



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

Management and characteristics of agricultural soils in Providencia Town, Nueva Guinea, 2017

Henry Ariel García Aragón¹
Juver José Sequeira Martínez²
Carlos Álvarez Amador³

Resumen

Esta investigación respecto a la calidad y manejo de los suelos agrícolas fue realizada en 18 sistemas de producción agrícolas de la colonia Providencia, Nueva Guinea, 2017, seleccionados a través de un muestreo estratificado, 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, medianamente ácidos, con materia orgánica y nitrógeno adecuados para satisfacer la demanda de los cultivos, el fósforo es deficiente y el potasio moderadamente disponible.

Físicamente son suelos ultisoles, poco profundos con dos horizontes 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.

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

Abstract

This research regarding the quality and management of agricultural soils was carried out in 18 agricultural production systems of Providencia Town, selected through stratified sampling, these were organized into 3 groups according to the size of agricultural areas, characteristics were evaluated physical, chemical and biological soil, as well as the management activities carried out by producers. The physical-chemical analyses were carried out in the soil and water laboratory of the National Agrarian University.

Regarding the current use of agricultural soils, basic grains, roots and tubers and robusta coffee predominate, they are traditionally managed soils with indications of physical (hydric and wind) and biological degradation, moderately acidic, with organic matter and nitrogen suitable for satisfying crop demand, phosphorus is deficient and potassium is moderately available.

Physically they are ultisol soils, shallow with two defined horizons, dark reddish, clayey, generally in blocky and angular structure, many fine and shallow pores, and adherent plastic with organic matter content greater than 5%, moderately acidic.

¹ Ingeniero agroforestal, URACCAN Nueva Guinea, email: hgarcia0303@gmail.com No. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9261-8489>

² Ingeniero agroforestal, URACCAN Nueva Guinea, email: juvermartinezsequeira@gmail.com; No Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1999-3896>

³ Ingeniero agroforestal, especialidad en Desarrollo Local Centroamericano, especialista en Docencia e Investigación, docente de la URACCAN, recinto Nueva Guinea, email: caxy123@yahoo.com; No. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8588-4471>

Recibido: 25/10/2018 - Aprobado: 28/05/2020

Keywords: sustainable agricultural development; soil fertility; physicochemical characteristics; soil acidity; clayey; soil structure.

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.

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 cómo se maneja y cuáles son las características del suelo en áreas agrícolas de la colonia Providencia, afín de poder determinar el uso del suelo y las principales actividades que los productores realizan en su labor cotidiana.

II. Revisión de literatura

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 de este, los cuales ocupan los vacíos intersticiales (poros).

Manejo de suelo

En estudios realizados por la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE, 2008), afirman 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 del 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.

Importancia de los suelos en áreas agrícola

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015), se debe promover una mayor conciencia respecto al suelo como recurso limitado e imprescindible en la producción agrícola. Se estima que el 95% de los alimentos se produce directa o indirectamente en el suelo y que una gestión sostenible de este 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.

Uso actual del suelo

PRODES (1992), afirma que en la zona de este estudio 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 los rendimientos 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 ello, los finqueros venden sus tierras para deforestar otras áreas donde la historia vuelve a repetirse.

Factores de formación de suelos

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

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.

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 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 nutrimentos 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.

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.

III. Materiales y métodos

La investigación se realizó en fincas agrícolas de colonia Providencia, ubicada a 20 km al sur-este del municipio de Nueva Guinea, durante el 2017. El enfoque fue cuantitativo, porque se utilizó la recolección y análisis de datos para contestar preguntas de investigación, también se usó la estadística descriptiva para establecer con exactitud resultados fidedignos.

La investigación se adscribe a un nivel descriptivo, al generalizar el manejo y características del suelo en la comunidad en estudio, y de corte transversal porque se estudia el fenómeno en un período específico de tiempo. La muestra se realizó con 18 productores seleccionados al azar y distribuidos en 3 grupos o estratos. 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.

En el estudio se consideraron entre otras las siguientes variables: 1. Prácticas de manejo de suelo (tamaño de las áreas agrícolas, cultivos que maneja, obras de conservación de suelos en áreas agrícolas, métodos de preparación de suelo, sistemas de siembra, periodo de uso y descanso del suelo, fertilización, enclado, implementación de abonos orgánicos), 2. Perfil químico del suelo (fertilidad, disponibilidad de macronutrientes y micros nutrientes, pH, bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico), 3. Perfil físico del suelo y biológico (horizontes del suelo, textura, estructura densidad aparente, capacidad de infiltración, color del suelo).

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:

- Grupo 1. Productores que destinan de 5 a 10 mz a la agricultura.
- Grupo 2. Productores que destinan de 10.1 a 15 mz a la agricultura.
- Grupo 3. Productores que destinan de 15.1 a 25 mz a la agricultura.

Para la descripción del perfil del suelo se abrió una calicata de 1m de fondo por 1m de ancho y 1m 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 de productores. 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). Los análisis químicos enviados por el Laboratorio en unidades propias para este tipo de resultados (ppm, meq/100 suelo) fueron convertidas a kg/ha con la metodología propuesta por PRODES (1992) para un mejor entendimiento de estos.

IV. Resultados y discusión

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.

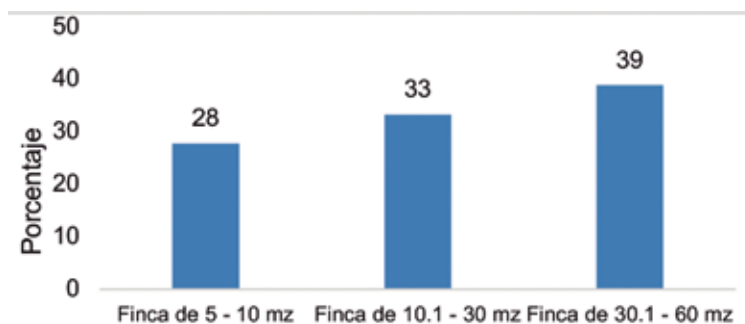


Figura 1. Tamaño de las unidades de producción incluidas en el estudio

La figura 2 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.

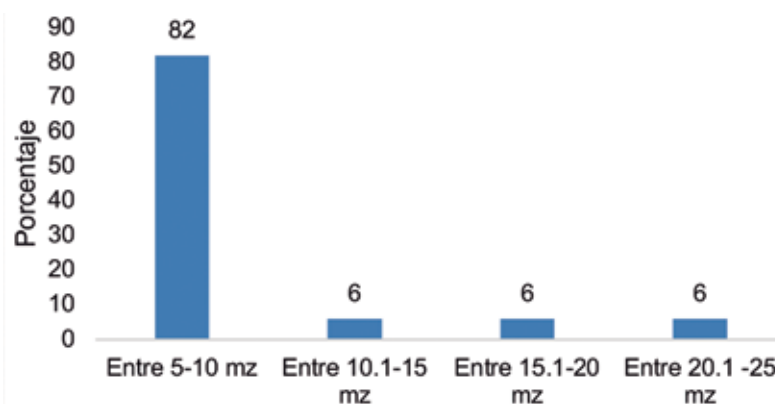


Figura 2. Cantidad de tierra destinada a la producción agrícola

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 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.

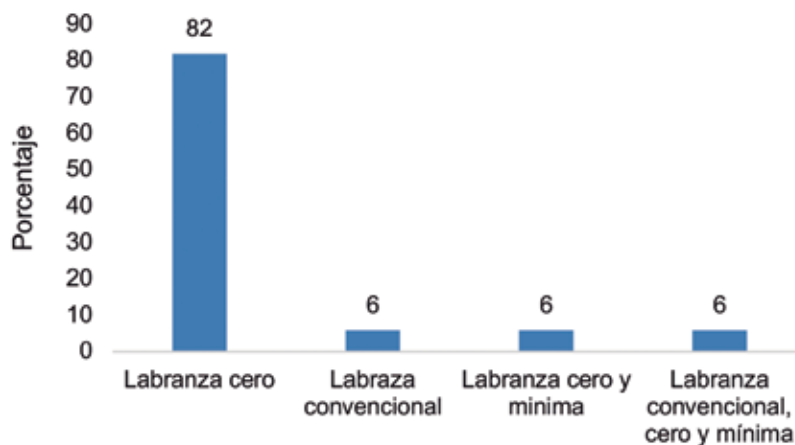


Figura 3. Formas de preparación de suelos

Como parte del manejo de los suelos agrícolas en la colonia Providencia, se consideró clave la forma de preparación de estos, considerándola como las prácticas encaminadas a crear condiciones favorables para el buen desarrollo de los cultivos, que va desde la germinación de las semillas, desarrollo radicular y vegetativo, todo ellos se traducen en lograr los mejores rendimientos.

En este particular, la mayoría de los productores utiliza la labranza cero; esto es lógico, tiene que ver con el tamaño de las áreas de cultivos y los cultivos en sí (figura 3). 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 para cultivos intensivos de maíz, frijol, sorgo, soya y arroz.

Los resultados de la figura 4, concuerdan con lo encontrado en las formas de preparación del terreno para siembra, puesto que los pocos productores 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 4. Métodos de siembra utilizados

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



Figura 5. Tipos de fertilizantes utilizados en los cultivos agrícolas

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 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 de la zona de 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, fúlvicos, 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 ésta 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.

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

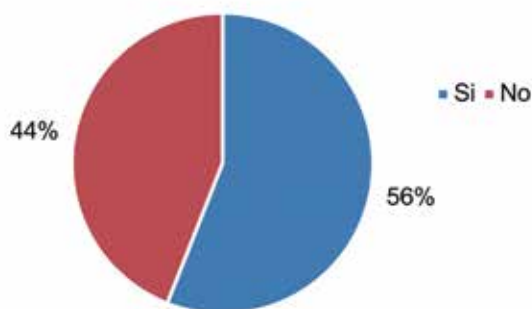


Figura 6. Uso de cal agrícola en los cultivos

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.

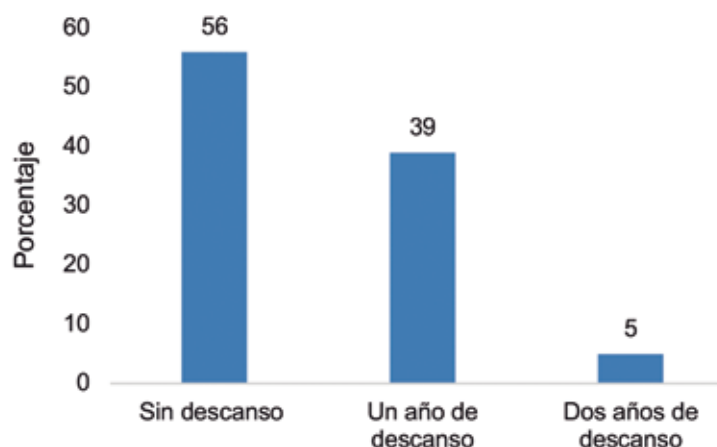


Figura 7. Periodo de descanso de los suelos agrícolas

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.

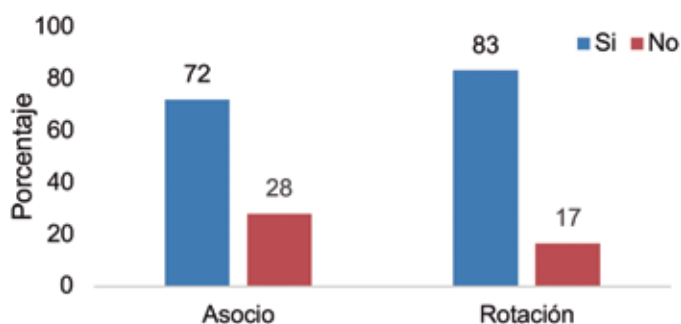


Figura 8. Implementación de asocio y rotación de cultivos

El asocio y rotación de cultivos son prácticas de manejo del suelo que favorecen su recuperación, el aumento de la micro-fauna benéfica, la recuperación de la materia orgánica, así como la mejora de sus propiedades físicas como la textura y la estructura, la figura 8 indica un hecho positivo y es que la gran mayoría de 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.

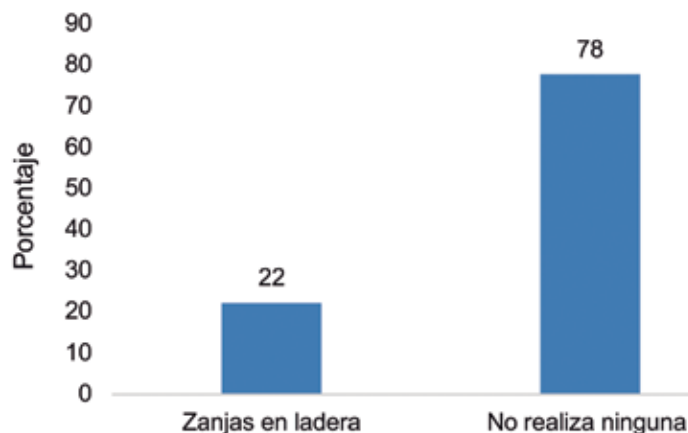


Figura 9. Implementación de obras de conservación de suelos

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 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 estructuras 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 9, 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.

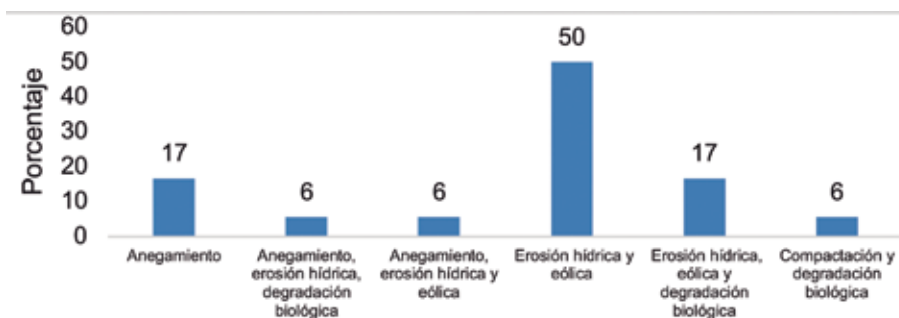


Figura 10. Tipos de degradación de suelo encontradas

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.

Características químicas de los suelos agrícolas de la 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, fósforo, potasio calcio y 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 suelo, 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 la colonia Providencia están en la categoría de medianamente ácidos (tabla 1), lo que a ese nivel puede bajar solubilidad del fósforo 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 micros 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 1), esto según la clasificación para este parámetro biológico está 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 1) 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 ($> 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$) impiden el desarrollo de los cultivos, valores $<$ a los $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ permiten un buen desarrollo.

Los suelos de la colonia Providencia tienen valores de conductividad eléctrica de entre 68 a $93 \mu\text{S}/\text{cm}$ (microSiemens/cm), estos niveles la conductividad eléctrica no representan un riesgo para los cultivos por exceso de sales (ver tabla 1), 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 1. 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 la colonia Providencia para todos los grupos de productores están carentes de fósforo (ver tabla 1), es decir tienen una 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 fósforo 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 2. Contenido de fósforo en los suelos de colonia Providencia

Grupo de productores	P-disponible (ppm)	P elemental disp. en el suelo (kg/ha)	*Conversión a P ₂ O 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 ₂ O 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 3), 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 manganeso y hierro; sin embargo, en los niveles encontrados, se considera que el potasio no representa riesgo de deficiencias.

Tabla 3. 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 K ₂ O 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 4), 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 nutricionales 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 y poco más de la mitad utilizan el encalado de suelo.

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 4. 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 en 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 5). 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 las 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; en este quema, sus puntas le provocan un crecimiento lateral excesivo. En la planta, los altos niveles de cobre pueden competir con la absorción de hierro

Tabla 5. 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 6), 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 6). En los suelos muestreados no se considera que haya deficiencias de zinc, lo que es una ventaja para los productores.

Tabla 6. 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

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:

1. 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.
2. Mejora las condiciones físicas del suelo (textura, estructura, porosidad).

3. 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.
4. Incrementa la actividad biológica y con ello la disponibilidad de los nutrientes.

Los suelos de la 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 manganeso.

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.

Características físicas de los suelos agrícolas de la 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 la colonia Providencia son suelos poco profundos, sólo 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 7).

Tabla 7. 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 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 8, los suelos de la 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 con condiciones de media a baja fertilidad del suelo, por lo general es indicativo de meteorización bajo ambientes aeróbicos (oxidación).

Tabla 8. 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.

Grupo de productores	Código de color (tabla Munsell)	Descripción
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 la colonia Providencia son arcillosos (ver tabla 9), lo que los expone a una fácil compactación si no se dispone de medidas de protección. Un elemento positivo es su estructura unigranular (tabla 9), 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/cm³ (tabla 9), lo que indica que son suelos de alta densidad con ciertos niveles de compactación.

Tabla 9. Textura, estructura y densidad aparente de los suelos agrícolas de colonia Providencia

Grupo de productores	*Clase textural	Estructura	*Densidad aparente (g/cm ³)
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 10), hasta cierto punto esto es positivo, pues es un indicador que los suelos aún no están compactados a niveles de degradación significativos.

Tabla 10. 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

V. Conclusiones

1. Los suelos agrícolas de las colonia Providencia son manejados de forma tradicional con predominancia de labranza cero, sin hacer uso de abonos orgánicos, ni implementación de obras de conservación.
2. El manejo de suelos está en función de los cultivos que se manejan (granos básicos, raíces y tubérculos, café robusto), también influyen los aspectos técnicos y la disposición del productor a hacer un manejo adecuado.
3. 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 fósforo y potasio.
4. 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.

Agradecimiento

Esta publicación obtuvo el financiamiento de: El Fondo de Asistencia Internacional de los Estudiantes y Académicos Noruegos (SAIH).

VI. Lista de referencia

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

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

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 Currículum.

- 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>
- 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*.
- 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 agrícolas*.