

**EVALUACIÓN DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMICAS DEL  
SUELO Y MICROCLIMA DE UN BOSQUE SECUNDARIO PARA SU FUTURA  
ADECUACIÓN EN SISTEMA SILVOPASTORIL**

**Lizeth Paola Rodríguez  
Julio Cesar Restrepo Tamayo**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
PEREIRA  
2016**

**EVALUACIÓN DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMICAS DEL  
SUELO Y MICROCLIMA DE UN BOSQUE SECUNDARIO PARA SU FUTURA  
ADECUACIÓN EN SISTEMA SILVOPASTORIL**

**Lizeth Paola Rodríguez**

**Julio Cesar Restrepo Tamayo**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de  
Médico Veterinario Zootecnista**

**DIRECTOR**

**Luz Andrea Guevara Garay**

**MVZ Esp, Nutrición Animal Aplicada. Cand M.Sc**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD**

**PROGRAMA MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**PEREIRA**

**2016**

**NOTA DE ACEPTACION**

---

---

---

---

---

**Firma del director**

---

**Firma del evaluador**

**Pereira, Risaralda, Enero de 2016**

## DEDICATORIA

*A DIOS infinita gratitud*

*A nuestros padres por su inmensa bondad, esfuerzo, esmero y Amor,*

*A nuestros hermanos, por su colaboración*

*A mi familia y amigos que de una u otra manera contribuyeron a la obtención de  
este gran logro*

## AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar sus agradecimientos a:

*A la Universidad Tecnológica de Pereira, por el apoyo para culminar este pregrado.*

*A mis padres, profesores y amigos, que me apoyaron y creyeron en mis conocimientos, capacidades y ganas de salir adelante.*

*A Luz Andrea Guevara Garay. MVZ Esp., por su apoyo, paciencia entrega, dedicación y acompañamiento en el desarrollo de esta investigación, y revisión del manuscrito.*

*A Adriano Antonio Rodríguez Torres. Ing. Agro Esp., por revisión del manuscrito.*

*Gracias a todos aquellos que de una u otra manera, contribuyeron a la realización de esta meta.*

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
LISTA DE TABLAS .....	7
LISTA DE FIGURAS .....	8
ANEXOS .....	10
RESUMEN .....	11
INTRODUCCION .....	13
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
HIPÓTESIS .....	17
OBJETIVOS.....	18
Objetivo General .....	18
Objetivos Específicos .....	18
MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE.....	19
EL NITRÓGENO .....	25
DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA.....	27
MINERALIZACIÓN E INMOVILIZACIÓN DEL NITRÓGENO.....	27
EL CARBONO.....	28
RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO.....	28
LOS FACTORES QUE VAN A INFLUIR EN LA RELACION C/N SON LAS SIGUIENTES:.....	29
4. METODOLOGIA .....	33
5. RESULTADOS Y DISCUSION .....	36
ANEXOS.....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	56

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Algunas características físicas del suelo de la finca el "PILAMO".....	36
Tabla 2. Características químicas del suelo de la finca "El Pilamo".....	38
Tabla 3 Características químicas (fosforo, hierro, magnesio, zinc, cobre, boro, azufre) del suelo de la finca el "Pilamo" .....	40
Tabla 4 Registros históricos Climatológicos, estación Alto el Pilamo .....	43
Tabla 5. Diferencias entre la temperatura (°C) y humedad relativa (%) al interior del bosque secundario y zona sin cobertura arbórea finca el Pilamo Abril 2015.....	44
Tabla 6. Diferencias entre la temperatura y humedad relativa al interior del bosque secundario y zona sin cobertura arbórea finca el Pilamo Enero 2016. ....	45

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

Ilustración 1. Localización aproximada de Granja Experimental “El Pílamó” en el Departamento de Risaralda. ....	33
Ilustración 2. Comparación de temperatura al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2015 .....	46
Ilustración 3 Comparación de Humedad Relativa al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2015 .....	46
Ilustración 4 Comparación de temperatura al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2016 .....	48
Ilustración 5 Comparación de Humedad Relativa al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2016. ....	49





## ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Resultados análisis de suelos.....	54
Anexo 2 Resultado de análisis de suelos .....	54
Anexo 3 Análisis estadístico de temperatura al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2015 .....	55
Anexo 4. Análisis estadístico de Humedad Relativa al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2015 .....	55
Anexo 5 Análisis estadístico de temperatura al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2016. ....	56
Anexo 6 Análisis estadístico de Humedad Relativa al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2016. ....	56
Anexo 7 Análisis estadístico de temperatura y Humedad Relativa al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2015.....	57

## RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en La Vereda “La Honda a 16 km del área urbana del municipio de Pereira (Risaralda), propiedad de la Universidad Tecnológica de Pereira. El bosque secundario evaluado, cuenta aproximadamente con 7 hectáreas en topografía ondulada. Se obtuvieron 18 sub muestras de suelo, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de la Universidad Tecnológica de Pereira con el fin de determinar las propiedades químicas y físicas del suelo. La determinación de las características del microclima y el registro histórico de la zona se realizó al medio día, se tomaron las mediciones de temperatura y humedad relativa al interior del bosque secundario en 10 diferentes puntos y de manera simultánea en la parte externa del bosque secundario se tomaron igual número de mediciones.

**Palabras clave:** Sistema silvopastoril, análisis fisicoquímico, condiciones ambientales, suelo, biodiversidad, compactación, animal, planta, minerales.

## SUMMARY

The study was conducted in the village “La Honda” which is located 16 kilometres from urban area of Pereira (Risaralda), owned by Technological University of Pereira. The secondary forest evaluated has about seven hectares of rolling hill landscape. Eighteen samples of soil were evaluated at the Technological university of Pereira Laboratory to find the physical and chemistry properties of the soil. The determination the characteristics of the microweather and the historical record of the area the temperature and humidity were recorded at ten different places inside the secondary forest as well from the external forest during noon.

**Key words:** silvopastoral system, physical chemical analysis, environmental conditions, soil, biodiversity, compaction, animal, plant, minerals.

## INTRODUCCION

El cambio climático en el mundo ha tenido un gran impacto en los últimos años, adicional a esto, la ganadería tradicional causa un impacto desfavorable sobre los recursos naturales, produciendo el deterioro de los ecosistemas utilizados.

Por esta razón, ha surgido la necesidad de utilizar nuevas herramientas de producción sostenible y amigable con el medio ambiente; así es como, en los últimos años en muchas regiones de Colombia se ha incrementado la implementación de sistemas silvopastoriles.

El sistema silvopastoril abarca un sin número de aportes positivos a la interacción suelo-planta–animal, manteniendo las condiciones naturales del suelo, favoreciendo el desarrollo y diversidad vegetal, lo cual mantiene a los animales dentro de condiciones favorables sin generar un impacto ambiental fuerte a diferencia de otros sistemas tradicionales de producción ganadera.

Con este trabajo se pretende analizar algunas características físicas y químicas del suelo así como el microclima en un bosque secundario que se pretende transformar a futuro en un sistema silvopastoril por selección vegetal.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son las características del microclima y el suelo del bosque secundario presente en la granja el Pilamo y como se diferencia el microclima con las zonas externas del bosque secundario?

Las áreas boscosas del mundo contienen 80% de la biodiversidad de fauna y flora del planeta, intervienen estrechamente en el ciclo del agua, la conservación de los suelos, la captura de carbono, entre otros (1-3).

La pérdida neta de bosques se sitúa en 7,3 millones de hectáreas anuales, unas 20.000 hectáreas diarias, una superficie que equivale dos veces a la ciudad de París. África, Latinoamérica y el Caribe son las regiones que experimentan mayores pérdidas, la región latinoamericana, con el 47 por ciento de los bosques de todo el mundo, reporta tasas de pérdida anual por encima del 0,51 por ciento (4).

En Colombia la tasa de deforestación promedio anual fue de 147.946 hectáreas durante los años 2011-2012, perdiendo en total 295.892 hectáreas de bosque natural, que equivaldría a 1,6 veces el área total del departamento del Quindío, este fenómeno se atribuye principalmente a la expansión de la ganadería extensiva, la expansión de frentes de colonización, los cultivos de uso ilícito, particularmente de coca, así como la tala y la minería ilegal (5).

En la actualidad, los sistemas de producción agrícola y pecuario han generado diversas problemáticas económicas y ambientales, por la sobreexplotación de los recursos disponibles para producción; fauna, flora, suelo y recursos hídricos (6).

La degradación del suelo ha producido cambios negativos de sus propiedades, resultado de las actividades de explotación donde se ve involucrado el uso desmesurado del suelo, acabando con la capacidad y el potencial del mismo,

afectando en gran medida la disponibilidad de nutrientes y la permanencia de las actividades agropecuarias como sistema productivo (7).

La erosión por exposición a diversas actividades humanas no encaminadas a la preservación y cuidado del medioambiente, involucra una pérdida de materiales importantes en el suelo como los minerales, a la vez que se presentan cambios en el pH, pérdida de la porosidad entre otros efectos negativos; perdiendo así la capacidad total o parcial de la productividad del suelo.

En ambientes de altas temperaturas y humedad ambiental, la pérdida de calor por el animal se dificulta por efecto de la disminución en la capacidad de termo regularse (8).

En la zona donde se encuentra ubicado el bosque evaluado la temperatura promedio y humedad son altas (9); por lo tanto procurar sistemas que ofrezcan una temperatura media inferior disminuirá las pérdidas de energía por activación de mecanismos de termorregulación y mitigará la depresión del consumo voluntario debido a la hipertermia (10)-(11).

La ganadería bajo el sistema silvopastoril por selección vegetal (SSPSV), contrarresta los efectos nocivos encontrados en ganaderías tradicionales, disminuyendo talas, quemas y producción de gas metano, debido a este sistema permite hacer uso más eficiente de la tierra, pastos y bosques; aumentando así la capacidad de carga y la capacidad de recuperación del suelo, por ende mejora el rendimiento productivo del animal, obteniendo un impacto económico, ambiental y social favorable (12).

Múltiples estudios en el mundo han demostrado que los sistemas silvopastoriles ofrecen un ambiente de mayor confort térmico a los animales por tanto su desempeño productivo y reproductivo se optimiza(13-17)

Por otro lado, investigaciones realizadas en el suroeste de Estados Unidos, Brazil, Nayarit en áreas de monocultivo y silvopastoreo, demuestran que las

características físico, químicas y microbiológicas del suelo son mejores en los SSP en comparación con las praderas tradicionales, con relación a esto, se han reportado incrementos en la micro fauna, los valores de pH, la concentración y captura de carbono, retención y disponibilidad de minerales, la capacidad de intercambio de cationes, el contenido de materia orgánica y reciclaje de nutrientes(18-23).

Este proyecto tiene como finalidad determinar las características del suelo y el microclima de un bosque secundario y el microclima de las zonas externas y aledañas a este con el fin de tener herramientas que sean útiles para el correcto establecimiento futuro de un sistema silvopastoril por selección vegetal.



## **HIPÓTESIS**

Las características del microclima al interior del bosque secundario difieren en gran medida de las presentes en las zonas externas a este y el suelo presente en este bosque tendrá características de buena fertilidad debido al tiempo prolongado durante el cual no ha sido intervenido y se ha realizado el reciclaje permanente de nutrientes.

# OBJETIVOS

## Objetivo General

Determinar en la finca el “Pilamo” las características fisicoquímicas del suelo al interior del bosque secundario y del microclima al interior y al exterior de este mismo, para su futura adecuación en sistema silvopastoril.

## Objetivos Específicos

- ✓ Realizar un análisis completo de los minerales del suelo de la zona del bosque secundario para conocer su estado previo a la implementación del sistema silvopastoril.
- ✓ Determinar las diferencias entre la temperatura y humedad relativa al interior del bosque secundario y en la zona sin cobertura arbórea externas a este.
- ✓ Establecer las pautas apropiadas para el manejo del suelo para el posterior establecimiento del sistema silvopastoril.

## MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

La ganadería tradicional es una actividad económica de origen muy antiguo, de la cual se desconocían los grandes efectos nocivos frente al medio donde se desarrolla la actividad productiva, efectos que causan diversos cambios drásticos de las condiciones físico-químicas normales o naturales, donde estas condiciones habían estado extremadamente favorables bajo un sistema boscoso (12).

Este tipo de producción ganadera se basa fundamentalmente en crianza de bovinos para la producción de carne o leche, los animales se mantienen en pastoreo al aire libre, cuyo alimento proviene de los pastos naturales en grandes extensiones, donde ellos son los encargados de seleccionar y buscar su alimento (7).

Uno de los puntos primarios de las problemáticas de la ganadería, es la constitución de muchos de estos sistemas en las selvas y bosques tropicales existentes, los cuales fueron talados, alterando las condiciones naturales, permitiendo a los fuertes rayos solares impactar directamente sobre el suelo y que procesos naturales como la lluvia arrastraran parte del suelo, deteriorando las condiciones existentes, dejando el suelo descubierto y desprotegido (12) .

El ganado bovino ocasiona uno de los más grandes daños asentado todo su peso sobre la pezuña favoreciendo la compactación de los suelos; el modelo ganadero de mono cultivo de gramíneas no contribuye a la conservación de las condiciones medio ambientales, el suelo se ve impactado en el almacenamiento del agua, por falta de hojarasca la cual actúa como esponja que captura el agua y la libera en momentos de sequía, al no producirse este efecto de esponja no penetra adecuadamente el agua, arrastrando la parte superficial más fértil, creando un ambiente hostil, el cual se ve más marcado con el sobre pastoreo (24, 25).

Un sistema silvopastoril es una forma de producción pecuaria donde involucra la presencia de especies arbóreas, plantas forrajeras (gramíneas y leguminosas) y animales que interactúan entre sí en la misma unidad de suelo de manera integral, con el fin de incrementar la productividad y mejorar las condiciones generales del medio ambiente (26-29).

En los sistemas silvopastoriles interactúan cinco componentes: el componente arbóreo, ganadero, forrajero, el suelo y el clima. De estos, se consideran primarios el arbóreo y el forrajero. En cuanto al componente arbóreo es de gran importancia la incorporación de árboles en el área destinada para potreros contribuye a la reconversión ganadera sostenible.

La incorporación de árboles en un sistema silvopastoril aporta a los productores ingresos extras y disminución del gasto de alimentos, además de obtener maderas, frutos, forraje y otros productos, contribuye a la conservación de la biodiversidad, brindando así un hábitat a diferentes especies de animales como aves, insectos, mamíferos y reptiles (24-28). Los principales sistemas silvopastoriles en Colombia son:

Arboles dispersos en potreros, sistema silvopastoril por sucesión vegetal, cercas vivas, silvopastoriles de mediana y alta densidad arbórea, banco de proteína y pastoreo de ganado en plantaciones forestales (29, 30).

El sistema silvopastoril por selección vegetal es una forma de producción pecuaria en un bosque secundario, donde se hace una selección de especies arbóreas de interés productivo para la alimentación animal y el fortalecimiento de los componentes ambientales.

En la actualidad se busca diversificar la producción basada en técnicas de manejo amigable con el medio ambiente, alternativas que apunten al beneficio ambiental, económico y de producción, los sistemas silvopastoriles son una de las prácticas

de conservación de los recursos naturales con el máximo aprovechamiento sin efectos de degradación marcada (26, 31).

En el sistema silvopastoril por selección vegetal (SSPSV), el suelo, el componente arbóreo, ganadero y climático se ven favorecidos por una amplia gama de beneficios, los cuales hacen de las prácticas agrícolas métodos de conservación y fortalecimiento de los recursos medio ambientales; en la interacción suelo-planta-animal, en el suelo, la raíz cumple un papel importante en la implementación de este sistema en el cual se fortalecerá considerablemente su estructura natural, evitando factores negativos de degradación, como la erosión y compactación, manteniéndose con alta permeabilidad, atravesando desde la capa más fértil del suelo hasta la más profunda alcanzable por las raíces.

La hojarasca producida por el componente arbóreo forma un manto protector en el suelo, evitando el impacto directo de las gotas de lluvia y los rayos solares, protegiendo la capa más superficial y fértil, manteniendo el ciclo normal de los nutrientes y obstaculizando el arrastre de estos; la descomposición del material orgánico proveniente de los árboles proporciona un aporte considerable de nutrientes y un mayor flujo de carbono y nitrógeno, por ende las condiciones son propias para la vida y el desarrollo normal de la micro biota del suelo. (7, 32-36).

En cuanto al componente suelo este se relaciona con la fertilidad del suelo, la cual está dada por las características físico-químicas y microbiológicas del suelo, la adecuada proporción de minerales disponibles y materia orgánica integrada al suelo favorece la movilización de nutrientes del suelo a la planta; el contenido de materia orgánica define la textura y estructura del suelo y aporta algunos elementos minerales, pero esta materia orgánica solo puede ser integrada al suelo con la participación de micro y macro organismos (4).

Malagón (1979), define al suelo como una colección de cuerpos naturales, con características físicas, químicas y biológicas, formados como resultado de la interacción de factores y procesos que intervienen o han intervenido en su

diferenciación, caracterización y con propiedades diferentes a la de los cuerpos que actuaron en su evolución, pudiendo o no servir como medio para el desarrollo de las plantas superiores

Los suelos están conformados por sustancias sólidas, agua y aire. Las sustancias sólidas, son los residuos de plantas, animales vivos y muertos y los minerales que proceden de la desintegración y descomposición de las rocas. En el agua se disuelven los minerales del suelo para que las raíces de las plantas puedan tomarlos. Otro componente importante es el aire, sin este en el suelo se mueren las raíces de las plantas y los pequeños animales que viven en él.

### **Propiedades físicas de los suelos**

Son aquellas relacionadas con su forma, color, textura porosidad.

#### **Color**

Relacionado con el material con el cual se deriva, lo cual es utilizado para identificar la calidad de los suelos, por estar producido por componentes del suelo entre ellos el óxido de hierro y la materia orgánica, y muchos otros minerales que dan el color al suelo (37, 38).

#### **Textura**

Esta determinada o expresada por las partículas de diferentes tamaños, lo cual es de vital importancia en el momento de caracterizar la textura del suelo analizado, en proporciones de arena, limo o arcilla, determinando el tamaño de la superficie sobre el cual ocurren reacciones físicas, químicas, y biológicas del suelo (39-41).

#### **Porosidad**

Poros o espacio poroso del suelo, que se encuentran dentro de las partículas del suelo, refiriéndose al porcentaje de suelo no ocupado por sólidos, encontrando así micro y macro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse (41, 42).

## **PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS**

La química del suelo es la ciencia que estudia las propiedades químicas del suelo y sus componentes inorgánicos y orgánicos. Los elementos químicos del suelo son esenciales para el desarrollo completo de las plantas. Las propiedades químicas del suelo se clasifican en macro elementos y micro elementos.

Hay otros nutrientes que las plantas requieren en menor cantidad para vivir y producir buenas cosechas, los micronutrientes son los minerales como el Fe, Co, Zn, Mn, B, son absorbidos por la planta en mínimas cantidades y los macronutrientes son los minerales como el N, P, K, Ca y Mg, que son absorbidos por las plantas en mayores cantidades (40).

### **pH**

El pH es una propiedad química del suelo que determina la acidez o la alcalinidad, el cual está directamente relacionado con el desarrollo de las plantas (43). Este parámetro es muy importante ya que regula la disponibilidad de nutrientes de las plantas, además influye en el crecimiento de las plantas cuando las condiciones están próximas a la neutralidad.

En los suelos ácidos muy pocos nutrientes son tomados por las raíces de las plantas y la producción de las cosechas se reducen, también hay carencia para las plantas y al haber un pH bajo genera un exceso de aluminio el cual es tóxico para la vegetación (40).

### **BORO**

El boro es uno de los micronutrientes esenciales para el crecimiento correcto de las plantas ya que promueve a la división celular y elongación de las células de la planta. En suelos ácidos hay una mayor cantidad de boro asimilable para la planta, a diferencia de los suelos alcalinos ya que existe una disminución de la disponibilidad de este elemento. Altas concentraciones de boro en el suelo puede

ser tóxico para las plantas, produciendo una coloración pálida de la hoja (clorosis), y necrosis de los puntos de crecimiento que progresa hacia el centro de la hoja, produciendo la caída de las hojas e incluso la muerte de la planta (44).

## **COBRE**

EL Cobre es un micronutriente esencial para el crecimiento de la planta, generalmente se requiere pocas cantidades de este elemento para las especies vegetales, sin embargo en suelos agrícolas suelen presentar una deficiencia de este mineral, afectándose así, el crecimiento óptimo para la planta (45).

El cobre desempeña un papel fundamental en las plantas ya que Influye en la fijación del nitrógeno atmosférico de las leguminosas, participa en la formación de lignina que funciona como una barrera para agentes patógenos y disminuye la toxicidad del molibdeno (46).

## **MAGNESIO**

El magnesio es un nutriente fundamental para los suelos agrícolas, ya que es la base estructural de la clorofila (molécula que da coloración verde a la planta) e interviene en el proceso de la fotosíntesis. La deficiencia este elemento inhibe el crecimiento de la raíz de la planta y presenta un color amarillento en las hojas viejas de las plantas que comienza en el borde de la lámina y avanza hacia el interior de las nervaduras, rodeando la vena central. El área afectada se puede tornar blanquecina acompañado de manchas necróticas (47).

## **MANGANESO**

El manganeso es un elemento vital para la planta ya que tiene un papel importante en los procesos de óxido-reducción (48). En la planta produce efectos no deseados por exceso, puede causar inflamación en la pared celular y marchitamiento de la hoja. La deficiencia de manganeso se encuentra generalmente asociada a los suelos orgánicos y minerales de pobre drenaje (49).



## **HIERRO**

El hierro es el cuarto elemento más abundante de los suelos, pero su disponibilidad para las plantas está en bajas proporciones. Este elemento cumple diferentes funciones en el crecimiento y estabilidad de la planta. También actúa como catalizador en las reacciones de oxidación/reducción, en procesos de respiración, fotosíntesis y reducción de nitratos y sulfatos. La deficiencia de este elemento aparece en las hojas con una coloración pálida, mientras las venas permanecen de un color verde (50).

## **ZINC**

El zinc es uno de los micronutrientes esenciales. Está disponible para las plantas en pequeñas cantidades, pero de vital importancia para su desarrollo. Este elemento es importante en la producción de hormonas que regulan el crecimiento de la planta y es esencial en el metabolismo de los cultivos. La deficiencia de zinc es común en los suelos agrícolas, generando una disminución en la productividad de los cultivos. En suelos arenosos el contenido de zinc es más bajo que en suelos limosos.

## **FERTILIDAD DE LOS SUELOS**

Un suelo fértil es el que tiene buena cantidad de nutrientes para las plantas.

Los nutrientes que las plantas requieren en mayor cantidad para su crecimiento y fructificación son: nitrógeno, fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y son llamados nutrientes mayores y se deben aplicar a los cultivos varias veces al año (51).

## **EL NITRÓGENO**

El nitrógeno es después del agua, el nutriente más limitante para la productividad de las plantas. En forma natural, el nitrógeno se encuentra en la atmósfera como gas, en un reservorio no disponible para las plantas, por lo que para poder utilizarlo, las plantas requieren establecer simbiosis con algunas especies de

bacterias, Celaya, *et al.* (2011). Este elemento es muy importante para el desarrollo de cualquier planta, por tanto es uno de los elementos que más limita los rendimientos de los cultivos, FAO, (1986).

## **FOSFORO**

Es uno de los nutrientes más importantes requeridos en grandes cantidades por las plantas para el crecimiento óptimo, por lo que es de vital importancia para la nutricional vegetal; encontrada de forma orgánica en humus y materia orgánica e inorgánica constituida por hierro, aluminio, calcio entre otros. En la mayoría de suelos vírgenes o pocos explorados presentan bajo contenido de este (40, 52).

## **POTASIO**

Se encuentra en diferentes formas disponibles en el suelo, la planta absorbiendo grandes cantidades de potasio, sin que se observen variaciones significativas de rendimiento, en exceso de calcio o magnesio produce deficiencia de potasio (40, 53).

## **CALCIO**

En el suelo se encuentra principalmente en forma inorgánica y en la zona más superficial, es esencial y pocas veces se encuentran deficiencias de este, y al presentarse se relacionan con suelos ácidos, contenidos altos reflejan concentraciones bajas de cationes intercambiables que pueden causar problemas (53, 54).

## **LA MATERIA ORGÁNICA**

Son los residuos de plantas y animales descompuestos, la materia orgánica da al suelo algunos nutrientes que las plantas requieren para su crecimiento y producción (IGAG, 1978).

Según Lobo, *et al.*, (2006) cuando se incorporan al suelo residuos orgánicos, se producen cambios en sus propiedades debido a la actividad biológica. Elementos como el C, N, P y el S están directamente relacionados con esta actividad, pues sus ciclos biogeoquímicos dependen estrictamente de la acción de hongos y bacterias.

## **DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA**

La mayor parte del nitrógeno del suelo está contenido en la materia orgánica de los animales, plantas, hongos y bacterias muertas, pero en el corto plazo no es disponible para las plantas y solo mediante los procesos de descomposición y posterior mineralización vuelve a estar disponible. Las principales formas biológicas de nitrógeno activas para las plantas son inorgánicas: amonio y nitrato. Michel *et al.* (2011).

## **MINERALIZACIÓN E INMOVILIZACIÓN DEL NITRÓGENO**

Según las afirmaciones de Machado, 2001, el suelo contiene una proporción relativamente alta de nitrógeno orgánico (no disponible). El nitrógeno orgánico puede representar del 97 al 98% del total del nitrógeno en el suelo. Este elemento orgánico generalmente representa solo del 2 al 3%. Por lo tanto, el proceso que convierte las formas orgánicas de nitrógeno no disponible a formas disponibles son los microorganismos del suelo por medio de un proceso denominado mineralización y ocurre a medida que los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica para obtener energía. Dichos organismos usan parte de la energía liberada y parte de los nutrientes esenciales contenidos en la materia orgánica. Cuando estos han usado todos los nutrientes que necesita, el exceso de (N) es liberado al suelo en forma orgánica para ser utilizado por las plantas.

## EL CARBONO

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del C orgánico de la biosfera. El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C dependiendo de su uso y manejo. Se estima que los suelos contienen más C que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera. Dicho elemento en los suelos puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica. Se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus, etc. Martinez,( 2008)

En efecto los depósitos de carbono en el suelo y su dinámica se encuentran estrechamente relacionados con la fauna edáfica, la cual es considerada un factor de gran influencia en las propiedades físicas y biológicas del suelo, especialmente en lo relacionado con la estructura, porosidad, aireación, infiltración, drenaje, ciclaje de nutrientes y flujo de materia orgánica (Lai, 2004).

## RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO

La relación C/N es un parámetro que evalúa la calidad de los restos orgánicos de los suelos, es decir, determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo, así como el tipo de humus que se encuentra en él, cuanto menor sea el valor de esta relación, mayor será el grado de mineralización de la materia orgánica y, por tanto, la calidad edáfica será superior (Álvarez, 2011).

La velocidad de degradación de la materia orgánica está determinada principalmente por las cantidades relativas de carbono y nitrógeno presentes en la mezcla. El Carbono es utilizado como fuente de energía por los microorganismos, en tanto el Nitrógeno es utilizado para síntesis proteica (Sztem, 1999).

LOS FACTORES QUE VAN A INFLUIR EN LA RELACION C/N SON LAS SIGUIENTES:

**Climatología:** en los climas fríos y húmedos la actividad de los microorganismos es menor así como es menor la aireación. Esto provoca que produzca una alta relación C/N ácidos.

**Tipo de vegetación:** según la procedencia de la materia orgánica la relación **C/N** es distinta, así por ejemplo las hojas de las leguminosas tienen una relación de 12 a 16 , las raíces de gramíneas de 15 a 20 , las hojas de árboles caducas de 40 a 50 , las hojas de coníferas de 60 a 70.

**PH:** en suelos ácidos se da una relación **C/N** alta debido a la menor actividad de los microorganismos.

**Textura:** los suelos con una excesiva aireación por ej: los arenosos tienen un mayor velocidad de descomposición , lo cual provoca que la relación **C/N** sea menor.

Cuando esta relación **C/N** es baja su mineralización es alta y si la relación **C/N** es alta la acción de los microorganismos se ve dificultada (Álvarez, 2011).

La incorporación de árboles en el sistema productivo, cumple un papel fundamental en fortalecer la fertilidad relacionada con el nitrógeno, vital para el desarrollo de las plantas y pastos, por deficiencias de disponibilidad de este no hay un desarrollo y un crecimiento adecuado; una de las interacciones importantes en la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico es la de integrar en el sistema silvopastoril especies leguminosas asociadas al *Rhizobium* trabajando de manera integral teniendo la capacidad de tomar y de fijar nitrógeno atmosférico (24, 34).

El componente arbóreo cumple un papel fundamental en la captura de carbono atmosférico, mitigando así el efecto invernadero, ya que disminuye el CO<sup>2</sup> atmosférico y por ende la temperatura global del ecosistema.

El CO<sup>2</sup> atmosférico es capturado por la biomasa vegetal, es transformado y aprovechado como carbono orgánico en el suelo, almacenándose en piscinas naturales que sirven como reservas, las cuales se estancan por tiempo prolongado, siendo de vital importancia para la conservación del suelo (36).

La sombra proveniente de las especies arbóreas del sistema silvopastoril, reduce el nivel de estrés calórico en el ganado, mitigando el impacto directo de los rayos ultravioleta; la temperatura bajo los árboles puede estar 2-3 grados por debajo de la temperatura ambiente, brinda al animal un ambiente agradable y de frescura, permitiendo que el ganado consuma el forraje y lleve a cabo su digestión normal, favoreciendo los procesos fisiológicos naturales, reproductivos y productivos, sin periodos de interrupción debidos al estrés calórico (14).

Las especies de arbustos de este sistema aumenta notablemente la biodiversidad animal y vegetal; proporciona alimento (hojas, frutos, polen), y sitios para anidar, entre otros, a muchas especies de animales, como las aves que cumple un papel importante en la dispersión de semillas, favoreciendo la regeneración vegetal natural, convirtiéndose en un ciclo de simbiótico entre suelo-planta-animal.

## ANTECEDENTES

El estudio del comportamiento de los animales bajo SSP ha sido amplio y en diferentes especies de herbívoros.

En un estudio realizado en búfalos en el Brasil se midieron los valores de temperatura y humedad en sistemas de pasturas tradicionales y sistemas silvopastoriles, comparando estos valores con los de las hormonas cortisona, triyodotironina y tirosina en sangre. Encontrando las mayores temperaturas medias en los sistemas de pastoreo tradicional al igual que los mayores niveles de cortisol en sangre, concluyendo que los SSP con un mayor confort térmico y menos estrés ambiental (13).

Varios estudios realizados en los años 2008,2009, 2010 y 2012 han demostrado que la implementación de un sistema silvopastoril mitiga los efectos negativos ambientales generados por sistemas tradicionales, ofrecen un ambiente de mayor confort térmico mejorando el bienestar del animal e incrementando la productividad. En estos estudios se midieron las variables de temperatura, ganancia de peso y ganancia en litros de leche, de la cual la temperatura está estrechamente relacionada con las dos variables mencionadas anteriormente, los animales pueden presentar estrés calórico debido a las altas temperaturas y como consecuencia se demuestra que hay efectos negativos en el consumo voluntario, producción (carne, leche), desempeño reproductivo, y susceptibilidad a problemas sanitarios (14-16, 55).

En estudios realizados en el sureste de Estados Unidos se concluyó que los suelos de SSP tenían un mayor contenido de carbono y mayor capacidad de almacenar fósforo en comparación con los sistemas con menor cobertura arbórea (18), en otros estudios, los niveles de nitrógeno en el suelo de los SSP también han reportado mayores valores en comparación con las pasturas tradicionales (20), de la misma manera se presenta una mayor concentración de materia orgánica y reciclaje de nutrientes (19), en un estudio realizado en México con

diferentes SSP con *Leucaena leucocephala*, *Leucaena glauca* y *Clitoria ternatea* con *Braquiaria brizantha* reportaron igualmente un incremento en los niveles de materia orgánica y de pH (21).

El potencial de los SSP para mejorar las características del suelo, fue probado en la región semiárida de Ceará en Brasil, en este caso, se encontraron mejores características generales del suelo después de la implementación del sistema, concluyendo que su uso puede mantener o mejorar la calidad del suelo (22), lo mismo concluyeron en otro estudio que determinó los niveles de pH, materia orgánica, Ca, K y densidad de microorganismos en un SSP en comparación con un monocultivo de pasto, todos los componentes fueron superiores para el primer sistema (23).

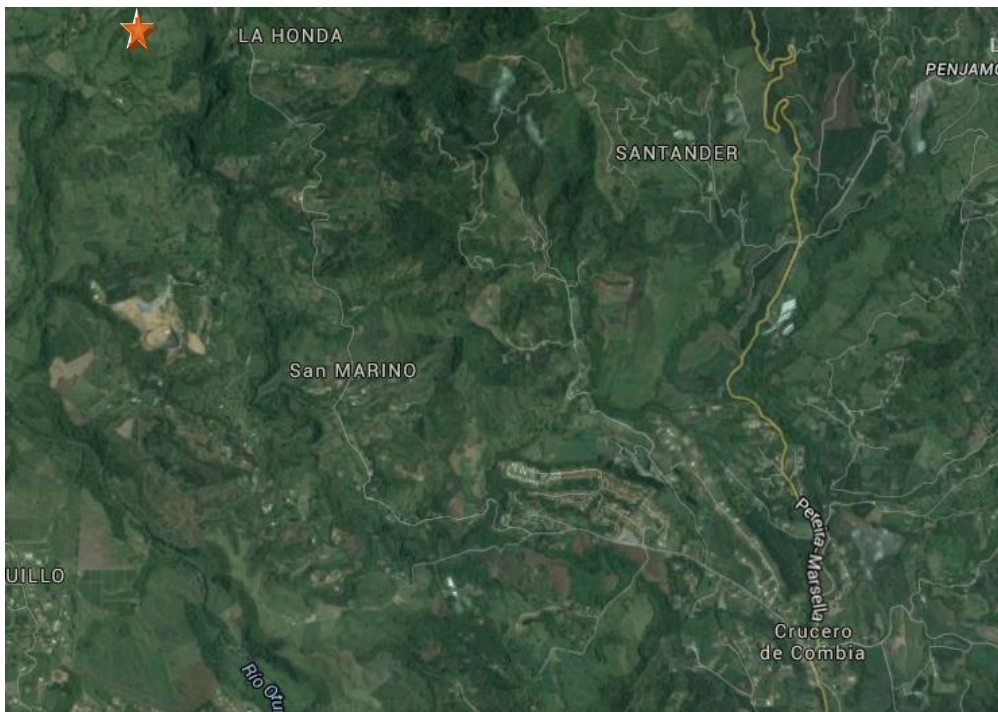


## 4. METODOLOGIA

### ÁREA DE ESTUDIO y LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la Granja Experimental “El Pílamó” de la Universidad Tecnológica de Pereira, vereda “La Honda, aproximadamente a 16 km del área urbana del municipio de Pereira (Risaralda), Colombia a una altura de 1113 msnm. El bosque secundario evaluado, cuenta aproximadamente con 7 hectáreas en topografía ondulada. Se obtuvieron muestras de suelo, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de la Universidad Tecnología de Pereira. Para la toma de la muestra se eligió al azar 18 zonas del bosque secundario, desde la parte más interna hacia la parte más externa de este.

**Ilustración 1. Localización aproximada de Granja Experimental “El Pílamó” en el Departamento de Risaralda.**



## **Técnica de Muestreo**

Para la toma de la muestra de suelo, se tomaron 18 sub muestras con el barreno, a una profundidad de 40 cm, estas submuestras fueron mezcladas y homogenizadas para generar una muestra de 2.000 gramos enviada al laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira.

## **Análisis de Laboratorio**

Una vez se tomaron las muestras en campo éstas fueron llevadas inmediatamente en el laboratorio de suelos de la Universidad tecnológica de Pereira, y posteriormente en el laboratorio se determinó

Análisis completo de minerales que incluyo la medición del pH por el método Potenciométrico en Agua (1:1), materia orgánica por el método Walkley-Black, nitrógeno orgánico por relación de materia orgánica con nitrógeno, fósforo por Bray II, potasio, calcio, magnesio y sodio por Bases a base de Acetato de amonio y absorción atómica, hierro, manganeso, zinc, cobre por Acetato de amonio + EDTA y absorción atómica, boro por extracción con fosfato monocálcico, Azometina, H. fotométrico; azufre por Extracción con fosfato monocálcico. Turbidimétrico, conductividad eléctrica por conductómetro, aluminio por extracción de KCl. Volumetria y la textura por medio del Análisis de granulometría el cual define los porcentajes de arena, arcillas y limos presentes en el suelo por medio de la técnica de Bouyoucos y el análisis de densidad aparente por medio cilíndrico.

## **Registros climáticos**

La determinación de las características del microclima se realizó al medio día, se tomaron las mediciones de temperatura y humedad relativa al interior del bosque secundario en 10 diferentes puntos y de manera simultánea en la parte externa del bosque secundario se tomaron igual número de mediciones, las mediciones fueron tomadas en los meses de Abri de 2015 y enero de 2016 (tabla 6). La

humedad relativa se determinó en porcentaje (%) y la temperatura en grados centígrados (C°) por medio de un termóhigrometro ambiental, digital, portátil de marca Mannix.

### **Registro**

Se determinó la información climatológica de la estación meteorológica más cercana, reportada como el Pilamo, en esta se obtuvo la siguiente información, ver tabla 15 (56) .

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

Para el cumplimiento del objetivo uno, realizar un análisis completo de los minerales del suelo de la zona del bosque secundario para conocer su estado previo a la implementación del sistema silvopastoril. Se tiene los siguientes resultados

Los resultados obtenidos de algunos parámetros del suelo de la finca evaluada se reporta en la tabla número 1.

**Tabla 1. Algunas características físicas del suelo de la finca el “PILAMO”**

Parámetro	%			Meq / 100mg de suelo
	Arena	Arcilla	Limo	C.I.C
Textura	65	8	27	****
Porosidad	61			

### TEXTURA

Según los resultados, el suelo presenta una textura franco-limoso, esto indica que el suelo obtiene una textura media partiendo del suelo ideal con una textura franco-arcillosa (57). La textura analizada se caracteriza por tener un suelo equilibrado posee una capacidad para retener la humedad del suelo, retención y liberación de iones, disponibilidad de nutrientes lo que se traduce a un suelo con incremento en la productividad para los cultivos y especies forrajeras (58). Se ha reportado que el suelo franco corresponde a la mejor textura, tiene proporciones equilibradas de arena, limo y arcilla, esto se refiere a un suelo con un excelente nivel de fertilidad y condiciones adecuadas de drenaje (59). Un estudio realizado en Costa Rica, reporto una textura arcillosa en un bosque secundario, lo que significa que este suelo tiene una mayor capacidad de disposición de nutrientes como el calcio y fosforo, también posee un porcentaje de porosidad el 72 % lo que facilita un aumento en la retención del agua por un largo periodo de tiempo(60). Otra investigación realizada en la reserva forestal protectora de bosques en el departamento de Caldas, se apreció en un bosque secundario un dominio de la clase textural franco arenosa. En cuanto a este tipo de textura, el suelo presenta una mala estructuración, buena aireación, alta permeabilidad, poca retención de agua y una baja capacidad de almacenamiento de nutrientes(58) (43).

### POROSIDAD

Lo reportado señala que la porosidad se encuentra por encima de la esperada en suelo promedio con una porosidad del 50%, de igual manera se encuentra por encima de lo espera para un suelo arenoso, el cual posee una porosidad entre 35-

45%; aunque se encuentra muy cercano a las condiciones de porosidad de un suelo arcilloso, el cual cuenta con una porosidad entre 40-60%, estando así el resultado obtenido en el análisis del suelo estudiado, un 1% por encima de este valor(61, 62). estudios realizados por la Universidad Nacional Autónoma de México en 2010; al establecer la respuesta del suelo a diferentes practicas asociadas a diferentes sistemas, indica que el suelo estudiado cuenta con una muy alta porosidad, por estar por encima del 60% (63) Una publicación echa por cenicafe en 2005, afirma que valores altos de la porosidad en suelos cafeteros asociados con especies arbóreas, afecta positivamente las condiciones de aireación del suelo y drenaje para el desarrollo de las plantas, crecimiento de las raíces y desarrollo de los microorganismos(64).

## **INTERCAMBIO CATIONICO**

De acuerdo con el análisis de suelo, el resultado arroja que la concentración de intercambio cationico se encuentra aumentado, partiendo del intervalo normal con una concentración de 12-25 meq/100gr en el suelo(65). Demostrando que el suelo estudiado es fértil, contiene un nivel de pH moderadamente ácido y posee cantidades superiores de materia orgánica, lo que interfiere en obtener un aumento en la concentración de intercambio catiónico. Un estudio realizado en el Valle del Cauca afirma que la C.I.C es una de las propiedades químicas del suelo de mayor importancia es un determinante de la nutrición vegetal y fertilidad del suelo. También menciona que la C.I.C está directamente relacionada con la materia orgánica, textura y superficie especifica de los coloides (66). Otra investigación menciona que suelos de regiones tropicales de origen volcánico se caracteriza por tener un alto contenido de materia orgánica, lo que contribuye al aumento de la concentración de intercambio catiónico; Igualmente sucede cuando los valores de pH son altos (67). Un estudio realizado en un suelo arcilloso con un pH 8,2 , determinó que la concentración de intercambio catiónico tuvo un valor alto a la que ocurre a valores de pH más bajos(68). En otra investigación se analizó la capacidad de C.I.C en un suelo ácido y un suelo alcalino, se observó que los valores con mayor concentración de intercambio catiónico los obtuvo el tipo de suelo alcalino. También indico que a mayor acidez, mayor es la participación de Al y Mn dentro del complejo de cambio y menor la participación de las bases (Ca, Mg, K, Na)(69). Otra investigación menciona que los cationes de mayor interés adsorbidos por los coloides son el Ca, Mg, K ,Na y la disponibilidad de ellos depende de la saturación que se presente y de las relaciones que hay entre estos cationes (54).

**Tabla 2. Características químicas del suelo de la finca “El Pilamo”**

Parámetro	%			Meq/ 100g suelo			
	pH	N	MO	K	Ca	Mg	Al
	6.0	0.28	6.6	1.75	10.2	4.4	***

## **pH**

Los resultados indican que los valores de pH reportados en el análisis de suelo, se encuentra dentro de los parámetros normales de los suelos en la región Andina, encontrándose en el grupo de suelos moderadamente ácido con un nivel de pH entre 5,2 y 6,0.(37, 53). Considerándose así, un tipo de suelo donde se le facilitara la disponibilidad y aprovechamiento de los nutrientes para las especies arbóreas y forrajeras(53) (40). A diferencia de un estudio realizado en un bosque por sucesión espontánea y bosque reforestado en el departamento de Quindío, lo cual se reportó un nivel bajo menor de 5,5 del parámetro analizado (70). Afectando el desarrollo de la mayoría de los cultivos e impidiendo la retención de algunos nutrientes tales como el calcio, magnesio, sodio y potasio (53, 71). Otros documentos reportan que suelos con un pH menor a 5,5 probablemente puede afectar el aluminio intercambiable, generando una disminución en la fertilidad del suelo (40).

## **NITROGENO**

El porcentaje de Nitrógeno (N), es extremadamente rico, reportando un porcentaje disponible en el suelo mayor a 0.221%, según lo esperado en un suelo con condiciones óptimas, por poseer cantidades superiores a lo habitual (72) según un estudio dirigido por la FAO en 2006, el parámetro de interés productivo en el pasto de corte, es el nitrógeno. También indica que el pasto de corte debe asociarse con leguminosas, porque fijan nitrógeno al suelo brindando un buen desarrollo y calidad nutritiva a las pasturas(73) Otro estudio realizado en 2005 en la zona cafetera, afirma que los cultivos asociados con leguminosas mantienen la fertilidad del suelo, debido a que estas especies vegetales fija nitrógeno en el suelo(64).

## **MATERIA ORGANICA**

Los resultados indican que el contenido en materia orgánica del suelo está alto, con cantidades superiores a lo reportado en la literatura, encontrándose con un nivel de materia orgánica mayor de 3,6%, considerándose un tipo de suelo fértil (65).

estudios realizados por Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias en 2007 han reportado que niveles altos de materia orgánica desempeña un papel importante en la capacidad productiva de los suelos agrícolas, favoreciendo la estructura del suelo, mejorando así la infiltración del agua y reduciendo la compactación y la erosión del suelo (74). Otra investigación indica que los suelos

con alto nivel de materia orgánica contribuyen a la biodiversidad del suelo actúa como depósito de diferentes minerales como el nitrógeno, fósforo y azufre (75). Otro estudio realizado en el 2009 en la zona cafetera indica que suelos con bajos contenidos de materia orgánica está directamente relacionado con la disminución del nivel de azufre (76); También se ha reportado que un exceso de este parámetro puede conducir a un desequilibrio nutricional de las plantas (37).

## **POTASIO**

El potasio (K) se encuentra por encima de lo reportado para suelos agrícolas y sus niveles se ubican en un nivel alto, por poseer cantidades superiores de 0.65 y 0.8 meq/100 g del mineral (77, 78), en otros reportes realizados en una parcela de maíz se menciona este valor, como un nivel muy alto, por encontrarse lo reportando entre 1,50-2,40 meq/100(65). en general, el nivel de potasio, comparado con otros análisis de suelos, donde se encontró variabilidad en los resultados, es alto, siendo mayor el resultado a 0.6 meq/100g , cumpliendo con los requerimientos necesarios, para el desarrollo óptimo de los cultivos de frijol, yuca, pastos y leguminosas forrajeras (79).

## **CALCIO**

Los resultados indican que el contenido de Calcio en el análisis de suelo, se encuentra dentro de los parámetros normales de los suelos agrícolas, reportándose un valor que oscila entre 10-14 meq/100 gr (65), en un estudio realizado en un cultivo de maíz se menciona el valor de este parámetro como un valor bajo, se reportó un contenido de calcio de 5,8 meq/100gr (65), se ha encontrado que suelos con bajo contenido de este mineral afecta la formación, desarrollo y crecimiento de las plantas (80).

## **MAGNESIO**

El resultado de magnesio (Mg) arrojado en el análisis, comparado con otros, donde se obtuvo diversidad de resultados, se considera que el Mg se encuentra en un alto nivel en el suelo, reportándose un resultado mayor 4 meq/100g, para la producción agrícola, estando así dentro de los niveles necesarios para el crecimiento óptimo de cultivos de pasto y leguminosas forrajeras (79). al igual se reporta en estudios para cultivos de papa, cereales y praderas permanentes, que se posee un suelo con un nivel alto de Mg, por tener un resultado igual o mayor 2,01 meq/100 g (78) ; de igual manera estudios realizados por la Universidad de Costa Rica reporta que niveles mayores a 6 meq/100g son categorizados en un nivel alto de disponibilidad en el suelo estudiado (77). también se indica que el contenido de magnesio reportado, es muy alto, el resultado arrojado reporta niveles mayores a 4 meq/100 g, con respecto a lo obtenido en el análisis echo en una parcela de maíz (65).

## ALUMINIO

Según los valores de análisis de suelos, indican que el contenido de aluminio se encuentra en un nivel moderado, lo esperado de este elemento en los suelos agrícolas debe ser menor a 1ppm. Considerándose un suelo fértil debido a que los valores bajos de este mineral ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas e influye en forma positiva en la absorción de nutrientes esenciales como el calcio y el magnesio (81). Se ha reportado que la actividad del aluminio está directamente relacionada con la presencia de pH en el suelo, un suelo con un nivel de pH menor 5,5 predomina la forma toxica del aluminio para las especies vegetales; pero cuando el pH es mayor a 5,5 el aluminio pierde su acción toxica en las plantas.(71, 82) Una investigación realizado en el 2007 afirma, que los suelos arcillosos tienen mayor concentración de aluminio, también indica que la planta de té es la más acumuladora de este elemento (81). Otro estudio realizado en Chile en 2006, reporta que el ganado vacuno que ingiere forraje con alto contenido de aluminio genera disminución en la producción e hipomagnesemia, se estima que concentraciones altas de aluminio en el forraje genera efectos adversos en la actividad hepática y metabolismo del animal, disminuyendo la absorción de fosforo, calcio y magnesio (83).

Otros resultados obtenidos del resto de minerales del suelo de la finca evaluada se reportan en la tabla número 3.

**Tabla 3 Características químicas (fosforo, hierro, magnesio, zinc, cobre, boro, azufre) del suelo de la finca el “Pilamo”**

Parámetro	Partes por millón						
	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S
	6	145	22	19	4	00.1	4

## FOSFORO

El resultado del fosforo (P) indica niveles inferiores a 16 ppm, teniendo así un nivel bajo del mineral, según lo reportado para suelos agrícolas y forrajeros,(52) la Universidad de Costa Rica reporta, que niveles inferiores a 12 ppm, apunta baja disponibilidad de P en el suelo (77); Además análisis realizados para cultivos de cereales, papa y praderas permanentes, también reporta que niveles entre 5,1-10,0 ppm, son considerados bajos, (78), comparado el resultado con muestras en una parcela de maíz, señala que el suelo posee un nivel bajo de P(65) ; en estudios de suelos realizados por el laboratorio agrícola agro lab en general indica así mismo , que se posee un suelo con una disponibilidad baja al hallarse el nivel por debajo de 20 ppm (53).



## **HIERRO**

Los resultados del análisis de suelo, indica que el contenido del hierro en el suelo se encuentra en un nivel excesivo, partiendo del ideal que se debe encontrar entre 50-100 ppm (77).

Un estudio realizado en un cultivo de banano en Costa Rica, reportó que el contenido del hierro se encontró dentro de los parámetros normales (84), en otra investigación se menciona que la toxicidad del suelo por exceso de hierro no es muy común, a diferencia del cultivo de arroz es muy común el exceso del hierro y la causa puede ser por una alteración nutricional del cultivo(85).

## **MANGANESO**

El Manganeseo (Mn) reporta un resultado considerado bajo, por encontrarse por debajo de 40 ppm ,comparado con lo esperado en un suelo agrícola(52), otros estudios de suelos realizados en zonas agrícolas ,por la universidad de Costa Rica ,el resultado obtenido es óptimo, cumpliendo con los s entre 3-6 meq/100 g(77).

## **ZINC**

Los resultados del análisis del suelo, indican que el contenido del zinc se encuentra por encima del intervalo ideal, lo esperado de los suelos agrícolas es de 4-8 ppm(52). Un estudio indica que los cultivos de maíz, frijol, uva, cebollas y árboles frutales son sensibles a los bajos niveles de zinc (53), otra investigación reporta que niveles de zinc por encima de 40 ppm, no significa que sean tóxicos para la mayoría de las plantas(86).

## **COBRE**

Para la mayoría de cultivos agronómicos y forrajeros la concentración de cobre (Cu) en el suelo del bosque estudiado, no es baja, por estar por encima de 1.0 ppm (52), siendo así con respecto a otros estudios, óptimo para la producción agrícola, dentro del intervalo de 1-20 ppm(77), en general las condiciones de concentración y disponibilidad del mineral en los resultados del análisis de suelo son suficientes, resaltando que las deficiencias de este, son poco comunes, aunque en suelos con alto contenido de Materia Orgánica, de textura arenosa y de pH alto se pueden presentar deficiencias, como así se describe en estudios realizados por el laboratorio agrícola Agro Lab(53).

## **BORO**

Los resultados indican que el contenido del Boro en el análisis de suelo, se encuentra un nivel deficiente en el suelo, reportándose un resultado menor a 0,5 ppm. Lo que indica que una deficiencia de boro afecta negativamente en el crecimiento de las plantas (53, 77), se ha reportado que en cultivos de árboles

frutales y alfalfa con deficiencia de este mineral, limita el desarrollo y la capacidad crecimiento de estas especies arbóreas y forrajeras(53).

## **AZUFRE**

Lo reportado en el estudio de suelos indica que la disponibilidad de azufre es media, estando entre 2- 10 ppm, como lo reporta el estudio realizado por el laboratorio agrícola Agro Lab (53), aunque el resultado difiere notoriamente con lo reportado por el Departamento de Agricultura de la Universidad de Arkansas en 2012, señalando así un nivel bajo del mineral por encontrarse por debajo de 12 ppm (52).

## **CONDUCTIVIDAD ELECTRICA C.E**

El resultado de C.E indica concentraciones de sales en el suelo estudiado, menores a 500 mmhos/cm favoreciendo el buen desarrollo vegetal (37), estudios realizados por el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, indican que el resultado se encuentra dentro del intervalo óptimo para el cultivo de tomate entre 0.75-20 mmhos/cm (87), otros estudios realizados en fertilidad de suelos, por la universidad de la Rioja en España, clasifica el resultado obtenido, dentro del intervalo de 0,65-1,15mmhos/cm indicando que el suelo se encuentra en condiciones de salinidad(88), en la instalación de un riego por goteo en una parcela de maíz se establece que la salinidad se encuentra en un estado medio, clasificado dentro del rango de 0,65-1,15mmhos/cm(65); en estudios realizados por el laboratorio agrolab para suelos agrícolas califica como bajo el resultado, por encontrarse por debajo de 1.0 mmhos/cm.

La información obtenida en la determinación de la temperatura y humedad dentro y fuera del bosque se muestra en la tabla 5 y 6.

Respecto al resultado relacionado con el objetivo dos, Determinar las diferencias entre la temperatura y humedad relativa al interior del bosque secundario y en la zona sin cobertura arbórea externas a este se tiene los siguientes registros históricos (tabla 4) para la zona de la granja el Pilamo vereda la Honda.

**Tabla 4 Registros históricos Climatológicos, estación Alto el Pilamo**

Año	Temperatura (°c)					Hum.rel.	Precipitacion		
	Min. Med.	Max. Med	Media	Max. Abs	Min. Abs.	%	Total mm.	Dias Lluvia	Brillo Sol.(h)
2008	17,7	28,3	21,9	32,4	14,8	82,3	2790,9	266	1658,6
2009	17,9	29,6	22,7	34,0	15,2	78,7	2081,6	217	1835,2
2010	18,1	28,9	22,5	35,8	15,6	79,3	2942,4	247	1559,3
2011	17,7	28,4	22,1	31,9	14,4	79,3	2388,5	263	1638,9
2012	17,7	28,9	22,5	32,9	14,6	76,7	1906,6	208	1738,8

Los datos meteorológicos de la estación el Pilamo arrojan un resultado de temperatura mínima media constante entre los años 2008, 2011,2012, aunque para los años 2009 y 2010 se nota una tendencia aumentar; en cuanto la máxima media tiende igualmente a sufrir cambios que van en ascenso con pequeñas diferencias entre año y año, dentro de la media se encuentra un reporte, en el cual se observa un aumento progresivo con mínimas variaciones entre cada uno de los años reportados.

Las temperaturas máximas observadas entre 2008 y 2010 referenciadas en la estación meteorológica el Pilamo describen un aumento, con la diferencia que entre los años 2011 y 2012 la temperatura tiende a disminuir un poco, mostrando posteriormente tendencia al aumento; en cuanto a la mínima observada se reporta un ascenso hasta el 2010, teniendo así una caída con tendencia al aumento progresivo en años posteriores.

La humedad relativa entre los años reportados tiende a disminuir, relacionado con las altas temperaturas reportadas, ya que en los años de menor temperatura se reporta mayor humedad relativa y en años de mayor temperatura se tiende a disminuir notablemente.

Los reportes encontrados en precipitación desde el 2008 al 2012 describen una disminución importante en los mm precipitados, aunque en el 2010 se reporta un aumento, así refleja igualmente una disminución en los días de lluvia, con

variación en el 2011, donde se demuestra un ascenso, continuando con una caída importante en los días de lluvia.

El reporte de brillo sol (h) indica que durante los años analizados, las horas de luz han ido aumentando notablemente, con una variación en el 2010.

Todos los reportes analizados indican un importante cambio en las condiciones climáticas de la zona, demostrando así una problemática en progreso, llamada cambio climático, debido al fenómeno del niño; problemática en la cual, es debido proporcionar alternativas de manejo para la conservación del medio ambiente.

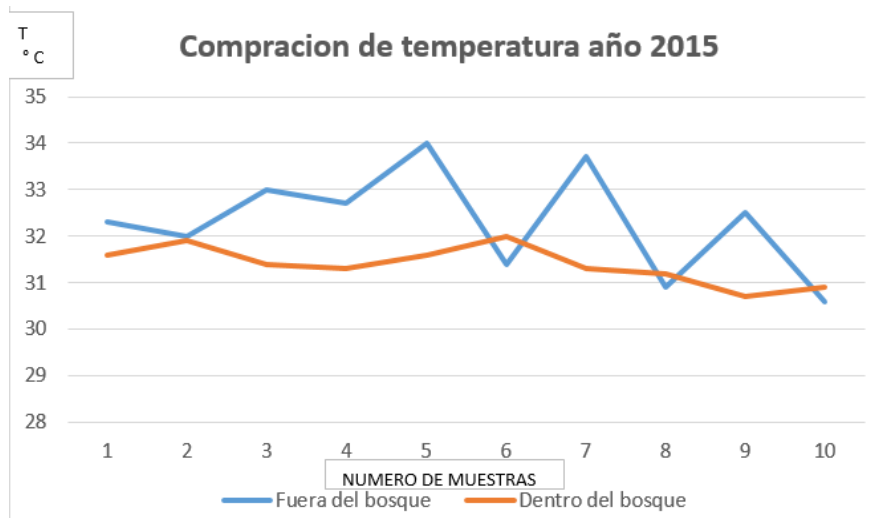
**Tabla 5. Diferencias entre la temperatura (°C) y humedad relativa (%) al interior del bosque secundario y zona sin cobertura arbórea finca el Pilamo Abril 2015.**

REGISTROS CLIMÁTICOS ABRIL 2015				
HORA	TEMPERATURA °C		HUMEDAD RELATIVA %	
	Fuera del bosque	Dentro del bosque	Fuera del bosque	Dentro del bosque
12:04	32,3	31,6	85,5	55,2
12:06	32	31,9	71,5	56,8
12:08	33	31,4	63,69	56,6
12:10	32,7	31,3	55,1	55,8
12:12	34	31,6	60,4	53,9
12:14	31,4	32	56,2	60,2
12:16	33,7	31,3	60,1	53,8
12:18	30,9	31,2	57,5	56,3
12:20	32,5	30,7	57,7	58,9
12:22	30,6	30,9	59,7	63,5

**Tabla 6. Diferencias entre la temperatura y humedad relativa al interior del bosque secundario y zona sin cobertura arbórea finca el Pilamo Enero 2016.**

<b>REGISTROS CLIMÁTICOS ENERO 2016</b>				
<b>HORA</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>		<b>HUMEDAD RELATIVA %</b>	
	<b>Fuera del bosque</b>	<b>Dentro del bosque</b>	<b>Fuera del bosque</b>	<b>Dentro del bosque</b>
12:04	33,7	31,2	48,5	56,7
12:06	35,6	32,6	50,2	56,6
12:08	32,6	32,5	48,6	56,8
12:10	32,3	32,1	45,6	56,7
12:12	35,2	32,6	48,4	58,7
12:14	35,6	32,7	46,7	52,8
12:16	35,3	32,7	42,8	50,1
12:18	35,7	32,7	45,6	52,5
12:20	34,7	32,5	47,3	50,8
12:22	36,8	32,8	46,4	52,1

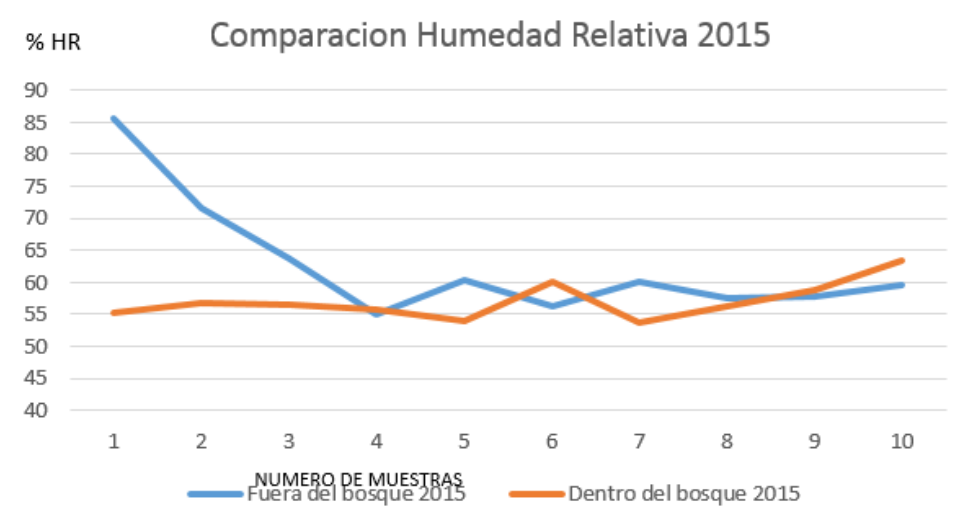
## Ilustración 2. Comparación de temperatura al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2015



La temperatura media del 2015 al interior del bosque fue 31,3 y al exterior del bosque 32,3 al comparar estas medias, por medio de la prueba de comparación test student se encontró una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), además se observó una fluctuación de temperatura al interior del bosque entre 30,7 y 32°C y con respecto al exterior fluctuando entre 30,6 y 34°C.

IDEAM 2014: para Colombia habrá un incremento en la temperatura media de 1,4°C entre 2011-2040

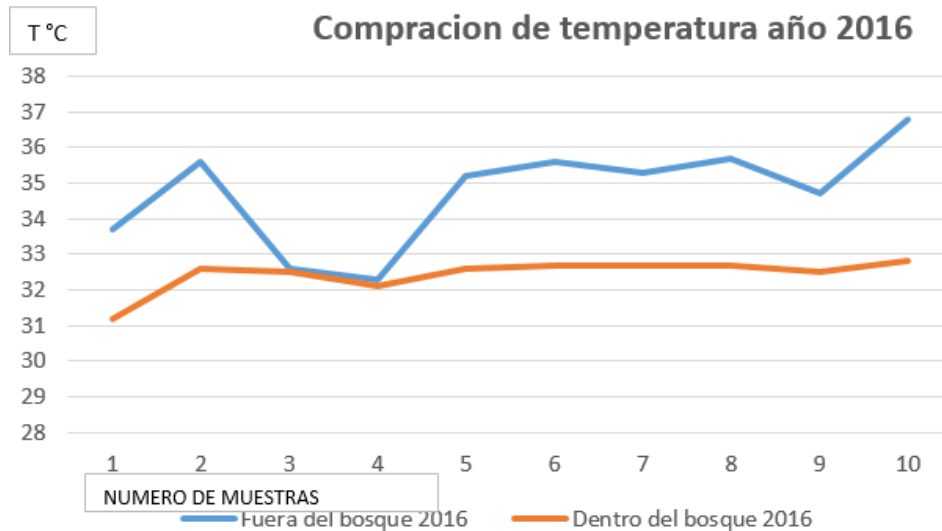
## Ilustración 3 Comparación de Humedad Relativa al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2015



La Humedad Relativa del 2015 al interior del bosque fue 57,1 y al exterior del bosque de 62,7. Al comparar estas medias por medio de la prueba comparativa test de student no se encontró diferencia significativa estadísticamente ( $p>0.05$ ) además se observó una fluctuación de Humedad Relativa al interior del bosque entre 63,5 y 53,8% y con respecto al exterior fluctuando entre 85,5 y 55,1%.

IDEAM 2014: La HR disminuirá en Guajira, Cesar, Tolima y Huila

#### Ilustración 4 Comparación de temperatura al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2016

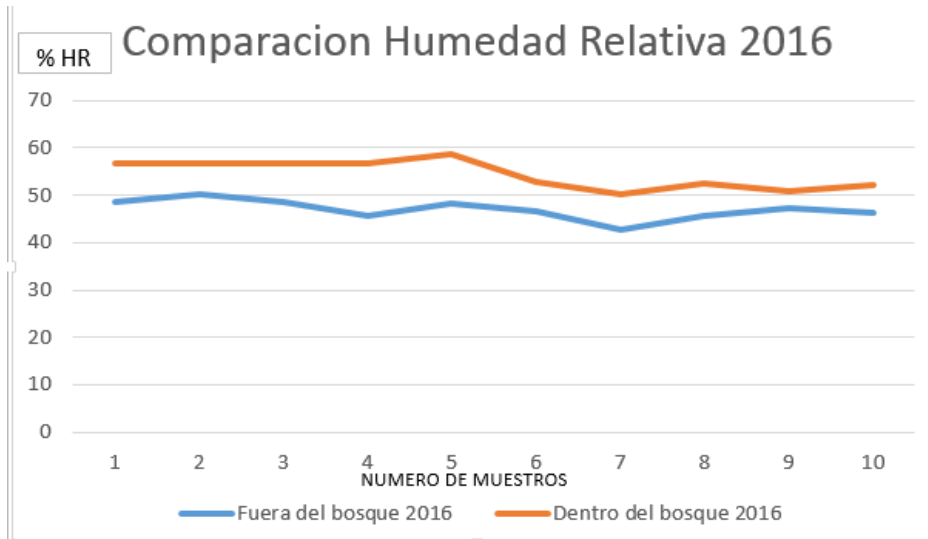


La temperatura media del 2016 al interior del bosque fue 32,2°C y al exterior del bosque de 34,7°C al comparar estas muestras por medio del test de student se encontró una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) además se observó una fluctuación de temperatura al interior del bosque entre 31,2 y 32,8°C y con respecto al exterior fluctuando entre 36,8 y 32,3°C.

IDEAM 2014: para Colombia habrá un incremento en la temperatura media de 1,4°C entre 2011-2040



**Ilustración 5 Comparación de Humedad Relativa al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2016.**



La Humedad Relativa del 2016 al interior del bosque fue de 54,3% y al exterior del 47%, al comparar estas medias por medio del test de student se encontro una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) además se observó una fluctuación de Humedad Relativa al interior del bosque entre 58,7 y 50,1% y con respecto al exterior fluctuando entre 50,2 y 45,6%.

IDEAM 2014: La HR disminuirá en Guajira, Cesar, Tolima y Huila

Respecto al resultado relacionado con el objetivo tres, Establecer las pautas apropiadas para el manejo del suelo para el posterior establecimiento del sistema silvopastoril. Se plateo la siguiente alternativa

La implementación de un sistema silvopastoril es de vital importancia debido a que bajo la cobertura arbórea se reduce la temperatura entre 2 y 9° C relacionado a un sistema tradicional, ayudando a disminuir el cortisol en sangre del animal causado por altas temperaturas causando una disminución en la fertilidad y baja producción de carne y leche(89, 90).

temperatura bajo los árboles puede estar 2-3 grados por debajo de la temperatura ambiente, brinda al animal un ambiente agradable y de frescura, permitiendo que el ganado consuma el forraje y lleve a cabo su digestión normal, favoreciendo los procesos fisiológicos naturales, reproductivos y productivos, sin periodos de interrupción debidos al estrés calórico (14).

Estudios indican que la humedad relativa se considera un factor de estrés para el ganado vacuno. Los principales efectos de la humedad relativa están asociadas a la reducción de disipación de calor por sudoración y respiración. También afirma que alto porcentaje de humedad relativa reduce el potencial de disipación del calor de la piel como del sistema respiratorio(89, 90).

De acuerdo con los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas del suelo y del microclima, el bosque secundario cumple con los requerimientos para su posterior establecimiento a un sistema silvopastoril por selección vegetal.

El bosque secundario cuenta con recursos vegetales y arbóreos y lo ideal es evitar la eliminación total de la cobertura vegetal. Se debe realizar una selección detallada de los recursos de interés ambiental y productivo existentes en la zona.

El bosque secundario cuenta con especies forrajeras como puntero (*Hyparrhenia rufa*), estrella (*Cynodon plectostachyus*), braquiaria (*Brachiaria* sp), india guinea (*Panicum maximun*), elefante (*Pennisetum purpureum*) y especies arbóreas como pinos, tabaquillo (*Polylepis australis*), yarumo (*Cecropia peltata*), sauco (*Sambucus peruviana*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), eucalipto (*Eucalyptus* sp) entre otros.

Para la zona trópico bajo en un sistema de producción lechera bovina se podría tener razas lecheras como Holstein o jersey, las cuales se pueden adaptar bajo un sistema de una amplia diversidad de cobertura arbórea. También se podría tener cruces entre bos indicus, que brinden adaptabilidad al medio ambiente y

resistencia a enfermedades con razas bos Taurus, que aporten alta producción de leche.

En esta zona como pastura de podía establecer los forrajes adaptables según las características fisicoquímicas del suelo y establecidos en el bosque secundario como el pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), braquiaria y como banco forrajero india guinea (*Panicum maximun*), elefante (*Pennisetum purpureum*) entre otros.

Algunas especies para el establecimiento de cercas vivas podrían ser: Leucaena (*Leucaena leucocephala*), matarratón (*Gliricidia sepium*), Eucalipto (*Eucalyptus sp*), sauco (*Sambucus peruviana*) y árboles frutales.

Para arboles dispersos en potreros de alta densidad se podría aprovechar las especies arbóreas del bosque e incorporar árboles frutales o maderables y para arboles de mediana y baja densidad para ramoneo se podría incorporar en el potrero leucaena (*Leucaena leucocephala*),

En cuanto al banco proteico se podría incorporar especies vegetales como: guandul (*Cajanus cajans*), morera (*Morus alba*), quiebra barrigo (*Trichanthera gigantea*), botón de oro (*Tithonia diversifolia*), ramio (*Bohemeria nívea*)

En cuando al banco energético se podría incorporar caña forrajera (*Saccharum officinarum*) por su alto valor energético.

## CONCLUSIONES

Como resultado del estudio realizado en el bosque secundario, con respecto a los parámetros de fertilidad, se considera que el suelo posee una alta fertilidad en comparación con estudios realizados en suelos agrícolas y pecuarios, por tener condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo vegetal, manteniendo así gran biodiversidad vegetal, animal y microorganismos del suelo, favoreciendo así la disponibilidad y absorción de minerales, esenciales para mantener la productividad y regeneración natural vegetal.

Por otro lado, aunque las condiciones físico-químicas se encuentran en un nivel equilibrado; el estudio arrojó deficiencias importantes en B, P, en cuanto al Fe se indica un exceso.

Según los datos obtenidos de temperatura en el exterior del bosque entre los años 2015 y 2016 se obtuvo una diferencia entre 0,4 y 1,9 °C; la temperatura media del año 2015 fue 32,3 °C y del 2016, correspondió a 34,7°C, respecto a los datos obtenidos de temperatura al interior del bosque entre los mismos años se encontró una diferencia entre 0,4 y 2 °C. ; La temperatura media del 2015 fue 31,3 °C y del 2016 32,3°C, al comparar dichas lecturas se reportó una diferencia significativa, lo que indica que el año 2015 fue menos caluroso con respecto al 2016.

De acuerdo a los resultados obtenidos de humedad relativa en el exterior del bosque entre los años 2015 y 2016 se obtuvo una diferencia entre 9,1 y 16,2%; la media de la humedad relativa del año 2015 fue 32,3 % y del 2016, correspondió a 47%, respecto a los datos obtenidos de humedad relativa al interior del bosque entre los mismos años se encontró una diferencia entre 18,8 y 25,4 %. la humedad relativa media del 2015 fue 31,3 % y del 2016 54,3 %, al comparar dichas lecturas se reportó una diferencia significativa, lo que indica que el año 2015 fue menos húmedo con respecto al 2016.

Respecto a los resultados obtenidos de las características físicoquímicas del suelo y del microclima, el bosque secundario de la finca el Pilamos cumple con los requerimientos adecuados para establecer un sistema silvopastoril por selección vegetal. Dicho arreglo contribuirá a reducir al máximo el estrés calórico teniendo efectos positivos en el bienestar animal, consumo voluntario de alimento, estado productivo y reproductivo del futuro hato.

## RECOMENDACIONES

Según demuestran los resultados obtenidos en el análisis del suelo, es recomendable antes del establecimiento del sistema silvopastoril corregir la deficiencia de fósforo, una opción para este fin es la incorporación de abonos orgánicos como la gallinaza u otra alternativa es la incorporación de semillas con micorrizas, trabajando en simbiosis ayudan a la absorción de fósforo del suelo, también es recomendable usar roca fosfórica en polvo ya que mejora la cantidad de fósforo a largo plazo (91, 92).

Para contrarrestar la deficiencia de boro en el suelo se sugiere la utilización abonos orgánicos ricos en este mineral, utilizando pocas cantidades, debido a que micronutrientes como el boro son liberados naturalmente, a partir de lo cual las plantas pueden obtenerlo, para asegurar esta liberación se debe hacer aplicaciones de materia orgánica o ceniza, siendo innecesario en este caso, por tener niveles óptimos de materia orgánica (91, 93).

Se deben evitar las prácticas de fertilización con compuestos que aporten hierro al suelo ya que este se encuentra en un nivel superior al ideal. Los niveles de hierro pueden descender de manera natural con el establecimiento del sistema silvopastoril ya que las gramíneas incorporadas toman este nutriente en cada pastoreo para su desarrollo(94).

# ANEXOS

## Anexo 1 Resultados análisis de suelos

UTP Universidad Tecnológica de Pereira

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
INFORME DE ENSAYO SUELOS

Código 123-LAS-F102  
Versión 1  
Fecha 20/03/2013  
Página 1 de 1

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS Y FOLIARES

Solicitante: PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
Finca: EL PILAMO  
Departamento: RISARALDA  
Municipio: PEREIRA  
Vereda: LA HONDA  
Teléfono: \*\*\*\*\*

Tipo de muestra: SUELO  
Tipo de análisis: COMPLETO  
Número de muestras: 1  
Cultivo: BOSQUE

Fecha de ejecución del ensayo: ABRIL 6 AL 10 DE 2015  
Fecha de impresión: ABRIL 10 DE 2015  
# de Registro: 132  
Fecha de registro: MARZO 27 DE 2015

#Registro	Lote	p.H	N	M.O.*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C	C.E	Textura
132	1	6.0	0.28	6.6	1.75	10.2	4.4	***	6	145	22	19	4	0.01	4	****	0.756	Franco Limoso

RELACIONES

#Registro	(K:Ca:Mg)	Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retención Humedad (15tam)	Retención Humedad (10tam)		
132	1	6	3	2.5	2.3	5.9	1.7	3.8	13.6	0.89	2.30	61	47	33

METODOLOGIAS

Metodos: Ca, Mg, Zn, Cu Acido de Amonio + EDTA. Absorción Atómica  
Suelo (S) Extracción con Fielato monoclonal. Agente H. Formol  
Suelo (S) Extracción con Fielato monoclonal Turbidez  
Suelo (S) Al solo  
Suelo (S) Pesta saturada con agua. Absorción Atómica  
Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) Volumen  
C.I.C. = (S<sub>1</sub> - S<sub>2</sub>) / (V - V<sub>0</sub>)

Coordinador Laboratorio de Análisis de Suelos y Foliar: GERMAN ANTONIO MUJERIA V.   
Analista: DIANA CAROLINA MEZA S.

Universidad Tecnológica de Pereira - Escuela de Tecnología Química - Vereda la Julita - Teléfono (632)13295

## Anexo 2 Resultado de análisis de suelos

Universidad Tecnológica de Pereira

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN  
INFORME DE ENSAYO GRANULOMETRIA

Código 123-LAS-F102  
Fecha 01/11/2014  
Página 1 de 1

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS Y FOLIARES

Solicitante: PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
Finca: EL PILAMO  
Departamento: RISARALDA  
Municipio: PEREIRA  
Vereda: LA HONDA  
Teléfono: \*\*\*\*\*

Tipo de muestra: SUELO  
Tipo de análisis: GRANULOMETRIA  
Número de muestras: 1  
Cultivo: BOSQUE

Fecha de ejecución del ensayo: ABRIL 6 AL 10 DE 2015  
Fecha de impresión: ABRIL 10 DE 2015  
# de Registro: 132  
Fecha de registro: MARZO 27 DE 2015

#Registro	Lote	%Arenas	%Arcilla	%Limo
132	BOSQUE	65	8	27

METODOLOGIAS

Granulometría Bouyucos

\*El laboratorio se hará responsable del manejo de la muestra, una vez ingrese al mismo.  
\*Los análisis fueron realizados en las condiciones ambientales del laboratorio.  
\*Este resultado hace referencia única y exclusivamente a la muestra analizada.  
\*Este reporte expresa fielmente el resultado de los análisis realizados.  
\*No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del cliente.  
\*Este reporte es confidencial entre el cliente y el Laboratorio de Suelos de la U.T.P.

Coordinador Laboratorio de Análisis de Suelos y Foliar: GERMAN ANTONIO MUJERIA V.   
Analista: DIANA CAROLINA MEZA S.

Universidad Tecnológica de Pereira - Escuela de Tecnología Química - Vereda la Julita - Teléfono (632)13295

### Anexo 3 Análisis estadístico de temperatura al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2015

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	32,3100	31,3900
Varianza	1,2543	0,16544444
Observaciones	10,0000	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0,1124	
Diferencia hipotética de las medias	0,0000	
Grados de libertad	9,0000	
Estadístico t	2,5348	
P(T<=t) una cola	0,0160	
Valor crítico de t (una cola)	1,8331	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0,031984</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2,2622	

### Anexo 4. Análisis estadístico de Humedad Relativa al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2015

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	62,7390	57,1000
Varianza	85,7050	9,024444444
Observaciones	10,0000	10
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,2590	
Diferencia hipotética de las medias	0,0000	
Grados de libertad	9,0000	
Estadístico t	1,7069	
P(T<=t) una cola	0,0610	
Valor crítico de t (una cola)	1,8331	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0,122015</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2,2622	

**Anexo 5 Análisis estadístico de temperatura al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2016.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	34,7500	32,4400
Varianza	2,0872	0,22711111
Observaciones	10,0000	10
Coeficiente de correlación de Pearson	0,5745	
Diferencia hipotética de las medias	0,0000	
Grados de libertad	9,0000	
Estadístico t	5,9188	
P(T<=t) una cola	0,0001	
Valor crítico de t (una cola)	1,8331	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0,000224</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2,2622	

**Anexo 6 Análisis estadístico de Humedad Relativa al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2016.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	47,0100	54,3800
Varianza	4,3454	9,17511111
Observaciones	10,0000	10
Coeficiente de correlación de Pearson	0,6798	
Diferencia hipotética de las medias	0,0000	
Grados de libertad	9,0000	
Estadístico t	-10,4905	
P(T<=t) una cola	0,0000	
Valor crítico de t (una cola)	1,8331	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0,000002</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2,2622	



## Anexo 7 Análisis estadístico de temperatura y Humedad Relativa al interior y exterior del bosque secundario en la Granja el Pilamo 2015.

Análisis de varianza de un factor						
Temperatura						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Fuera del bosque	10	323,1	32,31	1,25433333		
Dentro del bosque	10	313,9	31,39	0,16544444		
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4,232	1	4,232	5,96149632	0,025175446	4,41387341
Dentro de los grupos	12,778	18	0,709888889			
Total	17,01	19				
<b>Análisis de varianza de un factor</b>						
Humedad						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Fuera del bosque	10	627,39	62,739	85,7049878		
Dentro del bosque	10	571	57,1	9,02444444		
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	158,991605	1	158,991605	3,35675199	0,083528719	4,41387341
Dentro de los grupos	852,56489	18	47,36471611			
Total	1011,556495	19				

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Sostenible MdAyD. Año Internacional de los bosques 2011 2014 [cited 2014]. Available from: <http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?catID=1194&conID=6926>.
2. Beer J, Harvey CAM, J.M I, Harmand ES, Jiménez F. FUNCIONES DE SERVICIO DE LOS SISTEMAS DE AGROFORESTERÍA. XII World Forestry congress Quebec, Canada 2003.
3. Botero R, Russo O R. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica": FAO.
4. La pérdida de bosques se ralentiza a nivel mundial. FAO Sala de prensa. 2007.
5. Caquetá, Meta y Guaviare, donde hay más deforestación en Colombia. Eltiempocom. 2013;Sect. vida de hoy ecologia
6. Gobierno-de-la-Rioja. Proyecto Sinergia 2006. Available from: <http://www.lifesinergia.org/pdf/publicaciones/viti.pdf>.
7. Mor-Mussery A, Leu S, Budovsky A. Modeling the optimal grazing regime of *Acacia victoriae* silvopasture in the Northern Negev, Israel. Journal of Arid Environments. 2013;94:27-36.
8. Van laer E, Moons CPH, Sonck B, Tuytens FAM. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. Livestock Science. 2014;159(0):87-101.
9. Pereira UTd. Granja El Pílamó UTP 2012 [cited 2014]. Available from: <http://www.utp.edu.co/granjaelpilamo/localizacion.html>.
10. W. Hill R. Comparative Physiology of animals

An Enviromental Approach. Barcelona España2007. Available from:

[http://books.google.com.co/books?id=w7aoEY-48EC&pg=PA138&lpq=PA138&dq=mecanismos+de+termorregulaci%C3%B3n+en+animales+poiquiloterms+y+homeotermos&source=bl&ots=s8k5cfeLZI&sig=eUb27vaQCQu8BqXF0fZuyh3QR\\_U&hl=es&sa=X&ei=kE8wU\\_6qA8rrkAfb3oDICw&ved=0CFMQ6AEwBw#v=onepage&q=mecanismos%20de%20termorregulaci%C3%B3n%20en%20animales%20poiquiloterms%20y%20homeotermos&f=false](http://books.google.com.co/books?id=w7aoEY-48EC&pg=PA138&lpq=PA138&dq=mecanismos+de+termorregulaci%C3%B3n+en+animales+poiquiloterms+y+homeotermos&source=bl&ots=s8k5cfeLZI&sig=eUb27vaQCQu8BqXF0fZuyh3QR_U&hl=es&sa=X&ei=kE8wU_6qA8rrkAfb3oDICw&ved=0CFMQ6AEwBw#v=onepage&q=mecanismos%20de%20termorregulaci%C3%B3n%20en%20animales%20poiquiloterms%20y%20homeotermos&f=false).

11. Will Wyse A. Animal Physiology Madrid España2004. Available from: <http://books.google.com.co/books?id=HZaC45m9IMMC&pg=PA251&lpq=PA251&dq=mecanismos+de+termorregulaci%C3%B3n+en+animales+poiquiloterms+y+homeotermos&source=bl&ots=joQ0NygYyN&sig=qy1vXbgSrJhZYXbg0mcnj3c24rU&hl=es&sa=X&ei=cFAwU-mCHoylkQeq2oDgBA&ved=0CDwQ6AEwAzgK#v=onepage&q=mecanismos%20de%20termorregulaci%C3%B3n%20en%20animales%20poiquiloterms%20y%20homeotermos&f=false>.

12. Sadeghian S, Rivera JM, Gómez ME. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica* 77-95.
13. Rodrigues da Silva JA, de Araújo AA, Lourenço Júnior JdB, Alves dos Santos NdF, Batista Viana R, Rossetto García A, et al. Los cambios hormonales en búfalas bajo sombra en el clima tropical de la Amazonía Oriental, Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2014; vol.43 no.1 Viçosa.
14. Ainsworth JAW, Moe SR, Skarpe C. Pasture shade and farm management effects on cow productivity in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2012;155:105-10.
15. Lamela L, López O, Sánchez T, Díaz M, Valdés R. Efecto del sistema silvopastoril en el comportamiento productivo de vacas Holstein. 2009;v.32.
16. Navas Panadero A. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. 2010;N.º 19.
17. Pérez E, Soca M, Díaz L, Corzo M. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes*. 2008;31:1-.
18. Nair VD, Haile SG, Michel G-A, Ramachandran Nair P. Environmental quality improvement of agricultural lands through silvopasture in southeastern United States. *Scientia Agricola* 2007;Vol.64 no.5
19. de Moraes GM, da Silva Xavier FA, de Sá Mendonça E, de Araújo Filho JA, de Oliveira TS. Chemical and structural characterization of soil humic substances under agroforestry and conventional systems 2011; vol.35. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832011000500014&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000500014&lang=pt).
20. Ferreira Maia SM, da Silva Xavier FA, de Oliveira TS, de Sá Mendonça E, Araújo Filho JA. Nitrogen fractions in a Luvisol under agroforestry and conventional systems in the semi-arid zone of Ceará, Brazil 2007 vol.32 no.1. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000100036&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000100036&lang=pt).
21. Bugarín J, Bojórquez JI, Lemus IC, Murray CRM, H O, Aguirre J, et al. Comportamiento de algunas propiedades físico-químicas del suelo con diferente sistemas silvopastoril en la llanura norte de Nayarit Cultivos Tropicales 2010; vol.31 no.2. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000200007&lang=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000200007&lang=pt).
22. Stoécio Malta Ferreira M, da Silva Xavier FA, de Oliveira TS, de Sá Mendonça E, de Araújo Filho JA. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. *Revista Árvore* [Internet]. 2006; vol.30 no.5 Available from:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622006000500018&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000500018&lang=pt).

23. Hernández Chávez M, Sánchez Cárdenas S, Guelmes LS. Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica. 2008; v.26 n.3 Available from: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692008000300035&lang=pt](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000300035&lang=pt).
24. Zapata CA, Silva TBE. Reconversión Ganadera y Sistemas Silvopastoriles en el Departamento de Risaralda y el Eje Cafetero de Colombia 2010.
25. Sadeghian S. Impacto de la ganaeria sobre el suelo alternativas sostenible de manejo
  
26. Luccerini SA, Subovsky ED, Borodowski E. Sistemas Silvopastoriles: una alternativa productiva para nuestro país.
27. Petit Aldana J, Suniaga QJ. Sistemas silvopastoriles.
28. Camargo García JC, Vásquez Gaviria J. Mejores las condiciones de nuestras pasturas con árboles maderables 2007.
29. Murgueitio E, Arango HA, Calle Z, Naranjo JF, Cuartas CA, Caro MF. Medidas integrales para el manejo ambiental de la ganadería bovina.
30. Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A, Solorio B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*. 2011;261(10):1654-63.
31. Ellis EA, Nair PKR, Jeswani SD. Development of a web-based application for agroforestry planning and tree selection. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2005;49(1):129-41.
32. Tripathi G, Deora R, Singh G. The influence of litter quality and micro-habitat on litter decomposition and soil properties in a silvopasture system. *Acta Oecologica*. 2013;50(0):40-50.
33. Shrestha RK, Alavalapati JRR, Kalmbacher RS. Exploring the potential for silvopasture adoption in south-central Florida: an application of SWOT–AHP method. *Agricultural Systems*. 2004;81(3):185-99.
34. López-Díaz ML, Rigueiro-Rodríguez A, Mosquera-Losada MR. Influence of pasture botanical composition and fertilization treatments on tree growth. *Forest Ecology and Management*. 2009;257(4):1363-72.
35. Karki U, Goodman MS, Sladden SE. Nitrogen source influences on forage and soil in young southern-pine silvopasture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2009;131(1–2):70-6.
36. Nair PKR, Nair VD, Kumar BM, Haile SG. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. *Environmental Science & Policy*. 2009;12(8):1099-111.
37. Garrido Valero MS. INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS.5.
38. Fuentes Aguilar L. Interpretacion y analisis de suelo.
39. Pavón chocano AB. Suelo y agua.2.
40. Báscones Merino E. Analisis de suelo y consejos de abonado. (0).
41. Fernandez Guerreo FJ. Analisis de suelos.4.

42. FAO. Propiedades Físicas del Suelo. 2015.
43. Santibáñez V C. Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra.
44. Alarcon Vera AL. El Boro como nutriente esencial 2001.
45. Roca N, Pazos MS, Bech J. Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO argentino. Ciencia del suelo. 2007;25:31-42.
46. Kirkby E, Römheld V. Mi cronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. 2007;2.
47. RADAGRICOLA. El Magnesio: Nutriente Esencial en la Producción de Frutales y Cultivos. 2013.
48. Abadía J. Comportamiento del suelo frente al aporte de magnesio. 1981.
49. Gómez M, Sótes V. El Manganeso y la Viticultura: una revisión. 2014.
50. Juárez M, Cerdán M, Sanchez A. Hierro en el sistema suelo-planta.
51. Barrera J, Cruz M, Melgarejo LM. Nutrición mineral.5.
52. Espinoza L, Slaton N, Mozaffari M. Como Interpretar los Resultados de los Análisis de suelos. Division de Agricultura de la Universidad de Arkanzas. (0).
53. Agrolab. Guía de referencia para la interpretación de análisis de suelos Agrolab (0).
54. Vargas Calderon JC. Estudio de la capacidad de intercambio catiónico en la recuperación de un suelo afectado por incendios forestales en el municipio de Nemocon, Cundinamarca. 2007.
55. Pérez E, Soca M, Díaz L, Corzo M. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. 2008;v.31.
56. Hidroclimatología R. Red Hidroclimatología 2015. Available from: <http://www.redhidro.org/home/>.
57. Sanclementes Reyez OE. Propiedad y contaminación del suelo. 2011.
58. Jaramillo J DF. Introducción a la ciencia del suelo. 2002.
59. Rucks L, García F, Kaplán A, Ponce de León J, Hill M. Propiedades Físicas del Suelo. 2004.
60. Méndez Cartín A, Rodríguez Flores R, C VM. Evaluación de la calidad biológica del suelo en un Sistema Agroforestal de especies maderables nativas (Pilón y Almendro) con Heliconias y un Bosque Secundario, en la zona de Limón. Costa Rica.
61. Scalone Echave MA. Capítulo 10 Propiedades físico-químicas de los suelos.
62. Blanco Sandoval JO. Manejo Integral de Suelos con énfasis en el cultivo de Arroz. 2003.
63. Flores Delgadillo L, Alcalá Martínez JR. Manual de Procedimientos Analíticos

64. Calle Cardona DA, Sadeghian S. Evaluacion de las propiedades fisicas y quimicas de suelos establecidos con cafe bajo sombra y a plena exposicion solar 2005.

65. Pavón chocano AB. Analisis de suelo

3.

66. Atuesta Rengifo CH. Comparacion de cinco metodos para la determinar capacidad de intercambio cationico en suelos alcalinos.

67. Fuentes Flores R. Comportamiento de la capacidad de intercambio cationico en algunos suelos de origen volcanico. 1971.

68. Henríquez M, Pérez J, Gascó JM, Rodríguez O. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y caolín usando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio. Bioagro. 2005;17:59-62.

69. Rodríguez O, Rodríguez A. Comparación de la CIC en dos suelos, utilizando Acetato de Amonio, Acetato de Sodio y Cloruro de Amonio. Revista de la Facultad de Agronomía. 2002;19:253-63.

70. Velásquez Garcia LM, Quintana Ríos A, Molina Rico LJ. Estructura, composicion vegetal y descomposicion de hojarasca en el suelo, en dos sitios de un bosque nublado Andino (Reforestado y en sucesion expontanea)en Peñas Blancas, Caarca (Quindio), Colombia. 2010;32.

71. Zapata Hernandez RD. Casos especiales de acidez.capitulo 6(0).

72. Mantilla-Paredes AJ, Cardona GI, Peña-Venegas CP, Murcia U, Rodríguez M, Zambrano MM. Distribución de bacterias potencialmente fijadoras de nitrógeno y su relación con parámetros fisicoquímicos en suelos con tres coberturas vegetales en el sur de la Amazonia colombiana. Revista de Biología Tropical. 2009;57:915-27.

73. Sanchez, Alvarez, FAO. Gramíneas de corte. 2006.

74. Castelló Canet R. Aplicacion agricola de materia organica 2007(0).

75. Europe Sao. Pérdida de materia orgánica 2009;3.

76. González Osorio H, Sadeghian S, Mejía Muñoz B. El azufre en los suelos de la zona cafetera Colombiana 2005;332(0).

77. Molina E. Analisis de suelos y su interpretacion

78. Bernier Villarroel R. Análisis de suelos -Metodología e interpretación 2

79. Mckean SJ. Manual de analisis de suelos y tegido vegetal. 1993(0):1-97.

80. Pere Porta M. El calcio en el suelo

81. Acevedo Sandoval OA. Aluminio, Un indicador de calidad ambiental en los suelos de carga variable 2007.

82. Posada Casierra F, Aguilar Avedaño OE. Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Una revisión. 2007.

83. Bernier V R, Alfaro V M. Acidez de los suelos y efectos del encalado

84. López A. Interpretación de los análisis químicos de suelos y foliares en el cultivo de banano (Musa AAA, CV. Valery) en Costa Rica. Análisis de un caso y factores involucrados. XI Congreso nacional Agronómico 1999.
85. Juárez M, Cerdán M, Sánchez Sánchez A. Hierro en el sistema suelo-planta.
86. Millán E, Abadía A, Montañes L. Niveles de Fe, Mn, Cu y Zn en suelos cultivados del Valle del Ebro.
87. Amaya Meza HE, Hurtado G, Aparicio V, Argueta Q, Larín MA. Guía Técnica

#### CULTIVO DE Tomate.

88. Andrades M, Martínez ME. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen 3.
89. Mahecha L, Rosales M, Molina CH, Molina JE. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia.
90. Uribe F, Zuluaga AF, Valencian L, Murgueitio E, Zapata A, Solarte L, et al. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. 2011.
91. Magrama. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España.
92. Munera Velez GA, Meza Sepúlveda DC. El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal. 2014.
93. Acuña Malave A. Los suelos como fuente de boro para las plantas. 2005.
94. Aguado-Santacruz GA, Moreno-Gómez B, Jiménez-Francisco B, García-Moya E, Preciado-Ortiz RE. Impacto de los sideróforos microbianos y fitosideróforos en la asimilación de hierro por las plantas: una síntesis. *Revista fitotecnia mexicana*. 2012;35:9-21.

