



UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE URACCAN

Monografía

Manejo y características de los suelos agrícolas de
Colonia Providencia, Nueva Guinea, 2017

Para optar al título de Ingeniería Agroforestal

Autores:

Br. Henry Ariel García Aragón
Br. Juver José Sequeira Martínez

Tutor:

Ing. Carlos Álvarez Amador

UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES
AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE
NICARAGÜENSE
URACCAN

Monografía

Manejo y características de los suelos agrícolas de
Colonia Providencia, Nueva Guinea, 2017

Para optar al título de Ingeniería Agroforestal

Autores:

Br. Henry Ariel García Aragón
Br. Juver José Sequeira Martínez

Tutor:

Ing. Carlos Álvarez Amador

Nueva Guinea, RACCS, abril de 2018

Dedicamos con todo amor, este trabajo a nuestro Creador y Padre Celestial por habernos dado la fuerza, voluntad e inspiración para culminar nuestros estudios superiores.

Al Dios dueño de todo lo que hay y que con su gran misericordia estuvo con nosotros en cada momento llenándonos de sabiduría y enseñándonos a ser pacientes en los momentos más complejos a lo largo de nuestro duro trabajo.

Por eso, dedicamos este nuevo paso a nuestro Dios, dueño y merecedor de todo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar damos nuestro agradecimiento a Dios por habernos dado la vida hasta este momento y permitirnos cumplir el sueño de culminar nuestra carrera.

Profundos nuestro agradecimiento a nuestro tutor, el Ingeniero Carlos Álvarez Amador, que con su dedicación y conocimientos proporcionados fue posible la culminación de este trabajo.

A nuestras familias, en especial a nuestras madres; Saturdina María Aragón Reyes y Carmen Martínez Zeledón quienes con su apoyo incondicional a lo largo de nuestra trayectoria educativa y profesional han hecho posible cumplir nuestras metas.

A las personas que de una u otra manera han puesto su aporte en bien de nuestro trabajo. En lo personal yo Henry Ariel García Aragón agradezco a mi padre Jorge Alberto García García y mi hermano Héctor Francisco García Aragón que con su gran ayuda y amor de familia me dieron su apoyo incondicional y los que fueron un elemento fundamental para la realización de tan esperado sueño.

Y yo, Juver José Sequeira Martínez agradezco a mis padres; Manuel Antonio Sequeira López y Carmen Martínez Zeledón, a mi esposa e hija y resto de familia, quienes ocupan un lugar importante en mi vida y quienes han sido mi motivación para luchar y hacer posibles los frutos de mis metas, y que me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi carrera para la realización de tan esperado sueño, de ser un profesional.

Especial es nuestro agradecimiento a los productores que de forma voluntaria e incondicional dispusieron de su tiempo para colaborarnos con la información necesaria para culminar el proceso de investigación.

Contenido

I.	Introducción	1
II.	Objetivos.....	3
2.1.	Objetivo general	3
2.2.	Objetivos específicos.....	3
III.	Marco teórico	4
3.1.	Definición de suelo	4
3.2.	Manejo de suelo	4
3.3.	Importancia de los suelos en áreas agrícola.....	4
3.4.	Uso actual del suelo	5
3.5.	Fertilización del suelo	5
3.6.	Factores de formación de suelos	6
3.7.	Principales componentes del suelo.....	8
3.8.	Perfil del suelo	10
3.9.	Características físicas del suelo	11
3.10.	Estructura del suelo.....	14
3.11.	Densidad del suelo.....	15
3.12.	Porosidad del suelo.....	16
3.13.	Humedad del suelo	16
3.14.	Color del suelo	17
3.15.	Relieve o pendiente del suelo.....	17
3.16.	Características biológicas del suelo.....	18
3.17.	Características químicas del suelo	18
3.18.	Clasificación de los Suelos	20
3.19.	Clasificación agrícola de suelos	22
3.20.	Prácticas de conservación de suelos.....	23

3.21. Muestreo de suelo	28
IV. Metodología y materiales	30
4.1. Ubicación del estudio	30
4.2. Enfoque de la investigación	30
4.3. Tipo de la investigación	30
4.4. Población	30
4.5. Muestra y muestreo	30
4.6. Técnicas	31
4.7. Variables	32
4.8. Procesamiento y análisis de la información	36
4.9. Materiales utilizados	36
V. Resultados y discusión	38
5.1. Características generales de las unidades de producción del estudio	38
5.2. Manejo de suelos en sistemas agrícolas de colonia Providencia	40
5.3. Factores que influyen en el manejo de los suelos agrícolas	47
5.4. Características químicas de los suelos agrícolas de colonia Providencia	49
5.5. Características biológicas de los suelos agrícolas de colonia Providencia	59
5.6. Características físicas de los suelos agrícolas de colonia Providencia	61
5.7. Alternativas para un manejo adecuado de los suelos agrícolas de colonia Providencia	66

VI.	Conclusiones	69
VII.	Recomendaciones	70
VIII.	Referencias	71
IX.	Anexos.....	73
	Anexo 1. Instrumento utilizado para el diagnóstico de identificación de estratos de productores	73
	Anexo 2. Instrumento (guía de encuesta) para aplicar a productores	74
	Anexo 3. Formato para la evaluación de los niveles de degradación del suelo	77
	Anexo 4. Formatos para la información del perfil químico del suelo	77
	Anexo 5. Caracterización del perfil del suelo	78
	Anexo 6. Pendiente del terreno	78
	Anexo 7. Cómo determinar la capacidad de infiltración del suelo	79
	Anexo 8. Aval Del Tutor.....	80

Resumen

Para lograr un desarrollo sostenible de la agricultura se debe tener en cuenta la calidad y manejo de los suelos agrícolas, ello se logra con estudios que permitan diagnosticar su fertilidad y generar recomendaciones sobre aspectos importantes que aporten herramientas para el desarrollo de actitudes conservacionista de tal manera que vea al suelo como un recurso renovable. Por lo que consideramos de mucha importancia investigar el manejo y características de los suelos agrícolas de Colonia Providencia.

Los resultados de este informe corresponden a investigación realizada en 18 sistemas de producción agrícola de colonia Providencia seleccionados a través de un muestro estratificado al azar, estos se organizaron en 3 grupos según el tamaño de las áreas agrícolas, se evaluaron características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como las actividades de manejo que realizan los productores. Los análisis físico-químicos se realizaron en el laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria.

En cuanto al uso actual de los suelos agrícolas predominan los granos básicos, raíces y tubérculos y café robusta, son suelos manejados de forma tradicional con indicios de degradación física (hídrica y eólica) y biológica, cuyos dueños no han sido beneficiados con servicios de asistencia técnicas en temáticas relacionadas con su manejo. Son suelos medianamente ácidos, con contenidos de materia orgánica y nitrógeno adecuados para satisfacer la demanda de los cultivos, el fosforo es deficiente y el potasio moderadamente disponible.

Físicamente son suelos ultisoles, poco profundos con dos horizontes bien definidos, color rojizo oscuro, arcilloso, generalmente en estructura de bloques y angulares, muchos poros

finos y poco finos, plástico, adherente con contenido de materia orgánica superior al 5%, medianamente ácidos y carentes de fósforo. Por lo que se recomienda que la fertilización debe enfocarse en los micronutrientes esenciales, y las enmiendas orgánicas para regular pH y promover la solubilidad de otros nutrientes. Estos pueden ser dispuestos al suelo a través de abonos sólidos y líquidos.

Palabras clave: desarrollo agrícola sostenible, fertilidad del suelo, características físico-químicas, acidez del suelo, arcilloso, estructura del suelo.

I. Introducción

Nueva Guinea es un municipio agrícola y usa la mayor parte de los suelos para la producción pecuaria; esto se debe a que el modelo de acumulación predominante es el ganadero, propio de la cultura productiva de los departamentos de Chontales y Boaco, departamentos de donde proceden la mayoría de los antiguos migrantes de frontera agrícola, y buena parte de los nuevos productores. Dónde en su mayoría de los suelos están destinados a cultivos, bosques, tacotales, barbechos y pastos.

Para el desarrollo sostenible de la agricultura se inicia con la obtención de datos sobre la calidad de suelo desde un punto de vista de la fertilidad y la capacidad de suministrar los elementos esenciales para el buen desarrollo de los cultivos. Se han determinado relaciones consistentes entre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la respuesta de los cultivos a la fertilización (Mendoza et al. 2013).

Según Mendoza et al. (2013) los estudios sobre manejo de suelo sirven para el diagnóstico de fertilidad y recomendaciones sobre aspectos importantes que aporten herramientas para el desarrollo de actitudes conservacionista sobre una investigación adecuada de tal manera que represente el suelo como un recurso renovable.

Por lo que consideramos de mucha importancia investigar el

manejo y características de suelo en áreas agrícolas de Colonia Providencia para determinar el uso del suelo y las principales actividades que los productores realizan en su labor cotidiana.

II. Objetivos

2.1. Objetivo general

Describir el manejo y las características de los suelos agrícolas de colonia Providencia, Nueva Guinea, 2017

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el manejo de suelos en sistemas agrícolas de colonia Providencia.
- Identificar las características (físicas, químicas y biológicas) de los suelos agrícolas de colonia Providencia.
- Describir los factores que influyen en el manejo de los suelos agrícolas.
- Proponer alternativas para un manejo adecuado de suelos agrícolas.

III. Marco teórico

3.1. Definición de suelo

Según el Instituto Nacional Tecnológico (INATEC, 2007) el suelo es la capa superficial meteorizada que cubre la superficie del globo terrestre. Y que está constituido de materiales orgánicos (organismos vivos, residuos vegetales, raíces) y material inorgánico (partículas rocosas, minerales primarios y secundarios, nutrientes), los cuales caracterizan la parte sólida del suelo. También el aire y el agua son constituyentes del suelo, los cuales ocupan vacíos intersticiales (poros) del suelo.

3.2. Manejo de suelo

Estudios realizados por la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE, 2008) el manejo de suelo es el medio y la capacidad para ejecutar cualquier propuesta y aconsejar dentro de un marco legal sobre el buen manejo de suelo tomando en cuenta algunas medidas de manejo como: evitar encharcamiento, mejorar la permeabilidad del perfil mediante medios mecánicos y con la mejora del contenido de materia orgánica, disminuir el paso de maquinarias y las labores de suelo húmedo para disminuir la compactación del mismo.

3.3. Importancia de los suelos en áreas agrícola

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015) el objetivo de promover una mayor conciencia respecto al suelo como recurso limitado e imprescindible en la producción agrícola. Se estima que el 95% de nuestros alimentos se produce directa o indirectamente en nuestros suelos y que una gestión sostenible del suelo permitiría producir hasta un 58% más de alimentos suficiente para dar respuesta al incremento del 60% en la demanda de alimentos, piensos y fibras previsto por la FAO para el año 2050, en que se prevé alcanzar una población mundial de 9000 millones. El manejo sostenible de los suelos Agrícolas del mundo y la producción sostenible son imprescindibles para invertir la tendencia de degradación de los

suelos y garantizar la seguridad alimentaria actual y futura del mundo.

3.4. Uso actual del suelo

PRODES (1992) afirma que el uso actual del suelo predomina el pastoreo extensivo y la siembra de cultivos anuales como maíz, arroz y frijoles. Lo que define que los rendimientos fueron altos durante los primeros años posteriores a la deforestación, pero luego bajaron rápidamente por lo general después de los seis años, en la mayoría de los suelos el rendimiento del maíz son muy bajos a menos que se fertilice y aun así no se encuentran los rendimientos originales. Es obvio que bajo estas condiciones, los sistemas de uso vigente en la zona no son sostenibles; debido a ellos, los finqueros venden sus tierras para deforestar otras áreas donde la historia vuelve a repetirse.

PRODES (1992) determina que el uso potencial de los suelos es el patrón edafológico, que mediante un sistema adecuado de manejo sean sostenidos a una explotación continua con el mínimo deterioro de los mismos. En la clasificación del uso potencial se determinan en categorías de uso, a base a la topografía del terreno.

3.5. Fertilización del suelo

Según Mendoza et al., (2013) la Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas estas características no actúan independientemente, sino en armónica interrelación que en conjunto determinan la fertilidad del suelo.

Según Mendoza et al., (2013) define que no solo la fertilidad química está prevista para las buenas condiciones físicas y viceversa de una planta. Sino que potencialmente tiene que ver la fertilidad del suelo ya que no es suficiente para el crecimiento de las plantas, el clima juega un papel importante y determinante en

muchos casos. Por ejemplo se puede tener un suelo fértil y que dadas las temperaturas extremas no es capaz de producir buenas cosechas, entonces es un suelo fértil no productivo, la fertilización debe estar regida por dos principios fundamentales:

1. No se debe usar fertilización mineral sin previa regulación del pH, cuando el pH ya está en el límite inferior es decir 5-5.3.
2. Mantener el suelo con la bioestructura intacta y la cantidad adecuada de materia orgánica a fin de posibilitar, suelos mejor agregados y aumentar el poder tampón del suelo.

Según SEAE (2008) la fertilidad física que valora al suelo como un soporte material adecuado para la raíz, haciendo también referencia a la dinámica de los fluidos agua y gases a su través, desde el punto de vista físico, el suelo a de proporcionar un medio adecuado para la germinación de la semilla y al desarrollo óptimo al aparato radicular, debe poseer una buena aireación y una termicidad estable, una capacidad de retención hídrica apropiada, junto a un régimen de circulación de agua, que posibilitando un buen drenaje, no llegue a provocar un lavado excesivo así como una estructura estable que implique resistencia frente a un mal manejo del suelo.

3.6. Factores de formación de suelos

INATEC (2016) define los factores que intervienen en la formación de suelo como material parental, clima, vegetación y organismo y el relieve, los cuales son considerados pasivo, sobre los que actúa el hombre, a lo largo del tiempo.

Material parental

Es la roca madre de la que se origina los suelos y se dividen en tres grandes grupos:

- a) Rocas ígneas (volcánicas)
- b) Rocas metamórficas

c) Rocas sedimentarias

El clima

Los factores de clima son: precipitación, temperatura y viento los cambios climáticos desarrollados a través de la temperatura y la precipitación influyen en los procesos de la alteración y transformación mineral de las rocas como resultados se producen algunos procesos físicos o mecánicos y químicos como la meteorización (INATEC, 2016).

El relieve

Es el grado de inclinación que tenga el suelo, el que afecta su formación al modificar las relaciones de la humedad, la remoción del suelo, el grado de erosión, así como la incidencia de los rayos solares sobre la superficie según la posición del relieve con respecto al sol (INATEC, 2016).

Organismos

Estudios realizados por INATEC (2016) manifiesta que los organismos que afectan la formación del suelo son vegetación, animales y microorganismos, y el ser humano los cuales se caracterizan de la siguiente manera.

Vegetación

Las raíces de las plantas, al penetrar al material parental, llevan a cabo una acción física, mecánica, biológica y química sobre este al dejar espacios abiertos por los cuales circula el agua y el aire, a la vez que remueven y extraen nutrientes del material parental (INATEC, 2016).

Animales y microorganismos

Hacen una labor fundamental, mezclando los residuos orgánicos en descomposición llenos de nutrientes con los minerales presentes

en el suelo, de esta manera las capas superficiales se enriquecen y se vuelven fértiles.

Las actividades de los animales y microorganismos influyen en la formación de los suelos tales como se mencionan a continuación:

- 1) Ingestores de materia orgánica y minerales.
- 2) Transportadores de materia (hormigas y otros).
- 3) Predadores.
- 4) Parásitos (nematodos y artrópodos).
- 5) Moluscos (caracoles de tierras, babosas)

El ser humano

Según Campos (2007) las labores cotidianas de la agricultura se observa que la interferencia del ser humano en la formación del suelo como es la labranza, la eliminación de la cobertura del suelo, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, en los cultivos, etc.

3.7. Principales componentes del suelo

Según Campos (2007) los suelos minerales constan de 4 componentes los cuales están en las siguientes proporciones.

Material mineral del suelo

Se considera fracción mineral del suelo el material grueso (cascajos); las partículas finas, arena y arcilla, en orden decreciente de tamaño, los compuestos inorgánicos y los iones libres, ya sean nutrientes o no.

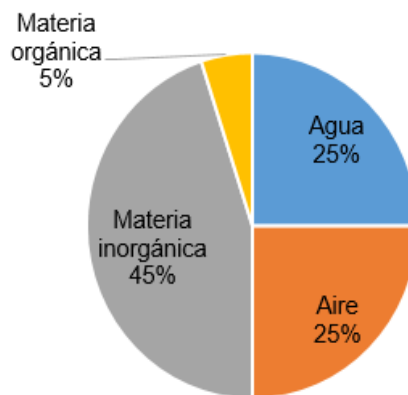


Figura 1. Porcentaje de los componentes de un suelo ideal

Fuente: INATEC, 2016

Los materiales gruesos y medianos son inactivos y forman

solamente el esqueleto del organismo total del suelo, la parte activa son las arcillas que son de tamaño coloidal y sirven como depósito para almacenar nutrientes que serán utilizados por las plantas.

En el material mineral se encuentran los nutrientes propios del suelo como resultado de la descomposición o desintegración del material madre (parental) o de los fragmentos depositados, tales como: fósforo, magnesio, potasio, azufre, calcio, etc.

Materia orgánica del suelo

Según Campos (2007) la fracción orgánica del suelo es de un 5% que está representada por todos los compuestos de origen biológicos presentes. Los tejidos vegetales y animales muertos, en sus diversos estados de descomposición y tipos de compuestos, se pueden considerar como materia orgánica.

La materia orgánica del suelo podría ser clasificada, para fines de divulgación en. Humus Bruto, Tejidos muertos de los diferentes organismos anteriormente citados, no descompuestos o en diferentes estados de descomposición y transformación (rastros, estiércoles, pulpas, y otros residuos).

Humus: Fracción compleja formada por compuestos más o menos estables, difícilmente desmineralizables, productos finales de la descomposición del humus bruto.

El contenido de materia orgánica es inestable en el suelo por la acción de los micro- organismos, por lo tanto es imprescindible mantener constante el contenido de ésta en el suelo. La materia orgánica contiene carbono, hidrógeno, oxígeno, y nitrógeno, además fósforo, azufre, aluminio, hierro, silicio y otros micro-elementos en pocas cantidades.

Agua y aire

Según Campo (2007) la materia mineral y sólida ocupa un 45% y el agua y el aire juntos ocupan un 50% del volumen, ambos

componentes contenidos en los espacios porosos. El volumen que ocupan el agua y el aire es muy variable, intercambiándose entre sí, dependiendo del grado de humedad que el suelo presenta en un momento determinado.

Campo (2007) define la importancia que reviste el agua en el suelo, está dada por las grandes cantidades que se deben almacenar para satisfacer las necesidades de las plantas durante su crecimiento y desarrollo, además que el agua en el suelo actúa como disolvente de muchos elementos esenciales para las plantas, es decir los hace soluble para que puedan ser asimilables y aprovechables por eso esta, formando así lo que se conoce como la solución del suelo, otro aspecto importante es que el agua regula el control del aire y la temperatura del suelo.

El aire juega un papel importante en el suelo, porque permite que se realicen ciertas reacciones biológicas, como es la respiración de las raíces de las plantas superiores y la descomposición aerobia de los residuos orgánicos por los microorganismos. Además permite por medio de la aireación el intercambio gaseoso entre la atmósfera del suelo y atmósfera externa, induciendo en el ciertos elementos gaseosos que reaccionan en la solución del suelo y son fácilmente aprovechados por las plantas al formar otros compuestos.

3.8. Perfil del suelo

Según Campos (2007) induce que el perfil del suelo se considera como un corte transversal hasta alcanzar el material parental o la roca y está compuesto por los horizontes, puede contener uno, dos, tres o más horizontes. Todo horizonte es una reacción completa de un conjunto de procesos químicos, físicos y biológicos.

Componentes del perfil del suelo

Según Campos (2007) horizonte A. Generalmente es de color más oscuro debido a la materia orgánica descompuesta (humus) y en proceso de descomposición, es el horizonte que suministra mayor cantidad de nutrientes a las plantas

Según Campos (2007):

Horizonte B. Es de color menos oscuro, rojizo o amarillento, con mayor contenido de arcilla y menos materia orgánica.

Horizonte C. Generalmente es de color más claro, amarillento y cascajoso (piedra menuda), se le conoce como el horizonte de material parental porque es la roca madre desintegrada en piedra menuda, arena y poco contenido de arcilla, en este horizonte no es común encontrar materia orgánica, sin embargo es posible observar que las raíces lo penetran buscando nutrientes y sostén (Campos, 2007).

Horizonte R. Llamado roca madre es roca gruesa, que fue la que dio origen al suelo que está sobre ella, con la ayuda de los otros agentes de formación del suelo que son: el relieve, los organismos, el clima y el tiempo (Campos, 2007).

3.9. Características físicas del suelo

Textura (clases texturales)

Estudios realizados por la FAO (2015) considera que la textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades.

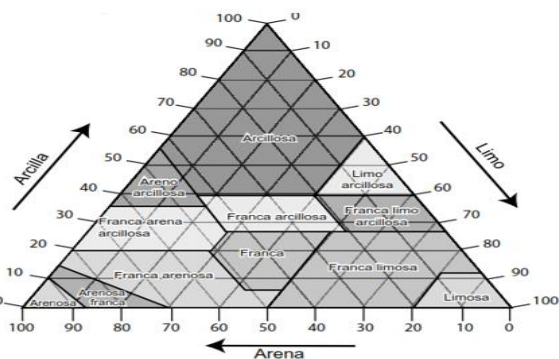


Figura 2. Triángulo textural
Fuente: INATEC, 2016

El triángulo de textura del suelo se usa como una herramienta para clasificar la textura. Partículas del suelo que superan tamaño de 2.0 mm se definen como piedra y grava y también se incluyen en la clase de textura. Por ejemplo, un suelo arenoso con 20% de grava

se clasifica como franco arenoso con presencia de gravas, cuando predominan componentes orgánicos se forman suelos orgánicos en vez de minerales.

Según INATEC (2007) describe que las partículas primarias de arena, limo y arcilla, es donde presenta cada una de ellas las clases texturales. En el suelo estas partículas se encuentran en distintas proporciones, debido a que en el existen distintas clases de textura, lo que le confiere características determinadas, es decir, que la textura o composición mecánica se refiere al tamaño de las partículas.

De acuerdo con lo anterior, los suelos pueden clasificarse en: arenosos, limosos, dependiendo del grupo de partículas que predominan en ellos. Los suelos que contienen arena, limo y arcilla, se llaman suelos francos. Los suelos intermedios se llaman, por ejemplo, franco arcilloso, franco arenoso, o franco limoso.

Según Acuña (2007) los suelos con un porcentaje elevado de arena suelen ser incapaces de almacenar agua suficiente como para permitir el buen crecimiento de las plantas y pierden grandes cantidades de minerales nutrientes por lixiviación hacia el subsuelo.

Los suelos que contienen una proporción mayor de partículas pequeñas, por ejemplo las arcillas y los limos, son depósitos excelentes de agua y encierran minerales que pueden ser utilizados con facilidad. Sin embargo, los suelos muy arcillosos tienden a contener un exceso de agua y tienen una textura viscosa que los hace resistentes al cultivo y que impide, con frecuencia, una aireación suficiente para el crecimiento normal de las plantas.

Según Acuña (2007) la dominancia de fracciones finas (limo y arcilla) en un suelo, determina que tienda a retardarse el movimiento del agua y aire, siendo altamente plástico y fuertemente adhesivo cuando esté demasiado mojado. A este tipo de suelo, comúnmente se les llama “suelos pesados”, en contraste con los suelos arenosos que se les denomina “suelos livianos”. Sin embargo, suelos de textura fina pueden poseer buenas características de drenaje y aireación, si tienen una buena

estructura. La expansión y contracción suele ser importante al mojarse y secarse el suelo alternativamente, y su capacidad de retener agua es alta.

Para determinar la textura del suelo conociendo los porcentajes de cada partícula, se puede usar el triángulo textural.

Este es un triángulo equilátero, un lado del triángulo corresponde a la **arcilla**, el otro al **limo**, el tercero a la **arena**. Cada uno de sus lados se encuentra graduado de 10 en 10 y va de 0 a 100, y sobre la retícula se transporta la cantidad del elemento que representa.

El interior del triángulo está dividido en casillas, cada una de ellas representa un a clase textural de suelo caracterizado por las proporciones de los elementos dominantes.

Determinación de la textura del suelo en campo

Según INATEC (2016) para la determinación de la textura en el campo se utiliza el método de textura a Mano. La muestra se humedece y amasa entre los dedos hasta formar una pasta homogénea. Posteriormente se toma entre el dedo índice y pulgar y se presiona sobre éste último tratando de que se forme una cinta, en la cual se observará la presencia de brillo, si la cinta es lisa o escamosa, si el tacto es áspero.

Si la muestra es arenosa: el tacto es áspero y abrasivo, no tiene brillo ni cohesión, no se forma cinta.

Si la muestra es limosa: tiene tacto suave, se forma una cinta escamosa y no presenta ni pegajosidad ni plasticidad.

Si la muestra es arcillosa: la cinta que se forma tiene cohesión, es brillante, y es plástica o pegajosa según el contenido de humedad.

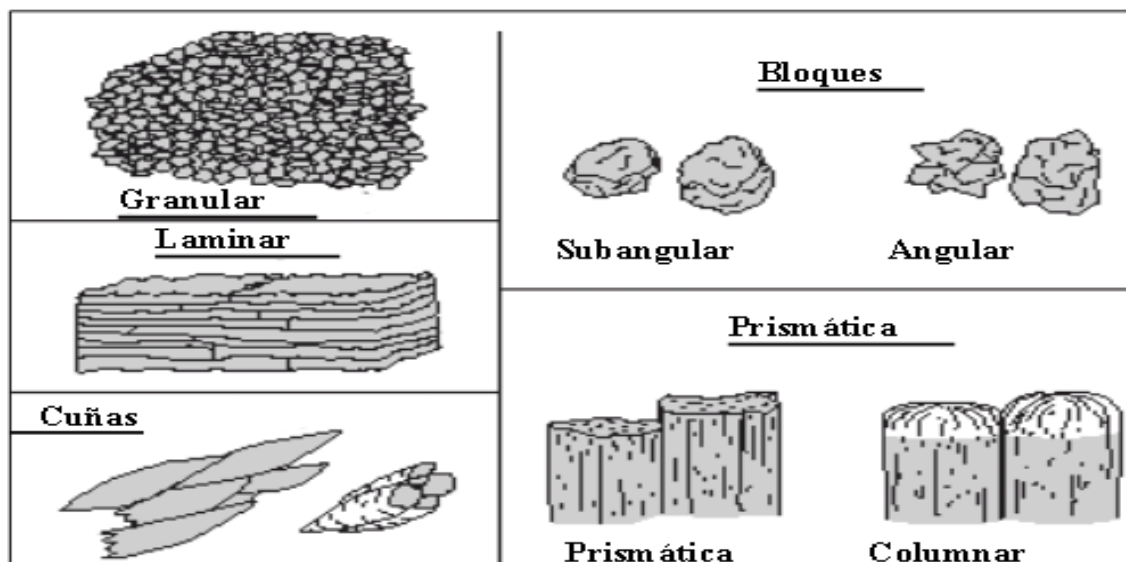
Debemos tener en cuenta que la textura es un aspecto importante, pues se relaciona con otros factores como la retención de humedad y la fertilidad en el suelo, por consiguiente incide sobre el desarrollo radicular de las plantas.

3.10. Estructura del suelo

Según INATEC (2016) la unión de las partículas individuales del suelo formando “agregados o peds” es conocida como estructura. La estructura de un suelo afecta procesos tales como el intercambio gaseoso, desarrollo de raíces, movimiento de agua y erosión del suelo.

En resumen la estructura es la disposición o arreglo de las partículas fundamentales del suelo (arena, limo y arcilla).

La determinación de la forma y tamaño de los agregados es realizado en forma visual en terreno. Las categorías o tipos de estructuras son bien conocidas, estas se muestran en la siguiente figura.



Estructuras más comunes de los suelos. Las estructuras granulares y en bloques están generalmente asociadas a los horizontes A y B, respectivamente. Estructuras laminares son típicas en suelos compactados.

Figura 3. Estructuras más comunes del suelo

Fuente: INATEC, 2016

La estructura de un suelo depende del contenido de materia orgánica, contenido de calcio, de sodio, de arcilla, particularmente el contenido de arcilla coloidal o arcilla fina y por supuesto de las condiciones de humedad. La estructura granular es muy favorecida con altos niveles de materia orgánica y mantiene buenas condiciones de aireación y drenaje. La estructura laminar obstaculiza la penetración de las raíces y fomenta la erosión. La estructura prismática y angulares denotan ciclos constantes de contracción y expansión por desecación y humedecimiento respectivamente. Las calumniares son típicas de los suelos sódicos. La estructura del suelo no afecta directamente a las plantas, sino a través de uno de los siguientes 4 factores: aireación, compactación, relaciones de agua y temperatura.

Un objetivo del buen manejo de la estructura del suelo es la producción de buenos cultivos con rendimientos adecuados, esto se logra si se incrementa las condiciones de porosidad, agregación, permeabilidad al aire, aire y raíces profundas.

3.11. Densidad del suelo

Según Campo (2007) la densidad del suelo se refiere al peso seco en diferentes medidas de materiales sólidos dentro de un volumen definido.

Densidad real del suelo

Es el peso del material sólido (partículas) sin incluir el espacio poroso dentro de un volumen definido.

Para calcular la densidad real o también llamado peso específico (P_e), se utiliza la misma fórmula que se utilizó para la densidad aparente, pero, considerando solo el volumen ocupado por las partículas, por lo que siempre es un valor mayor.

La densidad real de la mayoría de las rocas sólidas es aproximadamente de $2,65 \text{ g/cm}^3$. Aunque existen muchas variaciones en los suelos estrictamente minerales, por lo general la

densidad real está comprendida entre los valores de 2,6 y 2,7 g/cm³. Esto se debe a que gran parte del volumen del suelo está compuesto de cuarzo, feldespato, y arcillas silicatadas, que contienen pesos específicos próximos a los indicados (Acuña, 2007).

Densidad aparente del suelo

Acuña (2007) define como densidad aparente (ρ_a) o también como peso volumétrico de la masa o (peso) de una unidad de volumen del suelo seco. Este volumen incluye, desde luego tanto sólido como los espacios porosos también se puede definir como la medida de una masa en la cual se determina el volumen total del suelo.

3.12. Porosidad del suelo

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (FAO ,2015).

3.13. Humedad del suelo

El movimiento del agua en el suelo, se caracteriza por una serie de procesos cíclicos. Dicho ciclo comienza con la entrada del agua en el suelo mediante el proceso de infiltración también por entradas laterales o por ascenso de una capa freática seguido por la redistribución y el almacenamiento, y posterior y simultáneamente puede perderse bien por drenaje, pasando el agua a capas más profundas, bien por evaporación de la superficie del suelo o bien mediante la absorción por las plantas y su posterior transpiración,

como es evidente, estos procesos son interdependientes y algunas veces simultáneos, y van a depender de múltiples factores (SEAE, 2008).

3.14. Color del suelo

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 ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato (FAO, 2015).

3.15. Relieve o pendiente del suelo

Los suelos varían dependiendo de la topografía. Suelos más pedregosos los podemos encontrar en los relieves fuertemente escarpados y los suelos más profundos en áreas de planicies.

Existe una estrecha relación entre relieve, erosión y sedimentación, por lo tanto

Una relación entre pérdidas y acumulaciones del suelo, está en dependencia de la forma y disposición del relieve.

Según INATEC (2007) los perfiles de los suelos con pendiente pronunciadas (mayor del 15%) por lo general no son perfiles perfectamente desarrollados y profundos, excepto, en algunas regiones que presentan un elevado índice de precipitación en un clima cálido (tropical y subtropical) y vegetación abundante.

Esta carencia de perfiles en terrenos con gran relieve se debe principalmente a la erosión hídrica. La reducida posibilidad de penetración del agua en el perfil conlleva a la falta de la humedad para el desarrollo de la vegetación y actividad biológica de los microorganismos. Las formas de la superficie terrestre y con ellas el suelo son temporales, ya que, en el transcurso de la formación del suelo, se forman nuevos relieves y suelos.

3.16. Características biológicas del suelo

Fauna biológica de los suelos (micro fauna y macro fauna)

Acuña (2007) afirma que la macro fauna edáfica está compuesta por animales invertebrados que pasan toda o una parte de su vida dentro del suelo, sobre la superficie inmediata de éste, en la hojarasca superficial y los troncos caídos en descomposición. Poseen un ancho de cuerpo o diámetro mayor de 2 mm y una longitud igual o mayor de 10 mm; por lo que son posibles de detectar a simple vista, a diferencia de otros invertebrados más pequeños que integran la meso fauna (diámetro entre 0.2 - 2 mm) y la micro fauna edáfica (diámetro menor de 0.2 mm)

Microorganismos del suelo

Los microorganismo o micro flora son los componentes más importantes del suelo. Constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo. Una mayor cantidad de micro organismo en el suelo permite una mejor actividad metabólica y enzimática para la planta aumentando su nutrición y por ende se incrementan los rendimientos la mayor actividad de los micro organismos se realiza desde la superficie del suelo hasta unos 20 cm de profundidad (según el tipo de suelo).

Macro organismos del suelo

Son organismos que poseen un tamaño mayor a 6 mm y constituyen parte importante en la formación y calidad del suelo como el aporte de grandes cantidades de biomasa, transportan materiales desde la superficie al interior del suelo y viceversa, controla el crecimiento poblacional de otros organismos, aumenta la disponibilidad de algunos nutrientes como el N, K, P, C, Ca, Mg, Na, B.

3.17. Características químicas del suelo

El pH del suelo

Estudios realizados por Acuña (2007) afirma que en general el pH óptimo de los suelos agrícolas debe variar entre 6.5 y 7.0 para

obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad. El pH de un suelo ácido se puede mejorar gradualmente mediante el manejo apropiado y con aplicación de cal. El pH del suelo influye en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, es decir, este factor puede ser la causa de que se presente deficiencia, toxicidad o que los elementos no se encuentren en niveles adecuados. Por otra parte, valores extremos del pH pueden afectar la estructura del suelo.

Acuña (2007) define que la práctica más utilizada para corregir el pH ácido del suelo es el encalado, con el cual se logra establecer un ambiente propicio en la raíz para el desarrollo normal de los cultivos. Tomando en cuenta el efecto del pH sobre la productividad de los cultivos, es importante no solo su determinación en el suelo, sino también conocer y cuantificar las superficies afectadas por valores extremos de este factor.

El pH se puede definir como el grado de acidez y basicidad que presenta un suelo el pH de los suelos varía generalmente desde el valor 4 hasta el 10. Comúnmente al referirnos a los suelos decidimos que presenta un pH ácido, alcalino o neutro, sabiendo que para el suelo presenta determinado pH, es necesario que se produzca una solución, en donde el agua incluida en la masa porosa del suelo previamente haya formado una solución.

El pH del suelo que se ha desarrollado en las zonas húmedas es generalmente ácido y posee un valor inferior a 7. Un suelo rico en calcio raramente presentará valores superiores a 7,5 pero la presencia de grandes cantidades de caliza puede elevar el pH hasta 8,5. La presencia de sodio da lugar a valores de pH más elevados: si el pH es superior a 8,5 el suelo posiblemente contiene un exceso de sodio generalmente; a menor cantidad de calcio en los suelos corresponde un valor menor de pH, y así, para corregir la acidez excesiva se realizan adiciones de calcio o de calizas pulverizadas.

Importancia del pH del suelo

El efecto del pH sobre el desarrollo de las plantas se expresa en función de la nutrición. No existe evidencia de que una acidez

elevada disminuya los rendimientos; el efecto de la acidez es indirecto ya que afecta a la cantidad de elementos nutritivos asimilables. Muchos de los elementos nutritivos se insolubilizan cuando aumenta el pH (INATEC, 2007).

Contenido de nutrientes en el suelo

La FAO (2015) afirma que los nutrientes son las sustancias que existen en el suelo y que sirven para alimentar a las plantas los principales nutrientes son: el nitrógeno, el fósforo, el potasio el calcio, y el magnesio. Pero los 3 primeros son los más importantes porque las plantas los necesitan en mayores cantidades. Ejemplo cuando en cultivo presenta deficiencia de nitrógeno el cultivo presenta amarilla miento y las hojas se ponen raquílicas y por ende se obtienen malas cosechas, igualmente pasa con el potasio y fósforo en donde los cultivos lo necesitan en la etapa de crecimiento y desarrollo.

3.18. Clasificación de los Suelos

Estudios realizados por Campos (2007) los suelos se dividen en clases según sus características generales. La clasificación se suele basar en la morfología y la composición del suelo, con énfasis en las propiedades que se pueden ver, sentir o medir. Por ejemplo, la profundidad, el color, la textura, la estructura y la composición química. La mayoría de los suelos tienen capas características, llamadas horizontes; la naturaleza, el número, el grosor y la disposición de éstas también es importante en la identificación y clasificación de los suelos.

Según Campos (2007) las propiedades de un suelo reflejan la interacción de varios procesos de formación que suceden de forma simultánea tras la acumulación del material primigenio. Algunas sustancias se añaden al terreno y otras desaparecen. La transferencia de materia entre horizontes es muy corriente. Algunos materiales se transforman. Todos estos procesos se producen a velocidades diversas y en direcciones diferentes, por lo que aparecen suelos con distintos tipos de horizontes o con varios aspectos dentro de un mismo tipo de horizonte.

Tabla 1. Taxonomía de diez tipos de suelo según el USDA

Tipo de suelo	Horizontes, rasgos característicos	Fertilidad	Distribución
Entisol	Ninguno o rudimentario; se forma en tierras de aluvión húmedas	Buena	Valles fluviales, como por ejemplo el Nilo, el Yangtzé, el Huang He (Amarillo)
Vertisol	Ninguno; alto contenido de arcilla hinchable	Buena	Pastizales de regiones estacionalmente secas, como por ejemplo India, Sudán, Texas
Inceptisol	Incipiente; se forma en superficies de tierras jóvenes	Variable	En todo el mundo, aunque más común en regiones montañosas
Aridisol	Diferenciado, especialmente el horizonte de arcilla	Buena con riego	En regiones desérticas de todo el mundo
Molisol	Diferenciado, con horizonte de gruesa superficie orgánica oscura	Excelente, especialmente para cereales	Grandes praderas, pampas argentinas, estepas rusas
Espodosol	Diferenciado, con concentraciones de materias orgánicas, aluminio y hierro	Buena, especialmente para trigo	Bosques septentrionales de Europa y Norteamérica
Alfisol	Diferenciado, especialmente el horizonte de arcilla	Deficiente, requiere fertilizantes	Regiones húmedas y templadas de Norteamérica y Europa
Ultisol	Diferenciado, altamente lixiviado con horizonte de arcilla ácida	Deficiente, requiere fertilizantes orgánicos	Subtrópicos húmedos, como por ejemplo: el sureste de EEUU, India, regiones medias de Perú y Brasil, Nueva

			Guinea en Nicaragua
Oxisol	No diferenciado, con brillantes rojos y amarillos debido a los minerales ferrosos	Deficiente, requiere fertilizantes	Trópicos húmedos, en especial las cuencas del Amazonas y del Congo
Histosol	No diferenciado, drenaje deficiente, el más alto contenido de carbono orgánico que todos los demás suelos	Variable	Regiones húmedas, tanto frías (turberas) como cálidas (pantanos) de todo el mundo

Fuente: Campos, 2007.

Los suelos que comparten muchas características comunes se agrupan en series y éstas en familias. Del mismo modo, las familias se combinan en grupos, y éstos en subórdenes que se agrupan a su vez en órdenes.

Los nombres dados a los órdenes, subórdenes, grupos principales y subgrupos se basan, sobre todo, en raíces griegas y latinas. Cada nombre se elige tratando de indicar las relaciones entre una clase y las otras categorías y de hacer visibles algunas de las características de los suelos de cada grupo. Los suelos de muchos lugares del mundo se están clasificando según sus características, lo cual permite elaborar mapas con su distribución.

3.19. Clasificación agrícola de suelos

Según INATEC (2016) se han clasificado los suelos por su capacidad para ser usados o no en actividades agrícolas y pecuarias, hay 8 clases definidas que se enumeran con romanos del I al VIII, de la clase V a la VIII son suelos no cultivables o agrícolas, te presento una síntesis de cada clase.

Tabla 2. Clases de usos del suelo según Holdridge

Clase	Características (limitantes), usos
Clase I	Suelos con pocas limitantes para su uso agrícola.
Clase II	Requieren prácticas de conservación moderadas, o tienen limitantes que reducen la elección de los cultivos.
Clase III	Tienen severas limitantes que reducen la elección de los cultivos o requiere practicas especiales de conservación o ambos.
Clase IV	Suelos con severas limitantes que restringen el uso de cultivos, requieren prácticas de conservación y de manejo muy cuidadoso de ambos.
Clase V	Suelos con limitantes que no se pueden remover como pedregosidad excesiva o mala condición de drenaje y que limita su uso a pastos o bosques o ambos (en la práctica esta clase se aplica a suelos muy mal drenados o sujetos a inundaciones frecuentes por lo que se le ha llamado una clase especial).
Clase VI	Tiene limitantes severas que los hacen inadecuados para cultivos y limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.
Clase VII	Las limitantes se incrementan, siendo no aptos para cultivos y con uso limitado a pasto, bosque o vida silvestre.
Clase VIII	Suelos con limitantes tan extremas que están fuertemente restringidos y sólo pueden ser usados para protección de vida silvestre y cuencas de bosque.

Fuente: INATEC, 2016

3.20. Prácticas de conservación de suelos

Según Bronzoni et al., (1996) la necesidad de conservar los suelos en el sector agropecuario desempeña un papel primordial en el desarrollo social y económico del país es el generador del 60 % de las divisas por exportaciones.

La producción agrícola y ganadera se ha ido incrementando en su área, pasando el 18.6 % del total nacional en 1995 a 44.5 % en 1984 (censo agropecuario de 1955 y 1984) la aplicación de las fronteras agrícolas, aunque frenada en últimos año, produce también un sebera degradación de los recursos naturales debido a

que la frontera agrícola técnica se agotan: se a deforestado tierra a un ritmo de 70 mil ha/año creándose desequilibrio hidrológico los cuales se manifiestan en la época lluviosa provocando desastres naturales que dejan grandes pérdidas (áreas Agrícolas inundadas, poblaciones siniestrada, infraestructura dañada).

El conjunto de prácticas y medidas de conservación y manejo de suelos aplicado a un terreno en forma integrada se llama un sistema de conservación y manejo e suelos los sistemas varían en varios niveles, Sobre la resistencia del suelo a la erosión, con un buen manejo del suelo sobre la protección de la tierra contra la erosión, por medio de unas prácticas culturales (coberturas vegetales) y de un adecuado manejo de la tierra sobre la energía del agua de escorrentía, por medio de estructura físicas que acortan el largo dependiente y reducen su magnitud.

Obras de conservación de suelos

Abonos verdes

La práctica de los abonos verde en la agricultura es el cultivo de especies vegetal nativas o introducidas , perennes o anuales, asociada o no; en rotación o sucesión entre los cultivos, con la finalidad de proteger, recuperar, aportar y mejorar las condiciones biológicas, físicas y nutricionales de los suelos (Restrepo, 1998).

El uso de abonos verde es el aprovechamiento de especies leguminosas dentro del plan de rotación y asocio de cultivo, y como abonos verdes es una alternativa de bajo costo para mantener y recuperar la fertilidad del suelo, aplicación de materia orgánica, la fertilidad física, química y biológica del suelo se mejora con la aplicación de la materia orgánica la cual al descomponerse en humus libera gran cantidad de nutrientes que son aprovechados por las plantas.

Según Bronzoni et al., (1996) la especie más usada al seleccionar el cultivo de abonos verde por sembrar debe asegurarse que reúna ciertas cualidades bien adaptada a los suelos pobre fácil de siembra, con preparación mínima del suelo poco susceptibles a las

enfermedades rápido desarrollo y buena cobertura del suelo cultivo de uso múltiples (frutas o granos comestible)

Ventajas

Fijación de nitrógeno atmosférico reducción de la pérdida por nitrógeno por lixiviación gracias a la captación del nitrógeno durante la descomposición del material restitución al suelo de fósforos y potasio que ha sido absorbido en parte en el subsuelo.

Tipos de labranzas

Labranza mínima

Según FAO (2000) la práctica de manejo de suelo que consiste en arar lo menos posible, ya que se afectan las propiedades físicas del suelo, en casos en que es necesario ya que los suelos son muy compactados, se debe recurrir al arado de cincel vibratorio o rígido, nunca arado de disco.

Según Bronzoni et al, (1996) la labranza mínima se aplica en los siguientes cultivos. La labranza mínima continua manual se aplica bien en parcelas grandes en laderas con cultivos extensivos en hilera (maíz, frijol y arroz) labranza mínima individual se aplica bien en parcelas más pequeñas en laderas en cultivos como yuca, cucurbitáceas, camotes, tomates, y chiles labranza cero se aplica en parcelas extensivas para los granos básicos en su forma mecanizada se aplica para cultivos intensivos de maíz, frijol, sorgo, soya y arroz.

Ventajas

La cantidad de trabajo requerido para preparar la tierra se reduce mucho en labranza mecanizada de siembra directa se mejora progresiva mente la estructura de los suelos gracias a la descomposición e incorporación de la materia orgánica de los rastrojos

Labranza cero

Bronzoni et al., (1996) define que para la labranza cero se usan implementos que depositan la semilla en el suelo sin hacer ningún tipo de labranza:

a) A nivel manual se parte del simple palo para hacer huecos para la siembra hasta la sembradora manual para inyectar la semilla y a veces fertilizante al suelo.

b) Existen sembradoras para labranza cero a tracción animal de una o dos hileras para cultivos en hileras; trabajan con rejas de discos o con ruedas estrellas.

c) Existen sembradoras para resiembra de pasto, cereales y para cultivos de hileras para tractores. Según las características del suelo trabajan con cinceles, discos sencillos o dobles discos o también con ruedas estrellas; los dobles discos son los más comunes. Para asegurar la penetración uniforme a la profundidad de siembra deseada en suelos duros estas sembradoras son en general muy pesadas. La distancia entre rejas de una fila no puede ser demasiado estrecha para asegurar la pasada en los rastrojos. Por este motivo las rejas están puestas en dos o tres filas logrando distancias mínimas entre surcos de alrededor de 15 cm (Bronzoni et al, 1996).

Labranza convencional

La labranza convencional involucra la inversión del suelo, normalmente con el arado de vertedera o el arado de discos como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos. El propósito principal de la labranza primaria es controlar las malezas por medio de su enterramiento, y el objetivo principal de la labranza secundaria es desmenuzar los agregados y crear una cama de siembra. El control de malezas siguiente se puede hacer por medio de cultivaciones o herbicidas. La característica negativa de este sistema es que al suelo le falta una protección de rastrojos y queda casi desnudo, por lo tanto, es susceptible a las

pérdidas de suelo y agua debido a los procesos de erosión (Bronzoni et al., 1996)

Barreras vivas

Hileras de plantas de denso crecimiento que se siembran siguiendo las curvas a nivel y reducen la erosión, actuando como barreras de la acción de las aguas de escorrentía. Coberturas verdes y muertas Sistema consistente en colocar coberturas verdes o muertas (pastos, hojarasca, desechos de cosecha), a manera de acolchado sobre el suelo lo que salvaguarda a este de la erosión, además de regular la humedad, temperatura y actividad biológica (Bronzoni et al., 1996).

Según Bronzoni et al., (1996) las especies más usadas son: el pasto limón, y el pasto violeta (vetiver). También se usan otras especies como el itabo, el King grass, y la caña de azúcar, las cuales son muy buenas para amarrar el suelo la últimas tres especies citadas deben ser combinadas con rastrojos amontonados en contornos para lograr el efecto de “cierre” de barreras vivas.

Ventajas de barreras vivas

Bronzoni et al., (1996) define que el establecimiento de barreras vivas es de bajo costo, ya que se utiliza la mano de obra del Agricultor, necesita pocas herramientas y se buscan materiales locales para la barrera son de fácil adopción por el agricultor (trazado sencillo y fácil establecimiento)

Rotación y Asocio de cultivo

Según en Armonía con la Madre Tierra (ORGANICSA, 2004, 2005) la rotación y asocio de cultivos admite un mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y es un manejo de suelo que si se practica con leguminosas se enriquece el suelo con nitrógeno a causa de la simbiosis que se establece entre las raíces de las leguminosas y las bacterias fijadoras de nitrógeno, la asociación de cultivos permite un mejor aprovechamiento del espacio, otorgando

al suelo una excelente cobertura y compone un gran método de control biológico de plagas y enfermedades.

Especies usadas en la rotación y asocio de cultivo

Según Bronzoni et al., (1996) para los cultivos intercalados en surcos, sean contemporáneos o alternos, las especies deben ser compatible en cuanto a exigencia de crecimiento para lograr una buena producción de ambos cultivos ejemplos: plátano, yuca, café, gandul, cacao, gandul, mango, maíz y frijoles en faces inicial del mango.

Ventajas

Los cultivos asociados permiten a los agricultores varios productos agrícolas sobre la misma parcela con una producción generalmente mayor a menudo, la incidencia de plaga es menor, protección contra el viento.

3.21. Muestreo de suelo

Según Campos (2007) un análisis de suelo se hace para determinar la cantidad y tipo de nutrientes que se encuentran donde las raíces de las plantas van a crecer. Muchos factores afectan el rendimiento de un campo agrícola. Uno de los más importantes es la disponibilidad de nutrientes necesarios en el suelo para un desarrollo óptimo del cultivo. Cuando los nutrientes no estén en cantidades disponibles, la producción agrícola será limitada. Es importante que en el muestreo se logre una distribución uniforme de muestras.

Para que el análisis sea estadísticamente válido y realmente oriente los esfuerzos del agricultor hacia un máximo de producción, es necesario que la muestra represente las cualidades del área muestreada. De las diferentes formas de muestreo, la técnica del “zigzag” es la más usada hoy en día. En la técnica “zigzag”, varias muestras son tomadas en forma arbitraria a lo largo de todo el campo.

Características ideales de una muestra de suelo

Según estudios realizado por Campos (2007) define las características ideales para un muestreo de suelo de la siguiente manera. Deben estar formadas de sub muestras las cuales deben ser del mismo volumen y deben representar la misma sección transversal de la zona del suelo de donde se está haciendo el muestreo, las sub muestras deben haberse tomado de varios sitios dentro del área considerada y estos sitios deben ser escogidos al azar, debe de provenir de un suelo lo más uniforme posible en cuanto a características (drenaje y manejo pasado).

Reconocimiento del terreno para el muestreo de suelo

Campos (2007) define que para un muestreo de suelo se debe realizar un reconocimiento general de la propiedad previo al muestreo y según su extensión (finca, parcela, lote o común) de manera que se facilite la delimitación de las áreas homogéneas con base en criterios fisiográficos, edáficos y del cultivo. Cuando se tienen cuadrante de suelo de la zona o el plano de la propiedad facilita la delimitación de las áreas en estudio.

Materiales requeridos para el muestreo de suelos

Según Campos (2007) hay varias herramientas que se pueden utilizar para recolectar muestras de suelos. Las más comunes: el barreno, el tubo de muestreo, y la pala de espada, se puede usar también una pala corriente, un palín de jardinero o trasplante, un pico y otros artefactos más especializados como varios cilindros y taladros a motor. Un balde para colocar y mezclar las sub-muestras, bolsas de papel o plástico. El tamaño de la bolsa debe ser lo suficientemente grande como para contener alrededor de una libra de suelo, que es lo que generalmente pesa una muestra compuesta. Una caja o bolsa para colocar en ella las bolsas con muestras, etiquetas (o pedazos de papel) para identificar las muestras, una navaja o instrumento para sacar el suelo del barreno, pala, etc. Una cinta métrica para asegurarse que la muestra viene de la profundidad apropiada.

IV. Metodología y materiales

4.1. Ubicación del estudio

La investigación se realizó en fincas agrícolas de Colonia Providencia, ubicada a 20 km al sur-este del municipio de Nueva Guinea, durante el año 2017.

4.2. Enfoque de la investigación

Es de enfoque cuantitativo, porque se utilizó la recolección y análisis de datos para responder preguntas de investigación, también se usó la estadística descriptiva para establecer con exactitud resultados fidedignos. Se hizo uso de la encuesta, técnicas propias de este enfoque y análisis de laboratorio de suelos.

4.3. Tipo de la investigación

Esta investigación se adscribe al tipo descriptiva, pues hace una descripción generalizada del manejo y características del suelo en la comunidad en estudio, y de corte transversal porque se estudia el fenómeno en un periodo específico de tiempo.

4.4. Población

La población fue de 25 productores de la colonia Providencia del municipio de Nueva Guinea, que cumplieron los criterios establecidos, a decir:

1. Disponer de un área agrícola mayor a 5 mz.
2. Disposición a colaborar con información

4.5. Muestra y muestreo

Para el cálculo de la muestra se utilizó el programa STATTM considerando los siguientes criterios: error máximo aceptable del 10%, porcentaje estimado de la muestra del 40%, nivel de

confianza deseado del 90%, para un tamaño muestral de 18 productores.

Antes de aplicar instrumentos, se hizo un diagnóstico en el área de estudio con la finalidad de caracterizar a los productores y agruparlos en estratos, tomando como criterio el área destinada a la producción agrícola, ello implicó que la muestra se dividiera en subgrupos o estratos como se muestra a continuación.

Para la estratificación se aplicó el factor Kish (Ksh), este es $Ksh = \frac{n}{N}$

$$Ksh = \frac{18}{25} = 0.72$$

Luego el factor Ksh (0.72) se multiplicó por el número de productores por estrato para obtener la muestra por subgrupo, veamos

Tabla 3. Estratos o subgrupos para la aplicación del muestreo según área dedicada a la agricultura

Estratos	Número de productores por estrato	Muestra
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	21	15
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	2	1
Productores que destinan de 15.1 a 20 mz a la agricultura	1	1
Productores que destinan de 20.1 a 25 mz a la agricultura	1	1
Total	25	18

Fuente: Elaboración propia

4.6. Técnicas

Se utilizó la técnica de la encuesta y la observación para determinar la textura del suelo en las áreas a estudiar, también se tomó muestra de suelo para análisis de laboratorio.

4.7. Variables

Tabla 4. Operacionalización de las variables

Variable	Sub variable	Definición	Indicadores	Fuente	Técnica
Prácticas de manejo de suelo	Tamaño de las áreas agrícolas	Conjunto de prácticas que se realizan en las áreas de suelos agrícolas en pro de la conservación de estos.	Extensión en manzanas	Productor	Encuesta
	Cultivos que maneja		Cultivos Área	Productor	Encuesta
	Obras de conservación de suelos en áreas agrícolas		Tipos de prácticas	Productor	Encuesta Observación
	Métodos de preparación de suelo		Labranza cero Labranza mínima Labranza Convencional	Productor	Encuesta Observación
	Sistemas de siembra		Al boleao Al espeque En arado	Productor	Encuesta Observación
	Periodo de uso del suelo		Años	Productor	Encuesta
	Periodo de descanso de los suelos		Años	Productor	Encuesta
	Fertilización		Si No	Productor	Encuesta Observación
	Tipos de fertilizantes		Químicos (edáficos, foliares) Orgánicos (sólidos o líquidos)	Productor	Encuesta Observación
	Encalado de suelos		Si No Cantidad Frecuencia	Productor	Encuesta Observación

			Cultivos en que se usa		
	Implementación de abonos orgánicos		Si No Tipos Cantidad Frecuencia A qué cultivos		Encuesta Observación
Perfil químico del suelo	pH de suelo en áreas agrícolas	Está referido a las propiedades químicas de los suelos determinadas a través de técnicas de laboratorios	Unidades	Laboratorio	Análisis suelo
	Fertilidad de los suelos en áreas agrícolas y disponibilidad de macronutrientes y micros nutrientes		N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn.	Laboratorio	Análisis suelo
	Bases intercambiable		Ca+Mg/K Ca/Mg Ca/K Mg/K	Laboratorio	Análisis suelo
	CIC		meq/100g	Laboratorio	Análisis suelo
Perfil físico del suelo	Horizontes del suelo	Está referido a las propiedades físicas de los suelos determinadas a través de la observación, medición y laboratorio	Tipos, Profundidad	Metros	Calicata
	Textura		Clase textural	Laboratorio	Análisis suelo
	Estructura		Tipo	Tipo	Calicata
	Densidad aparente		g/cm ³	Laboratorio	Análisis suelo
	Capacidad de Infiltración		mm/h	Suelo	Prueba infiltración
	Color del suelo		Color según tabla Munsell	Suelo	Comparación
Perfil biológico del suelo	Materia orgánica	Está referido a las propiedades biológicas	%	Muestra de suelo	Laboratorio
	Macro organismos		Especies	Suelo	Observación

	Microrganismos	del suelo determinadas a través de la observación, medición y laboratorio	Especies	Suelo	Observación
Tipos de degradación del suelo		Se define como la pérdida o reducción de la capacidad productiva de los suelo por la disminución de sus propiedades físicas, químicas y biológicas en diferentes niveles	Tipos	Unidad de producción	Observación
Factores que determinan el manejo de suelo	Rotación de cultivo	Son los diferentes factores que determinan el hecho de que el productor maneje los suelos agrícolas de una u otra manera	Si, No cultivos que rota	Productor	Encuesta Observación
	Asocio de cultivos		No asocia Si asocia (cuáles)	Productor	Encuesta Observación
	Descanso de los suelos		Periodo de descanso	Productor	Encuesta Observación
	Cultivos que manejan		Cultivos	Productor	Encuesta Observación
Asistencia técnica	Acceso	Proceso de transferencia de tecnologías a través de metodologías	Si No	Productor	Encuesta
	Instancia que la brinda		Instancia	Productor	Encuesta
	Rubro		Rubro	Productor	Encuesta

	Calidad	participativas grupales o individuales para	Excelente Buena Regular Deficiente	Productor	Encuesta
	Frecuencia con que la recibe	fortalecer las capacidades de sus beneficiarios en los cultivos de interés	Semanal Quincenal Mensual Cada dos meses Otros	Productor	Encuesta
Disponibilidad para realizar práctica en manejos de suelos		Se refiera a la actitud del productor en relación a la disposición de realizar prácticas de manejo adecuadas al suelo	Si No	Productor	Encuesta
Limitantes para el manejo del suelo		Se refiere a las dificultades que pueden estar influyendo en el manejo inadecuado del suelo, si fuere el caso	Limitantes (económicas, técnicas, actitud)	Productor	Encuesta

Se debe aclarar que para lo referido a las características físicas, químicas y biológicas del suelo, debido a los costos del análisis de laboratorio y requerimiento de tiempo, se agrupó a los productores en 3 categorías, considerando tamaño de la unidad de producción, topografía, cultivos manejados, esto quedó así:

- Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura
- Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura
- Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura

Para la descripción del perfil del suelo se abrió una calicata de 1 m de fondo por 1 m de ancho y 1 m de largo en una unidad de producción de cada uno de los grupos mencionados anteriormente.

Se tomaron muestras sin disturbar de 0 a 10 cm de profundidad para determinar la estructura de los agregados del suelo.

Para la identificación del color del suelo se hizo uso de la tabla de Munsell.

Para caracterizar el perfil químico del suelo, se tomó muestras de este, siguiendo los procedimientos establecidos, tomando en cuenta la pendiente, los tipos y áreas de cultivos, se tomó una muestra en una unidad de producción de cada uno de los grupos antes mencionados. Cada muestra estuvo compuesta de 10 sub-muestras tomadas a una profundidad de 0 a 30 cm, una vez obtenidas las sub-muestras, se procedió a homogenizarlas y etiquetarlas para enviarse al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNA).

Para determinar la capacidad de infiltración se utilizó la metodología establecida en el anexo 7 de este informe.

4.8. Procesamiento y análisis de la información

El proceso y análisis de la información tomada de campo y del laboratorio, se realizó con apoyo de Microsoft Excel para la generación de tablas y gráficos y otros métodos y técnicas para la presentación de resultados.

Los análisis químicos enviados por el Laboratorio en unidades propias para este tipo de resultados (ppm, meq/100 suelo) fueron pasados a kg/ha con la metodología propuesta por PRODES (1992) para un mejor entendimiento de estos.

4.9. Materiales utilizados

- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Formatos de registro de información de campo

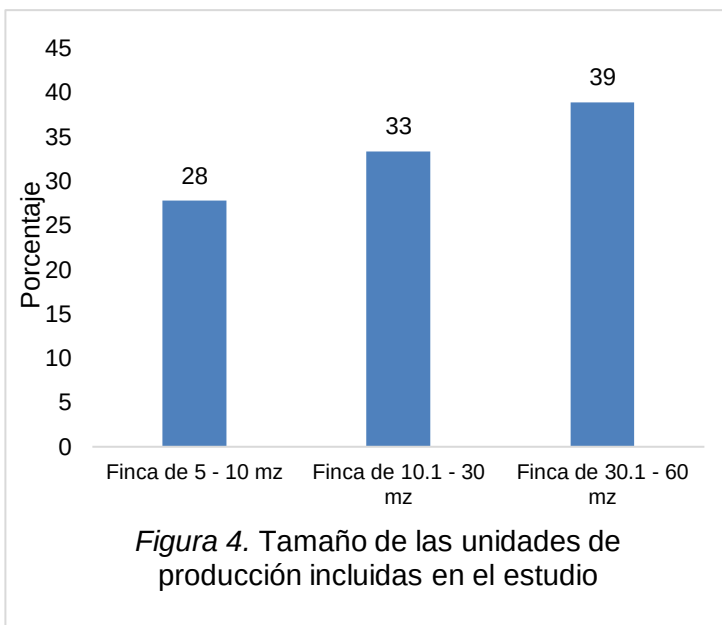
- ✓ Libretas de campo
- ✓ Materiales básicos para la recolección de las muestras para el laboratorio (bolsas plásticas, etiquetas, pala, machete)
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Tablas Munsell

V. Resultados y discusión

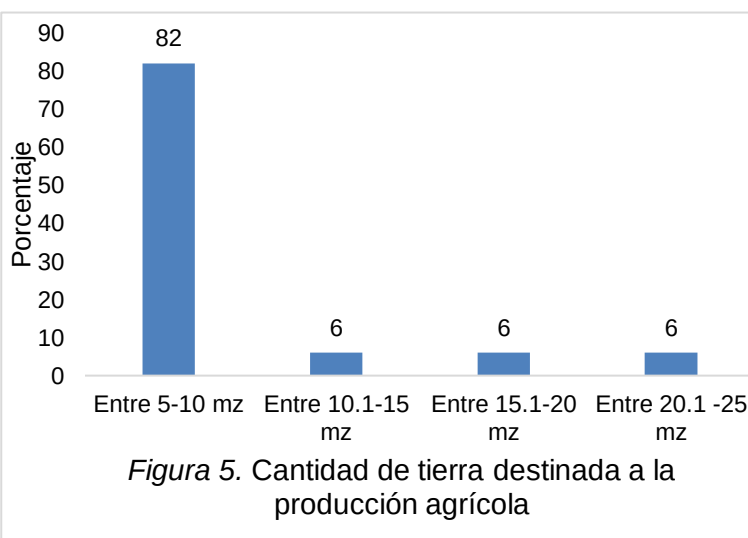
5.1. Características generales de las unidades de producción del estudio

Como se ha dicho en la metodología, en el estudio se incluyeron 18 productores agrícolas, agrupados en 3 categorías.

La categoría 1, constituida por productores con sistemas de producción de 5 a 10 manzanas (mz), la categoría 2 construida por productores con sistemas de producción de 10.1 a 30 mz de superficie y la 3 por productores con 30.1 a 60 mz. La figura 1 contiene la representación de cada uno de los grupos.



La figura 5 muestra el área destinada a la producción agrícola, la gran mayoría son pequeños agricultores que manejan entre 5 y 10 manzanas de cultivos. Esto en algunos casos obedece a la cantidad de tierra de la que disponen y en



otros a que se dedican a otras actividades como la ganadería, para ellos, la agricultura es un rubro importante.

En la figura 6 se indica el promedio (mz/productor) de cada cultivo encontrado, estos productores manejan una diversidad de cultivos, aunque en pequeñas áreas, en algunos casos es meramente para consumo familiar y comercialización local, en otros para la comercialización con intermediarios del municipio, los cultivos que mayormente manejan son tradicionales, sin embargo en los últimos 5 años algunos han venido incursionando en cultivos no tradicionales como el café robusta y las musáceas, lo que a su vez demanda un efectivo manejo de suelos tanto desde las prácticas implementadas como de la fertilización.

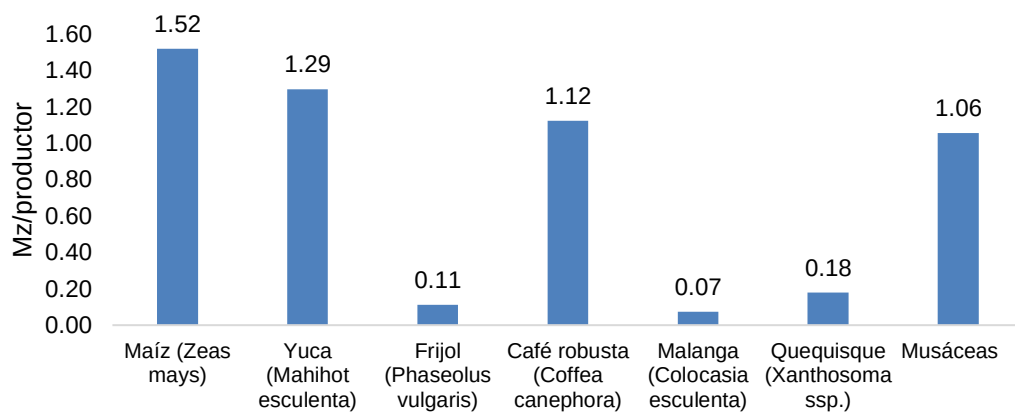


Figura 6. Cultivos agrícolas predominantes

5.2. Manejo de suelos en sistemas agrícolas de colonia Providencia

La SEAE, 2008 plantea que el manejo de suelo es el medio y la capacidad para ejecutar cualquier propuesta y aconsejar dentro de un marco legal sobre el buen manejo de suelo tomando en cuenta algunas medidas de manejo como: evitar encharcamiento, mejorar la permeabilidad del perfil mediante medios mecánicos y con la mejora del contenido de materia orgánica, disminuir el paso de maquinarias y las labores de suelo húmedo para disminuir la compactación del mismo. En palabras sencillas, el manejo de suelos se refiere a todas aquellas prácticas que definirán la productividad de este, su salud y su sostenibilidad.

Como parte del manejo de los suelos agrícolas en colonia Providencia, se consideró clave la forma de preparación de estos, considerándola como las prácticas encaminadas a crear condiciones favorables para

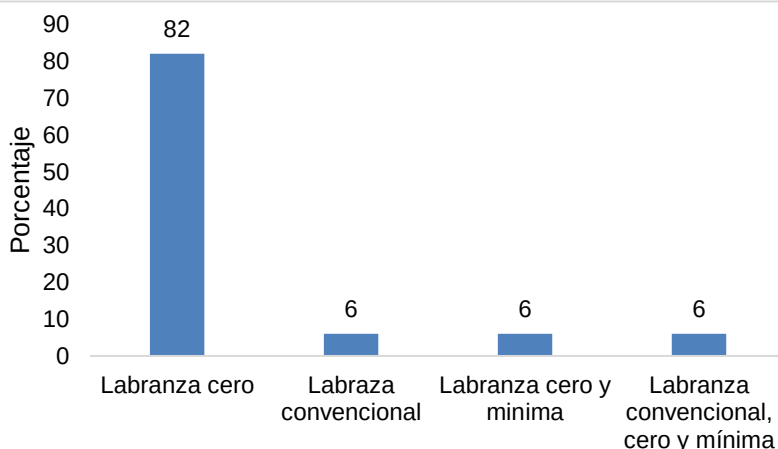


Figura 7. Formas de preparación de suelos

el buen desarrollo de los cultivos, que va desde la germinación de las semillas, desarrollo radicular y vegetativo, todo ellos se traduce en lograr los mejores rendimientos.

En este particular, la gran mayoría de los productores utiliza la labranza cero, esto es lógico pues tiene que ver con el tamaño de las áreas de cultivos y los cultivos en si (ver figura 6). De alguna manera, la labranza cero es beneficiosa para perdurar las propiedades físicas del suelo, sin embargo, la labranza mínima es

importante practicarla cada cierto tiempo para mejorar la estructura de suelos que tienden a compactarse, esto como una práctica de manejo de suelo que consiste en arar lo menos posible, ya que en exceso se afectan las propiedades físicas del suelo, en casos en que es necesario ya que los suelos son muy compactados, se debe recurrir al arado de cincel vibratorio o rígido, nunca arado de disco (FAO, 2000).

Bronzoni et al., (1996) establece que la labranza mínima continua manual se aplica bien en parcelas grandes en laderas con cultivos extensivos en hilera (maíz, frijol y arroz) labranza mínima individual se aplica bien en parcelas más pequeñas en laderas en cultivos como yuca, cucurbitáceas, y la labranza cero se aplica en parcelas extensivas para los granos básicos en su forma mecanizada se aplica para cultivos intensivos de maíz, frijol, sorgo, soya y arroz.

Los resultados de la figura 8 son concordantes con lo encontrado en las formas de preparación del terreno para siembra, pues de los pocos que no usan labranza cero, utilizan el arado con bueyes. Lo que en cierta medida es positivo como forma de labranza mínima esta mejora progresivamente la estructura de los suelos gracias a la descomposición e incorporación de la materia orgánica de los rastrojos (Bronzoni et al., 1996)

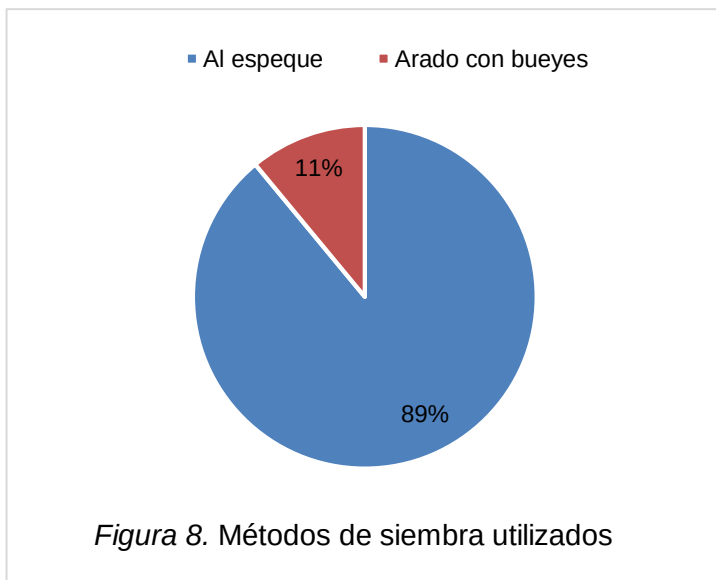


Figura 8. Métodos de siembra utilizados

La topografía del terreno es un factor que de una u otra manera está determinando los métodos de siembra implementados.

Según Mendoza et al., (2013) se refieren a que la fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En lo referente al suministro de condiciones

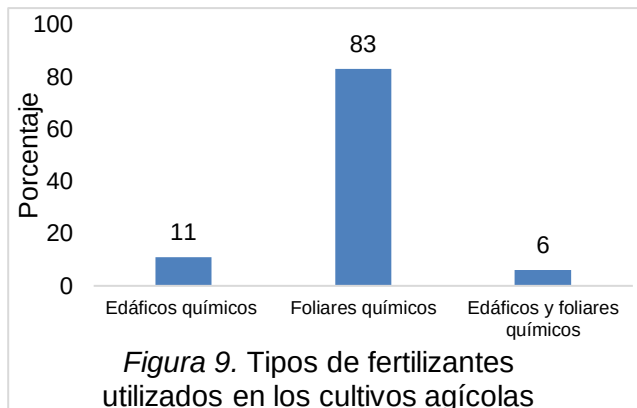


Figura 9. Tipos de fertilizantes utilizados en los cultivos agrícolas

óptimas para el asentamiento de las plantas estas características no actúan independientemente, sino en armónica interrelación que en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Lo anterior está relacionado con la fertilización que se haga a los suelos agrícolas. En el caso particular del estudio, se encontró que todos los productores en una u otra medida hacen fertilización, la mayoría la hacen foliar, es decir están pensando en la nutrición de la planta y no tanto en el suelo.

Se debe destacar que ninguno de los productores hace uso de los abonos orgánicos en sus cultivos, aun teniendo la posibilidad de materiales para implementarlos, perdiendo la posibilidad de mejorar sus suelos, obtener cosecha de calidad y conservar el suelo para usos futuros.

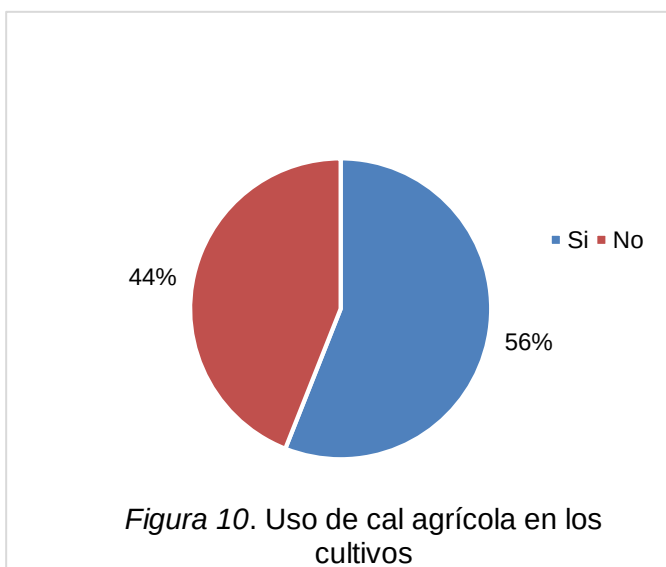
Herrán et al., 2008 plantean que la aplicación de abonos orgánicos aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, como sustancias húmicas (ácidos húmicos, fulvicos, y huminas). Lo que a su vez mejora la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de éstos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuye esta en suelos arcillosos, mejora la retención de humedad del suelo y la capacidad de retención de agua, estimula el desarrollo de plantas, mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial, eleva la capacidad tampón de los suelos, su acción quelante contribuye a

disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn) para la planta, el humus aporta elementos minerales en bajas cantidades, y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del

También es importante reconocer que el humus favorece el desarrollo normal de cadenas tróficas y su potencial para controlar poblaciones de patógenos del suelo

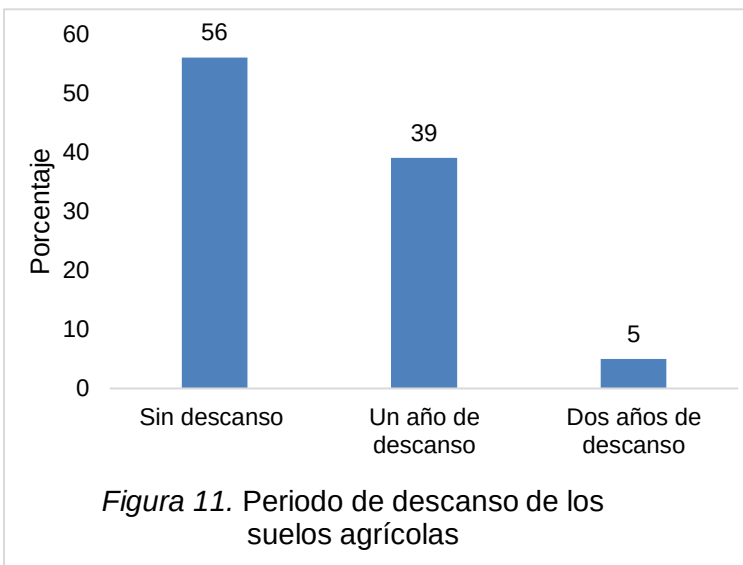
La práctica del encalado se refiere a la aplicación de un material alcalinizante al suelo, cuyo objeto es reducir la acidez del mismo e incrementar la disponibilidad de nutrientes, en especial calcio y magnesio (INTAGRI, 2016).

Acuña (2007) define que el encalado es la práctica más utilizada para corregir el pH ácido del suelo, con el cual se logra establecer un ambiente propicio en la raíz para el desarrollo normal de los cultivos. Tomando en cuenta el efecto del pH sobre la productividad de los cultivos, es importante la aplicación de cal. En el estudio se constató que el 56% de los productores han aplicado cal alguna vez en sus suelos, sobre todos los que se están dedicando a la actividad del café.



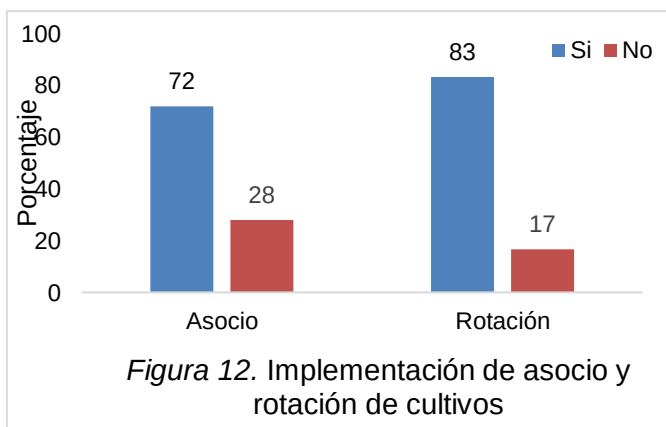
El encalado mejora la respuesta a la aplicación de fertilizantes en suelos ácidos. Esto se debe fundamentalmente a las mejores condiciones físicas y químicas que el suelo adquiere después de la aplicación de cal, produciendo un mejor ambiente para el desarrollo radicular. Una mejor exploración del suelo permite que la planta absorba los nutrientes de los fertilizantes aplicados del suelo incrementando los rendimientos del cultivo y la eficiencia de los fertilizantes.

Un aspecto importante del manejo del suelo, es el uso continuo de estos, la mayoría de los productores no le dan descanso al suelo, sobre todo los que están incursionando en cultivos permanentes como el café, ello demandaría hacer un manejo adecuado de la fertilización, encalado, entre otros.



La falta de descanso a los suelos agrícolas puede deberse a las pocas áreas disponibles para agricultura, los conocimientos sobre los efectos de no hacer tal actividad y la cultura de uso continuo de los suelos. Una estrategia de descanso de los suelos sería dejar las coberturas leguminosas para permitir el descanso de los suelos que están muy invadidos de malezas y para que contribuya a bajar su población. Cuando se vuelve a sembrar el cultivo la población de malezas es más baja y se podría bajar un poco el uso de herbicidas.

El asocio y rotación de cultivos, son prácticas de manejo del suelo que favorecen su recuperación, el aumento de la microfauna benéfica, la recuperación de la materia orgánica, así como la mejora de sus propiedades físicas como la textura y la estructura, la figura 12 indica un hecho positivo y es que la gran mayoría de las y los productores están utilizando en alguna medida estas formas de manejo del suelo.



Según ORGANICSA 2004-2005, la rotación y asocio de cultivos admite un mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y es un manejo de suelo que si se practica con leguminosas, se enriquece el suelo con nitrógeno a causa de la simbiosis que se establece entre las raíces y las bacterias fijadoras de nitrógeno, también permite un mejor aprovechamiento del espacio, otorgando al suelo una excelente cobertura y compone un gran método de control biológico de plagas y enfermedades.

El conjunto de prácticas y medidas de conservación y manejo de suelos aplicado a un terreno en forma integrada se llama un sistema

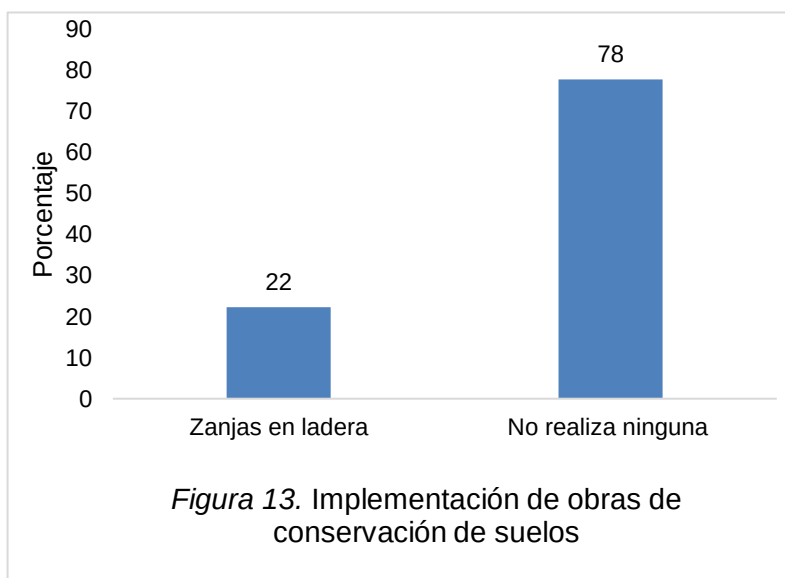


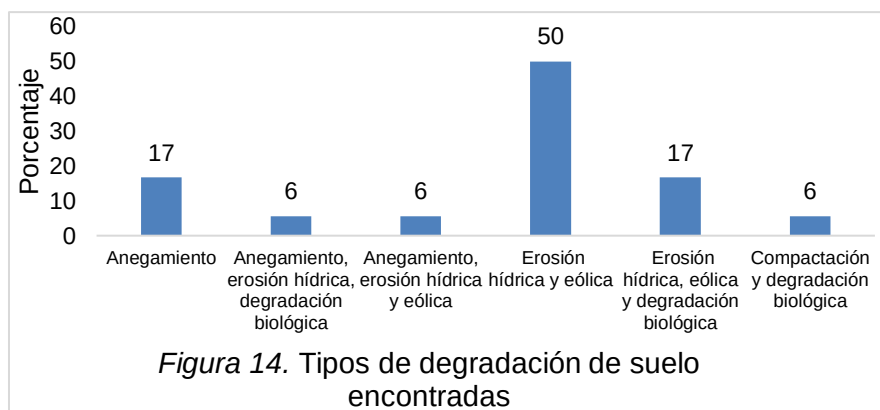
Figura 13. Implementación de obras de conservación de suelos

de conservación y manejo de suelos. Los sistemas varían en varios niveles, sobre la resistencia del suelo a la erosión, con un buen manejo del suelo sobre la protección de la tierra contra la erosión, por medio de unas prácticas culturales (coberturas vegetales) y de un adecuado manejo de la tierra sobre la energía del agua de escorrentía, por medio de estructura físicas que acortan el largo dependiente y reducen su magnitud.

Existe una diversidad de obras de conservación de suelos que se pueden implementar, las que dependen del tamaño del sistema, geografía, estado del suelo y recursos económicos. En la figura 13, se resalta el hecho de que la mayoría de los productores de colonia Providencia no implementan ninguna obra de conservación de

suelos, atentando de manera directa a la estabilidad y rendimiento de los mismos.

La degradación del suelo es un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del



ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema. En otras palabras, se entiende degradación de suelos como el descenso en la habilidad de los suelos para cumplir sus funciones como medio para el crecimiento de las plantas, como regulador del régimen hídrico y como filtro ambiental (FAO, 2015).

También se define degradación como la reducción de la capacidad productiva por la pérdida de sus propiedades físicas, químicas y biológicas consecuencia de un manejo inadecuado de su conservación.

La degradación del suelo es expresada de diversas maneras y causada por diversos agentes, en el estudio se encontró que en todas las unidades de producción hay indicios de degradación de suelos, que hasta el momento no son preocupantes, pero que requieren la identificación e implementación de acciones para detenerlas, entre las más relevantes resaltan la degradación hídrica y eólica y la degradación biológica, estas de hecho están correlacionadas con factores de manejo como la implementación de obras de conservación, fertilización y preparación del suelo, entre otras.

5.3. Factores que influyen en el manejo de los suelos agrícolas

Entre los factores que están determinando el manejo de los suelos agrícolas de colonia Providencia se pueden mencionar:

La rotación de cultivos: está es aplicada por el 83% de los productores (ver figura 12).

El asocio de cultivos: esta práctica de manejo es implementada por el 72% de los productores, sin embargo, un hecho cuestionable sería los tipos de socios manejados, pues estos deben ser planificados en base a los criterios de conservación de suelos y en algunos casos se hacen pensando más en la necesidad del productor (ver figura 12).

Periodo de descanso de los suelos: este es otro factor determinante en el manejo de los suelos agrícolas y en este caso, la mayoría de los productores está haciendo uso continuo del suelo y otra porcentaje significativo solo lo deja en descanso un año, lo que en su momento puede inducir a la degradación química, física y biología (ver figura 11).

Cultivos agrícolas manejados: el tipo de cultivo manejado es un elemento clave para determinar la vida útil de un suelo, en este caso, se están manejando cultivos altamente extractivos (yuca, quequisque), otros de bajos insumos, pero poco rentables por sus bajos rendimientos (frijol) y en otros casos se manejan cultivos que requieren altos contenidos de insumos externos como es el café robusta (ver figura 6). Todos los productores afirman realizar fertilización de estos cultivos, sin embargo lo hacen sin conocer las necesidades reales del cultivo ni la oferta de nutrientes del suelo.

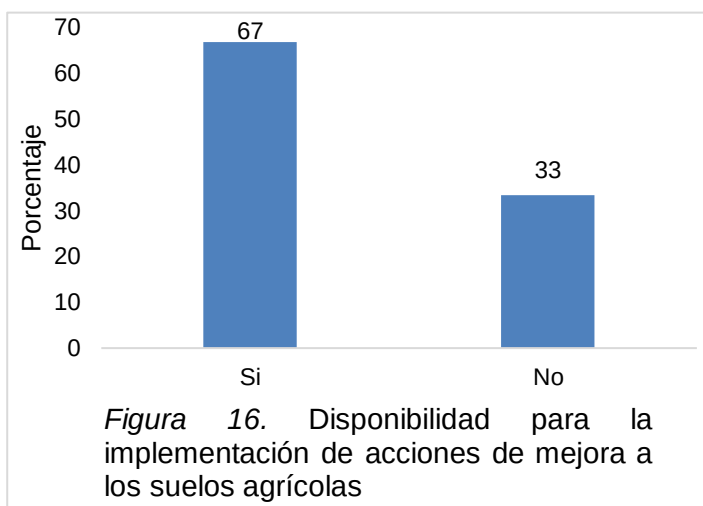
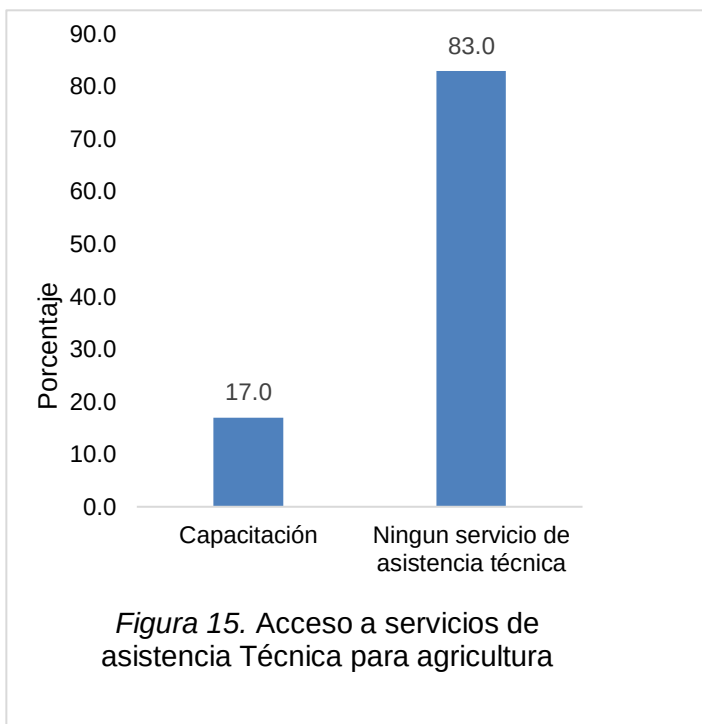
La mejor forma de promover los cambios positivos muy necesarios en el ámbito agropecuario es a través de la transferencia de tecnología y conocimientos que puede darse por medio de la asistencia técnica, esto permitiría que los productores, adopten nuevas tecnologías, afiancen y compartan sus experiencias,

implementen mejores prácticas de manejo del suelo y se convenzan que sólo tecnificando a ciertos niveles “mínimos” se logrará hacer de la agricultura una actividad rentable y sostenible (Álvarez y Cruz, 2011).

En el ámbito de la investigación, solo el 17% de productores afirma haber recibido capacitación y ninguno considera estar recibiendo asistencia técnica (figura 15), los pocos que han recibido capacitación consideran que esta ha sido de regular calidad, es decir no llena sus expectativas

y en algunos casos no apunta a sus necesidades, además que la frecuencia con que esta se recibe no es la adecuada, pues es de forma anual y/o cada 3 o 6 meses.

El poco acceso a la asistencia técnica es temán generalizado en el municipio, ya Álvarez y Cruz en 2011, reportaron que en Nueva Guinea solo el 17% de los productores del sector agropecuario recibe servicios de asistencia técnica, lo cual es un factor determinante en el manejo de suelos agrícolas.

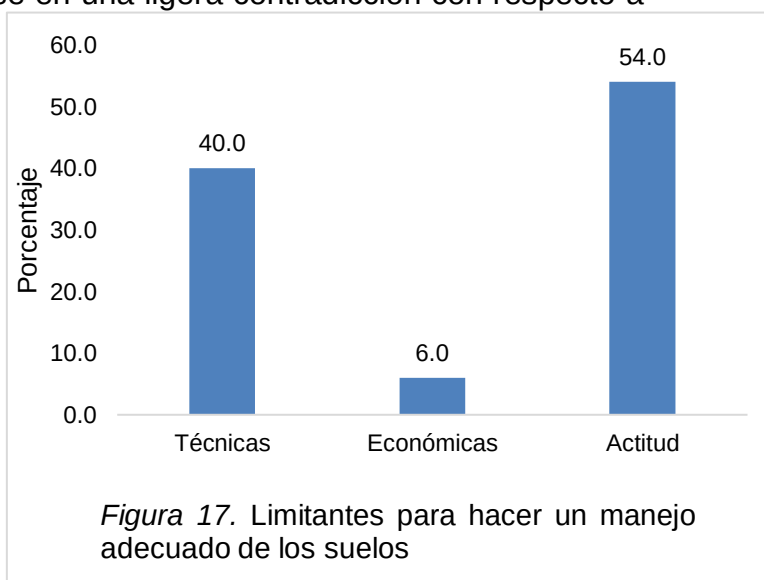


El 67% de los productores de colonia Providencia tiene disponibilidad para realizar prácticas de manejo de suelos, sin embargo el poco acceso a la asistencia técnica y capacitación es una limitante para la implementación de dichas prácticas.

Lo anterior se relaciona con lo establecido en la figura 17, en la que se refleja que desde la perspectiva de los productores, las limitantes para hacer un mejor manejo de sus suelos agrícolas son de tipo técnicas, de actitud y económicas.

Es interesante centrarse en una ligera contradicción con respecto a

lo dicho por los productores en relación con las limitantes para hacer un manejo adecuado de suelos y es que la mayor parte de ellos no lo hace por un asunto de actitud, es decir, que aunque tuvieran el acceso a la asistencia técnica y a la capacitación, si no se trabaja el tema de la disponibilidad y actitud, no se



cambiaría la situación. Otro elemento interesante es que las limitantes ni siquiera se relacionan con aspectos económicos.

5.4. Características químicas de los suelos agrícolas de colonia Providencia

Acidez, conductividad y macronutrientes

La FAO (2015) afirma que los nutrientes son las sustancias que existen en el suelo y que sirven para alimentar a las plantas, los principales nutrientes son: el nitrógeno, el fosforo, el potasio el

calcio, y el magnesio. Los 3 primeros son los más importantes porque las plantas los necesitan en mayores cantidades.

El desarrollo de los cultivos está condicionado por diversos factores, tanto bióticos como abióticos, dentro de estos últimos se encuentran las propiedades físico-químicas de los suelos.

El pH del suelo es una propiedad química del suelos, entendido como la concentración de iones de hidrogeno, este afecta en general a todos los cultivos, pues en su mayoría se les dificulta crecer en suelos ácidos, este influye sobre la solubilidad, movilidad y disponibilidad de algunos nutrientes del suelo

Los suelos agrícolas de colonia Providencia están en la categoría de medianamente ácidos (tabla 5), lo que a ese nivel puede bajar solubilidad del Fosforo y regular disponibilidad de Calcio y Magnesio, sin embargo en esa categoría, la mayoría de los cultivos pueden adaptarse.

Según Campos (2007) la fracción orgánica del suelo es de un 5% que está representada por todos los compuestos de origen biológicos presentes. Los tejidos vegetales y animales muertos, en sus diversos estados de descomposición y tipos de compuestos, se pueden considerar como materia orgánica. El contenido de materia orgánica es inestable en el suelo por la acción de micro-organismos, por lo tanto es imprescindible mantener constante el contenido de ésta en el suelo. La materia orgánica contiene carbono, hidrógeno, oxígeno, y nitrógeno, además fósforo, azufre, aluminio, hierro, silicio y otros micro-elementos en pocas cantidades.

En los suelos muestreados para todos los grupos de productores, se encontró más del 5% de materia orgánica en el suelo (tabla 5), esto según la clasificación para este parámetro biológico es entre alto y medio, lo cual es inusual en suelos de Nueva Guinea, en los cuales por lo general es baja. Un elemento que podría estar determinando el alto contenido de materia orgánica es la integración de rastrojos de cosecha.

El contenido de materia orgánica está directamente relacionado con el contenido de nitrógeno en el suelo (este representa el 5% del contenido de materia orgánica), el cual es el componente de los aminoácidos, ácidos nucleicos, nucleótidos, clorofila y de las coenzimas y responsable en gran medida del crecimiento y del color verde intenso de las hojas.

El nitrógeno es uno de los macro elementos esenciales del suelo para garantizar un adecuado desarrollo de los cultivos. Los contenidos encontrados de nitrógeno encontrado son adecuados pues en esos niveles satisface la demanda de la mayoría de los cultivos.

El total de nitrógeno en los suelos de Providencia va desde los 8115 kg/ha hasta los 6930, de este solo el 2% (ver tabla 5) está disponible para ser utilizado por las plantas en el proceso de absorción, estas cantidades son suficientes para la mayoría de los cultivos manejados en la zona.

Sin duda, algo que determina la calidad y fertilidad de un suelo agrícola es el contenido de sales presentes. Estas sales reducen el potencial osmótico de la solución del suelo, reduciendo al mismo tiempo la disponibilidad de agua para las plantas, a pesar de que el suelo muestre niveles razonables de humedad. La manera en la que se mide dicha salinidad en los suelos es mediante la conductividad eléctrica (CE) (INTAGRI, 2018).

La Conductividad Eléctrica es la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducción de esta; por lo tanto, mide la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo. Su valor es más alto cuanto más fácil se mueva dicha corriente a través del mismo suelo por una concentración más elevada de sales. Los suelos con alta conductividad eléctrica ($> 1000 \mu\text{S/cm}$) impiden el desarrollo de los cultivos, valores $< 500 \mu\text{S/cm}$ permiten un buen desarrollo.

Los suelos de colonia Providencia tienen valores de conductividad eléctrica de entre 68 a 93 $\mu\text{S/cm}$ (microSiemens/cm), a estos niveles la conductividad eléctrica no representa un riesgo para los

cultivos por exceso de sales (ver tabla 5), según la Universidad de Arkansas (2012), valores de hasta 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ son considerados normales y no representan riesgo para los cultivos.

Se debe destacar que los muestreos de suelo se hicieron en el mes de febrero, por lo cual en otra época de año los valores de la conductividad eléctrica podrían variar, ya que la precipitación es uno de los factores que la afecta.

Tabla 5. *Contenido de materia orgánica, nitrógeno, pH y Conductividad eléctrica en los suelos de colonia Providencia*

Grupo de productores	pH	MO (%)	MO (kg/ha)	Calificación	N (%)	N disp. en el suelo (kg/ha)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	5.59	5.41	162,300	Alta	0.27	162.3	93.3
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	5.87	5.25	157,500	Alta	0.26	157.5	67.9
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	5.87	4.62	138,600	Media	0.23	138.6	68.9

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua Universidad Nacional Agraria, febrero de 2018

El fósforo en el suelo es uno de los macronutrientes más importantes para los cultivos, este participa en la fotosíntesis, la respiración y la transferencia de energía en los procesos fisiológicos de las plantas, la división y el crecimiento de las células, además, promueve la formación temprana y el crecimiento de raíces, mejora la calidad de las verduras, frutas y cereales, es imprescindible para la formación de la semilla, acelera la maduración. Por eso la concentración de fósforo es más alta en la semilla que en cualquier parte de la planta (INATEC, 2016).

Los suelos de colonia Providencia para todos los grupos de productores están carentes de fosforo (ver tabla 6), es decir tienen deficiencia en relación a los requerimientos promedio de la mayoría de los cultivos que puede oscilar entre los 40 hasta los 130 kg/ha. Esto podría provocar en los cultivos un anormal desarrollo de las raíces, retrasos en la floración y fructificación, disminución de la cantidad de flores, marchitamiento y pudrición de hojas (INATEC, 2016).

Los bajos niveles de fosforo también afectan la absorción de otros elementos como el Magnesio y en los niveles encontrados en los sistemas de producción del estudio, los rendimientos podrían ser afectados hasta en un 35%. El manejo de la fertilización del suelo es un elemento clave para la corrección de las deficiencias de este elemento.

Tabla 6. *Contenido de Fosforo en los suelos de colonia Providencia*

Grupo de productores	P-disponible (ppm)	P elemental disp. en el suelo (kg/ha)	*Conversión a P_2O_5 (kg/ha)	Calificación
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	0.59	2	4	Muy bajo
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	1.05	3	7	Muy bajo
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	1.45	4	10	Muy bajo

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua Universidad Nacional Agraria, febrero de 2018

*El factor de conversión de P a P_2O_5 es 2.29, este es una constante

El Potasio en el suelo es otro macronutriente esencial para el crecimiento de las plantas, interviniendo en muchas reacciones y procesos metabólicos. Este ayuda al uso eficiente del agua, además es importante en la formación y calidad de los frutos, su presencia en la planta ayuda a la resistencia contra las enfermedades en forma directa, fortalece los tallos contra la invasión de patógenos y acame (caída) y aumenta el grosor de la cutícula de las gramíneas contra el ataque de hongos (INATEC, 2016).

En las unidades de producción del estudio, el contenido de potasio es moderado (ver tabla 7), estos niveles al estar muy próximos a ser bajos podrían hacer que las plantas muestren quemaduras en los bordes de las hojas, crecimiento lento y débil de tallos, semillas y frutos pequeños y por ende bajos rendimientos con una reducción de hasta un 15%.

La deficiencia de potasio puede afectar la absorción de otros elementos como el Manganeseo y Hierro, sin embargo en los niveles encontrados, se considera que el potasio no representa riesgo de deficiencias.

Tabla 7. *Contenido de Potasio en los suelos de colonia Providencia*

Grupo de productores	K-disponible (ppm)	K disp. en el suelo (kg/ha)	*Conversión a K ₂ O (kg/ha)	Calificación
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	0.21	246	295	Moderado
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	0.27	316	379	Moderado
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	0.25	293	351	Moderado

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua Universidad Nacional Agraria, febrero de 2018

*El factor de conversión de K a K₂O es 1.20, este es una constante

Bases del suelo

El aluminio es el factor más limitante del crecimiento y productividad de cultivos en suelos ácidos, la toxicidad por este elemento afecta la estructura y funcionamiento de la membrana celular, la nutrición mineral, y el metabolismo en general (Rivera, Moreno, Herrera y Romero, 2016).

Se ha estimado que entre un 30 a 40 % de los suelos agrícolas del mundo tienen problemas de acidez, limitando el crecimiento y desarrollo de los cultivos. En suelos con pH menor a 5, el aluminio (Al) es un elemento perjudicial al solubilizarse en formas iónicas, es decir genera toxicidad para las plantas (INTAGRI, 2018).

La corteza terrestre está compuesta por más de 15 % de óxido de aluminio (Al_2O_3), el cual en condiciones neutras o alcalinas es poco soluble y por tanto no alcanza concentraciones tóxicas para los vegetales; sin embargo, con la reducción del pH del suelo se incrementa su solubilidad, llegando a ocupar más de la mitad de los sitios de intercambio iónico en el suelo (INTAGRI, 2018).

Las unidades de producción estudiadas muestran altos contenidos de aluminio (ver tabla 8), a esos niveles, este elemento causa toxicidad a las plantas, pues el umbral en el que el aluminio disponible o soluble en el suelo puede comenzar a dañar los cultivos es de aproximadamente 0.5 ppm. Son pocos los cultivos que toleran más de 1 ppm. Como consecuencia se presentan deficiencias nutrimentales severas relacionadas a las bases (Ca, Mg y K) intercambiables y efectos tóxicos causados por los iones H^+ , Al^{3+} y Mn^{2+} .

La estrategia más eficaz para mejorar los problemas de toxicidad por aluminio es la adición al suelo de materiales correctivos como la cal o abonos orgánicos, sin embargo es un factor desfavorable el hecho de que ninguno de los productores está usando abonos orgánicos (figura 9) y poco más de la mitad utilizan el encalado de suelos (figura 10).

La Capacidad de Intercambio catiónico es una propiedad química del suelo y se refiere a la cantidad total de cargas negativas que están disponibles sobre la superficie de las partículas en el suelo. También se puede definir como el número total de cationes intercambiables que un suelo en particular puede o es capaz de retener (cantidad total de carga negativa). Conocer CIC de un suelo es fundamental, pues este valor nos indica el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes. Además la CIC afecta directamente la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes.

Los aportes de materia orgánica además de provocar un incremento en la CIC, también mejoran las propiedades físicas del suelo, incrementa la infiltración de agua, mejora la estructura del suelo, provee de nutrimentos a la planta y disminuye las pérdidas por erosión.

Los suelos de colonia Providencia tienen rangos de CIC que van desde los 19 hasta los 35 meq/100 g de suelo (tabla 8), esto significa que son niveles de bajo a moderado, por lo cual se debe procurar elevar con algunas limitantes de nutrientes y que deberían tener más disponibilidad de materia orgánica, CIC superior a los 35 meq/100 g de suelo serían ideales.

Tabla 8. *Análisis de las bases en los suelos de colonia Providencia*

Grupo de productores	Al (meq/100 g suelo)	Al disp. en el suelo (kg/ha)	Calificación	CIC (meq/100 g suelo)	Clasificación
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	0.23 (20.7 ppm)	62.1	Alto	34.78	Medio
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	0.11 (9.9 ppm)	29.7	Alto	19.5	Bajo
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	0.11 (9.9 ppm)	29.7	Alto	34.22	Medio

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua Universidad Nacional Agraria, febrero de 2018

Micronutrientes

Contenido de hierro (Fe) y Cu (cobre) en los suelos de colonia Providencia

El hierro en el suelo es un catalizador en la formación de la clorofila y es un portador de oxígeno. También participa en la formación de enzimas respiratorias y se encuentra particularmente en los órganos en crecimiento y de mayor actividad fisiológica de las plantas como yemas, hojas jóvenes, flores y embriones. En nuestros suelos no es común la carencia de hierro, por lo contrario hay una tendencia de acumulación de este.

La toxicidad de hierro se caracteriza por pequeñas manchas color café comenzando por el ápice hacia la base de la hoja. El resto de la hoja permanece verde. Si la toxicidad es grave, las hojas se tornan color oscuro violeta.

En el muestreo a las unidades de producción de Providencia se encontró contenidos de hierro desde los 48 hasta los 119 kg/ha (tabla 9). Los niveles de hierro en el suelo se consideran críticos en concentraciones menores o iguales a 23.6 ppm (Rodríguez y Rodríguez, 2002), esto indica que los suelos en estudio deficientes de hierro, lo que indicaría que no representan peligro de toxicidad.

El cobre (Cu) en los suelos agrícolas de colonia Providencia se encontró en altos contenidos que en rangos desde los 7.5 hasta los 25 kg/ha (los rangos normales son de 0.05-0.5 ppm). Este micronutriente es necesario para la formación de la clorofila (70 % del Cu de la plantas verdes se encuentra en la clorofila), es catalizador de procesos biológicos y promueve la formación de productos orgánicos aunque no forme parte de los mismos. Se considera que los niveles en los que se encontró este elemento son adecuados para los cultivos.

El exceso de cobre en el sustrato puede afectar el desarrollo de la raíz; este quema sus puntas provocándole un crecimiento lateral

excesivo. En la planta, los altos niveles de cobre pueden competir con la absorción de hierro

Tabla 9. *Micronutrientes de los suelos de colonia Providencia*

Grupo de productores	Fe (ppm)	Fe disp. en el suelo (kg/ha)	Cu (ppm)	Cu disp. en el suelo (kg/ha)
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	25.80	77.40	2.50	7.50
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	16.00	48.00	8.30	24.9
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	39.70	119.10	7.10	21.30

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua Universidad Nacional Agraria, febrero de 2018

Contenido de manganeso (Mn) y Zinc (Zn) en los suelos de colonia Providencia

El manganeso es uno de los elementos más importantes en el sistema enzimático y metabólico de las plantas, este participa directamente en la formación de la clorofila y la fotosíntesis, acelera la germinación y madurez. Su importancia es conocida en el metabolismo de N.

En los sistemas agrícolas muestreados se encontró el manganeso en rangos desde los 84 hasta los 172 ppm (<de 40 ppm es bajo), por lo que se deduce que en estos sistemas su contenido va de medio a alto (ver tabla 10), lo que en su momento podría traducirse en ligeras afectaciones en el comportamiento de los cultivos.

El zinc en el suelo ayuda a las sustancias en crecimiento, reacciones metabólicas y formación de clorofila e hidratos de carbono. Es el componente metálico de una serie de enzimas y participa en la producción de hormonas como las auxinas.

Este elemento se considera en niveles altos cuando se encuentra entre 4 a 8 ppm (ver tabla 10). En los suelos muestreados no se

considera que haya deficiencias de zinc, lo que es una ventaja para los productores.

Tabla 10. *Micronutrientes de los suelos de colonia Providencia*

Grupo de productores	Mn (ppm)	Mn disp. en el suelo (kg/ha)	Zn (ppm)	Zn disp. en el suelo (kg/ha)
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	113.70	341.10	7.90	23.70
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	172.00	516	10.50	32.50
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	84.00	252	7.00	21

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua Universidad Nacional Agraria, febrero de 2018

5.5. Características biológicas de los suelos agrícolas de colonia Providencia

Las características biológicas del suelo están directamente relacionadas con su actividad biológica, pero este depende en cierta medida de propiedades físicas. En esencia las propiedades biológicas se refieren a los restos de origen animal y vegetal que llegan al suelo como materiales frescos e inertes, que en presencia de humedad y temperatura quedan sujetos a la descomposición provocada por los macro y microorganismos del suelo que los someten a un dinámico estado de desintegración y resintetización creándose al final de este proceso una unidad integrada de componentes orgánicos e inorgánicos en la nueva composición del suelo.

La materia orgánica es una de las propiedades biológicas del suelo que resalta por excelencia, esta ejerce enormes acciones benéficas sobre los suelos, entre ellas:

- Posee una gran capacidad de mantener los nutrientes en forma intercambiable, en equilibrio fácil y rápido con la solución del suelo, es decir tiene una alta CIC.
- Mejora las condiciones físicas del suelo (textura, estructura, porosidad).
- Aumenta la infiltración y retención de agua disminuyendo los efectos de las sequías, la aireación del suelo y la percolación del agua en el perfil.
- Incrementa la actividad biológica y con ello la disponibilidad de los nutrientes.

Los suelos de colonia Providencia tienen un alto contenido de materia orgánica con rangos que van desde los 138,000 hasta los 162,00 kg/ha (ver tabla 5). Lo que de alguna manera está influyendo en la estabilidad de algunos micronutrientes como el Zinc, Cobre y Manganeseo.

Los microorganismos o micro flora son los componentes más importantes del suelo. Constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo. Una mayor cantidad de microorganismos en el suelo permite una mejor actividad metabólica y enzimática para la planta aumentando su nutrición y por ende se incrementan los rendimientos.

Los microorganismos que se desarrollan en el medio edáfico también se ven influenciados por las propiedades físicas del suelo. Por ejemplo, la capacidad del suelo de almacenar y transmitir calor (propiedades térmicas) tiene una influencia directa en sus tasas de crecimiento y desarrollo. Asimismo, las reacciones químicas y procesos enzimáticos que se llevan a cabo en el suelo, se ven influenciados por la temperatura del medio edáfico. De igual manera, la retención de humedad, y más específicamente los potenciales de agua asociados a la cantidad de agua existente en el suelo, juegan un rol preponderante en el desarrollo y supervivencia de los organismos del suelo

Respecto a la presencia de micro y meso fauna observable en estos suelos, no se logró identificar en los perfiles estudiados. Esto

tiene relación con el hecho de que se usa de manera significativa el control de malezas con productos químicos que inhiben la actividad de estos organismos.

5.6. Características físicas de los suelos agrícolas de colonia Providencia

Las propiedades físicas de los suelos están íntimamente relacionadas con los procesos químicos y biológicos que ocurren constantemente en el sistema edáfico. La nutrición de las plantas por ejemplo, depende en gran parte de las condiciones de aireación y disponibilidad de agua que el suelo posea. Otro ejemplo lo constituye el desarrollo de las raíces en el suelo. Tal desarrollo es función de la existencia de poros, y de la resistencia que las partículas del suelo impongan al desarrollo de las raíces (Álvarez, 2014).

Perfil del suelo

Horizontes del suelo

Según Campos (2007) induce que el perfil del suelo se considera como un corte transversal hasta alcanzar el material parental o la roca y está compuesto por los horizontes, puede contener uno, dos, tres o más horizontes. Todo horizonte es una reacción completa de un conjunto de procesos químicos, físicos y biológicos.

Los suelos de colonia Providencia son suelos poco profundos, solo muestran dos horizontes claros (A y B), el horizonte A generalmente es de color más oscuro debido a la materia orgánica descompuesta (humus) y en proceso de descomposición, es el horizonte que suministra mayor cantidad de nutrientes a las plantas (tabla 11).

Tabla 11. *Profundidad y características de los horizontes de suelo de colonia Providencia*

Grupo de productores	Profundidad de horizontes (cm)	Descripción del horizonte
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	Horizonte A (20cm)	Suelos compactos con poca presencia de raíces, sin presencia de micro y macro fauna
	Horizonte B (80cm)	
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	Horizonte A (11 cm)	Suelos compactos con poca presencia de raíces, sin presencia de micro y macro fauna
	Horizonte B (89 cm)	
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	Horizonte A (12 cm)	Suelos compactos con poca presencia de raíces, sin presencia de micro y macro fauna
	Horizonte B (88 cm)	

Color del suelo

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 ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato (FAO, 2015).

El color del suelo puede proporcionar información clave sobre otras propiedades del medio edáfico. Horizontes superficiales de colores oscuros tenderán a absorber mayor radiación y por consiguiente a tener mayores temperaturas que suelos de colores claros.

Como se aprecia en la tabla 12, los suelos de colonia providencia son en lo general de color rojo, lo que indicia alto contenido de arcilla, plasticidad, pero también suelo que tienden fácilmente a compactarse. Los colores rojos se asocian a procesos de alteración de los materiales parentales bajo condiciones de alta temperatura, baja actividad del agua, rápida incorporación de materia orgánica, niveles bajos de fertilidad del suelo, pH ácidos y ambientes donde

predominan los procesos de oxidación. El color rojo marrón se asocia se relaciona con condiciones de media a baja fertilidad del suelo, por lo general es indicativo de meteorización bajo ambientes aeróbicos (oxidación).

Tabla 12. *Color de los suelos agrícolas de colonia Providencia*

Grupo de productores	Código de color (tabla Munsell)	Descripción
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	Horizonte A 5YR 3/4	Suelos de color rojizo oscuro, arcilloso, generalmente en estructura de bloques y angulares, muchos poros finos y poco finos, plástico adherente.
	Horizonte B 5YR 4/6	Suelos de color rojizo oscuro, arcilloso, generalmente en estructura de bloques y angulares, muchos poros finos y poco finos, plástico adherente.
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	Horizonte A 5YR 3/4	Suelos de color rojizo oscuro, arcilloso, generalmente en estructura de bloques y angulares, muchos poros finos y poco finos, plástico adherente.
	Horizonte B 5YR 4/4	Suelos de color rojizo oscuro, arcilloso, generalmente en estructura de bloques y angulares, muchos poros finos y poco finos, plástico adherente.
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	Horizonte A 7.5YR 5/3	Suelos de color pardo oscuro, generalmente arcilloso y franco arcilloso, estructura angular fina, plástico y adherente, muchos poros finos.
	Horizonte B 2.5YR 3/6	Suelo de color rojo, arcilloso, generalmente en estructura de bloques y angulares, muchos poros finos y poco finos, plástico adherente.

Textura, estructura y densidad del suelo

La textura del suelo es la proporción en la que se encuentran distribuidas las partículas elementales que pueden conformar un sustrato. Según sea el tamaño, porosidad o absorción del agua en la partícula del suelo o sustrato (FAO, 2015).

Los suelos muy arcillosos tienden a contener un exceso de agua y tienen una textura viscosa que los hace resistentes al cultivo y que impide, con frecuencia, una aireación suficiente para el crecimiento normal de las plantas, también tiende a retardar el movimiento del agua y aire, siendo altamente plástico y fuertemente adhesivo cuando esté demasiado mojado.

Los suelos de colonia Providencia son arcillosos (ver tabla 13), lo que los expone a una fácil compactación si no se dispone de medidas de protección.

Un elemento positivo es su estructura unigranular (tabla 13), es decir que los agregados del suelo permiten por su forma, mayor porosidad, aireación e infiltración del agua, esto es una ventaja para de cierta medida mitigar la compactación, sumado a esto en positivo es que el contenido de materia orgánica es alto. La importancia agro técnica de la estructura es que permite determinar el tipo de laboreo del suelo, maquinaria, equipos y herramientas a utilizar, sistemas de riego, tipos de obras de conservación de suelo y sistemas de producción (INATEC, 2016), en suelos con esta estructura se puede trabajar con labranza mínima.

La densidad aparente de los suelos es función del espacio poroso del suelo. A menor espacio poroso, la densidad aparente aumenta, es decir que los suelos están más compactados (Álvarez, 2014). La densidad aparente es una de las propiedades físicas más utilizadas en la determinación de compactación de los suelos (INATEC, 2016), la densidad aparente de los suelos de Providencia llega hasta los 2.59 g/cm^3 (tabla 13), lo que indica que son suelos de alta densidad con ciertos niveles de compactación.

Tabla 13. *Textura, estructura y densidad aparente de los suelos agrícolas de colonia Providencia*

Grupo de productores	*Clase textural	Estructura	*Densidad aparente (g/cm³)
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	Arcilloso (68% arcilla)	Unigranular	2.59
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	Arcilloso (65% arcilla)	Migajoso	2.53
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	Arcilloso (46% arcilla)	Unigranular	2.52

Fuente: *Laboratorio de Suelos y Agua Universidad Nacional Agraria, febrero de 2018

Capacidad de Infiltración

La infiltración es la entrada del agua de lluvia que penetra en el suelo por percolación, se refiere a la entrada descendente o movimiento del agua a través de la superficie del suelo, la permeabilidad indica la facilidad relativa del movimiento del agua dentro de un suelo, una superficie compacta permite menos infiltración del agua lo que puede provocar anegación del suelo y afectar directamente los cultivos.

Los suelos de colonia Providencia tienen una infiltración rápida (tabla 14), hasta cierto punto esto es positivo, pues es un indicador que los suelos aún no están compactados a niveles de degradación significativos.

Tabla 14. Infiltración del agua en los suelos agrícolas de colonia Providencia

Grupo de productores	Velocidad de infiltración (mm/hora)	Escala
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	1000	Infiltración rápida
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	800	Infiltración rápida
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	680	Infiltración rápida

Relieve o pendiente

La pendiente se refiere al grado de inclinación de los terrenos y de ella depende las actividades de manejo que se tengan que implementar en dichos suelos. Los suelos de colonia Providencia tienen pendientes oscilan entre planos a ligeramente inclinados hasta moderadas (tabla 15), ello implicaría que los productores deben tomar en cuenta este aspecto para establecer los tipos de cultivos, las formas de preparación y obras de conservación de suelos.

Tabla 15. Pendiente de los suelos agrícolas de colonia Providencia

Grupo de productores	Pendiente (%)	Descripción
Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura	3.85	Plano a ligeramente inclinado
Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura	8.3	Moderada a fuertemente inclinada
Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura	4.42	Moderada a fuertemente inclinada

5.7. Alternativas para un manejo adecuado de los suelos agrícolas de colonia Providencia

A continuación algunas ideas para que las y los productores de colonia Providencia tengan en cuenta en el manejo de sus suelos

agrícolas, estas se emanan en concordancia con los resultados encontrados.

- Implementar prácticas de conservación de suelos para mitigar los efectos de la erosión, estas pueden ser barreras vivas, curvas a nivel, barreras muertas, zanjas de retención, asocio de cultivos, barbechos. El diseño y establecimiento de estas obras deberá procurar el aprovechamiento de los recursos del sistema y considerar la capacidad económica del productor, los cultivos manejados y la severidad de la degradación.
- Implementar Sistemas Agroforestales en cultivos que permitan esta dinámica de producción, esto como estrategia de diversificación y conservación de suelos, además con miras a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de estos.
- Utilizar en forma muy selectiva las tecnologías mecánicas de preparación de suelos, evitar el uso de implementos no compatibles con las características físicas de los suelos.
- Los productores podrían con ayuda de personal técnico o estudiantes con capacidad técnica, evaluar propuestas para desarrollo de tecnologías y trabajos de investigación, a corto, mediano y largo plazo de tal manera que permita generar y/o seleccionar tecnologías apropiadas para promover un uso y manejo adecuado de los suelos agrícolas de esta comunidad.
- Se debe procurar el uso de enmiendas orgánicas, teniendo en cuenta los efectos positivos de estas y la posibilidad de uso de los recursos del entorno, ello se verá traducido en mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y por ende extendida su vida.
- La aplicación de enmiendas químicas, esto solo en casos realmente necesarios, ya sea por los bajos niveles de fertilidad del suelo y por las altas exigencias de los cultivos manejados, siempre teniendo como referencia los análisis químicos proporcionados en este informe u otros de los que se disponga y sean más recientes.
- Algunas prácticas que actualmente se realizan, tal es el caso del encalado de suelos deben mejorarse, es decir realizarse con

conocimientos sobre la acidez para determinar la cantidad apropiada de cal a suministrar.

- Ideal sería que los productores pudieran gestionar con las instituciones de gobierno o no gubernamentales apoyo para el desarrollo de sistemas de información del suelo que permita monitorear y prever los cambios de este.

VI. Conclusiones

- Los suelos agrícolas de colonia Providencia son manejados de forma tradicional con predominancia de labranza cero, sin hacer uso de abonos orgánicos, ni implementación de obras de conservación.
- El manejo de suelos está en función de los cultivos que se manejan (granos básicos, raíces y tubérculos, café robusta), también influyen los aspectos técnicos y la disposición del productor a hacer un manejo adecuado.
- Desde el punto de vista químico los suelos de la comunidad en estudio son ligeramente ácidos, con buena disposición de materia orgánica y nitrógeno, deficientes en fosforo y potasio.
- Físicamente los suelos son poco profundos, con dos horizontes definidos, rojos arcillosos, de estructura granular, con alta densidad aparente y con indicios de degradación física, química y biológica.

VII. Recomendaciones

- Los productores de colonia providencia deben implementar acciones de manejo sostenible del suelo, tales como abonos orgánicos con los recursos propios del sistema, y obras de conservación de suelos según los niveles y tipos de degradación.
- En cuanto a la fertilización se debe enfocar en los micronutrientes esenciales, y las enmiendas orgánicas para regular pH y promover la solubilidad de otros nutrientes. Los micronutrientes pueden ser dispuestos al suelo a través de abonos sólidos y líquidos.
- Los productores de colonia Providencia podrían mejorar aspectos físicos de sus suelos haciendo uso de la roturación de este con labranza mínima, implementación de asocio y rotación de cultivos, y como se dijo antes con integración de abonos orgánicos en diferentes formas.

VIII. Referencias

Acuña N. (2007). *Edafología*, Manual para estudiantes, Managua, Nicaragua.

Álvarez, Amador Carlos (2014). *Conocimientos básicos de suelo para el manejo de Sistemas Agroforestales*

Álvarez, Amador C., Cruz Pastora W. (2011). *Manejo de pasturas e implementación del componente arbóreo en las áreas de pastos de Nueva Guinea, RAAS, 2010*. URACCAN.

Bronzoni, G., Coghi, A., Cubero., Dandois, J., Dercksen, P., et al. (1996). *Manual de manejo y conservación de suelo y aguas*. EUNED: Editorial universidad Estatal a Distancia.

Campos, S. (2007). *Conservación de suelos y aguas*. Nicaragua, Departamento de curriculum.

FAO (2000). *Manual de Prácticas integradas de manejo de suelo*.

Herrán, Félix. Sañudo, Torres Jaime Alberto. Rojo, Martínez Rosario Raudel. Martínez-Ruiz Gustavo Enrique. Olalde, Portugal Rosa (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai* [en línea] 2008, 4 (enero-abril): 13 de abril de 2018] Disponible

en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46140104>
ISSN 1665-0441

INATEC (2016). *Prácticas de conservación de suelos y agua*.

INATEC (2007). *Técnicas de Conservación de Suelo*.

INTAGRI (2016). *La importancia del encalado en el manejo de los suelos ácidos*. De www.intagri.com

INTAGRI (2018). *La conductividad eléctrica del suelo en el desarrollo de los cultivos*. De <https://www.intagri.com>

López, E., Ramos, U., (2012). *Nueva Guinea de la esperanza en la pluvia selva de la ciudad de la Luz 1965-1985*. Nicaragua. Edición # 1.

Mendoza, K., Torres, R., Reyes, O., Catillo, X., Pentzke, E., Oviedo, C., (2013). *Evaluación del estado actual de la fertilidad de los suelos para la recomendación de alternativas del manejo sostenible de los suelos en las fincas de medianos y pequeños productores en el occidente del país*.

Rivera, Y., Moreno, L., Herrera, M., & Romero, H. M. (2016). *La toxicidad por aluminio (Al³⁺) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite*. Palmas, 37 (1), 11-23.

Proyecto de Desarrollo Rural (PRODES), 2002. *Metodología para facilitar la interpretación de análisis de suelo*.

PRODES (1992). *Estudio Agro Ecológico de la zona de Nueva Guinea*.

Restrepo, J., (1998). *El suelo la vida y los abonos orgánicos*. Alemania: primera edición- marzo 1998.

Rodríguez, Fuentes Humberto y Rodríguez, Absi José (2002). *Métodos de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación*. Ed. Trillas S.A, México.

SEAE, (2008). *Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción Ecológica*.

Universidad de Arkansas (2012). *Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos*. Departamento de Agricultura y Recursos Naturales.

www.ORGANICSA.net. *Rotación y asocio de cultivo en áreas agrícolas*

<http://www.fao.org>. *Importancia de los suelos en áreas agrícola*.

IX. Anexos

Anexo 1. Instrumento utilizado para el diagnóstico de identificación de estratos de productores

I. Introducción

Estimado productor (a) somos egresados de la Carrera de Ingeniería Agroforestal de la universidad URACCAN. El objetivo de visitarlo es para que nos colabore con la información necesaria sobre; Manejo y Características del suelo en áreas agrícolas que maneja en sus áreas productivas. Por ende la información que usted brindara será únicamente manejada por el equipo investigativo.

II. Datos generales

Fecha. _____

Nombre del productor. _____

Nombre de la finca. _____

III. Datos específicos

a) Área de la finca (mz): _____

b) Área dedicada a la agricultura (mz): _____

c) Cultivos que maneja

No.	Cultivo	Área (mz)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
	Total:	

Anexo 2. Instrumento (guía de encuesta) para aplicar a productores

I. Introducción

Estimado productor/a somos egresados de la carrera de Ingeniería Agroforestal de la universidad URACCAN. El objetivo de visitarlo es para que nos colabore con la información necesaria sobre Manejo y Características del suelo en áreas agrícolas que maneja en sus áreas productivas, la cual será útil para la realización de nuestra monografía como trabajo de culminación de estudios. La información que usted nos brinde será únicamente manejada por el equipo investigativo.

II. Información general

Nombre del productor (a): _____

Nombre de la finca: _____ Fecha: _____

III. Información específica

1. Tamaño del área finca (mz): _____

2. Área destinada a la producción agrícola (mz): _____

3. Cultivos agrícolas que usualmente maneja

Cultivo	Área (mz)	Observación

4. Método de preparación de suelo implementado
a. Labranza cero _____ b. Labranza mínima _____ c. labranza convencional _____

5. Sistemas de siembra utilizados
a. Al boleó b. Al espeque c. En arado

6. Periodo de uso continuo del suelo (años): _____

7. Periodo de descanso de los suelos (años): _____

8. Usa fertilizantes

Sí _____, No _____

9. Tipo de fertilizante que utiliza

Químicos _____ a. edáficos b. Foliares

Orgánicos _____ a. sólidos b. Líquidos

10. Ha aplicado cal sus áreas productivas

Si _____ No _____ frecuencia _____ En qué cultivo _____
Cantidad (qq/mz) _____

11. Implementación de abonos orgánicos

Sí _____ No _____

12. Tipos de abonos orgánicos

Cantidad (qq/mz) _____

Frecuencia: _____

A qué cultivos: _____

13. Realiza rotación de cultivos

Sí _____ No _____

14. Cultivos que rota

15. Implementa el asocio de cultivos

Sí _____ No _____

Cultivos que asocia:

16. Implementación de obras de conservación de suelo

Tipo de obra de C.S	Tamaño (mz, ml)	Características	Observaciones
Barreras vivas, Acequias o zanjas a desnivel, Barreras muertas de piedra, Diques de piedra y postes para eliminar cárcavas, Agroforestería con regeneración natural, Cultivos de maíz y frijol intercalados con leguminosas, Rotación de maíz y frijol con abono verde, Trazado de curvas a nivel, Las zanjas de ladera, Barreras muertas, Terrazas, Labranza en contorno, Manejo de rastrojos			

17. Tiene acceso a la asistencia técnica para manejo de suelos agrícolas

Sí _____ No _____

18. tipo de asistencia técnica/evento

Capacitación _____ talleres _____ transferencia de tecnologías _____ otros _____

19. Instancia que brinda la asistencia técnica: _____

20. Temas específicos en los que ha recibido asistencia técnica

21. Considera que la calidad de la asistencia técnica recibida es:

Excelente ()

Buena ()

Regular ()

Deficiente ()

22. Con qué frecuencia ha recibido la asistencia técnica
 Semanal_____ Quincenal_____ Mensual_____ Otros_____

23. Tiene usted disposición de implementar acciones para mejorar sus suelos agrícolas.

Sí_____ No_____,
 explique_____

24. Cuáles han sido las limitantes para hacer un manejo adecuado del suelo

Técnicas_____ Económicas_____ Actitud _____

Anexo 3. Formato para la evaluación de los niveles de degradación del suelo

Tipo de degradación	Nivel	Observación
Anegamiento		
Compactación		
Erosión eólica		
Erosión hídrica		
Degradación biológica		
Nivel: leve, moderada, severa		

Anexo 4. Formatos para la información del perfil químico del suelo

Toma de muestras para envío al laboratorio

Nombre del productor: _____
 Comunidad: _____
 Fecha de muestreo: _____
 Número de lote: _____
 Número de muestra: _____

Profundidad de la muestra (cm): ____
 Historia del terreno: _____
 Uso actual del terreno: _____
 Peso de la muestra (g): _____

Anexo 5. Caracterización del perfil del suelo

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción del perfil*
Horizonte 0 (H0)		
Horizonte A (HA)		
Horizonte B (HB)		
Horizonte C (HC)		
Horizonte R (HR)		

*Tener en cuenta actividad microbiológica, presencia de raíces, material orgánica, color del suelo, otros.

Estructura: _____

Capacidad de infiltración: _____

Color del suelo: _____

Pendiente del suelo

$$Pendiente (\%) = \frac{Distancia\ en\ vertical * 100}{Distancia\ en\ horizontal}$$

Anexo 6. Pendiente del terreno

Punto	Distancia vertical= altura (m)	Distancia horizontal (m)	Pendiente (%)
Punto 1			
Punto 2			
Punto 3			
Punto 5			
Punto 5			
Total			
Promedio para el lote			

Rangos de pendiente

Rango de pendiente (%)	Descripción
0-4%	Plana a ligeramente inclinada
4-15%	Moderada a fuertemente inclinada
15-25%	Moderadamente empinada
25-50%	Empinada
Más de 50%	Muy a extremadamente empinada

Anexo 7. Cómo determinar la capacidad de infiltración del suelo

Hagamos un hoyo de 30 cm de largo, 30 cm de ancho y 30 cm de profundidad, este lo llenamos hasta que el agua deje de fluir rápidamente, luego se le echa agua midiendo la cantidad que se ha echado y se mide el tiempo que el agua tarda en bajar cierta distancia, para conocer la velocidad de infiltración, podemos hacer comparaciones con la tabla de valores de la velocidad de infiltración que se muestra en la página siguiente.

Categoría	Velocidad
Infiltración muy lenta	1.27mm/h
Infiltración muy lenta	1.27mm/h – 5.08mm/h
Infiltración moderadamente lenta	5.08mm/h – 20.32mm/h
Infiltración moderada	20.32mm/h – 63.05mm/h
Infiltración moderadamente rápida	63.05mm/h – 127mm/h
Infiltración rápida	127mm/h – 254mm/h

Recuerde que debemos saber la velocidad a la que se infiltra el agua, la ecuación para esto es la de velocidad:

$$V = \text{Distancia/tiempo}$$

**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA
CARIBE NICARAGÜENSE**



URACCAN

Anexo 8. Aval Del Tutor

El tutor/a: **Tutor: Ing. Carlos Álvarez Amador**, por medio del presente escrito otorga el Aval correspondiente para la presentación de:

- a. Protocolo ☐
- b. Informe Final ☐
- c. Artículo Técnico ☐
- d. Otra forma de culminación (especifique): ☐

A la investigación titulada: Manejo y características de los suelos agrícolas de Colonia Providencia, Nueva Guinea, 2017

Desarrollada por el o los estudiantes: **Br Henryry Ariel García Aragón**

Br Juver José Sequeira Martínez

De la carrera: Ingeniería Agroforestal

Nombre y apellido del Tutor: **Tutor: Ing. Carlos Álvarez Amador**

Firma:

Recinto: URACCAN, Nueva Guinea

Extensión: Nueva Guinea

Fecha: Nueva Guinea, Mayo 2018