la fuente principal de nutrientes para la vida del suelo (Jaramillo, 2002).



**Figura 2:** Biota del suelo

La micro fauna se constituye como muchas formas de pequeños animales como protozoos y nemátodos que residen en el suelo, se alimentan de bacterias, hongos y raíces. La macro fauna, como por ejemplo las lombrices son un indicador clave de calidad del suelo, garantizan una buena estructura. Sus excavaciones facilitan la dispersión de las raíces, así como el movimiento del aire y del agua. La presencia de lombrices en el suelo puede ser disminuida debido a procesos de compactación o al uso de agro químicos (Carrasco, 1997).

### 3.3. Fertilidad

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, químicas o biológicas. Brack y Mendiola (2000), determinan como factores condicionantes del suelo la disponibilidad de agua, el espesor de suelo útil, la cantidad de materia orgánica presente o disponible, los organismos vivos del suelo, la capacidad de almacenar sustancias nutritivas contenidas en el agua y la reacción química del suelo.

### 3.4. Degradación del suelo

Significa el cambio de una o más de sus propiedades a condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos. En términos generales la degradación del suelo provoca alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva (FAO, 2001).

Desde el punto de vista humano, los procesos de destrucción del suelo suponen una pérdida de calidad y se clasifican como una degradación del mismo. En numerosas

ocasiones este fenómeno se ve acelerado por la intervención humana (Hudson, 1982). Los principales procesos de degradación del suelo son:

- **Erosión acelerada:** arrastre de materiales del suelo por diversos agentes como el agua y el viento, lo cual genera la improductividad del suelo.
- **Salinidad del suelo y sodificación:** acumulación excesiva de sales solubles en la parte donde se desarrollan las raíces de los cultivos.
- **Encostramiento y compactación:** aparece cuando se somete el suelo a presiones. Se manifiesta con el aumento de la densidad aparente del suelo, en las capas superficiales o profundas y su resultado es el deterioro gradual de la materia orgánica y la actividad biológica.
- **Contaminación química:** los vertidos antropogénicos y el uso excesivo de fertilizantes y biocidas para el control de plagas y enfermedades, producen la contaminación química de los suelos.
- **Pérdida de nutrientes:** empobrecimiento gradual o acelerado del suelo por sobreexplotación o monocultivo, lo que trae como consecuencia la baja fertilidad e improductividad de los suelos.
- **Sellado e urbanización:** la cubrición del suelo con elementos sintéticos (cemento, asfalto) implica su desaparición. La nueva superficie, generalmente impermeable, es poco apta para el desarrollo de la vegetación y la retención de agua y nutrientes. En muchos casos, el fenómeno afecta a los suelos de fondo del valle, con alto potencial productivo.

#### **3.4.1. Degradación de la estructura del suelo**

La degradación de la estructura del suelo es una reducción del espacio poroso entre los agregados. El suelo compactado no proporciona espacio adecuado para el almacenamiento o movimiento del aire y el agua del suelo. “Las principales causas de la degradación de la estructura del suelo son las fuerzas de las ruedas de la maquinaria y los implementos

agrícolas, especialmente cuando el suelo está húmedo o saturado, momento en que el suelo es más propenso a la deformación” (FAO, 2015).

### **3.5. Procesos de erosión**

La erosión del suelo es definida como un proceso de desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo por agentes erosivos. Los agentes erosivos dinámicos, en el caso de la erosión hídrica son la lluvia y el escurrimiento superficial o las inundaciones (Jaramillo, 2002).

La destrucción del suelo y su pérdida al ser arrastrado por las aguas o los vientos suponen la pérdida, en todo el mundo, de entre cinco y siete millones de hectáreas de tierra cultivable cada año, según datos de la FAO (2009). El mal uso de la tierra, la tala de bosques, los cultivos en laderas muy pronunciadas, la escasa utilización de técnicas de conservación del suelo y de fertilizantes orgánicos, facilitan la erosión.

### **3.6. Agricultura de Conservación**

La agricultura de conservación, según la FAO (2015), comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental conservar, mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales mediante un manejo integrado del suelo, agua, agentes biológicos e insumos externos. Se basa en cuatro principios; labranza mínima o labranza cero, rotación de cultivos, siembra directa y cobertura permanente del suelo.

#### **3.6.1. Descripción e importancia de las coberturas de suelo**

El cultivo de cobertura puede ser definido como "una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, el cual está cultivado en asociación con otras plantas, intercalado, en relevo o en rotación". (FAO.1994).

La cobertura del suelo tiene una acción protectora por la intercepción y absorción del impacto directo de la gota



**Figura 3:** Cobertura de suelo

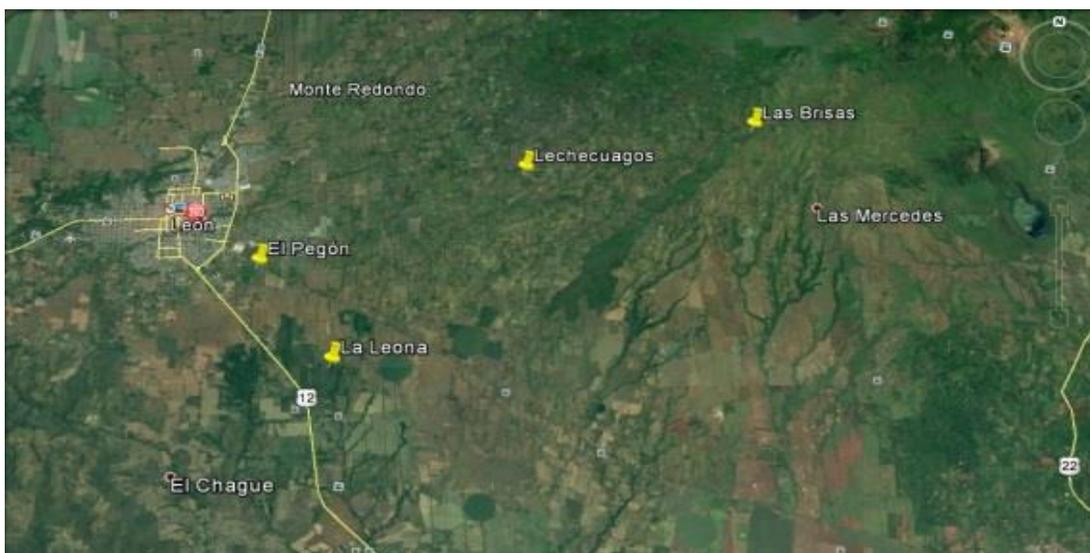
de lluvia, previniendo así el sellado de la superficie y preservando la estructura del suelo inmediatamente por debajo de la misma. De esa manera, la infiltración de agua puede ser mantenida a lo largo de la lluvia (Musgrave y Nichols, 1982).

López (1984) argumenta que a pesar de la disminución progresiva de la erosión durante el período vegetativo, los cultivos en desarrollo no reducen la erosión tan eficientemente como lo hacen sus residuos de cosecha mantenidos en contacto directo con la superficie del suelo. Por eso, la utilización de los residuos de cosecha como cobertura del suelo es la manera más eficiente, simple y económica del control de la erosión.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Sitios de estudio

El presente estudio se desarrolló en diferentes parcelas agrícolas ubicadas en Las Brisas, Lechecuagos y La Leona, comunidades pertenecientes al municipio de León. Se evaluaron tres parcelas más en el Campus Agropecuario No. 2, también conocido como “finca El Pegón”, ubicada en el km 1 de la carretera León-La Ceiba y propiedad del Alma Mater de la UNAN León.



**Figura 4:** Ubicación geográfica de las parcelas. \*Recursos de imagen: Google Earth, 2017.

El criterio para la selección de las parcelas es que no fueran áreas mayores a media manzana (3513 m<sup>2</sup>), para que los análisis de suelo puedan ser representativos. Las ubicaciones geográficas corresponden a cada parcela, según las siguientes coordenadas. Las tres parcelas del Campus Agropecuario No.2, corresponden a la misma ubicación geográfica. Se incluye la elevación.

- **Parcela “La Leona”**, actualmente rentada por ALHEXSA.

Ubicación: 12° 21´49.81´N. 86° 49´30. 24´´ O. Entrada en km 82 de la carretera León-Managua. Elevación de 89 msnm.

- **Parcela “Las Brisas”**, propiedad de Rodrigo Boanerges.

Ubicación: 12° 25′45.45″N. 86° 48′2.49″ O. Comunidad Las Brisas, Chacaraseca.

Elevación de 293 msnm.

- **Parcela “Lechecuagos”**, propiedad de Mauro Solórzano.

Ubicación: 12° 24′0.46″N. 86° 48′54.47″ O. Comunidad Lechecuagos. Elevación de 182 msnm.

- **Parcelas del Campus Agropecuario No. 2**

Ubicación de la finca: 12° 25′19.59″N. 86° 51′32.74″ O. Km 2 de la carretera León-La Ceiba. Elevación: 107 msnm. Esta ubicación incluye tres parcelas diferentes.

## **4.2. Descripción del estudio**

Consiste en un estudio descriptivo no experimental de tipo transversal, con el fin de determinar la condición física del suelo en diferentes parcelas, evaluadas de manera simultánea. Para ello se evaluaron diferentes características físicas del suelo, como son la profundidad efectiva, la densidad aparente, humedad gravimétrica, porcentaje de cobertura y peso de la biomasa acumulada, entre las principales variables.

También se hicieron pruebas de textura, infiltración y compactación de suelo. Se realizó de manera simultánea al muestreo, el método de “Evaluación visual del suelo” (Sheperd, 2000), que comprende diferentes parámetros, como color, moteado, estructura y porosidad, así como un conteo de macro-fauna (lombrices).

## **4.3. Etapas del estudio**

La investigación se dividió en cuatro etapas, en los siguientes incisos se explican:

### **4.3.1. Planificación del estudio**

Se determinaron las variables a evaluar, los métodos para la obtención de datos: entrevistas abiertas, evaluación visual, muestreo y análisis de suelo. Posteriormente se escogieron las fincas en donde se realizó la investigación. Para la selección de las parcelas a evaluar, se tomó en cuenta la disposición e interés de los productores, así como la presencia de cultivos y cercanía a la finca.

En un segundo momento se planificaron en conjunto con los productores, las fechas para el muestreo y entrevistas. En base a estos datos se realizó una primera descripción de las fincas. El muestreo y las pruebas de suelo se realizaron posteriormente.

#### **4.3.2. Etapa de campo**

Esta etapa se dividió en dos fases, la primera consistió en desarrollar las entrevistas, introduciendo a los productores los objetivos de las mismas y del estudio en general. Después de la entrevista se hizo un recorrido por la finca, con el objetivo de seleccionar las parcelas y obtener datos generales acerca de la misma (años de uso, cultivo, manejo, rendimientos, etc.). Por ser preguntas abiertas y para dejar al entrevistado desenvolverse, se estimó aproximadamente media hora como duración mínima de las entrevistas.

En una segunda fase, se procedió a la toma de muestras, evaluación visual (EVS) y pruebas de suelo en parcelas. Se contó con cámara fotográfica para documentar el estudio. Las observaciones se escribieron en cuaderno o bitácora de campo.

Se desarrolló el muestreo completo y EVS, asegurando unos veinte minutos de tiempo por parcela. Posteriormente se llevaron a cabo las pruebas de infiltración, compactación y porcentaje de cobertura. Por último se tomaron las muestras (tres por parcela) de suelo (método del cilindro) para calcular densidad aparente y humedad gravimétrica. Se recolectaron también muestras de rastrojo de un metro cuadrado para obtener la variable de biomasa acumulada.

#### **4.3.3. Análisis de laboratorio**

Se pesaron las muestras de suelo (peso húmedo o peso de campo) con balanza electrónica, luego se secaron las muestras en horno por 48 horas para obtener el peso seco. De esta manera se calcularon los resultados para las variables de densidad aparente y humedad según el método gravimétrico.

Las muestras de biomasa acumulada también se pesaron antes y después de ser introducidas en horno por 48 horas y de manera separada para cada parcela. Se hicieron

por último los debidos cálculos y conversiones, extrapolando los resultados obtenidos para áreas mayores (de kg/m<sup>2</sup> a t/ha.).

#### **4.3.4. Análisis e interpretación de resultados**

Se digitalizaron los datos obtenidos en campo y laboratorio en tablas de Excel, haciendo uso de fórmulas para calcular automáticamente determinadas variables (densidad aparente, humedad y biomasa. Operaciones de sumas y promedios) a partir de los datos recolectados. Posteriormente y con el mismo programa, se elaboraron gráficas y tablas para su posterior análisis e interpretación.

Tanto los resultados del EVS como las demás variables físicas se describieron por separado y de manera conjunta, al momento de comparar y relacionar diferentes variables. Con los resultados obtenidos de la descripción física, se complementó la descripción inicial de las fincas, por último se procedió a comparar las parcelas en base al principal factor de interés: la presencia de cobertura en el suelo.

#### **4.5. Metodologías de estudio**

Para el presente estudio y la obtención de resultados, se partió de las siguientes metodologías de investigación:

##### **4.5.1. Entrevistas a productores**

Se desarrollaron las entrevistas con el principal objetivo de recopilar información útil a la descripción de las fincas. Fueron entrevistas abiertas, incorporando observaciones suplementarias que fueran pertinentes.

Se aprovechó la visita a los productores para proponer parcelas de estudio, con el propósito de conocer la condición física de los suelos. Se tomaron en cuenta su disposición e interés. Se propuso entonces una parcela de cultivo o con presencia de rastrojos (en descanso). La decisión de qué parcela sería evaluada fue del productor.

Se presentó a los productores los objetivos de las entrevistas y del estudio en general. Las entrevistas se realizaron en sus casas, pero luego se pidió hacer un recorrido por la finca, complementando información pertinente una vez en el terreno. En capítulo de Anexos se incluyen los principales aspectos abordados, así como las preguntas de la entrevista.

#### **4.5.2. Muestreos de suelo**

El tipo de muestreo fue al azar; se tomaron 3 muestras de suelo por parcela a nivel superficial (10 cm de profundidad), con cilindros de aluminio de 100cm<sup>3</sup>. El muestreo se llevó a cabo una única vez por parcela, con posibilidad de volver a las fincas en caso de hacer falta algún dato o aclaración con el productor.

Se realizaron los muestreos de manera simultánea en todas las parcelas, primeramente las que están ubicadas en las fincas de los productores y posteriormente las tres parcelas con cobertura del Pegón. La evaluación visual de suelo se hizo junto con la toma de muestras, así como la medición de las demás variables; infiltración, porcentaje de cobertura, compactación y profundidad.

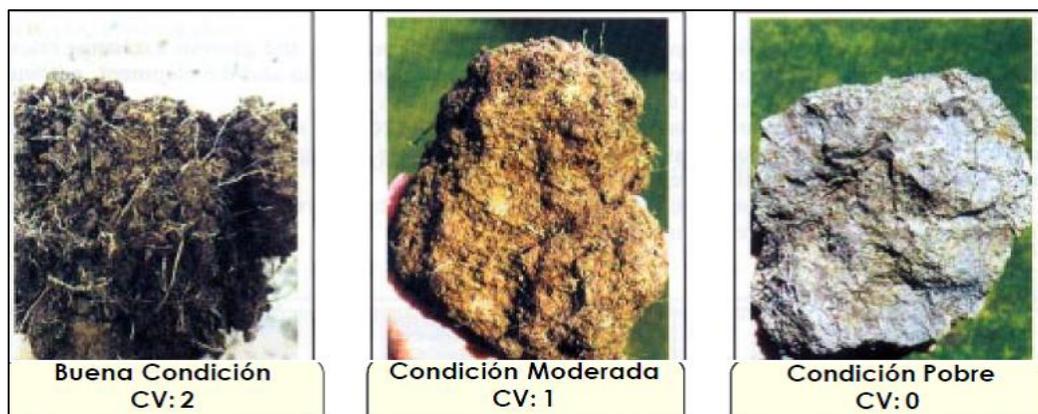
#### **4.5.3. Método de Evaluación visual de suelo (EVS)**

Este método, propuesto por la FAO (2000) se aplica independientemente del tipo de suelo y brinda resultados comparables en el tiempo como una referencia útil en la finca o parcela. Los materiales consisten en una pala cuadrada, un trozo de plástico, una cubeta grande de plástico, regla o cinta métrica y la guía EVS.

Consiste en una serie de parámetros visuales como color, porosidad y estructura, evaluados en rangos del 0 al 2 conforme a una serie de fotografías de referencia en la guía del EVS. De esta manera se asignan puntajes a 8 parámetros distintos que luego se multiplican por factores específicos y por último se suman para obtener un determinado puntaje del suelo en cuestión.

Según el resultado obtenido, se califica al suelo con la condición de Pobre, Regular o Bueno. El EVS sirve como respaldo a la presente investigación, complementando con otras

variables o parámetros (estructura, color, moteado), al análisis general de las propiedades físicas del suelo.



**Figura 5:** Parámetro de estructura. Evaluación visual de suelo (FAO, 2000)

Interpretación de Calidad del Suelo	Puntos
Suelo Pobre	<10
Suelo Moderado	10 a 25
Suelo Bueno:	> 25

Fuente: Análisis visual de Suelo AVS. (FAO, 2000).

#### 4.6. Medición de las variables

##### a) Densidad Aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

La densidad del suelo es la relación de la masa de las partículas de suelo seco con el volumen combinado de las partículas y los poros. Se expresa en gr/cm<sup>3</sup> o t/m<sup>3</sup>.

Es un factor clave para medir otras variables como las pérdidas de suelo por erosión en peso, o para estimar la compactación del mismo. La densidad aparente (DA) se determinó mediante el método del cilindro. Se mide dividiendo el peso seco (muestra pasada por horno durante 48 horas) entre el volumen del cilindro; por lo general de 100 cm cúbicos.

$$\text{Formula 1: Densidad Aparente} = (\text{Peso seco en gr}) / 100 \text{ cm}^3$$

### **b) Porosidad del suelo (%)**

La porosidad refiere al espacio vacío, ocupado por aire y agua, que garantiza su libre circulación a través del suelo, influye en su temperatura interna y capacidad de infiltración. La porosidad está ligada a la textura y estructura del suelo

Se define como el espacio de suelo que no está ocupado por sólidos. Se define también como la porción de suelo que está ocupada por aire o por agua. En suelos secos los poros estarán ocupados por aire y en suelos inundados, por agua. Los factores que la determinan son principalmente la textura, estructura y la cantidad de materia orgánica. El cálculo de la porosidad deriva de la relación entre la densidad real y aparente. Se expresa en porcentaje:

### **c) Humedad gravimétrica (%)**

El método consiste en extraer muestras de suelo a ciertas profundidades de interés. Las muestras se pesan húmedas, se secan en horno por 48 horas, hasta obtener el peso seco y se vuelven a pesar. La diferencia entre el peso de la muestra húmeda y la seca será la cantidad de agua, que relacionada al peso seco del suelo, representa el contenido de humedad al momento del muestreo. \*Mediante la multiplicación de la humedad gravimétrica con la densidad aparente, se obtiene la humedad volumétrica, expresada en porcentaje o gramos por cm<sup>3</sup>.

$$\textit{Formula 2: Humedad gravimétrica} = (\textit{Peso húmedo} - \textit{Peso seco}) * 100.$$

### **d) Tasa de infiltración (mm/hora)**

Es la cantidad de agua, en milímetros (mm), que el suelo es capaz de infiltrar, una vez saturado, en relación al tiempo (horas). Consiste en la variación de agua entre la variación de tiempo transcurrido. El dato se puede convertir a cm/h y así obtener la lámina de agua infiltrada.

Se determina con un aparato llamado infiltrómetro, en este caso de doble cilindro (para suelos planos, un solo cilindro en pendientes), esto permite que el movimiento del agua sea vertical, desde el cilindro interno hacia el suelo. Para calcular esta variable, primero se somete el suelo a capacidad de campo (saturando los poros de agua). Se aplica una

cantidad de agua conocida al cilindro interno midiendo el tiempo de infiltración en minutos. Se hacen varias mediciones seguidas, hasta obtener la menor variación posible entre las mediciones o lecturas. Al final se suman los tiempos y se promedia por hora.

*Fórmula 3: Tasa de Infiltración = Promedio entre todas las lecturas (mm/hora, cm/h)*

#### e) **Compactación (PSI)**

A través de un compactímetro (o penetrómetro), se puede determinar el grado de compactación de un suelo a través de la resistencia que opone. Se introduce el aparato de manera vertical, indicando la presión ejercida en PSI (unidades estándares de libra por pulgada cuadrada). Con una cinta métrica, se mide la profundidad de suelo alcanzada (profundidad máxima con el compactímetro: 90 cm). Seguidamente se muestran los rangos de evaluación, según el manual del compactímetro y la presión ejercida en PSI:

- **0-200 PSI:** condiciones de buen crecimiento.
- **200-300 PSI:** condiciones de crecimiento justas.
- **300 PSI y superior:** malas condiciones de crecimiento, compactación de suelo.

#### f) **Cobertura (%)**

También es un indicador del estado del suelo, este parámetro se medirá con ayuda de una cuerda de cinco metros, señalada con maskin tape cada diez centímetros. Entre dos personas se despliega la cuerda en la superficie del terreno o parcela y se miden cuantos espacios señalados contienen cobertura. Por último se calcula el porcentaje para los cinco metros y se convierte para el total del área. Se deben hacer al menos tres mediciones en cada parcela para obtener un promedio final.

*Fórmula 4: Porcentaje de cobertura = N° de puntos con cobertura / 50 \*100.*

#### g) **Biomasa acumulada (t/ha.)**

En un metro cuadrado de suelo, se recogerá toda la cobertura encontrada (restos de cultivo, malezas) tomando 3 muestras por parcela. Se toman dos pesos; 1. Peso húmedo o “peso de campo” y 2. Peso seco, obtenido luego de 48 horas en horno. La resta de ambos pesos

resulta en el peso perdido, el agua evaporada. Con el peso seco, se puede estimar cuánta biomasa se ha ido acumulando en esa porción de suelo, también se puede extrapolar para áreas mayores; biomasa acumulada por manzana o por hectárea por ejemplo.

*Fórmula 5: Biomasa acumulada en 1 m<sup>2</sup>= (Peso Húmedo – Peso Seco)*

#### **4.7. Parámetros de la Evaluación visual de suelo (EVS)**

a) **Estructura:** es la agregación de las partículas, observable a simple vista. Una buena estructura es también la evidencia de poros diminutos, por los cuales los organismos se desarrollan y tanto el aire como el agua pueden circular.

“La calificación de la condición estructural del suelo es basada en el tamaño, porosidad y abundancia relativa de agregados del suelo. Las tierras con bajo puntaje o calificación, suelen tener terrones grandes y densos con pocas partículas pequeñas, dificultando el crecimiento de raíces. En cambio aquellos suelos con puntaje alto tienen una estructura porosa y abundantes agregados.” (Guía EVS. FAO, 2000).

b) **Porosidad:** una porosidad adecuada es perfectamente observable; son los espacios entre los agregados que permiten la circulación libre del agua y el aire. “La porosidad, y particularmente la macro porosidad influyen el movimiento de aire y agua en el suelo. Es importante evaluar la porosidad así como la distribución del tamaño de las partículas del suelo. (FAO, 2000).

c) **Color:** indicador clave, brinda información acerca de otras propiedades difíciles de observar; como el contenido de materia orgánica, por ejemplo. “Los cambios de color del suelo dan una indicación general de las tendencias de la materia orgánica. La materia orgánica desempeña un papel importante regulando los procesos biológicos, físicos y químicos en el suelo” (FAO, 2000).

d) **Moteado:**

La cantidad y color de las manchas en el perfil son una referencia acerca del drenaje y la aireación del suelo, es también un indicador para conocer el grado de compactación. “Una reducción del oxígeno así como saturación de dióxido de carbono en el suelo originan el fenómeno del moteado; pequeñas manchas anaranjadas que se tornan blancas o grises. Indica también la ausencia de ciertos minerales lixiviados” (FAO, 2000).

e) **Profundidad:** es la profundidad máxima a la cual las raíces de las plantas pueden crecer sin mayor obstáculo. Factor por lo tanto, de importante interés agrícola. La profundidad o espesor de suelo varía según el tamaño, dependiendo del grado de pendiente, meteorización, el material madre y la vegetación.

f) **Cobertura:** la presencia de cobertura proporciona beneficios significativos para estimular el aporte y reciclaje de nutrientes, protección de la tierra y mejoramiento de la condición física y química del suelo. Mediante una observación de la superficie muestreada de suelo, se evalúa la cantidad de cobertura por superficie (30x30 cm).

g) **Compactación:** no se trata de la costra superficial, común en suelos agrícolas. Sino del cambio brusco en la dureza del material edáfico, por lo general visible a los 30 cm del perfil. Se produce por la constante preparación de suelo y pases de maquinaria; labranza y volteo de suelo, lo cual perjudica la producción de cultivos por la obstrucción de las raíces.

h) **Conteo de lombrices:** bio indicador importante para conocer la salud y condición del suelo, relacionada a otras características como aireación, contenido de nutrientes y materia orgánica.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Caracterización de las parcelas evaluadas

Respondiendo al primer objetivo específico planteado, la primera parte de los resultados corresponde a una descripción breve de las fincas, y más precisamente de las parcelas evaluadas. Se abordan, de modo introductorio, los antecedentes de la finca así como aspectos agrícolas en la parcela: años de uso del suelo, cultivos principales, tipo de manejo e insumos.

Las parcelas evaluadas se encuentran dentro de una misma zona climática, definida como sub tropical seca, según clasificación de Köppen. Vientos predominantes en dirección este-oeste, con variaciones en octubre-noviembre. Temperatura promedio anual: 26 °C. Precipitación entre 1100 y 1400 mm, media anual. (INETER, 2005).

#### 5.1.1. Parcela “La Leona 1”

Cinco años de uso agrícola con cultivo de yuca, anteriormente eran en su mayoría potreros y cultivos de maní.

Con un área de 85 manzanas, ubicada en comunidad La Leona, entrada en km 82 de la carretera León-Managua. Actualmente rentada por la empresa Almidones y Harinas de Exportación S.A. (ALHEXSA). Producción de tipo semi-intensiva, siembra y aporques mecanizados, el manejo de cultivos es convencional.

#### Datos de la parcela:

**Años de uso:** 5.

**Cultivo principal:** yuca.

**Manejo:** convencional, semi-intensivo.

**Insumos/Tecnologías:** Alto uso de herbicidas para control de arvenses los primeros meses de cultivo, sistema de riego (por aspersion), siembra mecanizada, fertilización (dos veces en todo el ciclo) formulada y sugerida por el Agro-Servicio que provee a la empresa. También



**Foto 1:** Parcela de yuca en La Leona.

contratan jornaleros temporales para labores de deshierbe, aporques y aplicaciones de fertilizante.

**Rendimientos** (estimado): 15-20 toneladas (de yuca) por hectárea.

**Resumen de la entrevista:** Se constataron problemas de erosión hídrica en bordes de la parcela, relacionados directamente a la compactación del suelo. Las pérdidas de suelo por escorrentía podrían implicar pérdidas económicas para la empresa. Se sugirió invertir en obras de conservación y manejo integrado de suelo. Se propuso el uso de cobertura y abono verde, como alternativa al control de malezas, el cual es predominantemente químico.

### 5.1.2. Parcela “Las Brisas”, propiedad de Rodrigo Boanerges

Con más de 20 años de uso agrícola, anteriormente pastizales y potreros, su área aproximada es de 35 manzanas, ubicada en sector sur de Las Brisas, comunidad de Chacaraseca, León. Parcialmente rentada, cuenta con áreas de pasto (60%), corrales y áreas para cultivos anuales (sorgo, maíz, frijoles).



**Foto 2:** Parcela de cultivo “Las Brisas”.

La siembra es de secano. No cuenta con sistema de riego, y usa tracción animal (arado de bueyes) para la preparación de suelo.

Datos de la parcela:

**Años de uso:** 20.

**Cultivos:** Sandía, maní, granos básicos (frijol, maíz, sorgo).

**Manejo:** convencional.

**Insumos:** para manejo de plagas y arvenses principalmente.

**Rendimientos:** variable (8-10 qq/mz de maíz).

**Resumen:** En esta finca, se han implementado diversos proyectos y programas; como reforestación y cercas vivas con árboles de Eucalipto, Pochote y Neem. En la misma finca, se integran componentes forestal, agrícola y pecuario (ganado, cerdos y gallinas mayormente). Sin embargo los rendimientos siguen siendo bajos, y la dependencia de insumos externos para la producción (semillas, fertilizantes, plaguicidas) pesa en la economía de esta familia rural.

### 5.1.3. Parcela de Mauro Solórzano, en Lechecuagos

Diez años de uso agrícola, anteriormente rentada y para usos pecuarios (potreros). Ubicada en comunidad de Lechecuagos, muy cerca del volcán Cerro Negro. Parcela familiar, se dedican a la producción de granos (maíz, sorgo, ajonjolí) y cultivo de yuca principalmente.



**Foto 3:** Parcela de Ajonjolí. Lechecuagos.

Datos de la parcela:

**Años de uso:** 10

**Cultivos principales:** Ajonjolí, Sorgo y Yuca

**Manejo;** convencional. Labranza consecutiva; dos pases de grada y una de arado por ciclo de cultivo. Manejo cultural para malezas, uso de herbicidas y pesticidas en etapas críticas del cultivo.

**Insumos:** Inversión es leve, sin incluir costos por alquiler de maquinaria.

**Rendimientos:** variables.

**Resumen:** Al momento de realizar el muestreo, se encontraron restos de cultivo (ajonjolí) apilados en pequeños montones fuera de la parcela. Se propuso desde un inicio esparcir y conservar este rastrojo sobre el suelo, tratándose de un terreno en pendiente es necesario prevenir la erosión hídrica, evidente en este suelo de textura arenosa.

#### 5.1.4. Campus Agropecuario No. 2. (Finca El Pegón) de la UNAN-León

Con uso de policultivos y rotación, se encontraron diferentes parcelas productivas con presencia de cobertura vegetal (yuca, plátano y aguacate en sistema de cortina rompe-vientos). Esta finca de casi 100 manzanas que hoy destaca con la producción de plátano para el mercado local, anteriormente consistía en potreros y se encontraba deforestada. También se manejaron cultivos de algodón y sorgo, por lo que podemos suponer el tipo de manejo convencional que predominaba; volteo y erosión constante de suelo, así como un uso continuo y prolongado de productos agroquímicos.

El principal rubro es el plátano, cuya área de cultivo se ha venido ampliando en los últimos años. Otros frutales como aguacate, coco y papayas también son cosechados en la finca. Algunas estrategias agroecológicas empleadas son por ejemplo la rotación de cultivos, la siembra e incorporación de leguminosas así como el control manual de malezas o arvenses.

Entre las tecnologías empleadas destacan la micro-propagación de plátano, para producción de semilla en la propia finca, con mayor pureza del material genético y asegurando la selección de plantas élite. Entre los pocos servicios externos se cuentan el alquiler de maquinarias y algunos insumos (herbicidas, fertilizantes).



**Foto 4:** Finca el Pegón.

#### Datos de las parcelas:

**Años de uso del suelo:** 20-25 años en promedio.

**Cultivos principales:** plátano, frutales (aguacate, papaya) en rotación con cultivos anuales (sorgo, ajonjolí, frijol mungo).

**Manejo:** Convencional. De transición agroecológica.

**Condiciones del terreno:** Textura franco-arenosa, profundidad media entre 60-80 cm y una altitud sobre el nivel del mar de 107 metros.

### a) Parcela de Yuca

**Cultivo actual:** yuca.

**Años de uso:** 25-30 años, uso agrícola y pecuario; principalmente potreros.

**Cobertura presente:** hojas y ramas de yuca.

**Insumos y tecnologías:** preparación con maquinaria, siembra manual, sin riego, ni fertilización química.



**Foto 5:** Cultivo de yuca y rastrojos en Pegón.

### **Resumen:**

En esta parcela el volteo de suelo es constante, el consecutivo pase de maquinarias y arado han demostrado ser potencialmente perjudiciales al suelo; acelerando procesos erosivos y destruyendo la estructura al reducir el espacio poroso del suelo. Por efecto de la compactación se producen terrones, visibles después de la preparación de suelo.

La parcela ha sido rotada con diferentes cultivos; ajonjolí, soya y frijol mungo, entre otros. Esto sumado a períodos deliberados de barbecho (descanso del suelo). Sin embargo los rendimientos en ésta parcela siguen siendo bajos, afectado por factores como la precipitación o agentes biológicos; como plagas y enfermedades.

### b) Parcela de Plátano

**Cultivo principal:** plátano.

**Años de uso:** más de 20 años con el mismo cultivo.

**Cobertura:** hojas, tallos de plátano y malezas.

**Insumos. Tecnologías:** uso mínimo de insumos y



**Foto 6:** Parcela de plátano, El Pegón.

fertilización limitada. Empleo de maquinaria y mano de obra para la siembra y labores durante el ciclo de cultivo, deshierbe manual y con podadora de enganche al tractor. Siembra de plantas élite (Micro-propagación). Riego por goteo.

**Resumen:**

Cuando se hizo el muestreo, acababan de “limpiar” la parcela del ciclo anterior, sacando la mayor parte (tallos de plátano, arbustos, malezas) pero dejando gran cantidad de rastrojo sobre el suelo.

Existe poca o nula fertilización en esta parcela, pero incorporando rastrojos cada nuevo ciclo. Se presentan problemas de plagas y enfermedades relacionadas al estado del suelo; nematodos y hongos como *Fusarium oxysporum*.



**Foto 7:** Cobertura en plátano.

c) **Parcela de Aguacate**

**Cultivo principal:** plátano

**Años de uso:** uso agrícola por más de 20 años.

**Cobertura:** hojas y ramas de aguacate y plátano.

**Insumos, tecnologías:** manejo cultural de malezas (aplicación de herbicidas es mínima), fertilización edáfica convencional, labranza de suelo es consecutiva pero no tan frecuente como en cultivos anuales (cada 2 o 3 años).



**Foto 8:** Cobertura en parcela de Aguacate

**Resumen:** el muestreo se hizo a proximidad de la cortina rompe-vientos, compuesta de árboles maduros de aguacate y su consecuente rastrojo. La parcela evaluada consiste en realidad de cultivos de plátano, aunque se menciona como “parcela de aguacate” para diferenciarla con la otra propiamente de plátano establecido.

### 5.1.5. Datos agrícolas de las parcelas

Las parcelas de productores difieren en varios aspectos con respecto a parcelas del Pegón; la presencia de cobertura es una de ellas (aunque se encontraron restos de rastrojo en parcela La Leona, predominó más ésta característica en parcelas del Pegón), el tipo de manejo y sistema de cultivos; de tipo anual en caso de los productores (ajonjolí, sandía, yuca), perennes y semi-perennes en Pegón (aguacate y plátano, exceptuando la yuca).

Este último aspecto influye de manera decisiva en el estado físico del suelo, al implicar su remoción y exposición ante factores erosivos como la lluvia y el viento, debido al laboreo constante. La tabla 3 resume los datos agrícolas obtenidos en las fincas, mediante las entrevistas realizadas a los productores.

**Tabla 3:** Datos agrícolas de parcelas en estudio

<b>Ubicación</b>	<b>Productor</b>	<b>Manejo agrícola</b>	<b>Tipo de cultivo</b>	<b>Tipo de rastrojo</b>
La Leona	ALHEXSA	Convencional. Semi intensivo	Anuales (yuca)	Hojas, tallos, ramas
Las Brisas	R. Boanerges	Convencional	Anuales (sandía)	-
Lechecuagos	M. Solórzano	Convencional	Anuales (ajonjolí)	-
León. La Ceiba.	El Pegón. Parcelas de yuca, plátano y aguacate.	Convencional. Semi intensivo con prácticas agroecológicas	Anual (yuca), semi perennes (plátano) y perennes (aguacate)	Yuca: Hojas, tallos y ramas Plát.: hojas, pseudo tallos Agu.: hojas, ramas

### 5.2. Caracterización de las propiedades físicas en parcelas

Los resultados obtenidos de los análisis físicos, se encuentran clasificados según las diferentes parcelas, nombradas por su ubicación; Las Brisas, Lechecuagos y La Leona, agrupadas como “parcelas de productores” y León-La Ceiba que corresponde a la ubicación de las parcelas del Campus Agropecuario No.2 (El Pegón).

### 5.2.1. Análisis físico del suelo

A continuación, se presentan los resultados para los análisis físicos de suelo, que incluyen textura, profundidad, biomasa acumulada, densidad aparente, humedad relativa y porcentaje de cobertura. Así como los resultados de las pruebas de infiltración y compactación (presión ejercida).

#### a) Textura de suelo

La siguiente tabla muestra las texturas de suelo en parcelas evaluadas. “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, 1972).

Las texturas varían a pesar de la relativa cercanía entre los sitios. La parcela ubicada en La Leona obtuvo un mayor porcentaje de arcilla (21%) y califica como suelo “franco”. Parcelas del Pegón, como Las Brisas presentaron texturas franco arenosas y parcela en Lechecuagos fue la que obtuvo el mayor porcentaje de arena con 84.5 %, según el análisis textural.

**Tabla 4:** Textura de suelo en parcelas evaluadas\*

<b>Productor/Empresa</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Textura de suelo</b>
Boanerges	Las Brisas	Franco Arenoso
Solórzano. Mauro	Lechecuagos	Arenoso
ALHEXSA	La Leona	Franco
El Pegón	León-La Ceiba	Franco Arenoso

\* Según análisis de suelo. (LAQUISA, 2016).

A partir de la textura, se pueden inferir otras variables como infiltración y densidad aparente. Sabemos por ejemplo que un suelo arenoso infiltra más rápido, su densidad aparente es también mayor comparado al arcilloso, esto por el peso de sus partículas. También es importante saber que “la susceptibilidad del suelo ante agentes erosivos como el aire y la lluvia también depende de su condición textural.” (Sampat, 1972).

### b) Densidad aparente

La densidad aparente (D.A.) del suelo está relacionada a su condición textural. Notamos por ejemplo que el mayor valor de D.A. obtenido (1.62 g/cm<sup>3</sup>) en parcela de Lechecuagos, coincide con su textura arenosa.

Los resultados de D.A. no varían mucho en las parcelas; desde 1.2 g/cm<sup>3</sup> en parcela de Sandía (Productores) y Aguacate del Pegón, hasta 1.4 g/cm<sup>3</sup> en Yuca. Probablemente los datos de D.A. obtenidos no revelan el problema de compactación en las parcelas, por haberse tomado las muestras de manera superficial (10 cm) y siendo la compactación de suelo un fenómeno evidente debajo de la capa arable, por lo general a los 20 o 30 cm de profundidad.

**Tabla 5:** Densidad aparente en parcelas evaluadas

	Parcelas de Productores			Parcelas del Pegón		
<b>Ubicación</b>	La Leona	Las Brisas	Lechecua.	León		
<b>Cultivo</b>	Yuca	Sandía	Ajonjolí	Yuca	Plátano	Aguacate
<b>VARIABLES</b>	<b>RESULTADOS</b>					
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.3	1.22	1.62	1.4	1.23	1.2

n=3

Carbo (1999) define la densidad aparente según la textura. Correspondiendo a las texturas “gruesas” como la arenosa, el rango de D.A. es entre 1.3 y 1.8 g/cm<sup>3</sup> lo cual coincide con parcela de Lechecuagos de textura arenosa (1.62 g/cm<sup>3</sup>), las demás parcelas calificarían como texturas finas, con D.A que se acercan al máximo establecido por el rango 1.3 g/cm<sup>3</sup>.

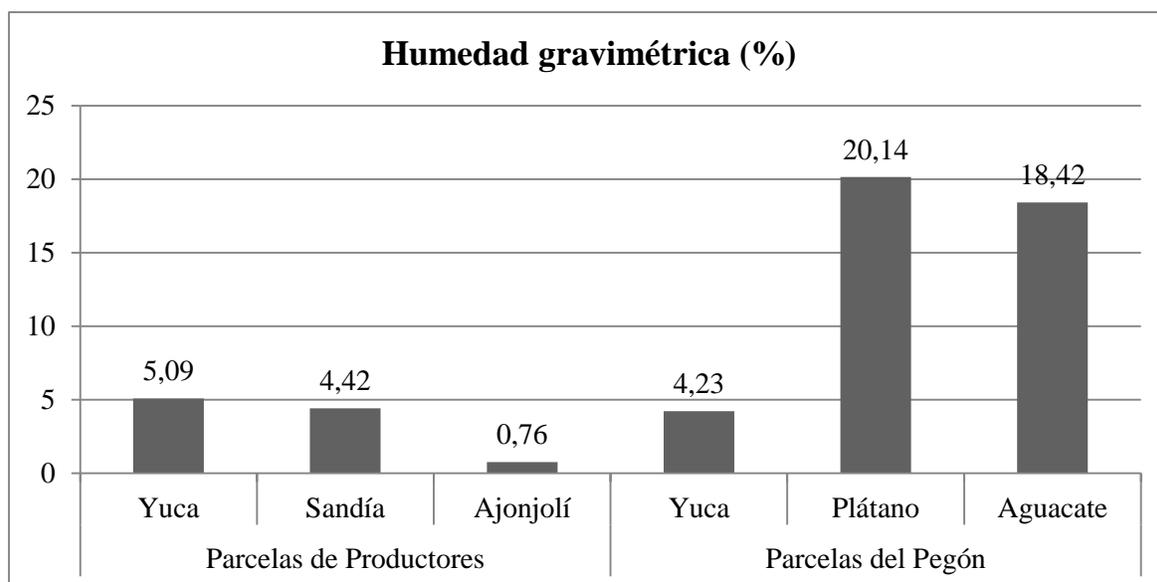
**Tabla 6:** Densidad aparente según el tipo de textura (Carbo. C, 1999).

Textura	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )
Suelos Orgánicos	0.2 - 0.6
Textura Fina	1.0 - 1.3
Textura gruesa	1.3 - 1.8

### c) **Humedad gravimétrica**

Los porcentajes de humedad gravimétrica muestran diferencias claras entre las parcelas, obteniendo apenas un 5.9% como máximo en parcelas de productores (yuca) y hasta 20 y 18.4 % en parcelas de aguacate y plátano del Pegón. Notamos también un porcentaje bajo (4.23 %) en parcela de yuca del Pegón, donde se constató compactación severa a los 20 cm de profundidad, lo cual reduce notablemente su capacidad de infiltrar y retener agua.

Existe una relación estrecha entre la textura del suelo y su capacidad para retener agua, en este caso reflejada con el porcentaje de humedad presente al momento del muestreo (Gráfica 1). Notamos un porcentaje de humedad menor en parcela de ajonjolí en Lechecuagos (0.76 %) donde el suelo es más arenoso. Mientras en La Leona, con textura más arcillosa, explicaría el mayor grado de humedad obtenido (5.09 %) con respecto a las demás parcelas de productores. Parcelas del Pegón, aun siendo franco-arenosas logran conservar humedad, en gran parte debido a la cubierta vegetal presente.



**Gráfica 1:** Porcentajes de humedad gravimétrica en parcelas

Se constató la importancia de la cobertura para retener humedad en el suelo, el estudio revela diferencias de humedad gravimétrica entre parcelas desnudas y parcelas con cobertura presente, lo cual influye de manera determinante no solo en el desarrollo de cultivos, sino también a la vida y estabilidad ecológica del suelo.

#### d) Tasa de infiltración

El promedio más bajo de tasa de infiltración fue en parcela de La Leona con apenas 10.28 mm/hora, lo que indica problemas de compactación severos. Esto puede generar otros efectos negativos como encharcamientos y escorrentías en períodos lluviosos, así como una retención de agua en el suelo muy baja. “Una obstrucción de la porosidad del suelo dificulta el desarrollo radicular de las plantas, al no disponer el suelo, de humedad ni oxígeno, necesarios a su crecimiento” (Sampat, 1972).

Los resultados en parcelas de Las Brisas y Lechecuagos fueron considerables (182.9; 221.6 mm/h) pero bajos a pesar de su textura más arenosa, lo cual facilita una infiltración más rápida. Por otro lado, la mayor tasa de infiltración se obtuvo en parcela de aguacate, seguida por la de plátano, ambas en finca El Pegón y con texturas franco arenosas (326 y 321 mm/h. respectivamente), casi el doble comparadas a parcela de yuca (156.37 mm) en la misma finca, la cual presentó problemas de compactación de suelo en los primeros 20 cm de profundidad (Ver tabla 10).

Se debe resaltar que ambas parcelas (aguacate y plátano) también presentaron un considerable porcentaje de cobertura (78 y 88 % respectivamente) y biomasa acumulada (Tabla 9). Podríamos por lo tanto deducir la relación que tiene la presencia de cobertura con una mejor tasa de infiltración; “los residuos de cultivos dejados sobre el suelo conducen a una alta agregación del suelo, porosidad más alta y mayor número de macro poros y por ende, facilitan la infiltración del agua de lluvia” (FAO, 2009).

**Tabla 7:** Tasa de infiltración promedio en parcelas evaluadas.

	Parcelas de Productores			Parcelas del Pegón		
Ubicación	La Leona	Las Brisas	Lechecuagos	León-La Ceiba		
Cultivo	Yuca	Sandía	Ajonjolí	Yuca	Plátano	Aguacate
U/M		<b>RESULTADOS</b>				
mm/hora	10.28	182.9	221.69	156.37	321.64	326.03
cm/h	1.03	18.29	22.17	15.64	32.16	40.99

Se compararon los resultados obtenidos en infiltración con el rango estimado según la textura del suelo (Ver Tabla 8). Notamos que los datos coinciden (20-30 cm/h) en gran parte, para franco arenosos como es el caso de ajonjolí (22.17 cm/h) y sandía (18.29 cm/h). En parcelas de aguacate y plátano (franco arenosos), se supera el rango con 40.9 y 32.16 cm/h respectivamente.

Para parcela de yuca (productores) con textura franca, según Brouwer et al. (1988) correspondería al rango entre 10 a 20 cm/h pero el resultado obtenido no alcanza, con apenas 1.03 cm/h. Lo que se explicaría por el problema de compactación y obstrucción de la porosidad del suelo, sumado al alto porcentaje de arcilla (21%) en esta parcela, lo cual restringe la infiltración de agua.

**Tabla 8:** Rangos de infiltración con diferentes texturas de suelo (Brouwer et al., 1988).

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Infiltración en cm/h</b>
Arenoso	> 30
Franco arenoso	20 – 30
Franco	10 – 20
Franco arcilloso	5 - 10
Arcilloso	< 5

**e) Cobertura y biomasa acumulada**

Las variables de cobertura y biomasa, representan el interés medular en esta investigación, por la importancia que tienen para la conservación y recuperación de los suelos agrícolas. Los valores de cobertura se expresan en relación al área cubierta por rastrojos secos en cada parcela y expresados en porcentaje. Mientras el contenido de biomasa acumulada representa la cantidad en peso de material orgánico encontrado.

El mayor porcentaje de cobertura se obtuvo en parcela de aguacate, con 88.6 %, seguida por la de plátano (78 %). Parcela de yuca en La Leona también mostró un porcentaje considerable con 64%. Dos de tres parcelas de productores no mostraron cobertura alguna.

En cuanto a biomasa acumulada, los resultados contrastan entre parcelas de productores y del Pegón (Tabla 9); únicamente en parcela de La Leona se encontraron restos de rastrojo,

obteniendo un considerable 3.2 ton/ha, aunque poco comparado a las parcelas del Pegón, donde se obtuvieron 9.37 y 9.26 ton/ha. en parcelas de plátano y yuca respectivamente.

**Tabla 9:** Biomasa acumulada y porcentaje de cobertura en parcelas evaluadas.

	Parcelas de Productores			Parcelas del Pegón		
Cultivo	Yuca	Sandía	Ajonjolí	Yuca	Plátano	Aguacate
<b>VARIABLES</b>	<b>RESULTADOS</b>					
Biomasa acum. (Ton/ha.)	3.2	0	0	9.26	9.37	6.78
Porcentaje de cobertura (%)	64	0	0	62.6	78	88.66

n= 3

#### f) Compactación y profundidad efectiva

Para comprobar el fenómeno de compactación, previamente observado durante la evaluación visual, se realizaron pruebas al suelo con el compactímetro, obteniendo los siguientes resultados de presión ejercida (PSI) y profundidad alcanzada (cm) con el aparato.

Los suelos que presentaron mayor resistencia a la penetración, fueron ambas parcelas de yuca con rango de 250 a 300 PSI. Estos valores son considerados altos, e indican un estado de compactación del suelo. Según el manual de instrucciones del aparato (Penetrómetro Dickey John), valores debajo de 200 PSI no se consideran suelos compactos.

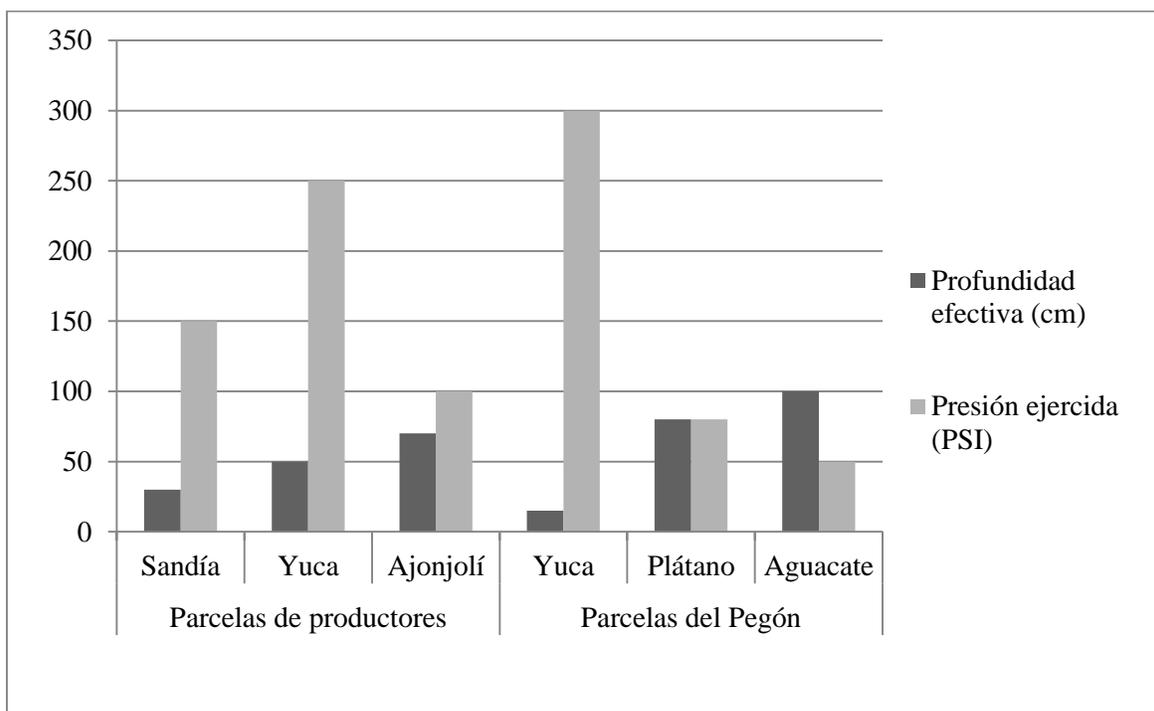
**Tabla 10:** Profundidad (cm) y presión ejercida (PSI) en parcelas evaluadas

	Parcelas de Productores			Parcelas del Pegón		
Cultivo	Yuca	Sandía	Ajonjo.	Yuca	Plátano	Aguacate
Profundidad (cm)	30	50	70	15	80	100
Presión ejercida (PSI)	250	150	100	300	100	50

n= 3

La profundidad de penetración, nos indica la distancia en que se encuentra el horizonte compactado. Ésta fue mayor en parcela de aguacate alcanzando hasta 100 cm, seguida por la parcela de plátano (80 cm) ambas en finca el Pegón. Por otro lado, profundidades de 30 y 15 cm, como es el caso de las parcelas de yuca (La Leona y Pegón) son demasiado superficiales para permitirle un desarrollo óptimo a las raíces del cultivo en cuestión. “Un suelo compactado no permite una infiltración adecuada, y limita el crecimiento de las plantas” (FAO, 2009).

Con la siguiente gráfica, se puede constatar que los valores para cada parcela, de presión ejercida contrastan con la profundidad efectiva. Tomemos como ejemplo parcela de yuca, donde la presión ejercida fue mayor (300 PSI), mientras la profundidad fue la menor de todas las parcelas (15 cm). Podemos deducir entonces que a menor presión ejercida, mayor profundidad efectiva y vice-versa.



**Gráfica 2:** Presión ejercida (PSI) y profundidad efectiva (cm) en parcelas

Las parcelas de aguacate, seguida por la de plátano (ambas en Pegón), fueron las que presentaron mayor profundidad efectiva; de 100 y 80 cm respectivamente, la presión ejercida con el compactímetro fue menor (50 PSI en parcela de aguacate, 80 PSI en plátano), comparadas a las demás. Si bien encontramos indicios de compactación en estas parcelas, la presencia de cobertura vegetal, así como el constante aporte de materia orgánica en forma de rastrojos, enriquecen continuamente al suelo recuperando su fertilidad y protegiéndolo de elementos clave como la temperatura, la lluvia y el viento, factores erosivos por excelencia.

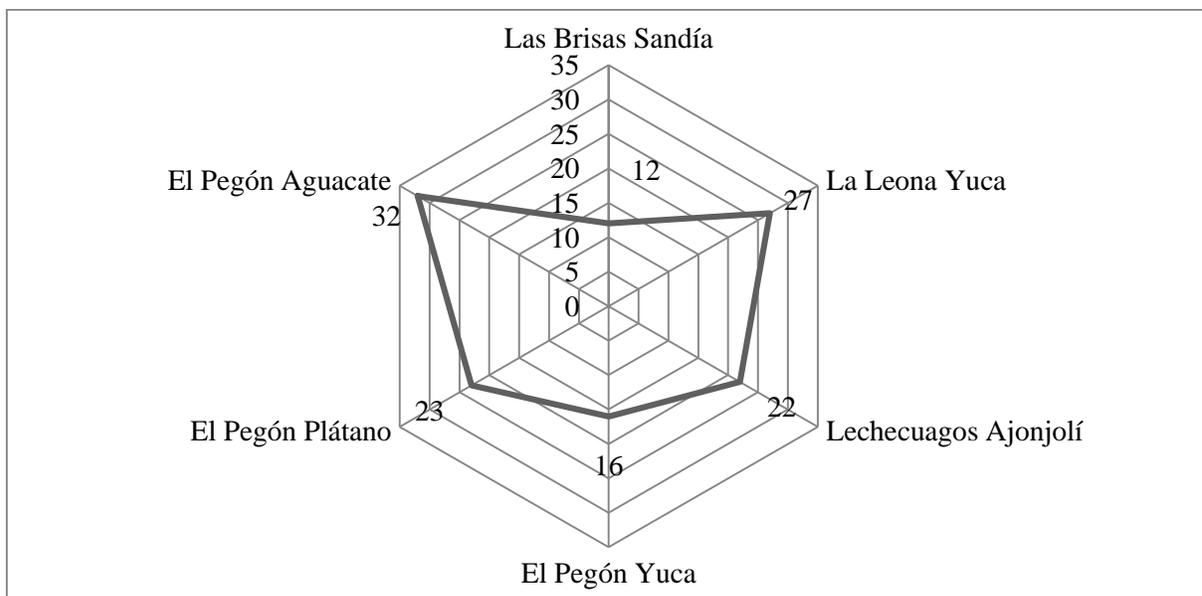
La parcela de yuca en Pegón fue claramente la más afectada, si de compactación se trata; se ejercieron hasta 300 PSI de presión para alcanzar apenas 15 centímetros de profundidad efectiva. Esto nos revela no solo la presencia de “piso de arado”, sino también la coincidencia con otros factores relacionados al agua en el suelo; se registraron tasas de infiltración y humedad gravimétrica muy bajas en esta misma parcela (Tabla 7 y gráfica 3).

### **5.2.2. Resultados de la Evaluación visual de suelo (EVS)**

La parcela que obtuvo los valores más altos en la EVS fue la del aguacate en finca El Pegón (32 puntos), seguida por la Leona, con cultivo de yuca (27 puntos). Son las únicas calificadas como “condición buena” por la guía del EVS.

Todas las demás califican como “condición moderada”, ninguna de las parcelas presentó “condición pobre” que equivale a un puntaje menor de diez. Once puntos solamente obtuvo la parcela de Boanerges en Las Brisas, siendo el resultado más bajo obtenido. Únicamente en parcelas del Pegón y La Leona se encontró presencia de cobertura en el suelo.

Parámetros como cobertura y conteo de lombrices fueron bajos en la mayoría de parcelas, encontrando lombrices únicamente en parcela de La Leona, entre las parcelas de productores y en parcelas de plátano y aguacate del Pegón, todas con cobertura presente.



**Gráfica 3:** Puntaje obtenido con la evaluación visual de suelo en parcelas.

Se encontró por lo general una estructura “buena”, así como una coloración oscura (que indica presencia de materia orgánica) en la mayoría de parcelas, con diferencias leves entre ellas. La porosidad sin embargo se presenta “pobre” en parcelas de sandía y yuca (productores), lo cual dificulta el desarrollo del cultivo, al no tener el suelo una aireación adecuada. Aunque las parcelas con texturas franco arenosas, como es el caso del Pegón, mantienen una supuesta buena porosidad, estos suelos también pueden presentar compactación a niveles inferiores del perfil, lo cual limitaría la infiltración de agua y desarrollo de cultivos.

Aunque no se observó de manera muy pronunciada, se constató el fenómeno del moteado (relacionado a la compactación), principalmente en parcelas de productores y en los primeros 30 cm del perfil del suelo. La guía EVS explica que “en un suelo compactado, la aireación es deficiente, los minerales se oxidan ocasionando el fenómeno del moteado, visible en los horizontes como pequeñas manchas claras”. (FAO, 2000).



**Foto 9:** Evidencia de compactación de suelo en La Leona. ALHEXSA.

En la mayoría de las parcelas, se presentan problemas de compactación, posiblemente debido al uso constante de maquinarias, así como el volteo de suelo, ocasionando una rápida descomposición de la materia orgánica y la exposición de las capas inferiores del perfil del suelo (Foto 9). Esta condición suele ocasionar problemas de infiltración baja, encharcamiento y escorrentías severas, acelerando de esta manera los procesos de degradación del suelo.

**Tabla 11:** Resultados de la evaluación visual de suelo

<b>Ubicación</b>	Las Brisas	La Leona	Leches	León-La Ceiba		
<b>Productor</b>	Rodrigo Boanerges	ALHEXA	Mauro Solórzano	El Pegón.		
<b>Cultivo</b>	Sandía	Yuca	Ajonjolí	Yuca	Plátano	Aguacate
Estructura	3	6	6	3	3	6
Porosidad	2	2	4	4	4	4
Coloración	2	4	4	2	2	4
Moteado	1	1	1	1	1	1
Lombrices	0	1	0	0	0	4
Compactación	1	1	1	0	1	1
Cobertura	0	6	0	3	6	6
Profundidad	3	6	6	3	6	6
<b>Suma de indicadores</b>	<b>12</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>32</b>
<b>Condición</b>	Mod.	Buena	Mod.	Mod.	Mod.	Buena

Interpretación de la calidad del suelo, según la guía EVS (FAO, 2000).

<b>Condición del suelo</b>	<b>Puntos</b>
Pobre	<10
Moderado	10 a 25
Bueno	> 25

## VI. CONCLUSIONES

Los datos agrícolas, obtenidos mediante entrevistas, reflejan rendimientos bajos en la mayoría de las fincas, así como una fuerte dependencia de insumos. Los años prolongados de uso de suelo, sin la puesta en práctica de estrategias de conservación ha deteriorado la fertilidad de suelo y economía familiar. Es una agricultura vulnerable ante los fenómenos climáticos, como la sequía o exceso de lluvias.

A continuación se reflejan los principales problemas encontrados mediante el análisis físico y evaluación visual de suelo. Esto nos da una idea de la condición actual de los suelos, revela también algunos aspectos sobre los cuales trabajar con el fin de mejorar y hacer más eficiente la producción agrícola en las diferentes fincas.

- Problemas de compactación y estructura pobre (porosidad baja) en la mayoría de las parcelas y especialmente en parcelas convencionales donde los productores.
- Porcentajes de cobertura nulos o muy bajos en parcelas de productores. En mayoría de parcelas no se observó rastrojo, por lo que tampoco se recolectó muestra alguna para medir la biomasa acumulada.
- Problema serio de infiltración baja, relacionado directamente a la compactación del suelo. Esto genera encharcamientos severos y escorrentías, impidiendo una adecuada infiltración y retención de agua en el interior del suelo.
- Humedad gravimétrica baja en parcelas convencionales y más alta en parcelas del Pegón, inferimos la importancia del factor cobertura para retener humedad.

Las pruebas de compactación e infiltración fueron decisivas en esta investigación; reflejan directamente la degradación de la estructura de suelo, por la reducción de espacios porosos y como esto condiciona otro sinnúmero de factores como la retención de agua y humedad, así como el desarrollo radicular de los cultivos. Se encontraron diferencias de humedad, estructura e infiltración entre parcelas de productores y del Pegón (sugerimos por efecto de cobertura). Se constató una porosidad y calidad de agregados mejor en parcelas con cobertura.

La evaluación visual de suelo, por su lado respalda los resultados obtenidos del análisis de las propiedades físicas, se confirman diferencias de condición entre las parcelas de productores y parcelas del Campus Agropecuario No. 2. Parámetros como cobertura, estructura de suelo y conteo de lombrices fueron más altos en ésta finca. Siendo parcela de aguacate, seguida por plátano las que obtuvieron mayor puntaje.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se deben re considerar las actividades productivas desde una perspectiva de largo plazo y hacia una mayor sostenibilidad de los agro-ecosistemas. Esto implica potenciar los sistemas productivos, diversificando e integrando diferentes componentes (forestal, pecuario, agrícola), reduciendo la dependencia de insumos así como labores innecesarias que contribuyen a la degradación y contaminación de los recursos naturales.

Se recomienda las puestas en marcha de estrategias ecológicas y de conservación, enfocadas a la sostenibilidad tanto económica como ambiental. La agricultura de conservación se adapta a diferentes condiciones y considera a los pequeños productores como actores (as) de su propio desarrollo económico y social.

Para finalizar la presente investigación, se recomienda especialmente el uso de cobertura permanente en el suelo, así como la incorporación periódica de rastrojos y materia orgánica con el objetivo de mejorar la condición física de los suelos. Se obtiene una mejor capacidad de infiltración y retención de agua, aspecto importante ante el contexto actual de cambios climáticos.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- BRACK, Antonio y MENDIOLA, Cecilia (2000). *Ecología del Perú*. Cap. 4: Manejo del suelo. Asociación editorial Bruño. Lima, Perú.
- BROUWER. (1988). *Introducción al manejo del suelo*. Madrid, España.
- CARBO, C. (1999). *Análisis y estudio de suelo en Trópicos*. Cap. 4: Condición textural del suelo. Universidad de Medellín, Colombia.
- CARRASCO, Jorge. (1997). *Prácticas de conservación de suelos*. Centro Regional de Investigación Rayentué. Santiago, Chile.
- INTA/FAO. (2003). *Manual del extensionista: Manejo integrado de la fertilidad de los suelos de Nicaragua*. Con apoyo del gobierno de Noruega. Arco Producciones. Managua, Nicaragua.
- FAO. (2001). *Erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Estudio sobre la relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo*. Consultores L. do Prado Wildner y M. da Veiga. Brasil. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S06.htm>
- FAO. (2001). *Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América*. Por Barry Pound. Consultado el 20 de marzo y disponible en <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Pound7.htm>.
- FAO. (2009). *Prácticas de conservación de suelo y agua. Conceptos básicos*. Documento digital, consultado en mayo y junio 2016. Disponible en [FAO.org/propiedades físicas del suelo](http://www.fao.org/propiedades_fisicas_del_suelo).
- FAO. (2009). Boletín informativo. *La Humedad del suelo; importancia de las coberturas para mejorar la infiltración del suelo*. Por Harold Lewis.
- FAO. (2015). *Soluciones para la compactación de suelo. Cap.2. Degradación del suelo*. Págs. 30-38 y 50-64.
- HUDSON. Norman. (1982). *Conservación del suelo*. Traducción al español. Editorial Reverté. Barcelona, España.
- INCER, Jaime (1998). *Geografía Dinámica de Nicaragua*. Editorial Recalde. Managua, Nicaragua. Págs.70, 71 y 109.
- INETER. (2005). *Mapa climático de Nicaragua*. Dirección general de Meteorología del Instituto de Estudios Territoriales. Managua, Nicaragua.
- JARAMILLO. Daniel. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia.
- JUMP. José Benítez (2009). *Evaluación visual de suelo. Consulta en manejo de tierras y aguas, agricultura de conservación y fertilidad de suelos*. Universidad Agraria del Perú. En coordinación con la FAO.

LÓPEZ. E. (1984). *Cultivos de cobertura y conservación de suelo*. Editorial Ateneo. Buenos Aires, Argentina.

MARENA. (2006). *Tercer informe del Estado del Ambiente de Nicaragua "Informe GEO"*. Ministerio de Agricultura y Recursos Naturales. Período 2003-2006. Managua, Nicaragua.

MUSGRAVE y NICHOLS. C. (1982). *Estudio sobre conservación de suelo en laderas*. Instituto de investigación y suelo. Editorial Científica. Bogotá, Colombia.

NARRO. E. (1994). *Física de suelos con enfoque agrícola*. Ediciones Trillas. México.

PRIMAVESI. Ana. (1987). *Manejo ecológico de suelos*. 5ta Edición. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.

REYES. Osmar Antonio. (2010). *Caracterización del estado actual de los suelos del departamento de León, en base a sus características físicas y sistemas de producción*. Trabajo de Tesis (Pre grado). UNAN-León.

SAMPAT. Gavande. (1972) *Física de suelos: Principios y aplicaciones*. Editorial Limusa. México.

SEVILLA. Antonio Jordán. (2003). *Manual de Edafología*. Departamento de mineralogía y química de la Universidad de Sevilla. España.

SHEPERD, Graham. (2000). *Evaluación visual de Suelo*. En coordinación con FAO, INAFOR e INTA. Vol 1. Managua, Nicaragua.

SMITH Robert y SMITH Thomas (2001). *Ecología. Cap. 4: El suelo*. Págs. 113-223 y 242-245. 4ta Edición. Pearson Educación, S.A. Madrid, España.

TEASDALE, John R. (1998) *Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de maleza*.- Documento de la FAO. Consultado en marzo-abril y disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0d.htm#TopOfPage>

Autor desconocido. (1997). *Informe sobre el impacto de la agricultura moderna. Ciencias de la tierra y el medio ambiente*. Libro electrónico. Consultado en junio 2017. Disponible en <http://www4.tecnun.es/Ecologia/Hipertexto/06Recursos>

## IX. ANEXOS

**Tabla:** Operacionalización de variables

VARIABLE	CÓMO?	CUÁNDO?	RECURSOS
<b>Características FX del suelo:</b> -Textura de suelo -Densidad aparente (gr/cm <sup>3</sup> ) -Humedad gravimétrica (%) -Infiltración (mm/hra) -Compactación (PSI ejercida) -Biomasa acumulada (Tn/Ha) -Porcentaje de cobertura. -Profundidad efectiva	Pruebas de campo; compactación, infiltración, cobertura.  Toma de muestras y Pruebas de laboratorio; D/A, humedad y biomasa acumulada.	Parcelas convencionales: mayo 2017. Parcelas del Pegón: Junio 2017.  Dependiendo del factor lluvia.  Un solo muestreo a realizar.	Guía metodológica, cuaderno, cilindros, bolsas plásticas, barreno, mecate, cajilla, maskin tape, doble cilindro para infiltración, compactímetro, cinta métrica.
<b>Evaluación Visual de Suelo</b> Estructura Porosidad Color Moteado Profundidad Cobertura Compactación Conteo de lombrices	Análisis visual de suelo, calicata de 30x30x30 cm,  Observación y conteo de macro-fauna.	Al mismo tiempo que para la recolección de muestras.  Un solo muestreo.	Guía AVS, cuaderno, lapicero, plástico grande, cinta métrica, cámara fotográfica.

### Temas de la entrevista

- Ubicación y nombre de la finca
- Nombre del productor o productora
- Años de uso del suelo (por parcela o por finca)
- Cultivo(s) principal(es)
- Tipo de manejo agrícola
- Insumos y tecnologías
- Rendimientos por cultivo/por área

### Preguntas de la entrevista

1. ¿Nombre, apellido y localidad a la que pertenece?
2. ¿Cuántos años de uso tiene la parcela?
3. ¿Cuáles son los cultivos principales en la parcela?
4. ¿Cómo considera que es el tipo de manejo agrícola?
5. ¿Qué insumos y tecnologías emplea en la parcela?
6. ¿De cuánto son los rendimientos aproximados en la parcela (qq/mz)?

**Formato para la Evaluación visual de suelo (EVS), propuesto por la FAO (2000).**

<i>Indicadores visuales de la calidad del suelo en cultivos anuales</i>			
<b>INDICADORES DEL SUELO</b>			
Propietario:	Uso del suelo:		
Localidad:	Municipio:		
Referencia por GPS:	Fecha:		
Tipo de suelo:	Clasificación de suelo:		
Grupo textural (> 1 m)	<input type="checkbox"/> Arenoso	<input type="checkbox"/> Franco	<input type="checkbox"/> Limoso
	<input type="checkbox"/> Arcilloso	<input type="checkbox"/> Otra	
Humedad presente	<input type="checkbox"/> Seco	<input type="checkbox"/> Lig. Húm.	<input type="checkbox"/> Húmedo
	<input type="checkbox"/> Muy Húm.	<input type="checkbox"/> Mojado	
Condiciones climáticas	<input type="checkbox"/> Seco	<input type="checkbox"/> Húmedo	<input type="checkbox"/> Frio
	<input type="checkbox"/> Caluroso	<input type="checkbox"/> Medio	
Indicadores visuales de la calidad del suelo	Calificación visual CV 0 = Condición pobre 1 = Cond. moderada 2 = Condición buena	Factor	Valor
Textura del suelo (pag. 5)		x 3	
Estructura y consistencia del suelo (pag. 7)		x 3	
Porosidad del suelo (pag. 8)		x 3	
Color del suelo (pag. 9)		x 2	
Número y color del moteado del suelo (pag. 10)		x 2	
Conteo de lombrices (Nro = ) (pag. 11) (Tamaño Prom. = )		x 3	
Profundidad de penetración de la raíz (pag. 12) ( m)		x 3	
Escurrimiento superficial (pag. 14)		x 1	
Costra superficial y cobertura superficial (pag. 15)		x 2	
Erosión del suelo (pag 16) (eólica/hídrica)		x 2	
ÍNDICE CALIDAD DEL SUELO (Suma de valores)			
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO		ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO	
Pobre		< 15	
Moderada		15 – 30	
Buena		> 30	

## TABLAS DE RESULTADOS

**Tabla 13:** Datos agrícolas de las fincas en estudio

<b>Nombre Productor</b>	ALHEXSA	Rodrigo BOANERGE	Mauro SOLÓRZAN.	Campus Agropecuario No 2. (El Pegón)
<b>Comunidad, Ubicación</b>	La Leona	Las Brisas	Lechecuagos	La Ceiba
<b>Area total de la finca</b>	85 mz	50 mz	15 mz	100 mz
<b>Años de uso</b>	5	25	10	30
<b>Cultivo(s) pales.</b>	Yuca	Granos básicos, hortalizas	Ajonjolí, yuca	Plátano, frutales
<b>Manejo</b>	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional-Agroecológico
<b>Insumos y tecnologías</b>	Herbicidas, preparación con maquinaria, fertilización edáfica (2 veces /ciclo).	Para manejo de plagas y arvenses principalmente . Uso de herbicidas no es frecuente.	Preparación con maquinaria, uso de insumos limitado, leve	Macro propagación de plátano. Preparación mecanizada, riego por goteo
<b>Rendimiento</b>	15-20 t/ha	Rendimientos variables (8-10 qq maíz/mz)	Variable	Variable
<b>Mercado</b>	Local y externo	Local	Local	Local

**Tabla 14:** Resultados de análisis físico en todas las parcelas evaluadas

	Parcelas de Productores			Parcelas del Pegón		
Cultivo establecido	Yuca	Sandía	Ajonjolí	Yuca	Plátano	Aguacate
Presencia de cobertura	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ
<b>VARIABLES</b>	<b>RESULTADOS</b>					
Infiltración (mm/h)	10.28	182.9	221.69	156.37	321.64	326.03
Biomasa (kg/m2)	0.32	0	0	0.92	0.93	0.67
Biomasa acumulada (t/ha.)	3.2	0	0	9.26	9.37	6.78
Porcentaje de cobertura (%)	64	0	0	62.6	78	88.66
Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	1.30	1.22	1.62	1.40	1.23	1.2
Humedad gravimétrica (%)	5.09	4.42	0.76	4.23	20.14	18.42
Profundidad (cm)	30	50	70	15	80	100
Presión ejercida(PSI)	250	150	100	300	100	50

## GLOSARIO

**Arvenses:** plantas que crecen en forma silvestre en campos cultivados o ambientes antropogénicos. Su presencia puede tener efectos negativos o no sobre el cultivo. Se usa este término para distinguir de “malezas” consideradas un obstáculo por la agricultura convencional.

**Absorción:** entrada de agua al suelo o bien, de agua, nutrientes y otras sustancias a las estructuras de la planta como la raíz o la hoja.

**Adsorción:** fenómeno por el cual un sólido o un líquido atrae y retiene en su superficie gases, vapores, líquidos o cuerpos disueltos. Concentración de moléculas o iones en la superficie de las partículas del suelo que son retenidas por las fuerzas electromagnéticas.

**Biomasa:** es la cantidad de masa vegetal producida por el sistema autótrofo de las plantas. Referencia útil para medir producción y rendimiento de cultivos.

**Bar:** unidad de medida con la cual se mide la presión atmosférica. Equivalente a  $10^5$  Pascales.

**Barbecho:** sistema de cultivo que consiste en dejar de sembrar la tierra por uno o más años y de manera periódica para que se regenere su fertilidad.

**Compactímetro** (o penetrómetro): aparato para determinar el grado de compactación de un suelo, se mide a través de la presión ejercida y expresada en libras por pulgada cuadrada. Por sus siglas en inglés; “Pounds Square Inch” (PSI).

**Cortina** (rompe-vientos): alternativa integrada en sistemas forestales, tiene función de contención, para reducir erosión eólica principalmente.

**Índice:** dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura. Ej: "se determinó el índice de compactación de suelo, mediante pruebas con el compactímetro”.

**Labranza/ Laboreo de suelo:** es la acción que implica la preparación y volteo de suelo; con el objetivo de controlar malezas y dejar el suelo suelto para la siembra.

**Milímetros de agua:** es la unidad de medida usada en la meteorología para las precipitaciones. Representa el espesor en milímetros de la capa de agua acumulada sobre un suelo horizontal. El equivalente volumétrico de un milímetro de precipitación es de un litro por metro cuadrado.

**Perfil (del suelo):** El perfil de un suelo es la sección o corte vertical que describen y analizan los edafólogos con vistas a describirlo y clasificarlo. Comprende los diferentes horizontes del suelo.

**Pie (o piso) de arado:** fenómeno visible en los primeros 30 cm del perfil, que evidencia la compactación del suelo.

**PSI:** unidad de medida para medir la presión que se ejerce sobre un área determinada. Por sus siglas en inglés como “Libras de presión por pulgada cuadrada”.

**Tasa:** Cantidad que expresa de forma proporcional la relación entre dos magnitudes. Ej: "tasa de desempleo; tasa de mortalidad infantil".

**CC:** Capacidad de campo. Revisar Marco Teórico. Pág.16.

**PMP:** Punto de marchitez permanente.

#### SIGLAS:

**ALHEXSA:** Almidones y harinas de exportación. Sociedad anónima (SA).

**INTA:** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

**IICA:** Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas (ONU) para la alimentación y agricultura (Food & Agriculture Organization).

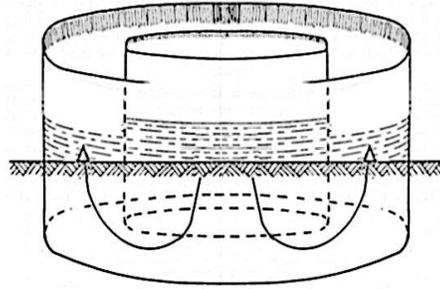
**INETER:** Instituto Nacional de Estudios Territoriales.

**CATIE:** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

## APARATOS DE MEDICIÓN



Compactómetro



Infiltrómetro de doble cilindro

## FOTOGRAFÍAS

a) Muestras para biomasa acumulada



b) Cálculo de infiltración en parcela



c) Muestras de suelo (10 cm de prof.)



d) Balanza electrónica y cilindro para muestreo.

