

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL ASAÍ (*Euterpe precatoria* Mart.)  
EN DIFERENTES USOS DE SUELO DE LA VEREDA LA CONCORDIA,  
MUNICIPIO DEL VALLE DEL GUAMUEZ, PUTUMAYO, COLOMBIA**

**LEANDRO OSORIO CUARÁN**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
MAESTRÍA EN AGROFORESTERÍA TROPICAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2019**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL ASAÍ (*Euterpe precatoria* Mart.)  
EN DIFERENTES USOS DE SUELO DE LA VEREDA LA CONCORDIA,  
MUNICIPIO DEL VALLE DEL GUAMUEZ, PUTUMAYO, COLOMBIA**

**Ing. Forestal LEANDRO OSORIO CUARÁN**

**Trabajo realizado como opción de grado para optar al título de MAGISTER en  
Agroforestería Tropical**

**Asesor  
Ph. D JESÚS CASTILLO FRANCO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
MAESTRÍA EN AGROFORESTERÍA TROPICAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2019**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo de grado, son  
responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo 1 del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable  
Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

San Juan de Pasto, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis docentes que fueron parte fundamental en el proceso del desarrollo de esta tesis haciendo posible con su guía y sus enseñanzas que día a día este proyecto tuviera un feliz término.

A mi esposa, hijas y amigos que con su tiempo y paciencia contribuyeron a que me dedicara a la investigación de este proyecto.

Para finalizar y no menos importante un especial agradecimiento a las comunidades indígenas que me regalaron un poco de su sabiduría ancestral para incluirla en el desarrollo de esta investigación.

## **DEDICATORIA**

A mi esposa, a mis hijas y a mi hermosa familia, por motivarme día a día a hacer las cosas bien, a trabajar con amor y seguir construyendo nuestro futuro, a mis comunidades Indígenas del Putumayo porque me han hecho partícipe de su sabiduría.

## RESUMEN

La Palma de Asaí (*Euterpe precatoria* Mart.) es una planta tropical no maderable, con potencial comercial de su fruto, extraído principalmente del bosque. No se cuenta con estudios sobre su manejo y cultivo en suelos de tierra firme. Se estableció el cultivo de Asaí en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia del municipio de Valle del Guamuez (Putumayo), zona de bosque húmedo tropical, área de confluencia del río Guamuez, precipitación promedio de tipo bimodal de 3.600 mm anuales, promedio anual de temperatura casi constante de 28 °C, 4,5 horas diarias de radiación solar directa, predomina suelos de lomerío de tipo oxisol. La investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de la palma de Asaí en los usos de suelo bosque, barbecho y potrero midiendo su desarrollo desde su siembra y analizando las propiedades físicas y químicas de estos suelos, para lo cual se hizo un estudio exploratorio y luego descriptivo a partir de un diseño experimental donde se realizó un análisis estadístico descriptivo en el comportamiento del desarrollo de la palma en base a su crecimiento, supervivencia, evaluación de plagas y características fisicoquímicas del suelo. Como resultado se identificó que los uso de suelo bosque y barbecho presentan mejor condición para el desarrollo de la palma además que las condiciones de clima cumplen los requerimientos de la especie. La tasa de crecimiento anual del suelo de potrero es bajo. En el bosque y barbecho se da una buena tasa de supervivencia de la palma. El bosque presenta mejores variables físicas y químicas del suelo por su contenido de humedad, infiltración de agua, menor daño por plagas, mejor porcentaje de materia orgánica y nitrógeno pese a tener un pH muy bajo. La baja fertilidad y composición del suelo, pH muy bajo, advierten que debe hacerse seguimiento hasta mayor edad y ajustarse para evitar problemas de desarrollo y producción en un futuro y se necesita propiciar la cobertura vegetal para evitar la lixiviación del suelo y lograr su recuperación. Esta especie puede propiciar la recuperación de suelos degradados y ayudar a proteger los establecimientos nativos.

**Palabras clave:** Asaí, palma, bosque tropical húmedo, barbecho, potrero, recuperación de suelos, protección de especies amazónicas.

## ABSTRACT

The Asaí palm (*Euterpe precatoria* Mart.) is a non-timber tropical plant with commercial potential for its fruit, extracted mainly from the forest. There are no studies on its management and cultivation in firm soils. The Asaí farming was established in the La Esmeralda farm, La Concordia village in the Valle del Guamuez municipality (Putumayo), tropical humid forest area, confluence area of the Guamuez river, average bimodal precipitation of 3,600 mm for year, almost constant annual average temperature of 28 °C, 4.5 hours per day of direct solar radiation, oxisol-type hill soils predominate. The objective of the research was to evaluate the behavior of the Asaí palm in the forest, fallow and pasture land uses, measuring its development from its sowing and analyzing the physical and chemical properties of these soils, for which a exploratory study and then descriptive from an experimental design where a descriptive statistical analysis was performed on the behavior of the development of the palm based on its growth, survival, evaluation of pests and physicochemical characteristics of the soil. As a result, it was identified that the use of forest and fallow land presents a better condition for the development of the palm, in addition to climate conditions that meet the requirements of the species. The annual growth rate of paddock soil is low. In the forest and fallow there is a good survival rate of the palm. The forest presents better physical and chemical soil variables because of its moisture content, water infiltration, less damage by pests, better percentage of organic matter and nitrogen despite having a very low pH. The low fertility and composition of the soil, very low pH, warn that it should be followed until older and adjusted to avoid problems of development and production in the future and need to promote the plant cover to avoid leaching the soil and achieve recovery. This species can promote the recovery of degraded soils and help protect native settlements.

**Keywords:** *Euterpe precatoria*, palm, humid tropical forest, fallow, paddock, soil recovery, protection of Amazonian species.

## CONTENIDO

	pág.
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTOS .....	5
RESUMEN .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	18
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	20
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
2.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	21
3. OBJETIVOS .....	24
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
4. MARCO TEÓRICO.....	25
4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ASAÍ (Euterpe precatoria Mart.) .....	25
4.1.1 Taxonomía según Martius. ....	25
(Martius, 1842; citado Castro, <i>et al.</i> , 2015) .....	25
4.1.2 Características generales. ....	25
4.2 PRÁCTICAS AGROFORESTALES EN EL CULTIVO DE ASAÍ.....	32
4.3 GENERALIDADES SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO .....	32
4.3.1 Características físicas del suelo.....	33
4.3.2 Características químicas del suelo .....	40
4.3.3 Características biológicas .....	45
5. METODOLOGÍA.....	46
5.1 LOCALIZACIÓN.....	46
5.1.1 Clima del municipio de Valle del Guamuez.....	47
5.1.2 Geología y Geomorfología del municipio del Valle del Guamuez .....	48
5.2 USOS DEL SUELO EN EL PREDIO LA ESMERALDA .....	50

5.3 TIPO DE ESTUDIO.....	52
5.4 MUESTREO.....	52
5.5 VARIABLES DE MEDICIÓN .....	54
5.6 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	54
5.6.1 Supervivencia, crecimiento y desarrollo de la palma de Asaí .....	55
5.6.2 Características físicas y químicas del suelo. ....	56
5.6.3 Evaluación de macrofauna. ....	58
5.6.4 Análisis de interpretación de datos .....	58
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
6.1 DESARROLLO DE LA PALMA DE ASAÍ EN LOS TRES USO DE SUELO	59
6.1.1 Supervivencia .....	59
6.1.2 Crecimiento.....	60
6.1.3 Problemas fitosanitarios .....	61
6.2 PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y DE MACROFAUNA EN TRES	
USOS DEL SUELO.....	62
6.2.1 Propiedades físicas de los suelos del predio La Esmeralda .....	62
6.2.2 Propiedades químicas de los suelos.....	76
6.2.3 Macrofauna del predio La Esmeralda .....	85
7. CONCLUSIONES.....	88
8. RECOMENDACIONES .....	90
9. BIBLIOGRAFÍA.....	91
10. ANEXOS .....	97

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Ilustración 1. Temporadas de Floración y fructificación de la palma de Asaí. FAO, 2012. ....	27
Ilustración 2. Ubicación del municipio de Valle del Guamuez .....	46
Ilustración 3. Localización del predio La Esmeralda, Vereda La Concordia, Valle del Guamuez. ....	47
Ilustración 4. Distribución de los usos del suelo y de la plantación en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio del Valle del Guamuez .....	53

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles críticos de nutrientes en el suelo a considerar para elaborar un programa de fertilización para el cultivo de palma aceitera.....	31
Tabla 2. Características morfológicas que son significativamente diferentes entre bosque de várzea y de tierra firme para los frutos de Asaí (prueba de U de Mann-Whitney, $p < 0.05$ ).....	31
Tabla 3. Clasificación de los separados del suelo, según el sistema USDA. ....	34
Tabla 4. Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos (USDA, 1993). ....	34
Tabla 5. Relación entre la textura y la porosidad de los suelos.....	37
Tabla 6. Calificación del pH del suelo según Soil Survey Division Staff (1993). ...	40
Tabla 7. Efecto del pH sobre la solubilidad de algunos elementos que pueden afectar el desarrollo de la planta, así como sobre algunos procesos relacionados con la nutrición vegetal.....	41
Tabla 8. Valores de referencia para la interpretación de análisis de suelo para palma de aceite.....	44
Tabla 9. Resumen descriptivo de los suelos de lomerío del Valle del Guamuez (1999).....	49
Tabla 10. Propiedades físicas evaluadas y métodos empleados.....	57
Tabla 11. Propiedades químicas evaluadas y métodos empleados.....	57
Tabla 12. Comparación de medias de Tukey para la altura de las palmas en cada uso del suelo del predio La Esmeralda, vereda La Concordia, Municipio del Valle del Guamuez.....	60
Tabla 13. Análisis de las propiedades físicas del suelo: profundidad, pendiente, textura, estructura, infiltración de agua, humedad, densidad y porosidad de los usos de suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.....	63
Tabla 14. Comparación de medias de Tukey para la humedad volumétrica a 0.01, 0.03, 0.06, 0.1, 0.3, 5, 10 y 15 bares de los usos de suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	66
Tabla 15. Comparación de medias de Tukey para la distribución de agregados y DPM del porcentaje de agregados de los usos de suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	74
Tabla 16. Valores promedio de las propiedades químicas pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico efectiva y contenidos	

de nitrógeno total, fosforo, azufre calcio, magnesio potasio, hierro, manganeso, cobre, zinc y boro, evaluadas por tipo de uso de suelo en el predio la Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez..... 76

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Composición física ideal del suelo .....	33
Gráfica 2. Efecto del tipo de arcilla del suelo, sobre su capacidad de retención de humedad (Contenido gravimétrico de humedad: A.A.: agua aprovechable; C.C.: capacidad de campo; P.M.P.: punto de marchitez permanente). (Adaptada y complementada de varios autores). .....	38
Gráfica 3. Pendiente de los usos de suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.....	51
Gráfica 4. Mortalidad de individuos plantados de palma de Asaí en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio del Valle del Guamuez .....	59
Gráfica 5. Crecimiento promedio de individuos plantados de palma de Asaí en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio del Valle del Guamuez ....	61
Gráfica 6. Incidencia y severidad promedio de plagas en los individuos plantados de palma de Asaí en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio del Valle del Guamuez. ....	62
Gráfica 7. Textura del suelo de potreros en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.....	64
Gráfica 8. Niveles de infiltración de agua de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	65
Gráfica 9. Contenido promedio de humedad de los usos del suelo a 105°C en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	66
Gráfica 10. Curva de retención de humedad de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	67
Gráfica 11. Niveles de humedad volumétrica a 0,01 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. .	68
Gráfica 12. Niveles de humedad volumétrica a 0,03 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. .	68
Gráfica 13. Niveles de humedad volumétrica a 0,06 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	68
Gráfica 14. Niveles de humedad volumétrica a 0,1 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	69
Gráfica 15. Niveles de humedad volumétrica a 0,3 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	69
Gráfica 16. Niveles de humedad volumétrica a 5 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	69

Gráfica 17. Niveles de humedad volumétrica a 10 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	70
Gráfica 18. Niveles de humedad volumétrica a 15 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	70
Gráfica 19. Densidad aparente de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	71
Gráfica 20. Densidad real de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	71
Gráfica 21. Porosidad total de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	72
Gráfica 22. Porcentaje de estabilidad estructural promedio de los usos del suelo tratados en Tamices de 2, 0.85, 0.50, 0.25 y <0.25 mm en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	73
Gráfica 23. Diámetro ponderado medio DPM de los agregados estables de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	73
Gráfica 24. Porcentaje de distribución de agregados promedio de los usos del suelo tratados en Tamices de 6.3, 4.0, 2.0, 1.0, 0.50, 0.25 y <0.25 mm en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	75
Gráfica 25. Diámetro ponderado medio DPM de los agregados totales de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	75
Gráfica 26. pH promedio por tipo de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	77
Gráfica 27. Conductividad eléctrica promedio por tipo de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	78
Gráfica 28. Contenido de materia orgánica promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	79
Gráfica 29. Contenido de nitrógeno total promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	79
Gráfica 30. Contenido de fósforo promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	80
Gráfica 31. CICE promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	81
Gráfica 32. Contenido de calcio promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	81
Gráfica 33. Contenido de magnesio promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	82

Gráfica 34. Contenido de potasio promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	82
Gráfica 35. Contenido de azufre promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	83
Gráfica 36. Contenido de hierro promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	83
Gráfica 37. Contenido de manganeso promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	84
Gráfica 38. Contenido de cobre promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	84
Gráfica 39. Contenido de zinc promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	84
Gráfica 40. Contenido de boro promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	85
Gráfica 41. Composición de macrofauna del uso de suelo potrero del predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	85
Gráfica 42. Composición de macrofauna del uso de suelo barbecho del predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	86
Gráfica 43. Composición de macrofauna del uso de suelo bosque del predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez. ....	86

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Coordenadas de los lotes de siembra en cada uno de los usos del suelo del predio La Esmeralda .....	97
Anexo 2. Medición del crecimiento de la palma en cada uno de los usos del suelo del predio La Esmeralda .....	98
Anexo 3. Medición del crecimiento de la palma en cada uno de los usos del suelo del predio La Esmeralda (continuación) .....	99
Anexo 4. Medición del crecimiento de la palma en cada uno de los usos del suelo del predio La Esmeralda (continuación) .....	100
Anexo 5. Análisis de varianza y diferencias de medias de Tukey en el crecimiento de la palma de Asaí en los usos del suelo del predio La Esmeralda.....	101
Anexo 6. Calculo de pendiente en los usos de suelo .....	101
Anexo 7. Mediciones de textura en los usos de suelo.....	102
Anexo 8. Resultados de análisis químico del suelo.....	105
Anexo 9. Análisis de varianza y diferencias de medias de Tukey de las propiedades químicas de los usos del suelo del predio La Esmeralda .....	106
Anexo 10. Registro Fotográfico .....	107

## 1. INTRODUCCIÓN

La palma de Asaí ofrece un mercado promisorio para el campesino putumayense (Vargas, 2017), de hecho, se reconoce su potencial como producto amazónico con un buen mercado en Estados Unidos y creciente potencial hacia Europa (Bellante, 2014) que se puede proponer como línea productiva y alternativa de desarrollo para las comunidades aledañas al bosque amazónico para la sustitución de cultivos insostenibles y de los ilícitos como la coca que generan violencia (Erazo, 2010), causan daños al medio ambiente (Pinzón & Sotelo, 2011) por los métodos para su erradicación con malas prácticas como la fumigación y el uso de herbicidas altamente tóxicos como el glifosato (Sánchez, 2005) que afectan el suelo para la agricultura lícita y compromete la salud de la población agrícola (Campuzano, Feijoo, Manzur, Palacio, Rendón y Zapata, 2017) y configuran las condiciones hacia la descomposición social de las zonas en que se utilizan (Ortiz, 2000). Se sugiere medidas de conservación para la palma de Asaí pues hoy se considera cada vez más escaso frente a su demanda lo que infiere la penetración del bosque de manera irracional para su aprovechamiento (Torres, 2012; Isaza, Galeano y Bernal, 2014).

La variedad *Euterpe precatoria* es una planta tropical no maderable con un alto contenido de carbohidratos y ácidos grasos, se estima el mayor contenido y capacidad antioxidante (alto contenido de antioxidantes tipo polifenoles) entre las palmas y de la que hoy se reconoce su potencial terapéutico (Palencia, *et al.*, 2009, Kang, *et al.*, 2012; Citados por Castillo, Hernández y Lares, 2017). Así desde el año 2000 a 2014, trascendió de ser un alimento silvestre a un “super-alimento” apetecido en las grandes urbes del mundo (Ellín, 2009; citado por Isaza, *et al.*, 2014) pero que hoy a pesar de considerarse en bajo grado de amenaza (Calderón, 2005; citado por Castro, Barrera, Carrillo y Hernández, 2015), su aprovechamiento se ciñe a la mera extracción desde el bosque (Castaño, Cárdenas y Otavo, 2007) pues las grandes industrias de Latinoamérica y Brasil explotan rodales naturales (Johnson, 1997; citado por Stoian, 2004) que minimizan su sostenibilidad y hace que se obtenga de zonas más alejadas del bosque (Stoian, 2004), y que de continuar la extracción destructiva las perspectivas de conservación no son buenas (Isaza, *et al.*, 2014) y no se evidencia investigaciones en el manejo sostenible de este cultivo. El Valle del Guamuez es un municipio del departamento de Putumayo no ajeno a los problemas de los malos hábitos en el uso del suelo con la agricultura (Toledo, 1980; citado por Espinoza, León y Ríos, 2015) que destruyen el medio ambiente y afectan la disponibilidad de recursos para las comunidades nativas que hacen manejo sostenible de ellos.

Pese al panorama para el aprovechamiento del Asaí los estudios referentes a su manejo y/o cultivo son escasos dentro del contexto del departamento del

Putumayo y no existe una caracterización de los suelos para el mismo que viabilicen su establecimiento. Se busca con este trabajo evaluar el desarrollo de la palma de Asaí en suelos degradados y erosionados por la ganadería y la siembra inapropiada de cultivos en la región amazónica del departamento de Putumayo y confrontarlo con información secundaria que permita validar y confrontar con los resultados obtenidos en campo contando con el establecimiento de la palma de Asaí en tres tipos de suelos del predio La Esmeralda del municipio del Valle del Guamuez en que se observa al parecer crecimiento normal de esta especie pues se estima que la producción de Asaí orientada al mercado de la manera como hoy se hace, solo extractiva, puede implicar problemas ecológicos y su insostenibilidad como cultivo.

Además de evaluar el comportamiento del desarrollo de la palma de Asaí en su establecimiento en los suelos descritos del departamento, esta investigación tiene por objeto evaluar las características físicas, químicas y de macrofauna de los suelos firmes del predio y lograr información importante para determinar si es posible viabilizar su establecimiento en áreas improductivas para con ello preservar los establecimientos naturales de la palma, prever el sostenimiento y proteger la tradición de las comunidades indígenas que hacen uso de este recurso y tener un estudio base sobre el cultivo de la palma de Asaí como una alternativa viable frente a los cultivos de uso ilícito en Putumayo.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar del interés que despierta el cultivo de Asaí en el departamento de Putumayo debido a la creciente demanda que se estima en el mercado nacional e internacional, su aprovechamiento se ha ceñido a la extracción desde el bosque amazónico (Castaño, Cárdenas y Otavo, 2007) lo que posiblemente hace que poco a poco se vaya reduciendo las poblaciones de palma en el bosque natural. Las grandes industrias de Latinoamérica y Brasil explotan rodales naturales (Johnson, 1997; citado por Stoian, 2004) y ninguna de estas industrias reporta la obtención de palmito de manera sostenible, el tamaño de tronco cosechado disminuye, los ciclos de cosecha se acortan y el palmito se extrae de zonas más lejanas del bosque (Stoian, 2004) aumentando así los problemas de deforestación por la introducción en zonas más lejanas y frágiles del bosque que contienen fauna y flora virgen, aumentando así la presión sobre estos territorios y especies. La cosecha, principalmente para el autoconsumo se realiza en forma destructiva en los bosques, de continuar así las perspectivas de conservación no son buenas (Isaza, *et al.*, 2014) pues se reducirían considerablemente las poblaciones de la palma de Asaí mientras no se realice su establecimiento debidamente planeado. Por ejemplo, en los casos más graves como en San Martín de Amacayacu (Amazonas) el método más utilizado en la cosecha es la tala de los individuos. Según Kahn & Henderson (1999) se aconseja restringir el uso de *E. Precatoria* para palmito ya que esta práctica es destructiva y esta palma no rebrota como otras especies (Castaño, *et al.*, 2007).

No se evidencia investigaciones que aporten información clara acerca de la implementación de su cultivo en áreas de suelo firme con aptitud agrícola, especialmente en áreas subutilizadas y degradadas por la implementación de monocultivos, ganadería y cultivos ilícitos, y menos para los suelos del departamento del putumayo como área de referencia para este estudio.

En el Valle del Guamuez, los problemas en el uso del suelo, se dan con la modernización de la agricultura (Toledo, 1980; citado por Espinoza, León y Ríos, 2015) ya que tiende a destruir los recursos naturales y a afectar a las comunidades campesinas propias de la región que utilizan técnicas sostenibles en el aprovechamiento de los diferentes cultivos con lo que se estima se reduce los recursos naturales disponibles y para el caso las pocas poblaciones de palma de Asaí que puedan existir en la región.

La producción del Asaí orientada al mercado, con la mera extracción desde el bosque, puede implicar grandes costos ecológicos y la pérdida de la relación

hombre-naturaleza. Los procesos de tala y uso inadecuado de la tierra generan procesos severos de degradación que incluyen fenómenos irreversibles de erosión en surcos y cárcavas; inciden en la disminución de recursos de pesca y caza (Eswaran & Reich, 2001) a lo que se suma la implementación de cultivos ilícitos y el uso del herbicida glifosato para su erradicación, que hace que se pierdan esfuerzos de producción agrícola por fumigaciones inconsultas y no controladas, además del nivel de residualidad que deja este herbicida para la implementación de cultivos posteriores y para la salud de las personas expuestas (Chica, 2018).

Aunque en Colombia el Asaí se considere en bajo grado de amenaza (Calderón, 2005; citado por Castro, Barrera, Carrillo y Hernández, 2015), con este estudio se estima que con la formulación de proyectos encaminados al aprovechamiento de esta especie desde el bosque, se puede amenazar a futuro las áreas establecidas naturalmente en el bosque amazónico además de que no se tiene certeza de la viabilidad del establecimiento como cultivo, más aún cuando no se ha caracterizado los suelos donde se pretende hacerlo. El Asaí es poco cultivado pues se considera una planta en abundancia en los bosques amazónicos (Isaza, *et al.*, 2014) y se prefiere cuidar las plantas que crecen espontáneamente.

En conclusión, hace falta un estudio como el que pretende esta investigación acerca del establecimiento del Asaí en los suelos degradados del departamento de Putumayo y que permita viabilizar este cultivo redefiniendo los planes que actualmente se formulan, ya que no garantizan el sostenimiento de esta actividad en sus actuales condiciones; lo que lleva a indagar ¿Cuál sería el comportamiento de la palma de Asaí en tres usos del suelo firme (potreros, barbecho y bosque) de la Vereda la Concordia del municipio del Valle del Guamuez? como estudio de referencia para implementar su cultivo.

## **2.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Dada la importancia del Asaí como alimento y como potencial fuente de ingresos (Vargas, 2017; Bell ante, 2014), en apoyo al campesino del departamento de Putumayo, entes gubernamentales y no gubernamentales han optado por formular planes para el aprovechamiento de este alimento que se obtiene netamente del bosque amazónico y aunque se proyecta un aprovechamiento sostenible no se conoce estudios que determinen la viabilidad del cultivo en suelos diferentes a bosques amazónicos inundables del departamento del Putumayo, por lo cual se requiere conocer antes cómo se adapta esta especie a los suelos firmes característicos del bosque tropical del municipio del Valle del Guamuez como región donde se desaprovecha la tierra y se ha sufrido los efectos de la degradación de la misma debido a los otrora establecimientos de cultivos ilícitos y de la ganadería en forma inadecuada.

Entonces, como medida de conservación del bosque amazónico se hace necesario conocer cómo responde como cultivo el establecimiento del Asaí en los suelos no inundables degradados por las malas prácticas agrícolas y evaluar su desarrollo frente al estado natural. A través de la observación y análisis de esta experiencia se logrará determinar la factibilidad de la implementación de este cultivo en áreas degradadas de suelo firme como barbecho y potrero así como en bosques de la vereda La Concordia del municipio del Valle del Guamuez y lograr claro está, una alternativa importante al hábito del aprovechamiento sostenible de Asaí.

Es necesario darle un mejor uso a la población natural de la palma de Asaí, ya que este recurso es cada vez más escaso frente a su demanda y constantemente se afectan los bosques de manera irracional para su aprovechamiento (Torres, 2012; Isaza, *et al.*, 2014) Además permite tener una herramienta de conservación de las palmas que se estima necesaria ante la falta de información de las poblaciones amenazadas por lo cual debe hacerse una introducción en su cultivo para disminuir la presión sobre las poblaciones silvestres y sensibilizar a la población acerca de la diversidad de nuestra biota y sus amenazas (Calderón, Galeano y García, 2005).

Mesa y Galeano (2013) encuentran que las palmas son un recurso natural con un potencial muy importante tanto para la seguridad alimentaria como para el desarrollo sustentable de la Amazonía colombiana y a falta de un manejo adecuado y sustentable del bosque amazónico urge trabajar en el tema de manejo de especies útiles en la Amazonía, al menos algunas de las más importantes y con mayor presión de cosecha entre las que se encuentra la palma de Asaí que debería incluirse en sistemas de manejo, incluyendo los agroforestales.

Dada su posible viabilidad se puede presentar como una alternativa económica y ante otros problemas en el uso inadecuado del suelo tal como el establecimiento de cultivos insostenibles por la falta de estudios adecuados u otros que afectan los bosques como su tala para el establecimiento de la ganadería que requiere grandes extensiones de tierra para unas cuantas reses. En los casos más graves y ante la falta de trabajo y alternativas para la generación de ingresos para la manutención de las familias campesinas putumayenses está latente el establecimiento de cultivos ilícitos como la coca (*Erythroxylum coca*) que generan violencia (Erazo, 2010), causan también daños al medio ambiente (Pinzón & Sotelo, 2011) y van configurando las condiciones hacia la descomposición social de las zonas en que se utilizan (Ortiz, 2000); hecho que conllevaría a su erradicación con malas prácticas como la fumigación y el uso de herbicidas altamente tóxicos como el glifosato (Sánchez, 2005) que afectan notablemente el uso del suelo para la agricultura lícita y compromete la salud de la población agrícola (Campuzano, Feijoo, Manzur, Palacio, Rendón y Zapata, 2017).

Con la presente investigación se puede determinar qué tan efectivo puede ser el establecimiento del Asaí en los suelos firmes del predio La Esmeralda de la vereda La Concordia, municipio del Valle del Guamuez, como zona de muestra del departamento de Putumayo, principalmente de aquellos suelos degradados y erosionados producto de la ganadería extensiva y siembra de cultivos ilícitos, iniciativa que a la vez puede ayudar a compensar la pérdida de fauna en zonas aledañas por la extracción del palmito y la fruta de la pala de Asaí como medida de conservación del bosque amazónico así como la posible recuperación de estos suelos para la preservación de las comunidades indígenas que aprovechan este recurso como parte de su tradición y evitar el crecimiento de los cultivos ilícitos y monocultivos insostenibles.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el comportamiento de la palma de Asaí (*Euterpe precatoria Mart.*) en tres usos del suelo de la vereda La Concordia en el Municipio del Valle del Guamuez, Putumayo.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el desarrollo de la palma de Asaí desde su siembra en tres usos del suelo de tierra firme: potrero, barbecho y bosque del predio La Esmeralda del municipio de Valle del Guamuez.
- Evaluar algunas propiedades físicas, químicas y de macrofauna en los usos del suelo potrero, barbecho y bosque del predio La Esmeralda del municipio del Valle del Guamuez donde se estableció la palma de Asaí.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ASAÍ (*Euterpe precatoria* Mart.)

El Asaí es una planta tropical no maderable perteneciente a la familia de las palmas, la variedad *Euterpe precatoria* se distribuye desde Centroamérica y las Antillas hasta la cuenta amazónica, principalmente de las selvas de Perú, Bolivia y Brasil (Hendersen, *et al.*, 1995; citado por Isaza, *et al.*, 2014). Destacado por ser un gran alimento de la población nativa de esta región y con un creciente interés por su consumo en la actualidad por su buen contenido de antioxidantes (Hyuyama, *et al.*, 2011; Kang, *et al.*, 2012; citados por Isaza, *et al.*, 2014). Como cultivo se intensificó en el vecino país de Brasil en los años 80 y 90, y en la actualidad se data que el principal aprovechamiento de esta planta se da por iniciativas de biocomercio con la recolección de su fruto pero con un desalentador panorama para su conservación.

#### 4.1.1 Taxonomía según Martius.

(Martius, 1842; citado Castro, *et al.*, 2015)

División: Magnoliophyta.  
Subclase: Rosidae.  
Familia: Arecaceae.

Clase: Liliopsida.  
Orden: Arecales.  
Género: *Euterpe*.

**4.1.2 Características generales.** Johnson indica que el Asaí es una planta monocotiledónea, teniendo un solo meristema apical; Todo su crecimiento se dirige hacia arriba. Las palmas de un solo tallo son muy vulnerables ya que si el ápice se daña la planta muere. Sin embargo, el tronco es relativamente flexible y por esta razón puede sobrevivir a impactos causados por la caída de otros árboles sobre la planta (Johnson, 1996).

En los bosques tropicales, palmeras del sotobosque son muy sensibles a las alteraciones del hábitat y se pueden extinguir cuando se desmonta el bosque. En contraste, ciertas especies de palmeras del dosel como el Asaí están adaptadas para el crecimiento en bosques primarios y secundarios, por ello es una de las más comunes y de mayor distribución en América tropical (Johnson, 1996).

Varias especies de palmeras son excelentes indicadores de las condiciones de humedad del suelo. En los lugares en que las distribuciones de *Euterpe precatoria* y *Euterpe oleracea* superponen, tales como el Noroeste de Guyana, los patrones

de distribución reflejan claramente las condiciones de hábitat. *Euterpe precatoria* ocurre comúnmente en lugares más altos con un período corto anual de inundación, en contraste con *E. oleracea* que se encuentra en lugares más bajos sujetos a largos períodos anuales de inundación (Johnson, 1996).

El Asaí es una especie heliófita que crece en bosques húmedos desde el nivel del mar hasta los 2.000 m. (Castro, *et al.*, 2015; Isaza, *et al.*, 2014). Típica de márgenes de ríos de aguas blancas en ecosistema de várzeas asociada con la Canangucha en zonas inundables. En bosques inundables se identificó que esta especie tiene el mayor índice de valor de importancia ecológica y se encuentra principalmente con *Oxandra polyantha* (*Annonaceae*) y *Mauritia flexuosa* (Canangucha) (Castro, *et al.*, 2015). Abundante en tierras bajas de bosques húmedos, por la rivera de los ríos, por debajo de los 350 m.s.n.m. En el trapezio amazónico se distribuye en bosques estacionalmente inundables (50-64 individuos/ha) y también más dispersos en bosques de tierra firme (Henderson *et al.*, 1995; Arias, 2007; Castaño, *et al.*, 2007; citados por Isaza, *et al.*, 2014).

**4.1.2.1 Floración y Fructificación.** El Asaí llega a la madurez sexual en aproximadamente 10 - 15 años, período en el cual alcanza una altura de cerca de 12 m. (Johnson, 1996). Puede alcanzar más de 23 m. de altura (Ferreira, 2012) siendo más altas en bosque estacionalmente inundables que en bosques de tierra firme (Rocha, 2004; Velarde y Moraes, 2008; citados por Isaza, *et al.*, 2014). Se conjuga este dato estimando un crecimiento entre 10-20 m. de altura y 10-23 cm. de diámetro (Martius, 1842; citado por Castro, *et al.*, 2015) y se dice que su corona está formada por 10 a 20 hojas pinnadas (Hendersen, 1995, citado por Castro, *et al.*, 2015)]. La vaina foliar es cerrada y forma un asta atractiva de color verde y textura suave (Johnson, 1996).

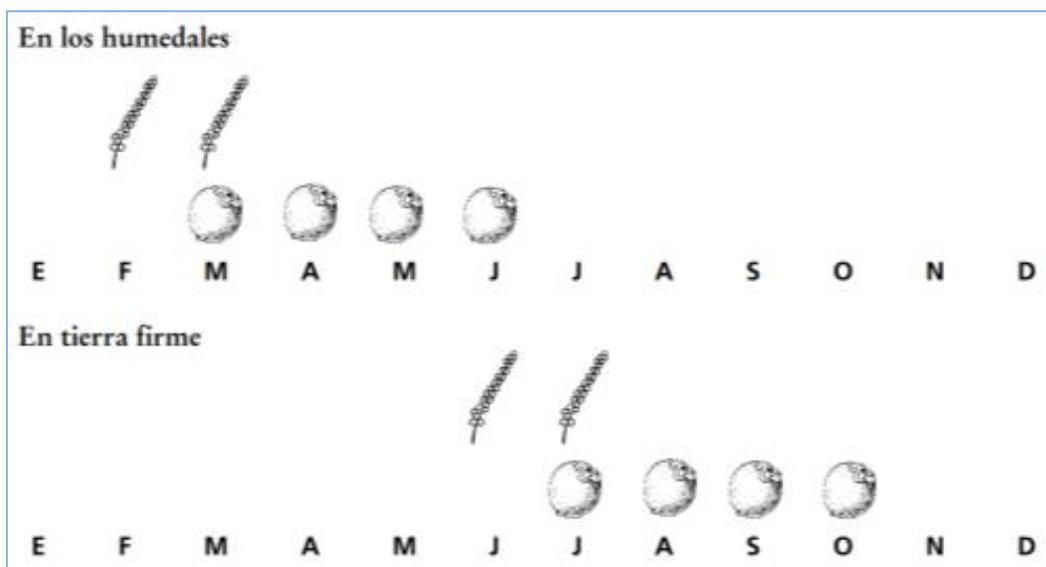
La palmera produce anualmente flores masculinas y femeninas en el mismo árbol, las cuales son polinizadas por avispas y moscas. La planta produce abundantes frutos de forma globosa, de 0,9 a 1,3 cm de diámetro y de color negro púrpúreo al madurar. Los frutos contienen una pulpa carnosa comestible (Johnson, 1996).

Bajo condiciones de vivero se observó que a niveles mayores 200 ppm de nitrógeno se causan efectos fitotóxicos y alta mortandad de plantas, aumentando con luminosidad del 100%; se da un mejor crecimiento con 50 y 100 ppm y una luminosidad media de 50%, siendo tolerable luminosidad del 25% (De la Cruz, 2003).

En evaluaciones realizadas en Guaviare por el Instituto "SINCHI", se observó que los individuos presentan una sincronía alta en la floración y producción de frutos. El fenómeno de floración registra su pico más alto entre octubre y febrero, la formación y desarrollo del fruto se observa en los meses de noviembre a mayo y la maduración y posterior caída de los frutos se presenta entre los meses de mayo y julio (García, 2011; citado por Castro, *et al.*, 2015). La fructificación de *E.*

*precatoria* depende de las condiciones ambientales; Los picos de cosecha ocurren durante la época de lluvias cuando el bosque es inundado; Una razón para que exista mayor producción de infrutescencias puede deberse a la mayor disponibilidad de agua y esta especie puede estar adaptada a las condiciones de inundación debido a que presenta un cono de raíces epigeas (Moreno & Moreno, 2006; citado por Castro, *et al.*, 2015). Otro factor ambiental que puede influenciar en la mayor producción de infrutescencias es la disponibilidad de nutrientes.

**Ilustración 1.** Temporadas de Floración y fructificación de la palma de Asaí. FAO, 2012.



Fuente: FAO, 2012.

Algunos estudios indican que un individuo puede tener entre 1-2 inflorescencias y/o 1-2 infrutescencias, con registros de hasta 8 racimos. Un racimo puede tener entre 573 a 3677 frutos, el peso por fruto entre 1.44-1.7 g, y un racimo entre 3 a 9 kg de fruta (Castro, *et al.*, 2015).

Los pobladores de Madroño (Amazonas) estiman que una palma alcanza su estado reproductivo en 5 años en zona abierta y de 10 a 13 años en el bosque; por su parte en Villa Marcela se considera un tiempo estimado 6 a 10 años. La altura de la palma varía de acuerdo al lugar donde se establece: en zonas limpias, cargan a alturas menores que en bosque, apareciendo frutos desde los 4 metros en zona abierta y de 15 metros o más en el bosque. El desarrollo de la plúmula tarda aproximadamente de 15 a 30 días y la aparición de la primera hoja se da entre los 40 a 60 días. Los estados reproductivos se reconocen cuando se abulta el tronco y se forma el pseudocaule, se da la aparición de la espata, se presenta la

caída de las flores, se forman los frutos: frutos verdes y frutos maduros (Castro, *et al.*, 2015).

La fenología de esta especie en Guaviare se presenta así: desde la formación de la espata hasta la caída de la espata son 15 - 30 días (maduración de las flores), de aquí a la caída de flores pasan de 2 a 7 días. Entre la caída de las flores hasta la formación de los frutos verdes transcurren 3 meses y de ahí hasta la madurez del fruto, 2 meses (Castro, *et al.*, 2015).

En la investigación realizada por Isaza, *et al.* (2014) se censaron, marcaron y siguieron por 2 años individuos de la especie y se asignó a cada uno de ellos una clase de tamaño para conocer la estructura de la población. Como plántulas se incluyeron los individuos más pequeños, cuyas hojas difieren muy poco, en tamaño y número de segmentos de las primeras hojas; como juveniles se consideraron los individuos más desarrollados que las plántulas, pero que todavía no tienen tallo aéreo; como subadultos se consideraron aquellos individuos con tallo aéreo pero sin evidencias reproductivas; y los adultos se clasificaron como aquellos individuos en los que se observó actividad reproductiva pasada (cicatrices de inflorescencias) o actual (racimos). Para Galeano, *et al.*, las divisiones en estas clases de tamaño se basaron en cambios en la supervivencia de los individuos con relación a características morfométricas (número de segmentos o divisiones de la hoja y longitud del tallo) y la aparición de características morfológicas (tallo aéreo, evidencias de estructuras reproductivas como cicatrices de las inflorescencias o racimos con frutos) (Galeano, *et al.*, 2010; citado por Isaza, *et al.*, 2014).

La palma milpesos como similar, requiere de una alta intensidad lumínica, alta humedad y alta pluviosidad (Collazos, 1897; citado por Santacoloma, s.f.). Esta palma puede crecer sin problema en la gran mayoría de suelos, sin embargo los suelos franco arcillosos y los franco arcillosos arenosos, son los más apropiados. Terrenos deforestados con un pH neutro o poco ácido son ideales para su cultivo (Forero & Balick, 1985; citado por Santacoloma, s.f.).

**4.1.2.2 Densidad.** La mayor densidad de estas palmeras se da en las áreas cenagosas. Por ejemplo, en los humedales de Acre (Brasil) se encontraron 57 a 60 palmeras productivas/ha, mientras en los bosques de tierra firme se encontraron de 23 a 39 palmeras/ha. Es posible encontrar hasta cinco veces más palmeras de Asái solitario en las áreas inundadas que en tierra firme (Ferreira, 2012). En las planicies estacionalmente inundables del río Amacayacu (Amazonas) la densidad de *E. precatória* fue de 1680 individuos /ha, de los cuales 248 eran adultos. En Leticia la densidad es de 916 individuos/ha y 30 adultos/ha (Isaza, *et al.*, 2014).

Frente a las diferencias en supervivencia a través del ciclo de vida, para *E. precatória* en bosque hay una gran cantidad de plántulas, pero muchos menos

individuos en la siguiente categoría, juvenil, debido a la alta mortalidad observada en las plántulas, que según los datos demográficos obtenidos en San Martín de Amacayacu (Amazonas) fue del 96.5 % en dos años de seguimiento. Así mismo, se observó en ambas poblaciones que la supervivencia se incrementa paulatinamente a medida que los individuos crecen y cuando una palma se encuentra iniciando su etapa de adulto, calculada a los 12 m, tiene el 93 % de probabilidad de sobrevivir (Isaza, *et al.*, 2014).

**4.1.2.3 Producción.** La FAO (Shanley, 2012) estima que cada palmera de Asaí produce entre 2 y 6 racimos de frutas/año. Una hectárea de bosque de tierra firme puede producir más de 140 kg de frutas, y en los humedales la producción puede llegar hasta más de 270 kg/ha, a pesar de esto, las bayas largas y carnosas de las palmeras de tierra firme son más apreciadas que las variedades más pequeñas y abundantes que crecen en los bosques inundados. Una palmera de los bosques inundados produce como promedio 7,5 kg de frutas, mientras una de tierra firme produce 8,5. El período ideal para recolectarlas es cuando estas frutas son casi negras y empiezan a caer. Una vez recolectadas, se deben mantener alejadas del sol. Pueden durar hasta tres días antes de que empiecen a deteriorarse.

Se estima que hay 1 a 2 inflorescencias con hasta 8 racimos y cada uno de estos puede producir entre 3 a 9 Kg. de fruta (Castro, *et al.*, 2015).

Se encuentra que aquellas áreas con menor explotación de frutos, tenían una mayor proporción de individuos en etapa de reproducción, en relación al total de plantas del área, sugiriendo que en áreas con mayor intervención, la extracción de frutos puede tener efectos negativos sobre la formación de nuevas infrutescencias; También se encontró un comportamiento parecido en una población de un bosque amazónico de Bolivia, donde el aprovechamiento selectivo de individuos en etapa de reproducción, tiene un efecto negativo sobre la población al reducir la cantidad de individuos de todas las categorías de edad reproductivas (Peralta, 2007; citado por Miranda, *et al.*, 2008; citado por Santacoloma, s.f.). Similares resultados se encontró al analizar aspectos poblacionales de *O. bataua* en tres fragmentos de bosque subandino en Antioquia, donde observó que la sobreexplotación de frutos de individuos juveniles puede afectar la estructura de edades de la población y por lo tanto su potencial de extracción a futuro (Rojas, 2008).

Los frutos son consumidos por aves, pequeños mamíferos y posiblemente algunos tipos de peces, los cuales aprovechan la pulpa y representan los principales medios de dispersión de semillas. Debido a las inundaciones que se producen durante la época de fructificación, el agua sin duda también tiene un rol en la dispersión de semillas. Los frutos del Asaí comienzan a germinar apenas caen del árbol; no existe un período de latencia y por lo tanto las semillas no pueden almacenarse a baja temperatura o en condiciones de poca humedad sin que se produzca la pérdida de viabilidad.

**4.1.2.4 Condiciones del suelo y el clima para el establecimiento de la palma de Asaí u otras palmáceas.** Los estudios sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos que favorecen el crecimiento del Asaí son escasos y se ciñen a generalizar específicamente a señalar los tipos de suelos donde se establece naturalmente esta variedad que es en los bosques de várzea (Castro, *et al.*, 2015; Isaza, *et al.*, 2014) y otros suelos de bosque de tierra firme pero indicando menos disposición al crecimiento y producción de fruto (Ferreira, 2012; Isaza, *et al.*, 2014).

En el estudio de Castaño, *et al.* (2007) sobre el aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas en el departamento de Amazonas y donde la palma de Asaí crece de manera natural, se halla que los suelos como en toda la zona amazónica colombiana, son químicamente pobres y físicamente muy susceptibles al deterioro, con la capa orgánica muy delgada compuesta por hojarasca y residuos vegetales que a su vez se constituye en la fuente más importante de nutrientes para las plantas y como protección ante la erosión. En general se trata de suelos de pH muy bajos (pH<4,5), reacción que varía entre extremada a muy fuertemente ácida, saturación de aluminio de niveles alto a muy tóxico, baja a media capacidad de intercambio catiónico, contenido medio de materia orgánica, contenido de nitrógeno y potasio de medio a bajo con tendencia a bajo, contenido de fósforo de bajo a no presente. Profundidad efectiva de superficiales a muy profundos (limitados por el nivel freático), físicamente bien agregados con estructura de bloques subangulares de finos a gruesos, texturas finas y moderadamente finas de franco arcillosas en su mayoría a franco arenosas en la superficie y arcillosas en profundidad; suelos bien drenados a suelos mal drenados donde en estos últimos sobrevive especialmente la canangucha (*M. flexuosa*). En los sitios muestreados el Asaí crece en bosques de várzea sometido a frecuentes inundaciones donde forma densas agrupaciones, en bosque de tierra firme con pendiente suave crece con otros individuos donde no es dominante.

En el estudio de Macas (2014) para el manejo de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*) como especie de la misma familia (*Arecaceae*) del Asaí, se indica los niveles críticos de los contenidos de nutrientes en el suelo a tener en cuenta para elaborar un plan de fertilización que se describen en la tabla 1 y que sirven como referencia ya que cabe resaltar que el cultivo de Asaí además de la finalidad de establecerse como especie dentro del sistema agroforestal para el amazonas, también se busca el aprovechamiento de la fruta a manera de cultivo.

INFOAGRO/IICA/GTZ (2002; citado por Mamani, 2006) indican que el cultivo de Asaí requiere una zona caliente con temperatura promedio anual entre 24-28 °C, intensidad de luz con menos horas al año y una precipitación anual de 2.000 mm a 5.000 mm, con periodos secos no mayores a 3 meses. Diferiendo de las condiciones de los establecimientos naturales y teniendo en cuenta que se propone como cultivo se indica que se prefiere que sean suelos fértiles, bien

drenados y de texturas livianas, haciendo un buen manejo en suelos arcillosos con preferencia que sean franco arenosos profundos, con pH entre 5.5 y 7.

**Tabla 1.** Niveles críticos de nutrientes en el suelo a considerar para elaborar un programa de fertilización para el cultivo de palma aceitera.

Nutriente	Palma madura > 6 años		
	Deficiente	Óptimo	Exceso
NH <sub>4</sub> (ppm)	< 30	35- 40	>45
P (ppm)	< 9	10 - 14	> 15
K (meq/100)	< 0.22	0,24 – 0,38	> 0,40
Ca (meq/100)	< 5,0	5,1 – 8,9	> 9
Mg (meq/100)	< 1,5	1,7 – 2,3	> 2,4

Fuente: Macas, 2014.

No se conoce estudios de caso de cultivo de Asaí en otras alturas donde se describa las condiciones del suelo o su comportamiento de desarrollo.

**4.1.2.5 Generalidades en los establecimientos en suelo firme.** En una investigación en los bosques amazónicos de Bolivia se encontró que hay una mayor densidad de individuos de Asaí en bosques de várzea que en bosques de tierra firme, 191 y 68 individuos por hectárea respectivamente.

**Tabla 2.** Características morfológicas que son significativamente diferentes entre bosque de várzea y de tierra firme para los frutos de Asaí (prueba de U de Mann-Whitney,  $p < 0.05$ ).

Características	Bosque de várzea		Bosque de tierra firme		U	P
	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar		
DAP (cm.)	17.82	0.64	13.85	1.46	8	0.020
Altura total individuos adultos (m)	10.74	0.209	13.4	0.334	9	0.028
Diámetro de raquilla (cm)	0.3	0.009	0.24	0.018	7.5	0.015
Z de bases / raquilla	133.45	12.532	195.20	19.848	7	0.015
Diámetro promedio / fruto (cm)	1.15	0.199	0.95	0.051	4	0.006
Promedio peso húmedo / fruto (g)	1.1	0.043	0.57	0.094	0	0.002
Promedio peso seco / fruto (g)	0.82	0.034	0.23	0.044	0	0.002
Promedio peso seco / semilla (g)	0.57	0.025	0.1	0.035	0	0.002
Peso seco / pulpa (g)	0.25	0.017	0.13	0.017	3	0.004
% materia seca / fruto	74.1	1.529	41.19	3.149	0	0.002

Fuente: Velarde y Moraes, 2008.

La producción media de infrutescencias en de casi nueve veces más en bosques de várzea que en bosques de tierra firme, es de 145 a 17 infrutescencias/ha respectivamente; la producción de frutos por infrutescencia es mayor en bosque de tierra firme con 3.050 frutos/infrutescencia frente a 1.748 frutos/infrutescencia

del bosque de várzea, sin embargo, respecto al total de la producción de frutos maduros por hectárea hay una diferencia de 120.401 frutos/ha frente a 12.707 frutos/ha en el bosque de tierra firme, es decir 9,5 veces más. Respecto a las características morfológicas del fruto de Asaí presenta mejores resultados los bosques de várzea (Ver tabla 2) (Velarde y Moraes, 2008).

#### **4.2 PRÁCTICAS AGROFORESTALES EN EL CULTIVO DE ASAÍ**

El Asaí es poco cultivado pues se considera abundante en los bosques amazónicos, sin embargo, ocasionalmente se cultiva las semillas. Se ha registrado que cuando se abre un área productiva se dejan en pie algunos individuos adultos para cosechar posteriormente junto con las otras especies cultivadas. El Asaí tiene un solo tallo y produce frutos a una mayor altura y más tiempo que otras palmas. Se prefiere el consumo del Asaí porque se considera que esta tiene mejor sabor, racimos con más frutos y es muy abundante en los bosques cercanos. Según observaciones de los cosechadores, los individuos de Asaí que crecen en las chagras fructifican a una altura de 7 m, después de 15 años desde que inicia su crecimiento. En cambio, en condiciones naturales, producen frutos a una altura media de 12 m, cuando tienen una edad aproximada de 40 años (Isaza, *et al.*, 2014).

Algunas familias que sembraron semillas en sus unidades productivas, afirman que la mortalidad es alta y que de 20 o 30 semillas apenas sobreviven 2 o 3 palmas, por lo que prefieren cuidar las plántulas que crecen espontáneamente, desyerbando y removiendo ramas u otro elemento que pueda interferir con su crecimiento (Isaza, *et al.*, 2014).

Se ha determinado sin duda que la extracción de palmitos produce la muerte de las palmeras y no hay ejemplos de extracción sostenible de palmitos. Hay pocos estudios sobre el manejo del Asaí de la especie *E. precatória*, sin embargo la FAO (2012) indica que los científicos aconsejan que si solo se recolecta racimos en las temporadas y se deja descansar durante el resto del año los impactos pueden ser mínimos para sus poblaciones (Ferreira, 2012).

#### **4.3 GENERALIDADES SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO**

Se considera que el suelo es un ecosistema vivo y complejo compuesto por agua, aire, sustancias sólidas e infinidad de seres vivos que interactúan activamente, siendo determinantes para la disponibilidad de nutrientes, así de la condición del suelo para llevar a cabo la agricultura (Zanoletti, 2016).

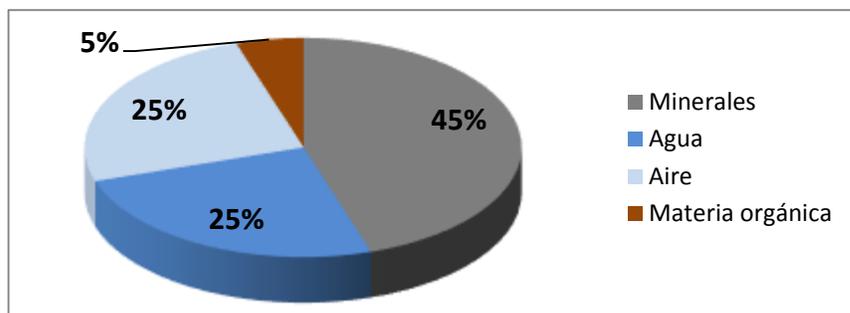
Las propiedades físicas y químicas del suelo se determinan por el tipo de material geológico del que se origina, por su capa vegetal, por la cantidad de tiempo en

que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios generados por el mismo hombre (Encarta, 2009). Conocer su calidad frente a sus propiedades físicas, químicas y de macrofauna permitirá tener una información concreta de esa composición y disponibilidad de elementos con que se cuenta y los faltantes (fertilización) para llevar a cabo el cultivo de determinada especie vegetal.

Es de gran interés para los agricultores conocer en detalle todas las propiedades del suelo pues el conocimiento de los componentes minerales y orgánicos, de la aireación y capacidad de retención del agua, así como de muchos otros aspectos de la estructura de los suelos, es necesario para la producción de buenas cosechas (Encarta, 2009). Las características apropiadas de un suelo para la agricultura no son inherentes al propio suelo; algunas pueden ser creadas por un adecuado acondicionamiento del suelo donde el estudio de sus propiedades es necesario para lograrlo. Sin embargo, no todo estudio del suelo es llevado a cabo para su posterior acondicionamiento si no que puede servir únicamente para hacer una caracterización del mismo que es lo que definiría en si su calidad.

**4.3.1 Características físicas del suelo.** El suelo es un medio poroso compuesto por tres fases: sólida, líquida y gaseosa con una proporción idealizada en la gráfica 1. Para una adecuada fertilidad del suelo, sus componentes deben estar distribuidos equilibradamente en el espacio y como recurso de producción agropecuaria no debe estar ni inundado (salvo casos especiales) ni muy seco, de manera que proporcione un medio físico adecuado según las necesidades de la planta, condiciones que pueden ser naturales o artificiales; en todo caso el comportamiento físico edáfico obedece a la textura y la estructura como las propiedades que ejercen más control en la dinámica física del suelo y que dependen a su vez de la fase sólida del suelo (Jaramillo, 2002).

**Gráfica 1.** Composición física ideal del suelo



Fuente: Jaramillo, 2002.

La **textura** es la propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm llamadas separados y que se agrupan en arena (A), limo (L) y arcilla (Ar), y que según USDA (citado por

Jaramillo, 2002) se clasifican según se expone en tabla 3. Es importante por la influencia que ejerce la cantidad de agua que puede almacenar el suelo y su movimiento, facilidad de exposición de nutrientes, agua y aire, y relación con características químicas y de labranza del suelo.

**Tabla 3.** Clasificación de los separados del suelo, según el sistema USDA.

SEPARADO	RANGO DE DIÁMETRO DE PARTÍCULA	
	mm	µm
Arena muy gruesa	2 - 1	2000 - 1000
Arena gruesa	1 - 0.5	1000 - 500
Arena media	0.5 - 0.25	500 - 250
Arena fina	0.25 - 0.1	250 - 100
Arena muy fina	0.1 - 0.05	100 - 50
Limo grueso	0.05 - 0.02	50 - 20
Limo medio	0.02 - 0.005	20 - 5
Limo fino	0.005 - 0.002	5 - 2
Arcilla gruesa	0.002 - 0.0002	2 - 0.2
Arcilla fina	< 0.0002	< 0.2

Fuente: Jaramillo, 2002.

Para tratar la información obtenida en un análisis de textura se puede utilizar la nomenclatura para nombrar clases texturales establecida por USDA (SSDS, 1993, citada por Jaramillo, 2002) (ver tabla 4) y que se representan a su vez en el triángulo textural (ver anexo 9).

**Tabla 4.** Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos (USDA, 1993).

Características	RANGO (%) EN EL CONTENIDO DE		
	ARENA	LIMO	ARCILLA
Arenosa	100-85	15-0	10-0
Arenosa franca	90-70	30-0	15-0
Franco arenosa	85-43	50-0	20-0
Franca	52-23	50-32	27-7
Franco limosa	50-0	87-50	27-00
Limosa	20-0	100-80	12-0
Franco arcillo arenosa	80-85	28-0	35-20
Franco arcillosa	45-20	53-15	40-27
Franco arcillo limosa	20-0	73-40	40-27
Arcillo arenosa	67-45	20-0	55-35
Arcillo limosa	20-0	60-40	60-40
Arcillosa	45-0	40-0	100-40

Fuente: Jaramillo, 2002.

La **estructura** del suelo se relaciona con la organización de la fase sólida y del espacio poroso localizado entre sus partículas. Esta se afecta por el material parental, procesos de expansión y contracción, acción de los organismos del suelo y de las plantas (raíces) y procesos químicos y biológicos. La estructura se clasifica con relación al tipo, clase y grado de desarrollo de las unidades estructurales que pueden separarse a lo largo de las fracturas y superficies naturales de debilidad (IGAC, s.f.). En la agregación de las partículas de estos suelos han intervenido procesos de floculación y cementación, la presencia de sesquióxidos de hierro y aluminio, los continuos humedecimientos y secamientos y la actividad de los organismos, principalmente hormigas, lombrices y termitas.

La **estabilidad estructural** del suelo como propiedad importante de la estructura, es la capacidad que tienen los agregados de los suelos de mantener su forma y tamaño cuando se humedecen, lo cual permite el movimiento del agua a través del suelo. En suelos donde se ha talado el bosque y se ha sustituido por pastos y cultivos, los procesos de erosión hídrica y movimientos en masa son evidentes.

La agregación está correlacionada con otras propiedades físicas de los suelos amazónicos como la densidad aparente baja, la proporción de macroporos alta, la infiltración y permeabilidad alta y los índices de plasticidad bajos a moderados. Los trabajos realizados por IGAC (1974) en Oxisoles, permiten inferir que cuando los bloques subangulares se someten mediante un procesos de agitación a la acción del agua en presencia de un agente dispersante, se transforman en agregados granulares, muy difíciles de destruir. Igualmente se señala que la estructura de bloques está formada por un núcleo esférico, muy estable a la acción del agua y por bordes y aristas inestables. La formación de los bloques es el resultado de las fuerzas de expansión y contracción, la actividad de los coloides que recubren la superficie de los gránulos que hacen que el material no agregado se adhiera a ellos, determinando las aristas y vértices de los bloques (IGAC, s.f.).

La **profundidad** de los suelos edafológicamente se refiere al espesor del suelo desde la superficie hasta encontrar la roca en lo profundo y la profundidad efectiva es hasta donde se desarrolla el sistema radicular. De acuerdo con Rodríguez (2001; citado por Domínguez, 2005) según la profundidad de un suelo este se clasifica como óptimo cuando está es mayor de 90 cm., bueno cuando está entre 60 a 90 cm., moderado cuando está entre 40 a 60 cm., regular cuando está entre 30 a 40 cm. y marginal cuando es menor de 30 cm.

La **densidad real** ( $D_r$ ) es el peso de las partículas sólidas del suelo relacionado con el volumen que ocupan sin tener en cuenta su organización (al vacío), dependiendo así de la composición mineral del suelo y del contenido especial de algunos sólidos como la materia orgánica y los óxidos de hierro. Se asume como

valor promedio adecuado para suelos minerales  $2.65 \text{ g/cm}^3$ , apropiado para un suelo con composición mineral equitativamente distribuida entre los filosilicatos y tectosilicatos de acuerdo a lo descrito por Bowles (1982, citado por Jaramillo, 2002). Se estima que suelos con altos contenidos de óxido de hierro presentará valor de densidad real muy por encima de este valor promedio, y los valores por debajo puede indicar la presencia de altos contenidos de materia orgánica y/o de aluminio no cristalinos.

De acuerdo con Cairo (1995, citado por Domínguez, 2005) la densidad real de un suelo se clasifica como baja si esta es menor de  $2.4 \text{ gr/cm}^3$ , media si está de  $2.40$  a  $2.60 \text{ gr/cm}^3$ , alta si está entre  $2.60$  a  $2.80 \text{ gr/cm}^3$  y muy alta si es mayor de  $2.80 \text{ gr/cm}^3$ .

La **densidad aparente** ( $D_a$ ) tiene en cuenta el espacio ocupado por los poros del suelo, así depende de la organización de los sólidos en el suelo y se afecta por la textura, la estructura, el contenido de materia orgánica, su humedad y su grado de compactación. Una  $D_a$  alta puede indicar el alto grado de compactación del suelo y a la vez de la degradación de su estructura (por compactación o pérdida de materia orgánica) y si es baja puede indicar altos contenidos de materia orgánica. Para casos prácticos se establece el valor de  $1.3 \text{ g/cm}^3$  como densidad aparente promedio para suelos minerales diferentes a Andisoles cuyo valor promedio es  $0.90 \text{ g/cm}^3$  (Jaramillo, 2002). De acuerdo con Cairo (1995, citado por Domínguez, 2005) la densidad aparente de un suelo se clasifica como muy baja si esta es menor de  $1.0 \text{ gr/cm}^3$ , baja si está entre  $1.0$  a  $1.2 \text{ gr/cm}^3$ , media si es de  $1.2$  a  $1.45 \text{ gr/cm}^3$ , alta si está entre  $1.45$  a  $1.60 \text{ gr/cm}^3$  y muy alta si es mayor de  $1.60 \text{ gr/cm}^3$ .

La compactación no siempre es perjudicial pues en casos como un latosol rojo arcilloso de Brasil, a medida que se iba compactando el horizonte A también se incrementaba el contenido de humedad, mejorando así la capacidad de almacenamiento de agua por parte del suelo (Silva *et al.*, 1986; citado por Jaramillo, 2002).

La **porosidad total** del suelo es el volumen del suelo no ocupado por sólidos, se considera el espacio disponible para líquidos y gases. Teóricamente se considera como buena una porosidad total promedio del 50%, teniendo en cuenta la siguiente clasificación: excesiva ( $>70\%$ ), excelente (55-70%), satisfactoria (50-55%), baja (40-50%) y muy baja ( $<40\%$ ) (Kaurichev, 1984: citado por Jaramillo, 2002). Se estima además que si predomina la macroporosidad se va a presentar drenaje y aireación excesivos con baja capacidad de almacenamiento de agua y si predomina la microporosidad se presentarán problemas de drenaje y aireación del suelo posibilitando la compactación del suelo y producción de compuestos tóxicos para las plantas. Su relación con la textura se puede observar en la tabla 5.

**Tabla 5.** Relación entre la textura y la porosidad de los suelos

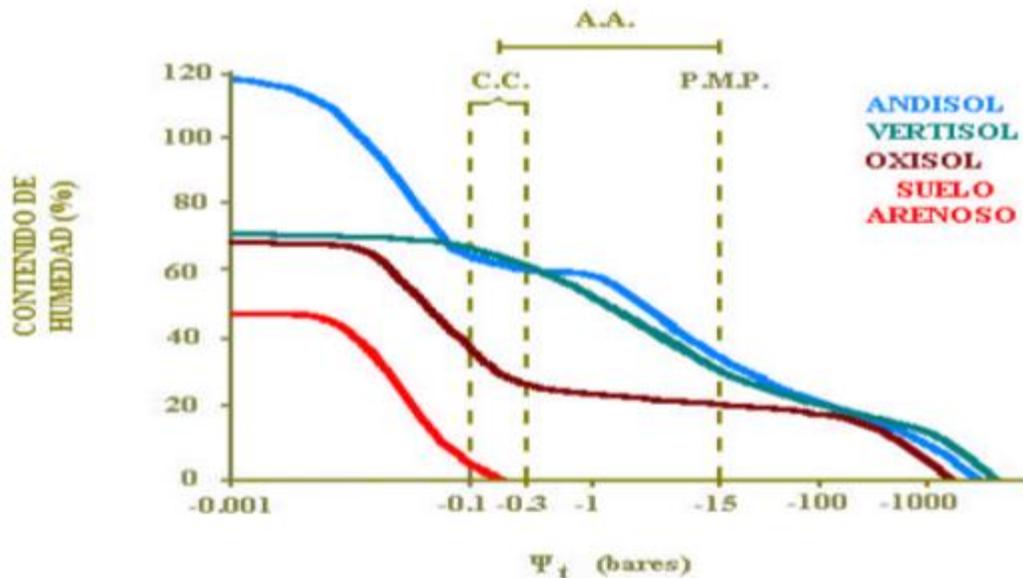
Clases de texturas	% de poros óptimo para cada clase de textura
Arenosos	40 a 43
Franco arenosos	43 a 47
Francos	47 a 50
Franco limosos	50 a 55
Franco arcillosos	55 a 58
Arcillosos	> 58

Fuente: Cairo (1995, citado por Domínguez 2005)

El **contenido de humedad** del suelo está determinado principalmente por su textura, el contenido de materia orgánica, las fracciones mineral y orgánica, y por el aporte de agua lluvia o artificial (riego). La cantidad de agua que contiene el suelo se puede expresar como porcentaje con base en el peso (contenido gravimétrico) de una muestra representativa. Se estima que la cantidad de agua aumenta en la medida que aumenta el contenido de arcilla y/o de materia orgánica.

Se atribuye por ejemplo que Andisol debido a la presencia de características vesiculares en sus granos acumula más humedad que un Mollisol (Gonzales y García, 1987; citado por Jaramillo, 2002). Los Andisoles retienen más agua que los Oxisoles a una misma tensión ya que sus agregados de alofano y materia orgánica son más porosos que los de caolinita y de óxidos de hierro (Sánchez, 1981; citado por Jaramillo, 2002). Como lo muestra la gráfica 2, a bajas tensiones ((0.001-0.3 bar) Oxisol y Andisol se comportan de manera similar al suelo arenoso cediendo un gran volumen de agua, en cambio, Vertisol cede la humedad en una baja tasa pero en un intervalo de tensión amplio; lo que evidencia el efecto de la porosidad en la humedad del suelo donde un Oxisol puede tener más arcilla que el Vertisol, pero la composición de los óxidos de hierro del Oxisol genera una estructura que deja un espacio de macroporos abundante que hace que la humedad no se retenga igual como ocurre en el Andisol por su estructura cementada por complejos de aluminio silicatos no cristalinos con humus. Esta distribución de poros hace que a tensiones por encima de la capacidad de campo ceda altos volúmenes de agua fácilmente, en cambio, por la porosidad muy fina y homogénea del Vertisol la humedad se libera suavemente a tensiones altas. Teniendo en cuenta la distribución de tamaños de poros y de agregados se encuentra que Oxisoles a tensiones menores de -0.1 atm, la cantidad de agua retenida aumentaba a medida que aumentaba el tamaño de los agregados del suelo (Sharma y Uehara, s.f.; citado por Sánchez, 1981; citado por Jaramillo, 2002). Se encontró incrementos en el contenido de agua en Latosoles arcillosos a bajas tensiones al aumentar la compactación, debido al aumento en el porcentaje de microporos (Silva *et al.*, 1986; citado por Jaramillo, 2002).

**Gráfica 2.** Efecto del tipo de arcilla del suelo, sobre su capacidad de retención de humedad (Contenido gravimétrico de humedad: A.A.: agua aprovechable; C.C.: capacidad de campo; P.M.P.: punto de marchitez permanente). (Adaptada y complementada de varios autores).



Fuente: Adaptada y complementada por varios autores, citados por Sánchez (1981; citado por Jaramillo, 2002).

Se ha definido arbitrariamente ciertos estados y límites de humedad de uso corriente en edafología que se explica (Jaramillo, 2002) no son aplicables estrictamente a todas las plantas ni a todos los suelos:

- Coeficiente higroscópico: contenido de humedad que retiene el suelo seco al aire. Tensión de -30 atm.
- Punto de marchitez permanente (PMP): contenido de humedad del suelo al cual la planta de marchita. Tensión de -15 atm.
- Capacidad de campo (CC); contenido de humedad del suelo que queda luego de que sus macroporos se han drenado completamente. Tensión entre -0.1 y -0.3 atm.
- Agua aprovechable: es la humedad del suelo entre PMP y CC.

Los **agregados estables** al agua y bioporos son bioestructuras que se forman tras los procesos bio-geoquímicos del suelo y donde participan hongos y bacterias. Con su pérdida se produce la compactación y posterior impermeabilización (de agua y aire) afectando por ende su fertilidad (Primavesi, 1990; citado por Zanoletti, 2016).

Henin, *et al.* (2002) propone un método completo para evaluar el estado estructural del suelo que indica la estabilidad de los agregados y su régimen hídrico (citado por Zanoletti, 2016). Se indica que la velocidad de infiltración y el límite inferior de plasticidad también se relacionan (Cairo & Fundora, 2005; citado por Zanoletti, 2016).

Bouwmana & Arts (2010) indican que:

La importancia de la maximización de la infiltración, con el objetivo de disminuir la evaporación, la escorrentía y el potencial erosivo del suelo, lo cual posibilita el uso más eficiente del agua. Sin embargo, el uso inadecuado de la maquinaria y las altas cargas de ganado agrícola, causan problemas con la compactación, lo que fue más notable en los primeros centímetros de profundidad del suelo y Menneer, *et al.* (2005), denota que fue más notable la degradación de la calidad física del suelo cuando estuvo húmedo en condiciones de pastoreo. Así mismo, para Bhandral, *et al.*, (2015) la compactación en pastizales afectó la densidad del suelo, la resistencia al penetrómetro, la tasa de difusión del oxígeno y la retención de agua, cuando se comparó con suelos no compactados, pero al transcurrir el tiempo (21 y 90 días posterior a la carga aplicada) se mejoraron dichos indicadores, lo que pudiera indicar la capacidad del suelo para resistir cargas instantáneas regulares, y su posterior recuperación, tras un tiempo de reposo apropiado, en dependencia de las condiciones edafoclimáticas presentes en el suelo.

Los agregados estables permiten más aeración así más respiración para las raíces y para la microfauna, mayor capacidad para que las raíces puedan buscar libremente nutrientes y agua. Cuando existe menos de 1; entre 1 a 1, y mayor de 2 g/cm<sup>3</sup>, se considera que la materia orgánica es alta así los suelos están bien agregados o en su defecto representan suelos arenosos o arcillas compactadas y según Hernández & López (2002) frente al laboreo convencional hubo mayor proporción de macroagregados que de microagregados en suelos de sabana sin laboreo y los contenidos de carbono y nitrógeno microbiano eran más altos en los macroagregados (Widdowson, 2007; citado por Zanoletti, 2016).

Se dice que cuando se van cultivando los suelos sus propiedades físicas se van deteriorando, mientras que el pastoreo con sus aportes de materia orgánica a través de las deyecciones, hojarasca y procesos bio-geoquímicos subsiguientes, son capaces de mejorar las bioestructuras y, con ello, la fertilidad química del suelo.

La **infiltración del agua** en los suelos es básicamente el paso del agua a través de la masa de suelo donde se evalúa su cantidad y velocidad que se determina a su vez por las características del perfil del suelo y por el espacio de macroporos (Cairo, 1995, citado por Domínguez, 2005). De acuerdo con Trejo *et al.* (1999, citado por Domínguez, 2005) , la infiltración se clasifica como muy lenta cuando

esta es menor de 5 mm/hora, lenta cuando es de 5 a 10 mm/hora, rápida si es de 10 a 20 mm/hora y muy rápida si es mayor de 20 mm/hora.

**4.3.2 Características químicas del suelo.** Las propiedades químicas se refieren entre otros a la concentración de elementos esenciales para el desarrollo de las plantas (por ejemplo, N, P, K; Ca, Mg, S, B, Fe, Cu, Mn, Zn), y otros que pueden tener un efecto deletéreo (tóxicos) en su desarrollo (por ejemplo, Al). Otros elementos como Ni y Mo también considerados esenciales para las plantas (Taiz & Zeiger, 2014; Barker & Pilbean, 2007; citados por Ramírez, 2017) han recibido menos atención y no se incluyen en los análisis de suelos que se hacen comúnmente. El contenido de materia orgánica y de fósforo aprovechable del suelo, influyen en otras propiedades del suelo y en el rendimiento de cultivos en condiciones tropicales (Taiz & Zeiger, 2014; Barker & Pilbean, 2007; citados por Ramírez, 2017).

Al determinar el **pH** del suelo se evalúa su reacción, propiedad que establece el grado de acidez o alcalinidad y que tiene influencia en muchas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Una sustancia se considera ácido cuando cede protones al disociarse para formar hidronio ( $H_3O^+$ ) y se considera base cuando al disociarse recibe protones de agua y origina iones hidróxido ( $OH^-$ ) (Jaramillo, 2002).

Se presentan variaciones del pH al ser medido en diferentes épocas del año por los cambios que se producen en el efecto de dilución, del contenido de sales y en el aporte de  $CO_2$ ; en periodos de clima seco el pH es menor que en épocas de humedad. Según USDA (1993), de acuerdo con el pH los suelos se pueden clasificar como se describe en la tabla 6.

**Tabla 6.** Calificación del pH del suelo según Soil Survey Division Staff (1993).

<b>pH determinado en Agua 1:1</b>	
<b>Valor</b>	<b>Calificación</b>
< 3.5	Ultra ácido
3.5 – 4.4	Extremadamente ácido
4.5 – 5.0	Muy fuertemente ácido
5.1 – 5.5	Fuertemente ácido
5.6 – 6.0	Moderadamente ácido
6.1 – 6.5	Ligeramente ácido
6.6 – 7.3	Neutro
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.9 – 8.4	Moderadamente alcalino
8.5 – 9.0	Fuertemente alcalino
> 9.0	Muy fuertemente alcalino

Fuente: Jaramillo, 2002.

**Tabla 7.** Efecto del pH sobre la solubilidad de algunos elementos que pueden afectar el desarrollo de la planta, así como sobre algunos procesos relacionados con la nutrición vegetal.

Elemento o proceso	pH de máxima disponibilidad	Fuente
N	6 – 8	Guerrero, M. (1991)
P	5.6 - 6.6*	Guerrero, M. (1991)
K y S	> 6	Guerrero, M. (1991)
Ca y Mg	> 6.5	Guerrero, M. (1991)
Fe	< 6	Guerrero, M. (1991)
Mn	< 5.5	Sánchez y Salinas (1983)
Cu y Zn	5 – 7	Guerrero, M. (1991)
B	5 – 7 y > 9	Guerrero, M. (1991)
Al	< 5.5	Bohn <i>et al.</i> (1993)
Na	> 8.5	Porta <i>et al.</i> (1994)
Nitrificación	6 – 8	Orozco (1999)
Desnitrificación	6 – 8	Orozco (1999)

\* En andisoles y en suelos LAC. entre 5.5 y 6.0

Fuente: Jaramillo, 2002.

En la tabla 7 se observa como el pH del suelo controla la disponibilidad de todos los nutrientes de la planta (solubilidad) así como de otros elementos que sin ser nutrientes pueden afectar el desarrollo de las plantas. El pH sirve para identificar el tipo de carga de los coloides.

La presencia de diferentes sustancias que puedan suministrar protones hacen que un suelo sea ácido (Bohn, *et al.*, 1993; Kong, *et al.*, 1997; citados por Jaramillo, 2002); estas pueden ser:

- Coloides inorgánicos del suelo del grupo ácido como los iones de aluminio intercambiable hidratados que en su neutralización se hidrolizan y liberan iones  $H_3O^+$ .
- Materia orgánica del grupo ácido representada por los radicales activos carboxílico y fenólicos presentes en la periferia de moléculas orgánicas que son fuente de protones.
- Ácidos solubles que se pueden presentar por aplicaciones intensivas de fertilizantes amoniacales y de urea (Orozco, 1999), oxidación de piritita por drenaje que puede producir ácido sulfúrico y por mineralización de materia orgánica que puede producir ácidos orgánicos solubles.

Entre otras condiciones que favorecen la formación de suelos ácidos están el exceso de lluvias que en suelos con buen drenaje puede causar pérdida de bases por lixiviación, reduciendo su disponibilidad y favoreciendo la acumulación de cationes ácidos como Al y Fe; la fertilización continua e intensiva con ciertos

fertilizantes de efecto residual ácido también favorecen la acidificación del suelo (Jaramillo, 2002).

Se estima que en suelos minerales con pH <4.5 predominan las formas de aluminio intercambiable ( $\text{Al}^{3+}$ ) y es apreciable el contenido y solubilidad de iones como  $\text{H}_3\text{O}^+$  y de  $\text{Mn}^{2+}$  que pueden generar toxicidad (Jaramillo, 2002); se puede causar deficiencias de nitrógeno en plantas que no sean hábiles en el uso de amonio; los contenidos de bases intercambiables y de molibdeno son muy bajos y de los demás elementos menores puede ser bajo; la disponibilidad de fósforo puede ser muy baja pudiendo formar compuestos totalmente insolubles (Jaramillo, 2002).

Los suelos orgánicos presentan reacción ácida (por presencia de ácidos orgánicos) pudiendo llegar a ser menores de 3.0 en el caso de presentar oxidación intensa de compuestos de azufre en estados de reducción. En estudios hechos en el Putumayo (López y Cortés, 1978, citado por Jaramillo, 2002) encontraron que los suelos orgánicos tenían alta CIC, alta acidez y contenidos bajos a medos de bases y de fósforo reflejando así una baja fertilidad. Los Oxisoles y Ultisoles (suelos tropicales típicos) son solo suelos ácidos que se caracterizan por la alta lixiviación de bases, bajo contenido de minerales meteorizantes y predominio de sesquióxidos de Fe y Al en la fracción arcilla.

La concentración de sales solubles presentes en la solución de sustrato (suelo) se mide mediante la **Conductividad eléctrica** (CE) que es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, ello significa que a mayor CE, mayor concentración de sales. Se recomienda que la CE de un sustrato sea baja, en lo posible menor a  $1\text{dS m}^{-1}$ , ya que una CE facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas de fitotoxicidad en el cultivo. Durante el desarrollo del cultivo la CE puede aumentar por una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y al mismo tiempo se descomponen liberando nutrientes. Casos de incremento de CE se puede corregir con lixiviación controlada, otra medidas pueden ser mantener el sustrato permanentemente húmedo o sombrear e incrementar la humedad relativa ambiente para reducir el estrés de la planta (Barbaro, Karlanian, Mata, 2014).

La **materia orgánica** es un conjunto de complejos de sustancias constituidas por restos de animales y vegetales sometidos a un constante proceso de transformación y síntesis. Generalmente su cantidad es inferior frente a la fracción mineral del suelo sin embargo es muy importante en la formación del suelo (Fitz Patrick, 1987; citado por Domínguez, 2005). La materia orgánica ayuda a la retención de agua, adhesividad y plasticidad, el aumento de la CIC, al aumento del intercambio de los iones de sulfato y fósforo así como a favorecer la regulación del pH e incrementando la disponibilidad de macro y micro nutrientes esenciales.

Según Quintana (1983; citado por Domínguez, 2005) un suelo se clasifica como pobre en materia orgánica cuando esta es menor del 2% en el suelo, medio cuando esta del 2 al 4% y alta cuando es mayor del 4%.

El **fósforo** es poco soluble en los suelos lo que causa deficiencia de la disponibilidad, pero, a la vez es relativamente estable. En general parece estar ligado con el contenido de materia orgánica y con su evolución pedológica (Fassbender, 1984, citado por Domínguez, 2005). De acuerdo con Quintana (1983; citado por Domínguez, 2005) un suelo se clasifica como pobre en fósforo cuando su contenido en el suelo es menor de 10 ppm, medio cuando está entre 10 a 20 ppm y alto cuando es mayor del 20 ppm.

El **potasio** se relaciona con la presencia y meteorización de feldspatos y micas en los materiales parentales. En suelos arenosos formados a partir de rocas pobres en estos minerales son a la vez pobres en potasio, suelos arcillosos formados en rocas ricas en estos minerales serán ricos en potasio. De acuerdo con Quintana (1983; citado por Domínguez, 2005) un suelo se clasifica como pobre en potasio su contenido en el suelo es menor de 0.2 meq/100g, medio cuando está entre 0.2 a 0.3 meq/100g y alto cuando es mayor a 0.3 meq/100g.

La **Capacidad de intercambio catiónico** CIC o denominada capacidad de intercambio catiónico efectiva CICE por otros autores, es la capacidad de un suelo de absorber cationes y es equivalente a la carga negativa de un suelo. Los cationes sometidos a esta retención quedan protegidos contra la lixiviación y pueden quedar disponibles como cationes intercambiables, necesario en los procesos de nutrición de las plantas (Jaramillo, 2002). La materia orgánica, las arcillas y los hidróxidos funcionan como cambiadores (Fassbender, 1975, citado por Domínguez, 2005).

De acuerdo con Quintana (1983; citado por Domínguez, 2005) un suelo se clasifica con muy bajo CIC cuando este es menor de 5 meq/100g, bajo si está de 5 a 15 meq/100g, media si está de 15 a 25 meq/100g, alta si está de 25 a 40 meq/100g y alta si es mayor de 40 meq/100g.

Los cationes intercambiables: **calcio (Ca)**, **magnesio (Mg)**, potasio (K) y **sodio (Na)** se denominan bases intercambiables y el porcentaje que poseen de la CIC se llama saturación de bases. A excepción del sodio constituyen los nutrientes esenciales para las plantas y para evaluar la fertilidad de un suelo (IGAC, s.f.). Por el contenido de bases se puede deducir cuáles procesos pedogenéticos han ocurrido en el suelo. En suelos con pH menor a 4.5 los contenidos de bases intercambiables y de molibdeno son muy bajos así como los demás elementos menores pueden ser bajos (Jaramillo, 2002).

El ion aluminio ( $Al^{+3}$ ) es abundante en suelos ácidos con pH menor de 5.5, el cual afecta el desarrollo de las plantas si estas no son tolerantes, inhibe la división

celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción de calcio, magnesio y potasio.

Tal como se relaciona la materia orgánica con la presencia del nitrógeno en diversos estados es claro que para suelos de bosque el nitrógeno se limita al contenido de su capa de materia orgánica, frente a las condiciones que pueden presentar suelos de bosque alterados como el caso de potreros, en los estudios de Crespo, *et al.*, (2000), Crespo (2005b) se manifiesta que se conoce que más del 80 % del **nitrógeno, fósforo y potasio** que consume el ganado vacuno se devuelve al potrero a través de sus deyecciones; las bostas necesitan tiempo para desintegrarse y transformarse para luego mineralizarse y los otros elementos como el nitrógeno y el potasio que están presentes en la orina, son más fácilmente asimilables por las plantas. En ganadería intensiva Rodríguez (2001) afirma que más de la mitad del nitrógeno se excreta por la orina y bostas, y este elemento se encontró en un porcentaje de 2.0 - 2.8 %, base seca. Para el fósforo, la vía de retomo al pastizal son las heces, mientras que el potasio representó entre el 60 y el 70 % del contenido catiónico de la orina, siendo las heces fecales, la vía principal de excreción de los elementos trazas. Se considera que el fósforo y el cobre constituyen los elementos más deficitarios en los suelos ganaderos cubanos. Otros como el calcio, nitrógeno, materia orgánica y el pH resultaron adecuados (Gutiérrez & Crespo, 2003; citados por Zanoletti, 2016).

**Tabla 8.** Valores de referencia para la interpretación de análisis de suelo para palma de aceite.

Propiedad	Unidad de medición	Referencia*		
		Bajo	Medio	Alto
pH	pH	<4.5	4.5-5.5	>5.5
Materia orgánica	%	<2	2-4	>4
C.E.	dS/m	<2.0	2.0-4.0	>4.0
Nitrógeno total	%	<0.10	0.10-0.20	>0.20
Fosforo	ppm	<15	15-20	>20
Potasio	meq/100g.	<0.2	0.2-0.4	>0.4
Azufre	ppm	<10	10-15	>15
Calcio	%	<20	20-40	>40
Magnesio	Meq/100g.	<0.2	0.2-0.3	>0.3
CICE	Meq/100g.	<10	10-20	>20
Hierro	ppm	15	15-30	>30
Manganeso	ppm	<5	5-10	>10
Cobre	ppm	<0.5	0.5-1.5	>1.5
Zinc	ppm	<1.0	1.0-2.0	>2.0
Boro	ppm	<0.25	0.25-0.50	>0.50

\* Valores de referencia para palma en clima cálido y de acuerdo a método de análisis.  
Fuente: Munevar, 2001.

Para la interpretación de los análisis de suelo podemos tomar como referencia la tabla 8 hecha para palma de aceite por ser una de las especies más próximas al Asaí con que se cuenta literatura.

La hojarasca de los pastizales propicia de manera eficiente el incremento de nutrientes al suelo. Para Crespo, *et al.* (2001; citado por Zanoletti, 2016) en el caso de las leguminosas y gramíneas, se logra acumular entre 0.7 - 0.9 y 0.2 - 0.25 kg de MS m<sup>2</sup>, respectivamente. Bird, *et al.* (2014; citado por Zanoletti, 2016) concluye que en el trópico húmedo existen problemas de fertilidad, donde se relaciona niveles bajos y altos de pH y aluminio, conduciendo a deficiencias en fósforo y causando carencia de este elemento en el ganado.

**4.3.3 Características biológicas del suelo.** Socarras (2006) indica que cualquier factor que afecte la cantidad de organismos en el suelo puede llevar a una desestabilización ecológica del suelo y así de su fertilidad. Crespo *et al.* (2008) reportan que existe una mayor activación de macrofauna cuando las bostas cubren un mayor porcentaje del área.

El pH de los suelos muy cercano a la neutralidad, para Vargas *et al.*, 2002a; Vargas *et al.*, 2003, pudo influir en la eficiencia con que se transformaron los residuos vegetales por las lombrices y la microflora del suelo (Vargas *et al.*, 2002, 2003; citado por Zanoletti, 2016).

Hay una respuesta positiva de la macrofauna al manejo de las lombrices de tierra, siendo como un bioindicador del estado de conservación y mantenimiento del suelo. Para Donovan *et al.* (2014) estas intervienen en la descomposición y ciclo de nutrientes y sirven como indicadores de la salud del agroecosistema. Hongos y actinomicetos contribuyen a la formación de grumos en el suelo confiriendo estabilidad al agua y siendo necesarios los aportes de material celulósico al suelo para mantener las bioestructuras del mismo (Sánchez & Milera, 2002; citados por Zanoletti, 2016).

En un estudio realizado en suelos de la amazonia colombiana (Suarez, Durán, Rosas, 2015), algunos grupos taxonómicos se encontraron solo en algunos usos del suelo del predio en estudio o incluso en pequeñas áreas dentro de un mismo uso, lo cual indica la respuesta a la configuración de los arreglos forestales (uso del suelo) y otras condiciones como la temperatura y disponibilidad de materia orgánica; frente a su presencia o ausencia también tienen que ver mucho los periodos de máxima precipitación.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el predio rural denominado La Esmeralda, localizado en la Vereda La Concordia, jurisdicción del Municipio del Valle del Guamuez en el departamento del Putumayo.

**Ilustración 2.** Ubicación del municipio de Valle del Guamuez

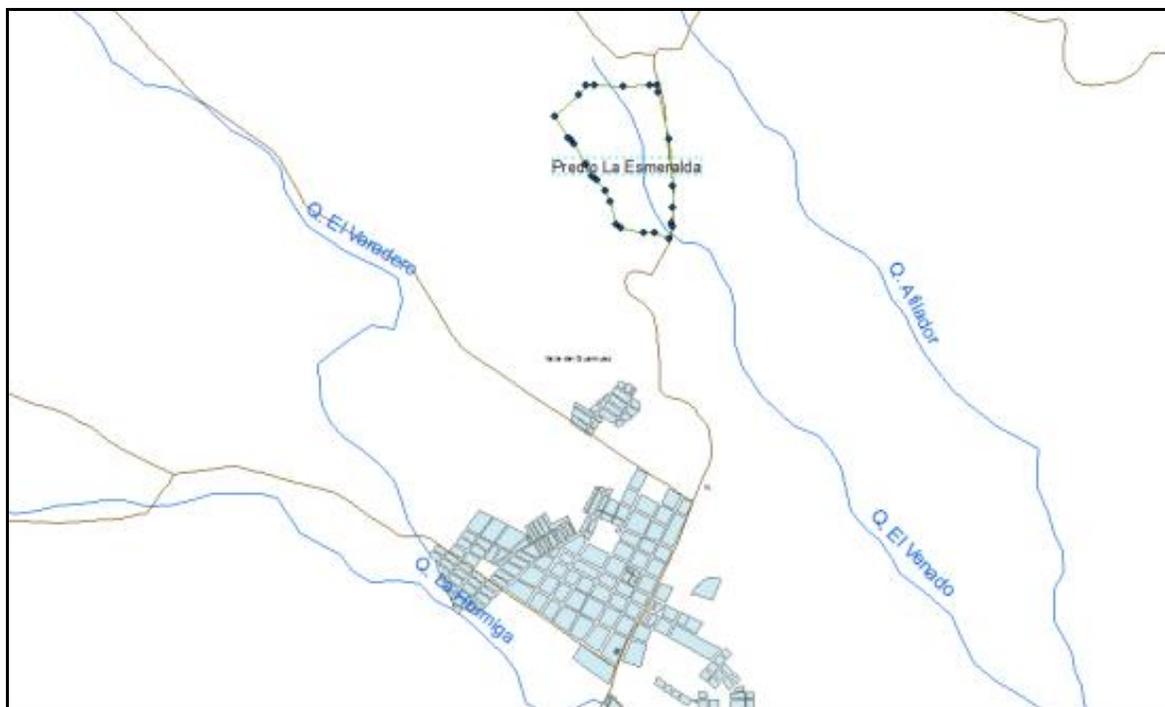


Fuente: Valle del Guamuez, Plan de desarrollo 2016-2019

El municipio del Valle del Guamuez se encuentra en la zona suroccidental del departamento del Putumayo cerca a la frontera con Ecuador, localizado a 00°25" de latitud norte y 76°54" de longitud oeste; limita al norte con el municipio de Orito, al oriente con el municipio de Puerto Asís, al occidente con el municipio de Orito y el departamento de Nariño y al sur con el municipio de San Miguel y la República de Ecuador. Tiene una extensión de 885 km<sup>2</sup>, una altura promedio de 280 m.s.n.m., la temperatura oscila entre 27 y 40°C, una pluviosidad de 4.000 mm/año. Es casco urbano se denomina La Hormiga. Dentro de su jurisdicción posee 6 inspecciones de policía y 87 veredas (Alcaldía del Valle del Guamuez, PD 2016-2019).

Al predio La Esmeralda se llega por la carretera que conduce desde el casco urbano de Mocoa a la ciudad de La Hormiga, aproximadamente a 2 km antes de llegar a dicha ciudad y encontrándose sobre la margen derecha de la vía en la vereda La Concordia.

**Ilustración 3.** Localización del predio La Esmeralda, Vereda La Concordia, Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio, 2018

El predio cuenta con una extensión superficial 36,125 ha de las cuales se maneja 9 ha. En plantación de tipo protector-productor dista aproximadamente a 2 km al norte del casco urbano de La Hormiga, cabecera del municipio. Ubicado sobre las coordenadas 0.44352 latitud norte, -76.90317 longitud oeste; 0.44419 latitud norte, -76.90561 longitud oeste; 0.44963 latitud norte, -76.90883 longitud oeste y 0.45115 latitud norte, -76,90368 longitud oeste; a una altura promedio de 350 m.s.n.m.

**5.1.1 Clima del municipio de Valle del Guamuez.** En el municipio del Valle del Guamuez se tiene una media de 280 m.s.n.m. correspondiendo a esta zona de vida vegetación de porte alto y arbóreo con dosel continuo y abundancia vegetación herbácea en el suelo, el clima es de tipo tropical húmedo permanente, con un sistema bimodal biestacional de precipitación, con valores altos, pero sin

meses secos. La temperatura oscila entre los 27 y 40 °C y tiene una pluviosidad 4.000 mm/año. (Valle del Guamuez, Plan de desarrollo 2016-2019).

En área de confluencia del río Guamuez donde se circunscribe el predio La Esmeralda presenta precipitación promedio de tipo bimodal de cerca de 3.600 mm anuales con dos intervalos menos lluviosos entre enero a febrero y junio a julio. El promedio anual de temperatura es de 28 °C permaneciendo casi constante durante todo el año y con únicamente 4,5 horas diarias de radiación solar directa. Predominan dos tipos de suelo: terrazas (bajas, medias y altas) con suelos de tipo inceptisol, con contenidos moderados a altos de materia orgánica, horizontes Ap / Bw de mayor grosor, con fertilidad en general moderada, y paisajes de lomerío con suelos de tipo oxisol caracterizados por un juego simple de horizontes Ap / Bw1 / Bw2 con bajos a muy bajos contenidos de materia orgánica incluso en el horizonte superior, suelo ácidos, desaturados, mal drenados, con profundidad y fertilidad en general baja (Espinoza, *et al.*, 2015).

**5.1.2 Geología y Geomorfología del municipio del Valle del Guamuez.** En el municipio de Valle del Guamuez se han dado procesos geológicos de tipo denudativo (meteorización, erosión y sedimentación) predominan los sedimentos del denominado Terciario Superior Amazónico formados por arcillas rojas, amarillas, abigarradas y blancuzcas, y por gravas y areniscas poco consolidadas con matriz ferruginosa o arcillosa. Entre las formaciones que pueden describir el área de estudio y sus materiales se encuentra el paisaje de lomerío, geoforma caracterizada por mesetas y colinas de baja altura que se caracterizan a la vez por la predominancia de paisajes convexos, donde también hay alta incidencia de erosión sin un adecuado cubrimiento vegetal (Valle del Guamuez, POT, 1999).

**5.1.2.1 Suelos de lomerío.** El lomerío es el paisaje amazónico frecuente en el área centro-occidental del territorio del municipio de Valle del Guamuez donde se halla circunscrito el predio La Esmeralda; y comprende tres tipos de relieve, entre ellos los suelos de lomas que se ubican en el paisaje de Lomerío Amazónico, zonas con altitudes entre 100 y 500 m.s.n.m., con clima cálido húmedo y muy húmedo. Se desarrollan en relieves ondulados con pendientes entre (7-12%) hasta quebrados con pendientes entre (12-25%), y con alto grado de disección. Esporádicamente se presentan en zonas con pendientes mayores del 25%. Son suelos moderadamente profundos a profundos, con altas restricciones para el uso agropecuario convencional por presentar altos contenidos de aluminio y baja fertilidad, aunque son bien drenados. Gran parte de las tierras asociadas a estos suelos han sido desmontadas para dedicarlas a los cultivos y a la ganadería extensiva, presentando ellas procesos avanzados de erosión en sus diferentes presentaciones (escurrimiento difuso, patas de vaca (terraces), soliflucción, y deslizamientos), y causados por la tala y quema indiscriminada del bosque y por las altas precipitaciones y erodabilidad (propensión a la erosión) de sus materiales.

**5.1.2.2 Erosión y degradación del suelo.** Con la presión existente sobre el ecosistema de la región del piedemonte amazónico de la Cordillera Oriental, que se originó al principio del presente siglo con las bonanzas de pieles, caucho y maderas y el posterior auge de la explotación de hidrocarburos (desde la década de los años sesenta), y en las últimas décadas, ante la proliferación de los cultivos ilícitos y la deforestación; ha llevado a un acelerado proceso de degradación de sus suelos; situación que se manifiesta muy especialmente en los municipios del piedemonte del departamento de Putumayo, entre los que se encuentran el Valle del Guamuez y San Miguel. A ello se suma la introducción de prácticas de manejo heredadas y transferidas desde la zona andina por los colonos, mayoritariamente provenientes de esta región.

**Tabla 9.** Resumen descriptivo de los suelos de lomerío del Valle del Guamuez (1999)

Localización geográfica	Localización fisiográfica	Clasificación	Pendiente (%)	Drenaje	Profundidad efectiva	Acidez	Fertilidad
pH		Typic Paleudults	7 - 25	Bueno	Moderada/te profundos	Muy fuerte	Baja
Materia orgánica C.E.		TypicHapludults	7 - 25	Bueno	Profundos	Muy fuerte	Baja
		Typic distropeps	7 - 25	Bueno	Profundos o moderada/te profundos	Muy fuerte	Baja
Nitrógeno total	Lomas	Oxicdistropeps	7 - 25	Bueno	Moderada/te profundos	Extrema	Muy Baja
Fosforo		Plintaquepts	7 - 25	Pobre	Muy superficiales	Fuerte	Baja
Potasio		Typic Troportents	7 - 25	Bueno	Muy superficiales	Fuerte	Baja
Azufre		Plintaqueps	< 3	Pobre	Muy superficiales	Muy fuerte	Baja
Calcio	Pequeños valles	Aquic Tropofluvents	< 3	Imperfecto	Baja	Muy fuerte	Baja
Magnesio		Fluventic Distropepts	< 3	Malo	Media	Fuerte	Baja
CICE	Mesas	Typic Distropepts	0 - 7	Bueno	Moderada	Muy fuerte	Baja
Hierro		Paleudults	0 - 7	Bueno	Moderada a alta	Extre/te alta	Baja
Boro		Tropaquents	0 - 7	Muy malo	Muy superficial	Extrema	Baja

Fuente: Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Diagnóstico. Municipio del Valle del Guamuez, 1999.

Estas prácticas de siembra, cultivo, recolección y quema continuas, son poco sostenibles en el tiempo ya llevan a que los suelos no sirvan más que para tres o cuatro cosechas, excepto cuando se utilizan con paquetes tecnológicos de altos insumos como los “recomendados y usados” para la siembra de cultivos ilícitos.

Todas estas prácticas tradicionales, a las que se suma la introducción de ganadería extensiva, degradan los suelos de la región y originan graves problemas de erosión hídrica superficial que aumentan en las zonas donde el relieve está muy disectado (áreas de piedemonte y de colinas denudativas) tal como ocurre con el predio La Esmeralda. Adicionalmente se presentan, en el área del municipio, problemas más localizados de erosión fluvial (socavamientos causados por las corrientes de los ríos sobre sus orillas) y procesos de remoción en masa (desplomes, flujos terrosos, escurrimientos difusos, patas de vaca y derrumbes).

## **5.2 USOS DEL SUELO EN EL PREDIO LA ESMERALDA**

El predio La Esmeralda se circunscribe en una zona de lomerío de suelo amazónico característico del área centro occidental del municipio del Valle del Guamuez tal como se describe en el numeral 5.1.2.1. y que además presenta unas condiciones del uso del suelo característicos de la zona de confluencia del río Guamuez que permite tener en algunos casos porciones de áreas inundables, pero que para este estudio se tienen en cuenta principalmente por haber sido zonas de degradación del suelo principalmente por el establecimiento de cultivos ilícitos y de ganadería extensiva, y que para la época se constituyen como suelos inutilizados o subutilizados.

**5.2.1 Potreros.** En el predio La Esmeralda el uso del suelo dominante lo son los potreros sin árboles que constituyen cerca del 38% del territorio abarcado en este estudio. Este uso ha sido de gran impacto para la cobertura original del bosque tropical que originalmente cubría la zona, producto de la transformación del paisaje tras implementarse la ganadería y la agricultura no extensiva donde al parecer gran parte fue objeto inicialmente de la implementación de cultivos de uso ilícito y posteriormente con uso para la ganadería. Este tipo de suelo fue usado como tal hasta antes de establecerse el cultivo hasta mediados del año 2017, sin otros uso en particular ni adecuaciones especiales para el establecimiento del cultivo de Asaí.

**5.2.2 Barbecho:** El 34% corresponde a otros usos de suelo dominantes como el barbecho y los potreros con árboles y arbustos, producto de la regeneración natural. Este uso también resulta del impacto sobre el bosque tropical original que cubría la zona luego de su uso en su mayoría como potreros para la ganadería, previo uso con cultivos ilícitos (del año 2.002 a 2007) y otros cultivos agrícolas donde se eliminó gran parte de la cobertura boscosa del predio; hace aproximadamente 8 a 3 años antes del establecimiento del cultivo de Asaí se dejaron de utilizar como potreros y área de cultivos.

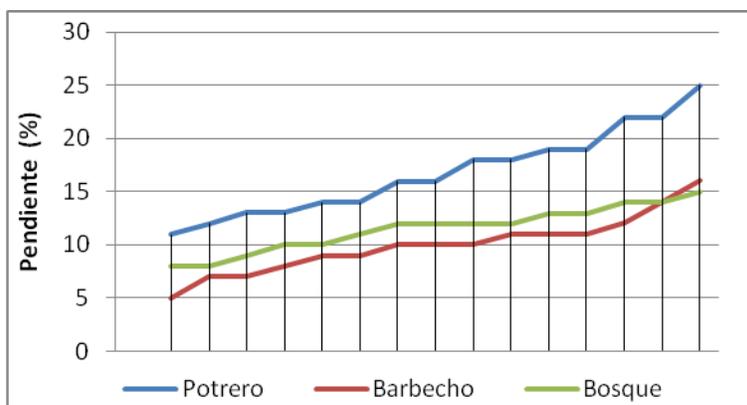
**5.2.3 Bosque:** El bosque intervenido se halla en un 21%. Se conjuga áreas de bosque intervenido y/o secundario con áreas de regeneración natural luego de la

extracción de gran parte de la madera utilizada para otros usos en el predio, así como la pérdida de cobertura vegetal por acción de la inundación provocada. Cabe indicar que dentro de la zona de circunscripción, el predio La Esmeralda conserva aún cobertura boscosa natural o propia del área, valga la redundancia. Sin embargo por la presión antrópica o deforestación en los predios aledaños, se reconoce que la fauna y la flora se han reducido considerablemente, incluso perdiendo especies animales y vegetales.

**5.2.3.3 Otros usos:** El 7.5% se halla en espejo de agua por inundación provocada, aunque originalmente se evidencia se trataba de una menor área anegada. Otros usos del suelo presentan áreas pequeñas como los cultivos de autoconsumo (1%) y la plantación forestal objeto de este estudio (12%) que cabe aclarar está inscrita dentro de las demás áreas.

Los usos del suelo en el predio tienen una relación directa con la pendiente promedio en cada uno ya que se observa que el área de potreros se ha instalado en las zonas más pendientes del predio (11-25%) y el área de barbecho que es donde anterior y principalmente se estableció los cultivos ilícitos y otros de pan coger se caracteriza por ser las zonas más planas (5-16%). Este carácter puede guardar relación con la cantidad de materia orgánica y/o suelo fértil pues se considera y observa que a mayor pendiente es menor su espesor debido a procesos de erosión y lavado del material orgánico.

**Gráfica 3.** Pendiente de los usos de suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

### 5.3 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de investigación fue exploratoria siguiendo con un proceso de investigación descriptiva; A partir de un diseño experimental se realizó un análisis estadístico descriptivo en el comportamiento del desarrollo de la palma de Asaí establecida en tres tipos de suelo firme (potrero, barbecho y bosque) correspondientes a áreas degradadas de la zona de estudio.

Dando respuesta a los objetivos propuestos en la investigación se evaluó el desarrollo de la palma de Asaí realizando seguimiento a sus características de supervivencia y crecimiento frente al tipo de suelo en el cual se ha establecido, Cada área (por uso de suelo) fue objeto de caracterización con análisis fisicoquímico del suelo para complementar la descripción de las condiciones de cada uso del suelo que hicieron posible el desarrollo de la palma de Asaí.

La fase del diseño de la investigación se soporta en las condiciones propias del suelo del área donde se identificó los usos del suelo en que se referencia este estudio. Para el establecimiento del cultivo de Asaí se utilizó el diseño estratificado, por tanto, para la evaluación del crecimiento de la palma y el muestreo del suelo para el análisis de las características fisicoquímicas de cada uno de los usos del suelo también se utilizó el diseño estratificado del tipo uniforme, contando para cada uso del suelo definido con el mismo número de parcelas y de igual tamaño.

Para la evaluación del desarrollo de la palma de Asaí y teniendo en cuenta el objetivo de determinar qué tan factible sería su establecimiento en estos tres tipos de suelos degradados de la zona de lomerío del suelo amazónico del Valle del Guamuez, se determinó que la investigación se haría sin ningún tipo de intervención antrópica más que de la siembra de la palma, para evaluar principalmente su tasa de supervivencia y crecimiento al desarrollarse en conjunto con la fauna y la flora presentes en cada uno de los usos del suelo del predio, de manera que el establecimiento de la palma y su manejo no implicaran la aplicación de agroquímicos o la intervención del hombre con labores culturales drásticas que afectaran las condiciones agroecológicas de los suelos, ya que esta investigación se orientó también en preservar y mejorar las condiciones naturales del suelo y de la cobertura del predio y áreas aledañas.

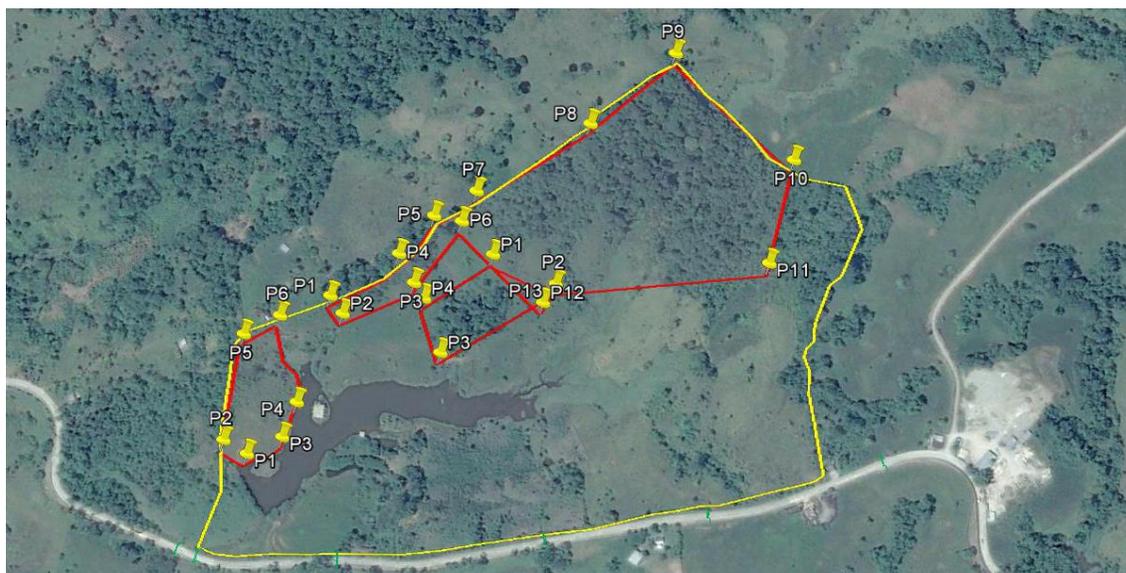
### 5.4 MUESTREO

**5.4.1 Población:** La población se constituyó por las diferentes áreas y tipos de suelo de la zona donde se circunscribe el predio La Esmeralda que se estima comparte fisionomía y usos de suelo similar por ser lomeríos (como se describe en el numeral 5.2.2.1.) con las Veredas San Antonio, Villa Duarte, El Oasis, La Raya

y Las Palmeras, en una área aproximada de 1800 has. Las zonas adyacentes corresponden a zonas de vega del río Guamuez y sus afluentes y áreas de llanura.

**5.4.2 Muestra:** Para este estudio se demarcó un área de aislamiento para el establecimiento de la palma de Asái de aproximadamente 20 has. En las cuales se demarcó a su vez 7 sub-áreas para su parcelamiento.

**Ilustración 4.** Distribución de los usos del suelo y de la plantación en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio del Valle del Guamuez



Fuente: este estudio, 2018

Para la evaluación del desarrollo de la palma se identificó y propuso el cultivo en 3 áreas de acuerdo al uso del suelo, así distribuidas entre bosque, barbecho y potrero, de 1 ha cada una y separadas debidamente con áreas de aislamiento. El cultivo se estableció (siembra) a finales de septiembre de 2017 con una distancia de siembra de 4,2 m. x 4,2 m. teniendo en cuenta así una densidad de área de 566 plántulas por hectárea y evitando en lo posible de alterar la cobertura vegetal de las zonas descritas.

Para la siembra se utilizó material vegetal de vivero certificado por el ICA (Vivero Forestal Sabino Imbachí, CORPOAMAZONIA, Mocoa, Putumayo) donde se indicó que las plántulas resultaron de un proceso de germinación en un área acondicionada (camas de germinación) de aproximadamente 1 a 1,5 meses hasta la aparición de la radícula y la plúmula, luego con la aparición de las primeras hojas (agujas) con un periodo de endurecimiento entre 4 a 5 meses y una altura que oscilaba entre los 30 y 50 cm desde la base del tallo hasta la parte superior de las hojas.

**5.4.3 Unidad de análisis:** Se utilizaron 2 unidades de análisis así:

- Para la evaluación de supervivencia se tiene en cuenta parcelas de 1 ha de cada uno de los establecimientos.

- Para la evaluación de crecimiento de la palma de Asaí cultivada en el predio se hizo en parcelas de aproximadamente 230 m<sup>2</sup> cada una; se definió 2 parcelas o zonas de toma de datos por cada uno de los establecimientos, es decir 6 parcelas de evaluación que corresponde a 2 parcelas de evaluación para cada uso del suelo: 2 en potrero, 2 en barbecho y 2 en bosque. Igualmente, el análisis fisicoquímico del suelo se realiza en cada una de estas parcelas.

## **5.5 VARIABLES DE MEDICIÓN**

- Supervivencia de plantas sembradas de Asaí expresado en porcentaje de supervivencia: plantas vivas/plantas sembradas.
- Tasa de crecimiento anual: (altura total - altura a la siembra)/ tiempo en años.
- Estado fitosanitario:
- incidencia de plagas = (número de plantas enfermas / número total de plantas evaluadas)\*100
- severidad = (número de cuartas partes de la planta afectadas por la plaga/4)\*100
- Características físicas del suelo.
- Características químicas del suelo.

## **5.6 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Definida el área de muestreo y sus unidades de análisis, para evaluación de supervivencia en cada hectárea de cada uno de los cultivos establecidos por uso del suelo, se contó el número de plantas sembradas, luego el número de las existentes (sobrevivientes), descartando además aquellas que por sus condiciones fitosanitarias no tenían posibilidad de supervivencia.

Para evaluación de desarrollo y análisis de suelo se definió 2 zonas de muestreo o parcelas por cada uno de los establecimientos o usos del suelo, (Potrero, barbecho y bosque), se estableció para estas últimas una dimensión aproximada

de 230 m<sup>2</sup>, comprendió así, 24 individuos a evaluar en cada una de las parcelas. Al momento de la siembra se registró la altura de las plantas desde la base del tallo hasta la hoja más alta (altura total) y durante el transcurso del estudio se registró la altura total más la altura desde la base del tallo hasta la base de las ramas más bajas.

Para el análisis fisicoquímico del suelo en laboratorio, se tomaron dos muestras de suelo según indicaciones del laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño por cada una de las parcelas definida (12 muestras en total, 4 por cada uso del suelo). Se realizó una calicata por cada uso del suelo para observación de horizontes y medición de profundidad de la capa superior de suelo, capa de materia orgánica y perforaciones en la capa superior de cada uso del suelo para pruebas de infiltración. Para cada calicata se realizó una excavación de 1 m x 1m x 1 m donde se evaluó permeabilidad, profundidad de las raíces de la palma y la actividad de macrofauna

### **5.6.1 Supervivencia, crecimiento y desarrollo de la palma de Asaí**

El seguimiento a la supervivencia de las palmas de Asaí sembradas se hizo desde el mismo momento de la siembra contabilizando en la totalidad del predio las plántulas sobrevivientes frente al total de sembradas. Las mediciones frente a su crecimiento y desarrollo se realizaron en el mes de octubre de 2018 como primer momento de evaluación por dimensiones, teniendo en cuenta el lento crecimiento de la palma. Para cada individuo se midió la altura total desde la base del tallo a la altura de la parte más elevada de la hoja más alta (Altura 1) y desde la base del tallo hasta la base de la hoja más baja (Altura 2). Con estos datos se calculó la tasa de crecimiento anual y se confrontó con la tasa descrita en la bibliografía consultada.

En la evaluación de plagas se midió incidencia (presencia de enfermedad) calculando el porcentaje de enfermedad que se obtuvo del número de plantas enfermas sobre el número de plantas evaluadas. Para esta evaluación no se realizó una estratificación de las plagas, se generalizó las plantas enfermas independiente de las plagas que las afectaron. Para evaluación de severidad (daño) se registró en porcentaje de daño dividiendo la planta en 4/4 y se le dio a cada cuarto de la planta afectado, un valor de 25% para finalmente sumarlo, igualmente es este aspecto no se estratificó el tipo de plaga que causó el daño.

Por las condiciones, el tiempo disponible de investigación y tamaño alcanzados, no fue posible realizar mediciones significativas del diámetro del tallo. Durante las mediciones se realizó algunos muestreos de la raíz para observar las condiciones fitosanitarias de la misma.

Por el tiempo utilizado para el presente estudio y la fecha de siembra se descartó las actividades para la medición en la producción de fruta.

### 5.6.2 Características físicas y químicas del suelo.

Se realizó análisis fisicoquímico del suelo por cada área de establecimiento para determinar si estos factores influyen en el crecimiento de la palma. Se realizó el análisis de algunas propiedades físicas en el lugar y un análisis fisicoquímico en el laboratorio de la Universidad de Nariño.

#### 5.6.2.1 Medición de propiedades físicas.

Para la **profundidad** del suelo se midió la altura en cm. de la capa fértil del suelo que se encuentra en el horizonte superior y se tuvo en cuenta la capa de materia orgánica y la capa de humus hasta llegar a la capa inmediatamente inferior diferenciada por el color y la textura.

La **pendiente** se midió en diferentes puntos con el método de porcentaje (%) en base a una horizontal de 1 m. para la cual se midió la altura en cm. del extremo distante del suelo, utilizando la formula  $\% = p = (h \cdot 100) / 100$ .

La medición de la **infiltración de agua** del suelo se realizó utilizando una variación del método de Porchet con excavaciones para cada uso del suelo de 20 cm. de profundidad y un diámetro de 10 cm. que se llenaron con agua y midió la altura del vaciado con intervalos de medición de 30 minutos hasta completar 3 horas.

Se tomó 12 muestras de suelo, es decir, 4 muestras de suelo por cada uso del suelo de las áreas de establecimiento, cada muestra conformada a su vez por 10 submuestras obtenidas por muestreo en cuadrícula compuesta por 3 transeptos paralelos a la pendiente del suelo, en diferentes sitios de las parcelas de cada uso del suelo que se tomaron hasta los 20 cm de profundidad del suelo con ayuda de un palín y luego se mezclaron de manera homogénea para entregar aproximadamente 1 kg de suelo a laboratorio debidamente identificado (rotulado) con fecha de muestreo, lote, y localización (Carter y Gregory, 2008; citado por Gómez, 2013). Las propiedades físicas evaluadas en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño y los métodos de análisis empleados fueron los que se describe en la tabla 10.

**Tabla 10.** Propiedades físicas evaluadas y métodos empleados

Propiedad	Método empleado	Detalle
Profundidad	Observación en calicata (cm.)	Capa superior del suelo + materia orgánica
Pendiente	$\% = P = (h \cdot 100) / 100$	En campo
Infiltración de agua	Porchet – mm/h (30 a 180 min)	Horizonte superior
Textura	Bouyoucos	Laboratorio de suelos.
Clase textural	Triangulo de texturas USDA	
Contenido de Humedad 105 °C	Gravimétrico	Laboratorio de suelos
Humedad volumétrica / Saturación	Mesa Tensión y membrana tensión	Laboratorio de suelos
Densidad aparente	Terrón parafinado	Laboratorio de suelos
Densidad real	Picnómetro	Laboratorio de suelos
Porosidad total	Calculado a partir de $D_a$ y $D_r$	Laboratorio de suelos
Estabilidad estructural	Yoder	Laboratorio de suelos
Distribución de agregados	Shacker	Laboratorio de suelos

Fuente: este estudio.

### 5.6.2.2 Medición de propiedades químicas.

Con las mismas 12 muestras de suelo tomadas para evaluación de propiedades físicas se evaluó también las propiedades químicas también en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño. Propiedades y métodos de análisis de suelos descritos en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Propiedades químicas evaluadas y métodos empleados

PROPIEDAD	MÉTODO
pH y CE	Electrométrico
Materia orgánica	Walkey-Black
Fósforo	Fósforo disponible (Bray II)
Hierro, Manganeseo	Extracción con DTPA
Zinc, Cobre	Absorción atómica
Azufre	Azufre (Turbidimetría)
Boro	Boro (Azometría)
Calcio, Magnesio	Acetato de amonio 1N
Potasio, CICE	pH 7. Absorción atómica
Nitrógeno	Nitrógeno total (Kjeldahl)

Fuente: este estudio.

### **5.6.3 Evaluación de macrofauna.**

Para **macrofauna** se realizó la observación de individuos animales en 2 muestras de 1 m<sup>2</sup> por cada uso del suelo, se contabilizó el total de individuos que se logró identificar y se agrupó en el orden a que pertenecían.

### **5.6.4 Análisis de interpretación de datos**

Para el análisis de los datos se empleó estadística descriptiva de las variables seleccionadas donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con una confiabilidad del 95% y comparación de medias (Tukey) para establecer diferencias significativas entre los usos de suelo.

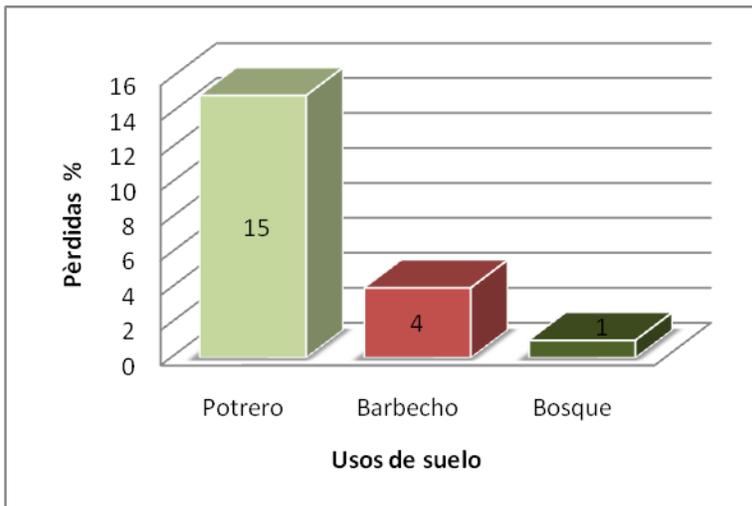
## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 DESARROLLO DE LA PALMA DE ASAÍ EN LOS TRES USO DE SUELO

#### 6.1.1 Supervivencia

Se calcula una mortalidad de 15% de los individuos sembrados de palma de Asaí establecida sobre potreros, 4% en los de áreas de barbecho y un 1% en bosque, lo que equivale a una supervivencia del 99%, 96% y 85% para bosque, barbecho y potrero respectivamente. Se estima que quizá el intenso verano luego de la siembra pudo incrementar este porcentaje de mortalidad ya que fue agreste en la zona en los meses de octubre y noviembre de 2017. Los estudios de Isaza, *et al.* (2014) indican que en 2 años de seguimiento la mortalidad de plántulas fue del 96,3%, por tanto es necesario confrontar cuáles serían las pérdidas en el proceso de germinación en vivero, sin embargo, se estima que los tres usos de suelo del predio La Esmeralda presentan buena aptitud para su establecimiento y posterior supervivencia ya que los niveles de mortalidad de plantas jóvenes son bajos frente a los presentado por los estudios.

**Gráfica 4.** Mortalidad de individuos plantados de palma de Asaí en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio del Valle del Guamuez



Fuente: este estudio

Estimado que según Bovi & De Castro (1993, citados por Castaño, *et al.*, 2007) indican que solo hasta que la planta alcanza 50 cm de altura tiene mayores probabilidad de supervivencia en campo, los datos obtenidos muestran un buen

desempeño de las plantas en las áreas seleccionadas frente a los porcentajes de mortalidad encontrados.

### 6.1.2 Crecimiento

Los datos muestran diferencias significativas en el crecimiento de las plantas entre los tres usos del suelo (Tabla X) con valores de probabilidad menores a 0.05 tanto para altura total como para altura a la base de las ramas de las palmas ( $p < 0.0001$  en ambos casos) donde es evidente el mayor crecimiento en las palmas establecidas en barbecho, seguido de bosque, ello quizá más relacionado con el contenido de humedad en las zonas más superficiales del suelo que se registra mayor en las áreas de bosque y barbecho. En un estudio de producción de palmas en vivero se indica que su crecimiento fue afectado por los niveles de humedad; la mayor altura se da en épocas de saturación total y saturación media y fue menor en los de capacidad de campo y déficit hídrico (Burgos, Perdomo y Cayón, 2007).

**Tabla 12.** Comparación de medias de Tukey para la altura de las palmas en cada uso del suelo del predio La Esmeralda, vereda La Concordia, Municipio del Valle del Guamuez

	DMS	n	Medias		
			Potrero	Barbecho	Bosque
Altura total (cm)	10,1213	48	51,89 c	91,48 a	63,23 b
Altura a base de ramas (cm)	5,9479	48	27 c	51,37 a	38,90 b

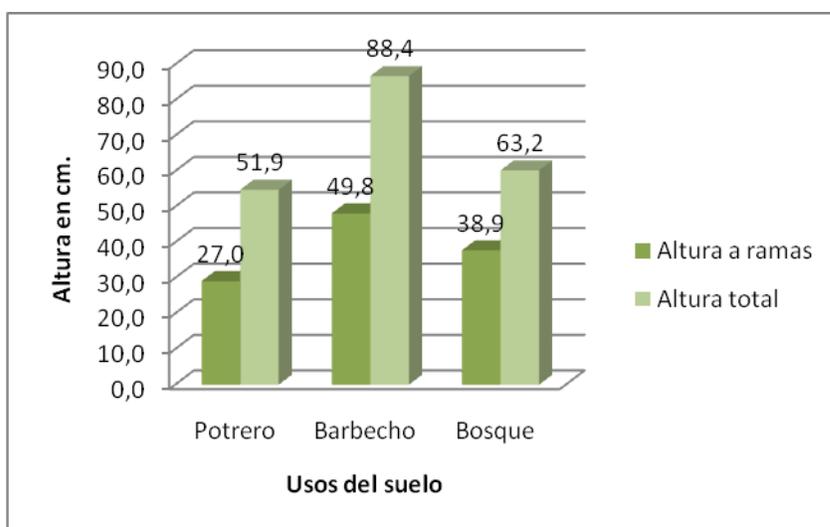
Fuente: este estudio.

Al momento de la siembra se estimó una altura promedio aproximada de 42 cm (desde la base del tallo hasta la parte más alta de las hojas) de una muestra de aprox. 120 palmas sembradas en las áreas de muestreo y evaluación, y presentando de 2 a 3 hojas por plántula.

Frente al crecimiento de la palma de Asaí en los diferentes usos del suelo del predio se obtuvo que en el área de barbecho la altura promedio alcanzada hasta el mes de octubre de 2018 fue la mayor tanto hasta la base de la hoja más baja y hasta la parte superior de la planta (Tabla 12). Se podría inferir con ello que los datos de desarrollo se relacionan de alguna manera con los porcentajes por pérdida o mortalidad de los individuos donde el área de barbecho presenta unas mejores condiciones para el desarrollo de la palma. Esto da como resultado una tasa de crecimiento anual de 45,67 cm para barbecho, 19.6 cm para bosque y 9.13 cm para potrero.

Según lo descrito por Isaza (datos sin publicar, citado por Isaza, *et al.*, 2007) en su estudio en el departamento de Amazonas para plantas jóvenes la tasa de crecimiento es de 22 cm/año. La tasa de crecimiento anual registrada en el predio La Esmeralda en el uso de suelo barbecho es mayor, el registro en bosque es casi similar y la tasa de crecimiento registrada en potrero es casi la mitad; lo que indica que las condiciones del uso de suelo potrero hasta la época en que se desarrolla este estudio no fueron las adecuadas para el establecimiento de este cultivo a lo que se podría sumar la afectación por plagas que ha sido más recurrente en el establecimiento de este uso del suelo como se observa en la gráfica 5.

**Gráfica 5.** Crecimiento promedio de individuos plantados de palma de Asaí en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio del Valle del Guamuez



Fuente: este estudio.

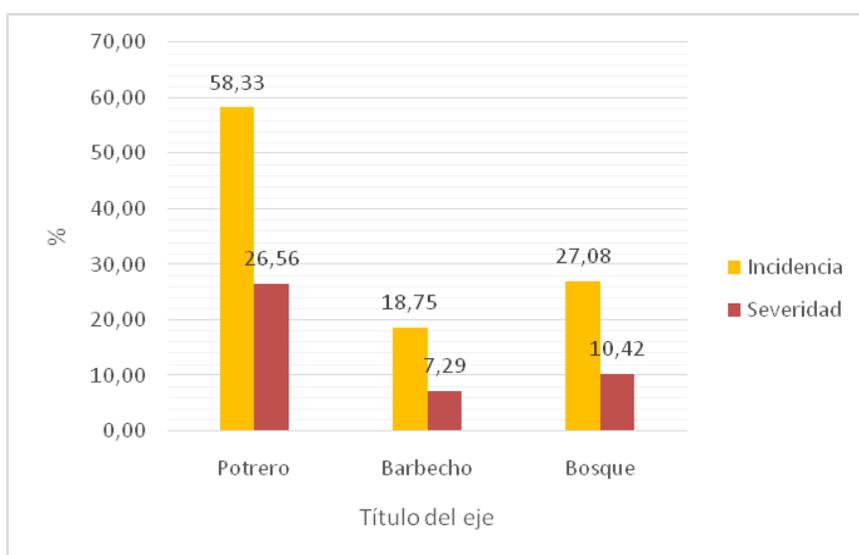
### 6.1.3 Problemas fitosanitarios

Es importante destacar que en el área de potreros los daños al follaje fueron más severos al parecer por ataque de grillos o larvas, daños por pulgones y donde hubo mayor dispersión por problemas de hongos, quizá relacionado con los daños por pulgones (chupadores) con una incidencia de plagas promedio del 58.33% y una severidad (daño) promedio del 26.56%. La mayoría de plantas que sufrieron secamiento y que pertenecen a esta área presentaron daño de hojas y de las vellosidades de la raíz, con una raíz de tamaño proporcionalmente menor a la media en bosque y barbecho, por lo cual se estimó que el mismo proceso de compactación del terreno en la áreas de potrero hizo que se dificultara el crecimiento de la raíz e influyó directamente en el desarrollo de la planta. En el área de barbecho se presentó una menor incidencia de plagas con el 18.75% y

una severidad del 7.29%, en bosque la incidencia de plagas fue de 27.08% y la severidad de 10.42%.

No se observó al parecer daños por picudo (*Rhynchophorus palmarum* L.) y pudrición del cogollo (*Phytophthora palmivora*) que es común en la región, sobre todo para los daños por picudo en áreas donde se establecen palmas (ICA Putumayo, 2018).

**Gráfica 6.** Incidencia y severidad promedio de plagas en los individuos plantados de palma de Asaí en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio del Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

## 6.2 PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y DE MACROFAUNA EN TRES USOS DEL SUELO.

### 6.2.1 Propiedades físicas de los suelos del predio La Esmeralda

Por las observaciones en campo el drenaje en los tres usos del suelo (Potrero, barbecho y bosque) puede considerarse de bueno a moderado. En los tres usos no se evidencia alteraciones de la raíz ni deformaciones, pero si un menor crecimiento de las mismas en usos de suelo potrero frente a los suelos de rastrojo y bosque. La capa de limo en el horizonte superior en general es muy pobre en todo el suelo del predio y a simple vista se puede observar capas de suelo de tonos marrón claro a rojo desprovistas de cobertura vegetal con más manchas (áreas pequeñas) de suelo erosionado en el uso de suelo de potreros; bosque y

barbecho presentan más cobertura vegetal, siendo en bosque donde la capa de materia orgánica tiene un grosor mayor pero que no sobrepasa los 20 cm, las capas inferiores del suelo compuestas principalmente de material arenoso y arcillas compactadas con mayor predominancia de arenas en bosque y barbecho.

**Tabla 13.** Análisis de las propiedades físicas del suelo: profundidad, pendiente, textura, estructura, infiltración de agua, humedad, densidad y porosidad de los usos de suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.

Propiedad	Uso del suelo		
	Potrero	Barbecho	Bosque
Profundidad (cm)	13	19	15
Pendiente (%)	11-25	5-16	8-15
Textura	Suelo franco arenoso a arcilloso: Arena: 70,54 Limo: 9,48 Arcilla: 19,98	Suelo franco arenoso a arcilloso: Arena: 76,89 Limo: 6,10 Arcilla: 17,01	Suelo franco arenoso a arcilloso: Arena: 78,44 Limo: 6,3 Arcilla: 15,27
Infiltración de agua mm/h en 1,2 y 3 h	23, 17, 12	26, 16, 12	32, 17, 11
Contenido de humedad 105°C	30,69	39,48	50,58
HV (Humedad volumétrica) 0,01 Bar	84,88	91,99	99,86
HV 0,03 Bar	69,39	75,84	84,10
HV 0,06 Bar	64,93	70,36	79,12
HV 0,1 Bar	63,80	68,48	77,91
HV 0,3 Bar	61,41	57,08	74,91
HV 5 Bar	54,94	49,33	59,19
HV 10 Bar	44,15	45,75	54,96
HV 15 Bar	42,58	45,34	53,39
Densidad aparente	1,54	1,53	1,55
Densidad real	2,51	2,51	2,44
Porosidad total	38,65	38,98	36,39
<b>ESTABILIDAD ESTRUCTURAL</b>			
Agregados estables (%) Tamiz 2 mm	83,88	90,21	71,88
AE (%) Tamiz 0,85 mm	7,37	3,33	1,21
AE (%) Tamiz 0,5 mm	4,58	2,78	1,02
AE (%) Tamiz 0,25 mm	2,27	2,10	0,59
AE (%) Tamiz <0,25 mm	1,92	1,59	0,30
Diámetro Ponderado Medio (mm)	2,79	2,78	2,92
<b>DISTRIBUCIÓN DE AGREGADOS</b>			
% Agregados- Tamiz 6,3 mm	22,76	12,66	36,94
%A - Tamiz 4 mm	15,51	19,85	16,82
%A - Tamiz 2 mm	23,05	29,25	19,78
%A - Tamiz 1 mm	15,44	17,40	11,75
%A - Tamiz 0,5 mm	8,84	9,24	6,23
%A - Tamiz 0,25 mm	5,61	5,04	3,72
%A - Tamiz <0,25 mm	8,81	6,57	4,77
Diámetro Ponderado medio (mm)	3,68	3,29	4,71

Fuente: este estudio.

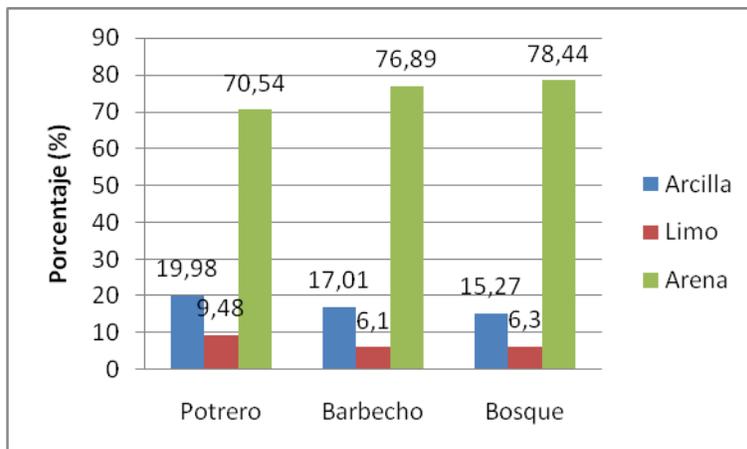
- **Pendiente**

Munevar (2004) indica que para el establecimiento de palma de aceite como cultivo relacionado a la palma de Asaí la pendiente del terreno puede tener una limitación moderada del cultivo cuando está entre 7 y 12% aspecto que se da en los usos del suelo de barbecho y bosque (pendiente promedio de 10 y 11,53% respectivamente) y la limitación es severa cuando está entre el 12 a 25%, condición que se presenta en el uso del suelo potrero (pendiente promedio de 16,8%) ya que incrementa los riesgos de erosión y dificultades para la cosecha y reduce drásticamente la retención de humedad del suelo, condición que podría incidir en el menor crecimiento y menor supervivencia de la palma de Asaí en el área de potrero.

- **Textura**

En las muestras de todos los usos del suelo predomina la arena (75,29%) siendo el resto compuesto entre arcilla (17,42%) y limo (7,29%). Aunque no se presentan diferencias significativas el área de potrero es la que más contenido de limo presenta (9,48%) pero a la vez es la que más contiene arcillas (19,98%). Por la clase de textura para todos los suelos se consideran franco arenosos con al menos una muestra de cada uno de los usos del suelo donde este se considera franco arenoso arcilloso (según USDA, 1993), condiciones que no presentan limitaciones para el cultivo de palmas como la de aceite, como lo indica Munevar (2004) pues los suelos franco arenosos se consideran aptos para el cultivo de palma y los franco arenosos arcillosos se consideran moderadamente aptos.

**Gráfica 7.** Textura del suelo de potreros en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.

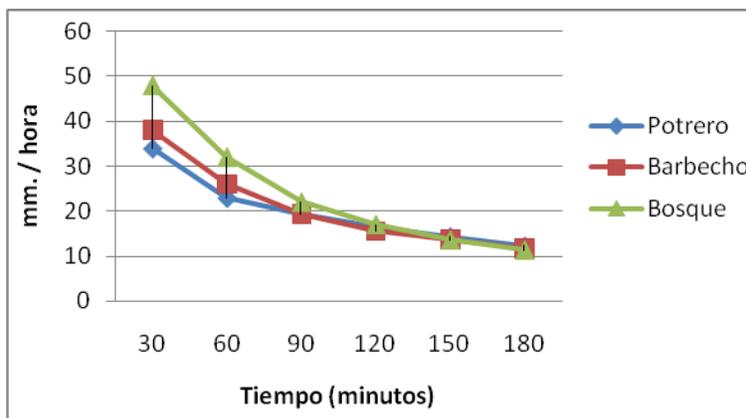


Fuente: este estudio.

- **Infiltración**

Los niveles de infiltración del agua en los diferentes usos del suelo no presentan una diferencia significativa, aunque presentan una variación importante durante los primeros 90 minutos (diferencia entre 4 – 14 mm/h) siendo esta menor en el uso de suelo potrero, luego tiende a ser constante con una media de infiltración de 11,8 mm/h y saturación estimada luego de 2 horas, siendo más relevante la saturación en la zona de bosque (11,33 mm/h) por lo cual se clasificarían como infiltración rápida con tendencia a media para todos los usos del suelo (Trejo *et al.*, 1999, citado por Domínguez, 2005).

**Gráfica 8.** Niveles de infiltración de agua de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

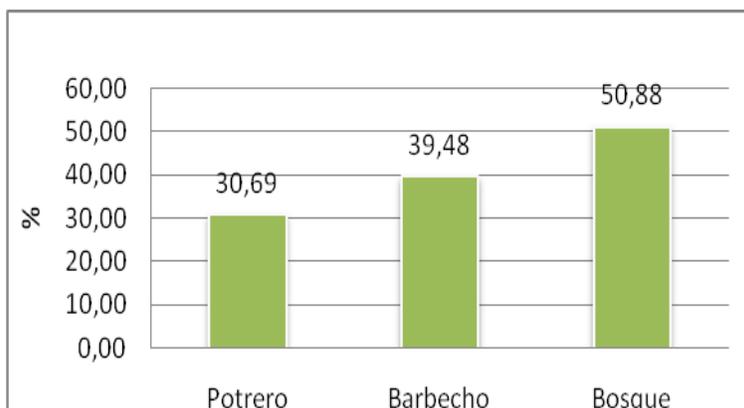
Hewlett (1982, citado por Yáñez, Hermoza y Bazán, 2017) indica que en suelos compactados y cultivados los niveles de infiltración son bajos, la pérdida de cobertura baja la capacidad de retención de agua en el suelo. Ello explicaría que en los primeros minutos los suelos de potrero tengan menor infiltración debido a los procesos de compactación sufridos por la ganadería, luego la menor tasa de infiltración durante la saturación del suelo de bosque lo sea por la cobertura existente.

- **Contenido de humedad**

Si bien no existen diferencias significativas en el contenido de humedad de los diferentes usos del suelo del predio, es el suelo de bosque el que presenta un mejor promedio de humedad (50,88%) que favorece el crecimiento de la palma de Asaí. Isaza, *et al.* (2014) persisten en indicar que el crecimiento y la productividad de la palma son más altos en bosques estacionalmente inundables. Aunque el predio La Esmeralda no presenta suelos inundables se trata de una zona de alta

pluviosidad y con una alta humedad relativa del aire que favorece los contenidos de humedad que necesita la planta desde el aire y el suelo.

**Gráfica 9.** Contenido promedio de humedad de los usos del suelo a 105°C en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

- **Humedad volumétrica**

Para los datos de humedad volumétrica medida a diferentes presiones se observan diferencias significativas como lo muestra la tabla 14 con valores de probabilidad entre 0.0087 a 0.0481 para los contenidos de humedad volumétrica a 0.03, 0.06, 0.1, 10 y 15 bar entre bosque y potrero; y entre bosque y barbecho a 0.3, 5, 10 y 15 bar, probablemente porque a mayores tensiones se ceda el volumen del agua por la composición de los macroporos que pueden ser mayores en los suelos de potrero y barbecho, lo que reduce su capacidad de retención del agua.

**Tabla 14.** Comparación de medias de Tukey para la humedad volumétrica a 0.01, 0.03, 0.06, 0.1, 0.3, 5, 10 y 15 bares de los usos de suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.

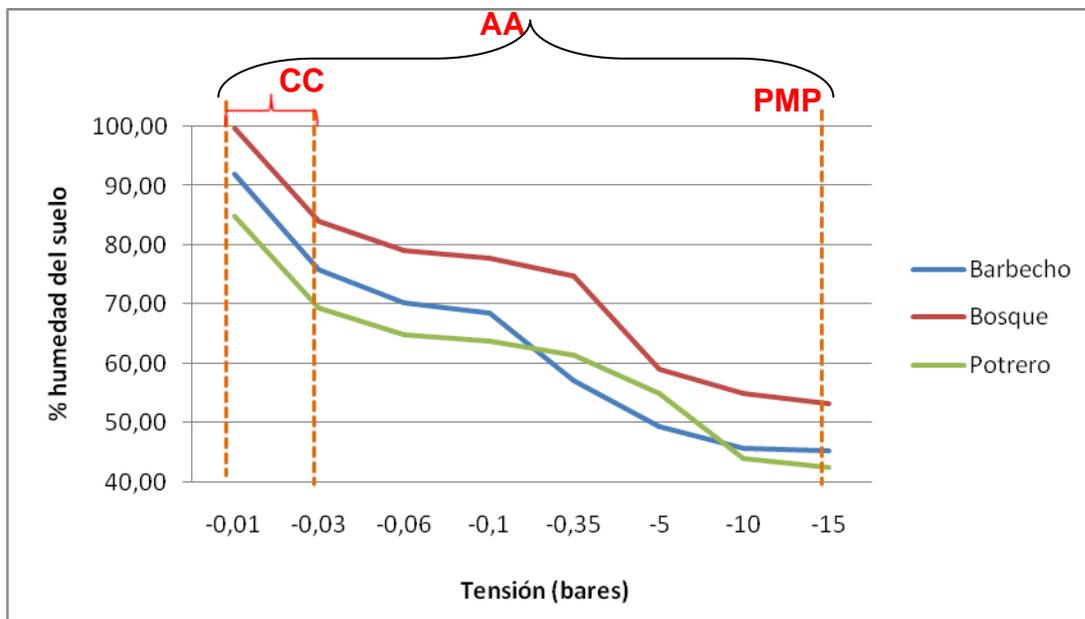
Variable	Probabilidad	DMS	n	Medias *		
				Potrero	Barbecho	Bosque
Humedad Vol. 0,01 bar (%)	0,0971	16,92	4	84,88 a	91,99 a	99,86 a
Humedad Vol. 0,03 bar (%)	0,042	13,57	4	69,39 b	75,84 ab	84,11 a
Humedad Vol. 0,06 bar (%)	0,031	12,36	4	64,93 b	70,36 ab	79,12 a
Humedad Vol. 0,1 bar (%)	0,0279	12,13	4	63,8 b	68,48 ab	77,91 a
Humedad Vol. 0,3 bar (%)	0,0481	17,64	4	61,41 ab	57,08 b	74,91 a

Humedad Vol. 5 bar (%)	0,0414	9,07	4	54,94 ab	49,33 b	59,15 a
Humedad Vol. 10 bar (%)	0,0145	8,68	4	44,15 b	45,75 b	54,96 a
Humedad Vol. 15 bar (%)	0,0087	7,65	4	42,58 b	45,34 b	53,39 a

Fuente: este estudio.

La gráfica 10 muestra como los tres usos de suelo se comportan de manera similar a diferentes tensiones para retener la humedad, siendo el suelo de bosque quien presenta mejores valores de retención en la capacidad de campo. Los tres suelos ceden una mayor proporción de agua a partir de -0.03 bares con otra caída en -0.3 bar. Luego de pasar la capacidad de campo los suelos de barbecho y potrero se comportan de manera casi similar. A pesar de que el suelo de potrero tiene más arcilla que los otros suelos, al parecer la menor porosidad del suelo de bosque ayuda a retener mejor la humedad.

**Gráfica 10.** Curva de retención de humedad de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

Como se muestra en las gráficas 13 a 20 las principales diferencias en el porcentaje de humedad volumétrica se da entre el suelo de bosque donde generalmente es más alta frente a los otros usos, siendo significativa la diferencia desde los 0,03 bar hasta los 15 bar. Sin embargo, todos los suelos presentan un buen porcentaje de retención de humedad lo que garantiza el cultivo de la palma en el predio.

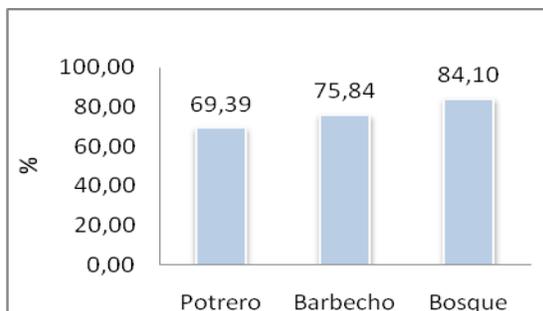
Desde 0.03 a 0.1 bar la retención de humedad es menor en el suelo de potreros, se estima que la pendiente del terreno puede repercutir aún más en campo en la baja capacidad para acumular y almacenar agua (Tsuit *et al.*, 2004; Borman, 2010; citados por Hincapie, 2011). Luego, esta se vuelve menor en el suelo de barbecho a 0.3 y 5 bar con diferencias significativas solo frente al suelo de bosque, luego a 10 y 15 bar vuelve a ser menor en potrero.

**Gráfica 11.** Niveles de humedad volumétrica a 0,01 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



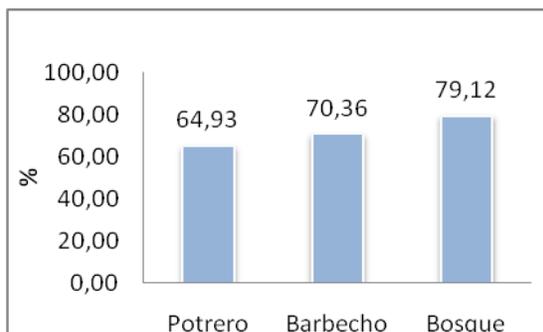
Fuente: este estudio.

**Gráfica 12.** Niveles de humedad volumétrica a 0,03 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



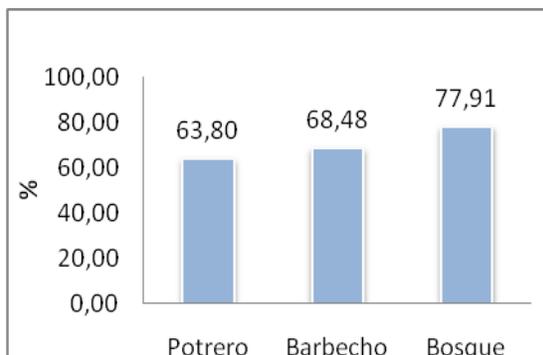
Fuente: este estudio.

**Gráfica 13.** Niveles de humedad volumétrica a 0,06 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



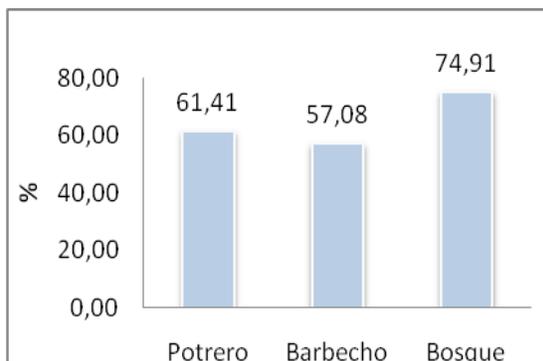
Fuente: este estudio.

**Gráfica 14.** Niveles de humedad volumétrica a 0,1 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



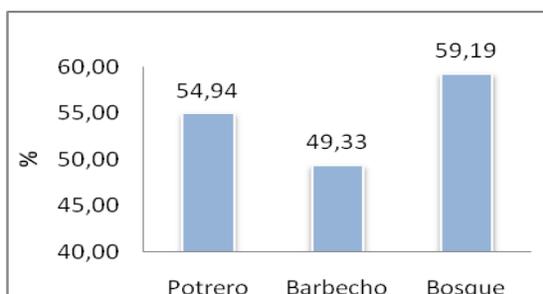
Fuente: este estudio.

**Gráfica 15.** Niveles de humedad volumétrica a 0,3 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



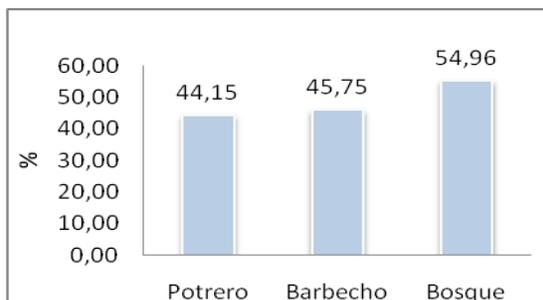
Fuente: este estudio.

**Gráfica 16.** Niveles de humedad volumétrica a 5 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

**Gráfica 17.** Niveles de humedad volumétrica a 10 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

**Gráfica 18.** Niveles de humedad volumétrica a 15 Bar de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

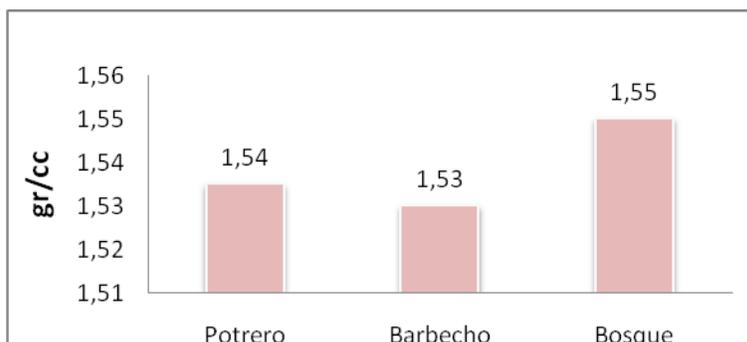
- **Densidad aparente**

La densidad aparente de los tres usos de suelo es casi constante siendo menor en el suelo de barbecho y más alta en bosque. Teniendo en cuenta los valores altos de densidad aparente según la textura del suelo, definidos por Cortes y Malagón (1984, citados por Jaramillo, 2002), para suelos de textura gruesa son altos los valores mayores a  $1.6 \text{ g/cm}^3$  lo que indica que los suelos del predio La Esmeralda están casi sobre el valor superior y se trata de suelos compactados, pudiendo ello tener influencia negativa sobre el desarrollo de las raíces por la resistencia a la penetración en individuos adultos de la palma de Asaí.

A su vez, esta característica puede ayudar a mejorar el contenido de humedad en el suelo por su capacidad de retención de humedad, propicio para esta especie (Silva *et al.*, 1986; citado por Jaramillo, 2002). Foloni *et al.*(2003; citado por Noguera y Vélez, 2011) indica que en un suelo sometido a una determinada presión se reduce su volumen y se aumenta su densidad aparente; es posible que para el potrero la presión se debiera al pisoteo del ganado establecido

anteriormente y para el bosque debida a la misma presencia de la cobertura vegetal.

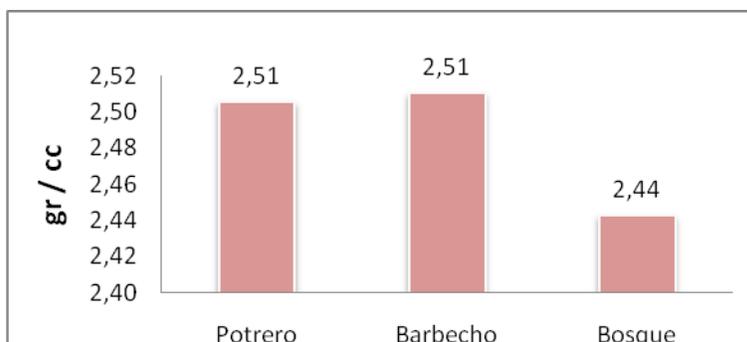
**Gráfica 19.** Densidad aparente de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

- **Densidad real**

**Gráfica 20.** Densidad real de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

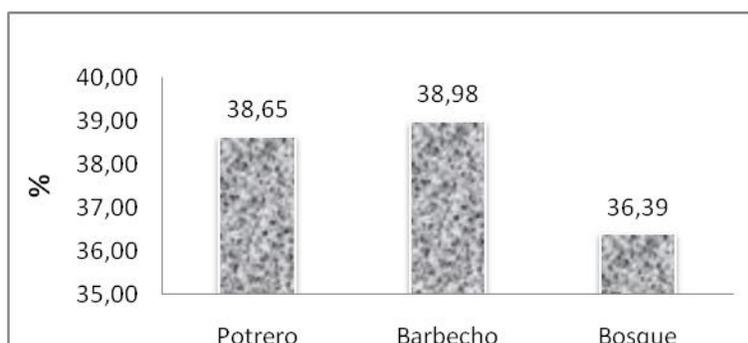
- **Porosidad total**

La porosidad total del suelo de los diferentes usos del predio La Esmeralda no presentan diferencias significativas, sin embargo las medias son un poco mayores en los suelos de potrero y barbecho lo cual explica en cierta forma la menor capacidad para retener agua frente al suelo de bosque.

Teniendo en cuenta la clasificación de Kaurichev (1984; citado por Jaramillo, 2002) los suelos del predio La Esmeralda tendrían una porosidad muy baja lo que podría ocasionar problemas de drenaje y de aireación del suelo y por consiguiente la compactación del suelo y propiciar la producción de compuestos tóxicos para

las plantas. Igualmente, frente a la clasificación de Cairo (1995; citado por Domínguez, 2005) donde se relaciona la porosidad con la textura del suelo, para suelos franco arenosos, los valores de los suelos del predio La Esmeralda estarían por debajo del nivel óptimo lo que incidiría en los problemas anteriormente descritos. Ello se explicaría por la baja densidad aparente que apunta a que se trata de suelos compactados, condición que se da más en los suelos de bosque.

**Gráfica 21.** Porosidad total de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.

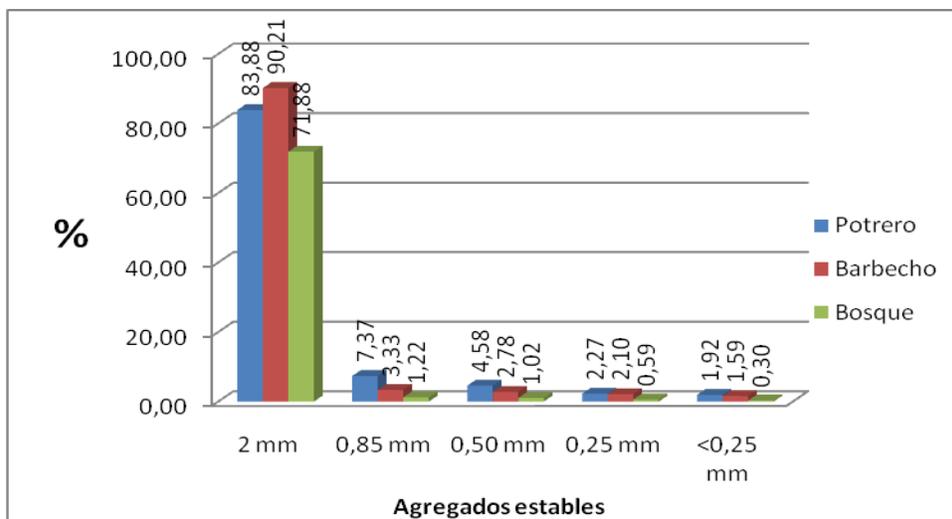


Fuente: este estudio.

- **Estabilidad estructural**

Desde el punto de vista estructural y teniendo en cuenta el DPM de los agregados estables, todos los suelos de los diferentes usos del predio se clasifican como moderadamente estables (IGAC, 1990) y aunque no hay diferencias significativas se presenta un mejor valor promedio para bosque (2.92 mm) tal como lo indica la gráfica 23, que se acerca al rango de mayor estabilidad (3.0-5.0) y que para el caso es quien presenta más contenido de materia orgánica, aspecto que se relaciona con su estabilidad estructural pues posibilidad la formación de agregados de mayor tamaño, así mejores condiciones de aireación, infiltración, retención de humedad y penetración radical (Montenegro y Malagón, 19990; citado por Benavides, Morales y Navia, 2015). Martínez (2003; citado por Benavides *et al.*, 2015) indica que sistemas de producción sin labranza presentan mejor estabilidad de agregados, tal como en el caso de los suelos del predio La Esmeralda que han descansado por más de 5 años y no tuvieron mayores actividades de labranza.

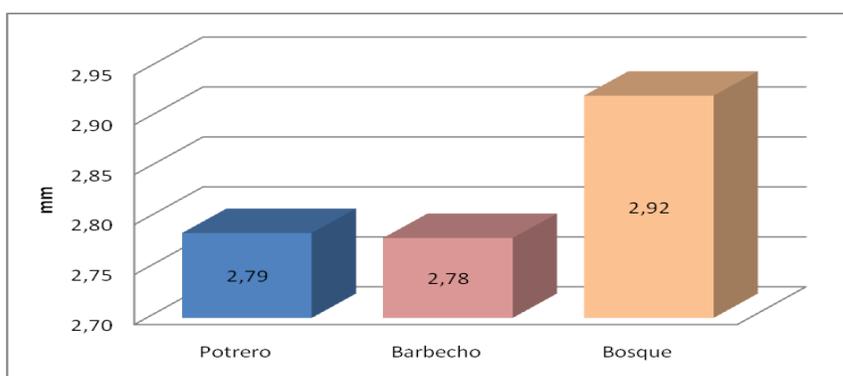
**Gráfica 22.** Porcentaje de estabilidad estructural promedio de los usos del suelo tratados en Tamices de 2, 0.85, 0.50, 0.25 y <0.25 mm en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

Para agregados de tamaño de 0,85 a 2 mm el mayor porcentaje lo presentan potrero y barbecho; para tamaño <0.25 a 0.85 mm el mayor porcentaje lo presenta potrero pero sin diferencia significativa frente a los otros uso del suelo.

**Gráfica 23.** Diámetro ponderado medio DPM de los agregados estables de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

- **Distribución de agregados**

En cuanto a la distribución de agregados, como lo presenta la tabla 15 hay una diferencia significativa en el DPM de los agregados, el cual osciló entre 2.51 mm a

5.21 mm y presenta una mayor media en el uso de suelo de bosque (4.71 mm) lo que equivale que más del 50% de los agregados en bosque tienen un tamaño mayor a 2 mm, principalmente por el mayor porcentaje de agregados que se calcula en al tamiz 6.3 mm. (Ver graficas 24 y 25). Ello quizá se deba al menor uso del suelo con labores de labranza que minimizan el tamaño de sus agregados y que a la vez se relaciona con los valores de estabilidad estructural de los agregados, además que se estima que por su condición de bosque hay una aplicación frecuente de materia orgánica que mejoran la agregación del suelo (IGAC, 1990) y por consiguiente la capacidad para retener humedad, permitir el crecimiento de las raíces e infiltración y tener mayor aireación (Montenegro y Malagón, 1990; citado por Benavides, *et al.*, 2015) .

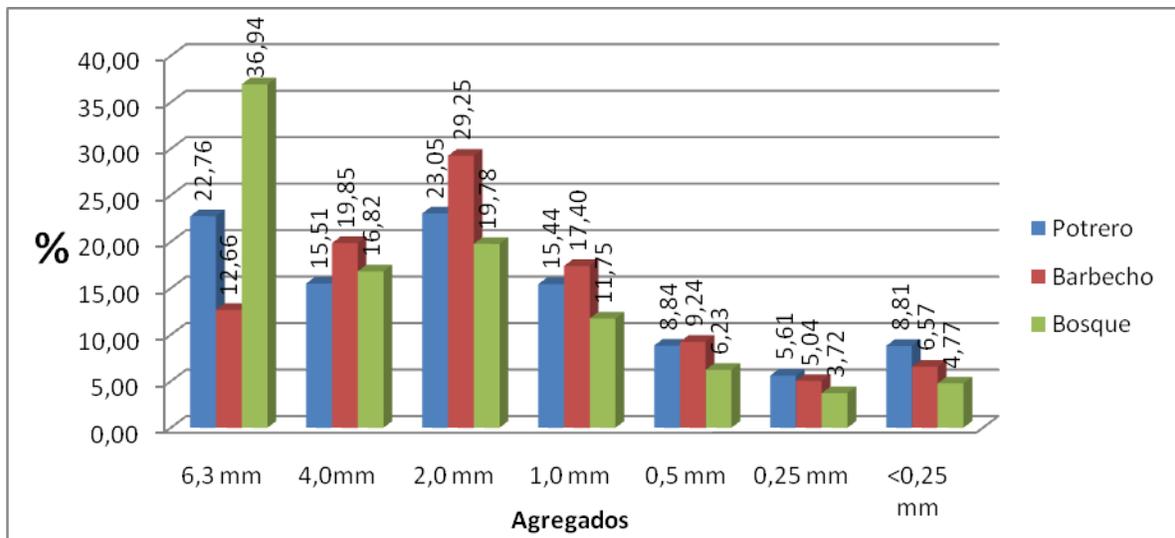
**Tabla 15.** Comparación de medias de Tukey para la distribución de agregados y DPM del porcentaje de agregados de los usos de suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.

Variable	Probabilidad	DMS	n	Medias *		
				Potrero	Barbecho	Bosque
Agregados 6,3 mm (%)	0,0106	17,18	4	22,76 ab	12,67 b	36,94 a
Agregados 4,0 mm (%)	0,3547	8,15	4	15,51 a	19,85 a	16,82 a
Agregados 2,0 mm (%)	0,0117	6,89	4	23,05 ab	29,24 a	19,78 b
Agregados 1,0 mm (%)	0,1749	7,765	4	15,44 a	17,40 a	11,75 a
Agregados 0,5 mm (%)	0,3231	5,698	4	8,84 a	9,24 a	6,23 a
Agregados 0,25 mm (%)	0,4222	3,92	4	5,61 a	5,04 a	3,72 a
Agregados <0,25 mm (%)	0,0363	3,61	4	8,81 a	6,57 ab	4,77 b
Agregados DPM (mm)	0,0394	1,336	4	3,68 ab	3,29 b	4,71 a

Fuente: este estudio.

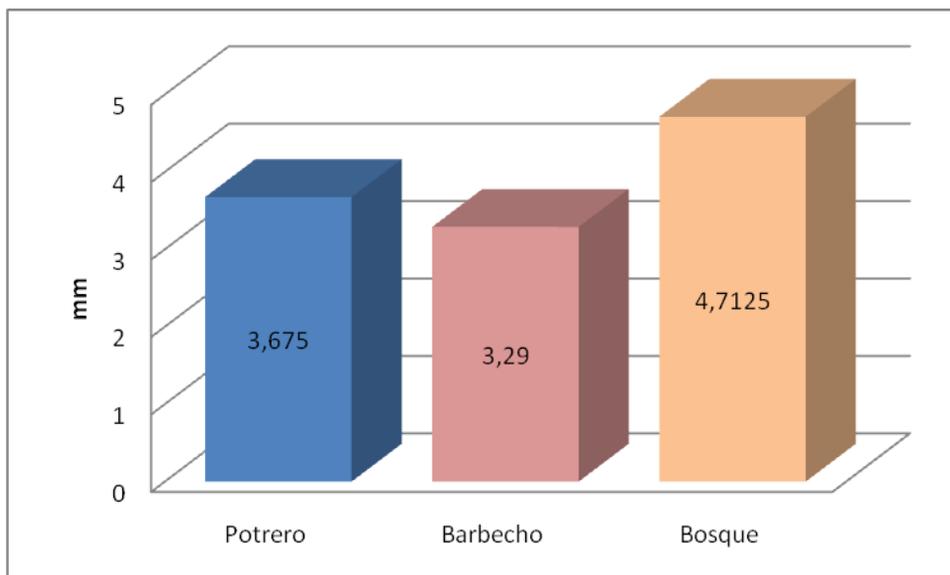
Para tamaños de agregados de 1 a 2 mm también se presenta una diferencia significativa entre bosque y barbecho siendo mayor en el segundo, quizá relacionado por la mayor cantidad de arenas de este tamaño presentes en este suelo y directamente relacionado con el mayor porcentaje de agregados estables calculados en tamiz de 2 mm (90.21%). Para tamaños menores a 0.25 mm también hay una diferencia significativa entre potrero y bosque lo que se puede relacionar directamente con la cantidad de arcillas que es mayor en el suelo de potrero (19.98%).

**Gráfica 24.** Porcentaje de distribución de agregados promedio de los usos del suelo tratados en Tamices de 6.3, 4.0, 2.0, 1.0, 0.50, 0.25 y <0.25 mm en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

**Gráfica 25.** Diámetro ponderado medio DPM de los agregados totales de los usos del suelo en el predio La Esmeralda, vereda la Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

## 6.2.2 Propiedades químicas de los suelos

**Tabla 16.** Valores promedio de las propiedades químicas pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico efectiva y contenidos de nitrógeno total, fósforo, azufre calcio, magnesio potasio, hierro, manganeso, cobre, zinc y boro, evaluadas por tipo de uso de suelo en el predio la Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.

Propiedad	Unidad de medición	Referencia*	Bosque	Potrero	Barbecho
pH	pH	<4.5: Bajo 4.5-5.5: Medio >5.5 Alto	3.45	3.61	3.56
Materia orgánica	%	<2: Bajo 2-4: Medio >4: Alto	2.62	1.22	1.26
C.E.	dS/m	<2.0: bajo 2.0-4.0: Medio >4.0: alto	0.04	0.03	0.04
Nitrógeno total	%	<0.10: Bajo 0.10-0.20; Medio >0.20: Alto	0.09	0.04	0.04
Fósforo	ppm	<15: Bajo 15-20: Medio >20: Alto	3.19	4.95	3.80
Potasio	meq/100g.	<0.2: Bajo 0.2-0.4: Medio >0.4: Alto	0.18	0.17	0.24
Azufre	ppm	<10: Bajo 10-15: Medio >15: Alto	4.73	3.98	4.55
Calcio	Meq/100g.	En saturación (%): <20: Bajo 20-40: Medio >40: Alto	2.51	2.37	2.17
Magnesio	Meq/100g.	<0.2: Bajo 0.2-0.3: Medio >0.3: Alto	1.04	1	0.81
CICE	Meq/100g.	<10: Bajo 10-20; Medio >20: Alto	3.72	3.54	3.22
Hierro	ppm	<15: Bajo 15-30: Medio >30: Alto	7.59	6.78	9.18
Manganeso	ppm	<5: Bajo 5-10: Medio >10: Alto	1.21	3.49	2.35
Cobre	ppm	<0.5: Bajo 0.5-1.5: Medio >1.5: Alto	0.48	0.26	0.36
Zinc	ppm	<1.0: Bajo	0.27	0.15	0.27

		1.0-2.0: Medio			
		>2.0: Alto			
Boro	ppm	<0.25: Bajo	0.23	0.20	0.21
		0.25-0.50: Medio			
		>0.50: Alto			

\* Valores de referencia para palma (Munevar, 2001) en clima cálido y de acuerdo a método de análisis

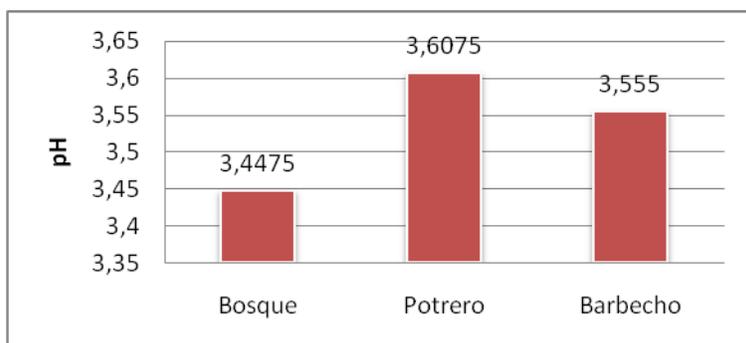
Fuente: este estudio.

Los datos no muestran diferencias significativas en la composición química de los suelos de los diferentes usos como lo muestra el anexo 10, pues todos los valores de probabilidad son mayores a 0.05 lo que indica que se cumple la hipótesis nula “todas las condiciones químicas de los usos del suelo son iguales”, entendiéndose claro está que las diferencias son mínimas entre cada uno de los usos del suelo del predio La Esmeralda.

- **pH**

En los tipos de suelos estudiados del predio La Esmeralda el pH se clasifica como ultra ácido a ácido extremo lo cual se considera no adecuado para cultivos convencionales. Para palmas en clima cálido el pH se considera muy bajo; Ello puede restringir el desarrollo normal de la palma por la probable presencia de aluminio intercambiable aunque en los análisis químicos realizados este se considere como adecuado pero puede impedir la absorción del fósforo del suelo así como restringir la disponibilidad de magnesio y calcio (Guerrero, M, 1991, Citado por Jaramillo, 2002).

**Gráfica 26.** pH promedio por tipo de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

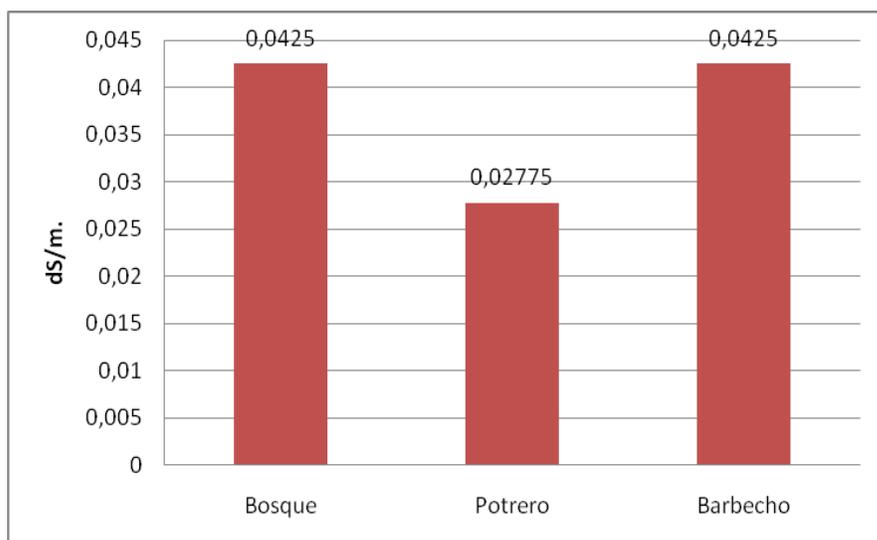
Como lo describe la gráfica 26, todos los usos del suelo presentan pH bajo pero lo es aún más en el suelo de bosque, tal vez por la misma constitución del suelo con

materiales parentales o procesos de lixiviación del suelo y por la falta de suficiente material vegetal. Por análisis de variaciones se considera que no hay diferenciación de pH entre usos de suelo, así se considera similar en todo el predio.

- **Conductividad eléctrica**

Los suelos de los diferentes usos no presentan diferencias significativas y en general son menores a 1 dS/m lo que indicaría la baja concentración de sales que pudieren generar problemas en el cultivo de la palma de Asaí (Garrido, 1994).

**Gráfica 27.** Conductividad eléctrica promedio por tipo de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

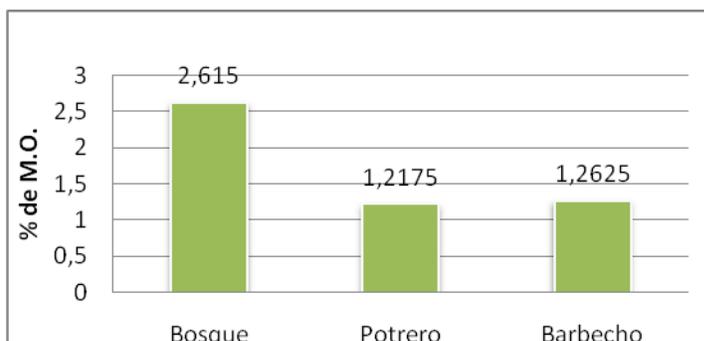
- **Materia orgánica y disponibilidad de nitrógeno**

En el predio La Esmeralda predominan los suelos de materia orgánica menor de 2.7% lo que se relaciona con la baja presencia de restos orgánicos y a la vez de nitrógeno.

Aunque la materia orgánica en el bosque llega casi a un nivel adecuado (gráfica 28), se estima que puede haber una buena respuesta a la aplicación de nitrógeno en la fertilización de la palma. Probablemente en la medida que crezca el cultivo de Asaí contribuya al enriquecimiento del suelo si se cuida, además de la cobertura vegetal y se atiende los requerimientos nutricionales de la planta que propicien la retención de agua, adhesividad y plasticidad y el aumento de la CIC

así como a favorecer la regulación del pH (Fitz Patrick, 1987; citado por Domínguez, 2005).

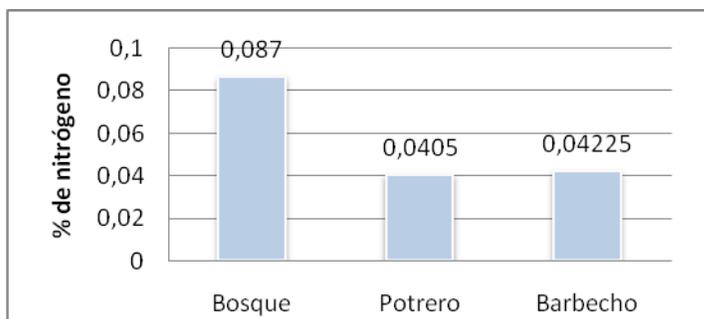
**Gráfica 28.** Contenido de materia orgánica promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

De acuerdo a las variables químicas los tres usos del suelo presentan una condición limitante casi para cualquier cultivo con un pH entre ultra ácido a ácido extremo (3,21-3,76) relacionado directamente con el poco contenido de materia orgánica (0,34-3,24%) y en general bajo contenido de elementos mayores, secundarios y menores. No se evidencia una diferenciación importante de los contenidos de elementos disponibles en los diferentes usos del suelo del predio.

**Gráfica 29.** Contenido de nitrógeno total promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



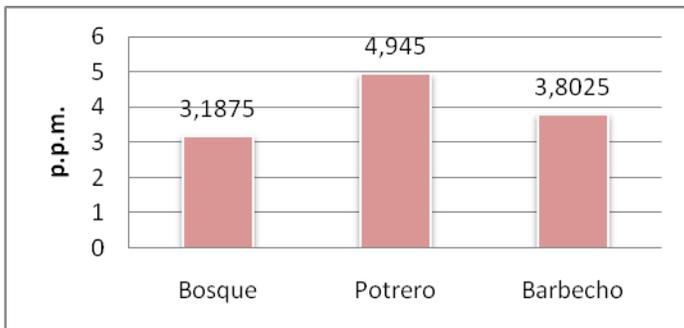
Fuente: este estudio.

La cantidad de nitrógeno, si bien o presenta diferencias significativas está relacionada con la cantidad de materia orgánica, sin embargo Garrido (1994) hace énfasis en que debe preverse la cantidad de nitrógeno en formas de nitratos y nitritos que posiblemente puedan estar presentes en los suelos fertilizados como el de barbecho donde se hizo uso de cultivos intensivos. Igualmente el nitrógeno orgánico y amoniacal puede estar en los residuos de cosechas, abonos orgánicos y en los organismos del suelo que poco a poco liberan el nitrógeno disponible.

- **Disponibilidad de fósforo**

Predominan los suelos con muy baja disponibilidad de fósforo (<15 ppm) sin mayor diferenciación entre los usos de suelo y siendo apenas un poco mayor en el área de potrero. Esta escases puede relacionarse al bajo contenido de materia orgánica, el pH y el clima de alta pluviosidad. Probablemente las plantas no podrán desarrollarse de manera adecuada, lo cual requiere una provisión de materia orgánica para llevar al aumento de fosforo orgánico respectivamente para mejorar el desarrollo de la raíz y la maduración de los frutos.

**Gráfica 30.** Contenido de fósforo promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



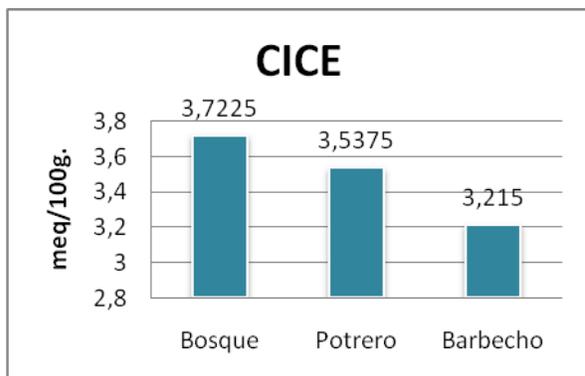
Fuente: este estudio.

La carencia de fósforo posiblemente constituya un gran problema para la supervivencia y reproducción de la especie pues si se suma la falta de otros elementos en cantidades considerables puede llevar a la defoliación de las palmas y pérdida de flor, producción escasa, raquitismo y retraso en la maduración de semilla (Thompson y Troeh, 1980, citado por Burga, 2008).

- **Capacidad de intercambio catiónico Efectiva (CICE) y los cationes intercambiables**

La capacidad de intercambio catiónico efectiva en los diferentes usos de suelo es muy baja, sin diferenciación significativa entre los valores de CICE. Estos valores están influenciados quizá por la composición del suelo frente al bajo contenido de materia orgánica y de arcillas tal como lo indica Domínguez (2005), por tanto requiere mejorar su contenido (mayor humus) para incrementar a la vez la capacidad de intercambiar cationes.

**Gráfica 31.** CICE promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



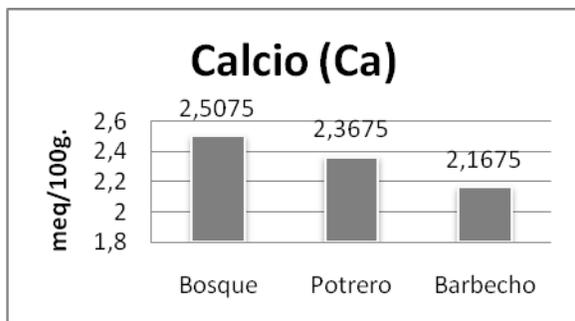
Fuente: este estudio.

Tal como lo indica Jaramillo ( 2002) y como ocurre en el predio La Esmeralda, en suelos con pH menor a 4.5 los contenidos de bases intercambiables son muy bajos y frente a lo descrito por Munevar (2001) para el cultivo de palma como especie relacionada a la palma de Asaí.

El valor de calcio y el magnesio se encuentran en un rango bajo en todos los suelos; potasio bajo en bosque y potrero y medio en Barbecho (ver gráficas 32, 33 y 34) pero sin mayores diferencias significativas.

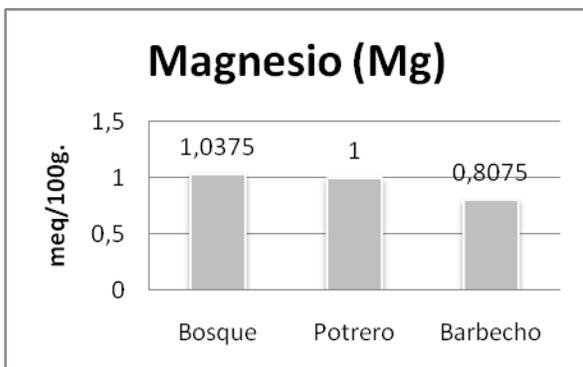
Los suelos del predio pertenecientes a uso de suelo bosque y potrero presentan en promedio contenido bajo de potasio, común en bosques húmedos tropicales. En el área de barbecho presenta contenido medio de potasio disponible; sin embargo al menos una muestra de cada uno de los uso del suelo tiene contenido medio lo que indicaría que no hay una diferenciación marcada en la deficiencia de potasio entre estos diferentes usos de suelo.

**Gráfica 32.** Contenido de calcio promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



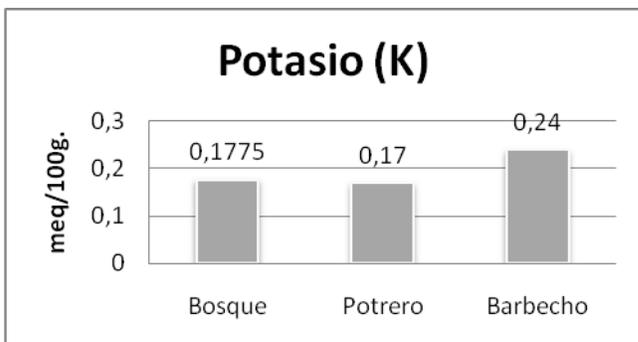
Fuente: este estudio.

**Gráfica 33.** Contenido de magnesio promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

**Gráfica 34.** Contenido de potasio promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



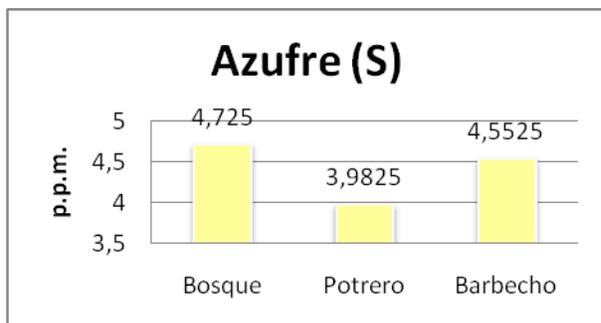
Fuente: este estudio.

El bajo contenido de potasio disponible puede también relacionarse con el lavado de la materia orgánica donde también su contenido es bajo. La falta de potasio puede ocasionar disminución del crecimiento con follaje de menor tamaño, caída de hojas luego de floración, menor posibilidad de floración y frutos de tamaño inferior y piel fina (Thompson y Troeh, 1980, citado por Burga, 2008).

- **Disponibilidad de elementos secundarios y menores**

En los diferentes usos del suelo del predio La Esmeralda, se muestra un contenido bajo de los elementos relacionados en las gráficas 9 a 16, relacionado con el bajo contenido de materia orgánica y por el bajo pH del suelo que para el predio La Esmeralda es menor a 4.5 (Jaramillo, 2002).

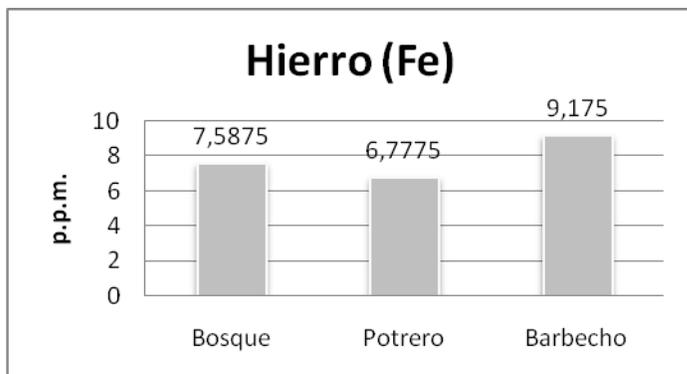
**Gráfica 35.** Contenido de azufre promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

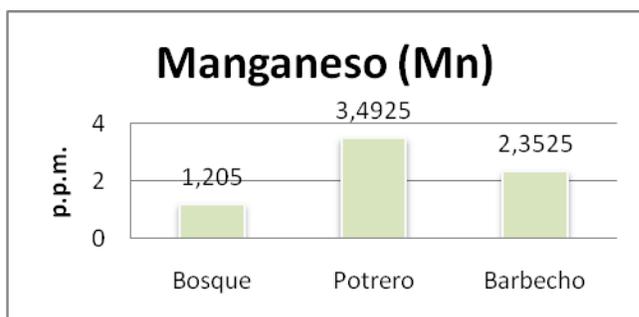
Por el bajo contenido de elementos secundarios y menores se estima se relaciona directamente con la baja capacidad de intercambio catiónico que impide atraer y retener cargas positivas de iones de calcio, magnesio, potasio y sodio entre otros (Espinoza, *et al.*, 2015).

**Gráfica 36.** Contenido de hierro promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



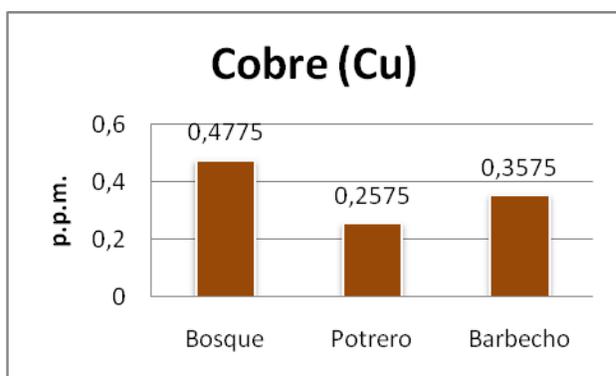
Fuente: este estudio.

**Gráfica 37.** Contenido de manganeso promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



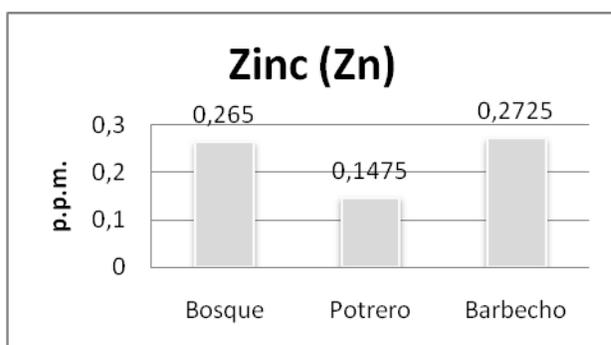
Fuente: este estudio.

**Gráfica 38.** Contenido de cobre promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



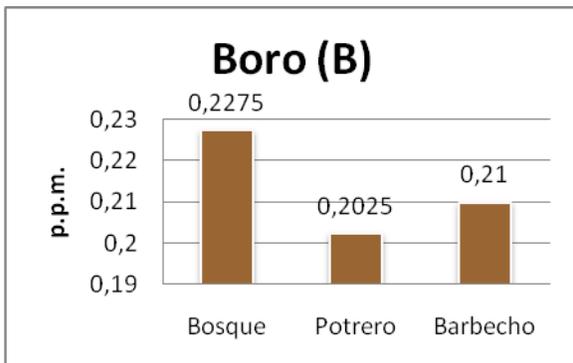
Fuente: este estudio.

**Gráfica 39.** Contenido de zinc promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

**Gráfica 40.** Contenido de boro promedio por tipo de uso de suelo en el predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.

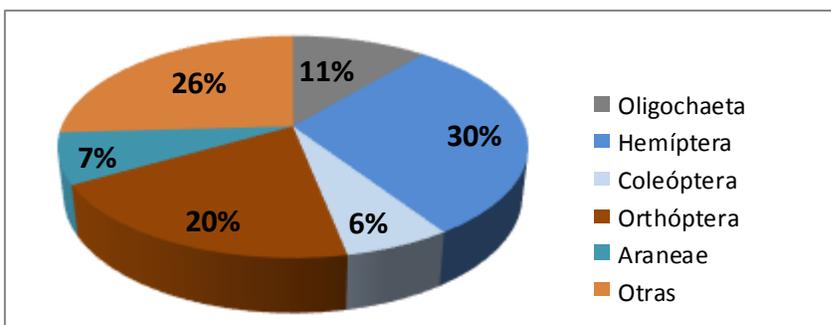


Fuente: este estudio.

### 6.2.3 Macrofauna del predio La Esmeralda

**Suelo de parcelas de evaluación de palma en potreros:** Macrofauna compuesta por 81 individuos/m<sup>2</sup> donde menos del 50% se encontró sobre la superficie y hojarasca, se encontró apreciable cantidad de áfidos, cochinillas y mión de los pastos (Hemíptera, 29.6%), grillos (Ortóptera, 19,8%), lombrices (Oligochaeta, 11,1%), arañas (Araneae, 7,4%), escarabajos (coleóptera, 6,2%) y el resto (25.9%) especies como tijeretas (Dermáptera), ciempiés (Miriópoda), y mariposas (Lepidóptera). Algunos hasta una profundidad aproximada de 20 cm

**Gráfica 41.** Composición de macrofauna del uso de suelo potrero del predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.

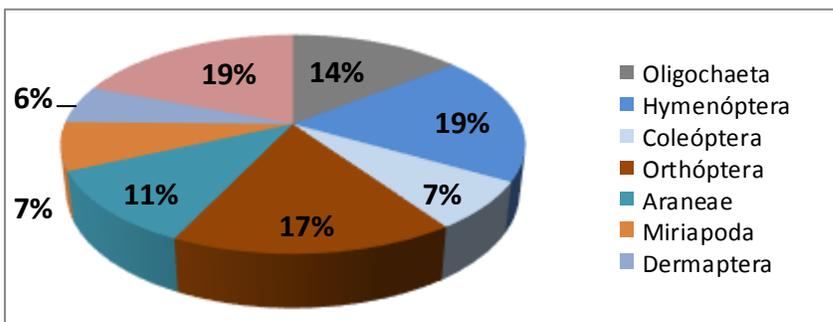


Fuente: este estudio.

**Suelo de parcelas de evaluación de palma en barbecho:** Macrofauna compuesta por 126 individuos/m<sup>2</sup> donde menos del 50% se encontró sobre la superficie y hojarasca, se encontró predominio de hormigas (Hymenoptera, 19%) y

grillos (Orthoptera, 16.7%), apreciable cantidad de lombrices (oligochaetas, 14.3%), arañas (Araneae, 11.1%), escarabajos (coleóptera, 7.1%), cien pies (Miriápoda, 7.1%) tijeretas (Dermaptera, 5.6%) y otros como áfidos, cochinillas (Hemíptera) y mariposas (Lepidóptera). Algunos hasta una profundidad aproximada de 20 cm

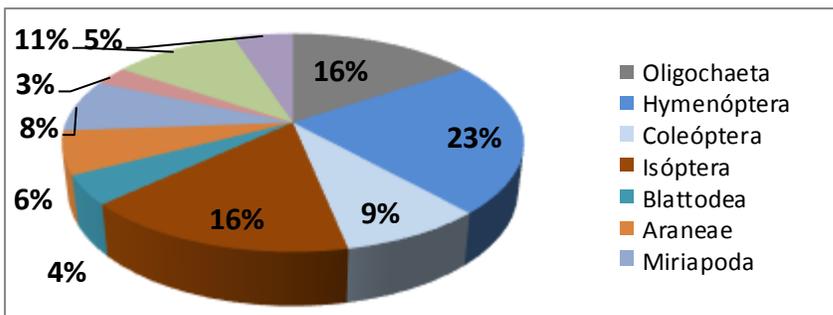
**Gráfica 42.** Composición de macrofauna del uso de suelo barbecho del predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

**Suelo de parcelas de evaluación de palma en bosque:** Macrofauna compuesta por 141 individuos/m<sup>2</sup> donde menos del 50% se encontró sobre la superficie y hojarasca, se encontró lombrices (oligochaetas, 15.6%), hormigas (Hymenoptera, 22.7%) termitas (Isoptera, 16.3%), cucarachas (Blattodea, 4.3%), escarabajos (coleóptera, 8.5%), arañas (Araneae, 6.4%), tijeretas (Dermaptera, 2.8%), cien pies (Myriapoda, 7.8%) áfidos y cochinillas (Hemiptera, 10.6%) , y otros como abejas (Hymenóptera) y mariposas (Lepidóptera). Algunos hasta una profundidad aproximada de 20 cm

**Gráfica 43.** Composición de macrofauna del uso de suelo bosque del predio La Esmeralda, vereda La Concordia, municipio de Valle del Guamuez.



Fuente: este estudio.

En general la fauna es rica y variada en las diferentes áreas del predio La Esmeralda, siendo los más abundantes los organismos de los órdenes Hemíptera en potreros, e Hymenóptera en bosque y barbecho. Se evidencia la abundancia de la fauna animal en lugares con cobertura vegetal y con recurrencia de sombra donde propician la producción y descomposición de materia orgánica y mezcla en los diferentes niveles del suelo así como permitir su aireación con su dinámica.

## 7. CONCLUSIONES

1. Los usos de suelo bosque y barbecho del predio La Esmeralda en el Municipio del Valle del Guamuez (Putumayo) presentan en su evaluación la mejor condición para el desarrollo y/o comportamiento de la palma de Asaí (*Euterpe precatoria*). Todos los usos del suelo se muestran aptos por las condiciones en que se encuentran los cultivos salvo por la tasa de crecimiento anual que presenta el uso de suelo potrero que es muy bajo frente a los estudios de referencia.
2. Las condiciones de las áreas de establecimiento al parecer tiene diferentes limitantes si se tiene en cuenta los resultados del análisis fisicoquímico por presentar un suelo pobre orgánicamente, pese a ello hasta el momento el cultivo se comporta aparentemente bien en las tres zonas y tanto las características de clima como las fisicoquímicas de suelo del lugar se asemejan a las descritas por los autores para el desarrollo de la palma de Asaí.
3. La mejor tasa de supervivencia la presenta el uso de suelo bosque y barbecho con el 99% y 96% respectivamente, aun así la tasa de 85% para potrero es aceptable. Ello representa una tasa de mortalidad promedio para todo el predio de 6,67%, baja frente a los estudios referidos en este trabajo. La tasa de crecimiento en los tres usos del suelo es acorde con lo presentado en otras zonas del país como Amazonas. Hay diferencias significativas en los valores de altura total promedio de las plantas, siendo mejores en barbecho con 86.8 cm, seguido de bosque con 60.3 cm y 54.8 cm en potrero. Lo que equivale a una tasa de crecimiento anual 42.83 cm y 19.57 cm para barbecho y bosque respectivamente, superior y casi similar a los 22cm/año que indica Isaza, *et al.* (2007).
4. Con base en las variables físicas que no presenta diferencias significativas salvo en algunas variables (algunas tensiones de humedad volumétrica y algunos tamaños de tamiz agregados estables y su distribución) el mejor uso del suelo para el establecimiento de la palma de Asaí lo presenta el uso del suelo de bosque pues tiene un mejor porcentaje de humedad y de infiltración de agua que requiere esta especie como lo describe la literatura. Barbecho presenta una mejor profundidad promedio de suelo (19 cm) y pendiente de 5-16% Todos los suelos son franco arenosos y la mejor composición de limo lo tiene el potrero. Bosque tiene un mejor contenido de humedad, densidad aparente y de distribución de agregados.

5. Las variables químicas no presentan diferencias significativas entre los diferentes usos del suelo, siendo el mejor para el establecimiento de la palma de Asaí el suelo de bosque pues tiene un mejor porcentaje de materia orgánica (2.62%) y nitrógeno total (0.09%) (pese a considerarse bajos para agricultura y la especie); bosque presenta un pH inferior a los otros usos pero con una variación mínima (todos presentan reacción de extrema a muy fuertemente ácida con pH promedio de 3.45). Todos los suelos presentan bajo contenido de fósforo (3.19 a 4.95%) y el de potasio es medio en barbecho (0.24 meq/100g) y bajo en bosque y potrero (0.17 a 0.18 meq/100g).
6. La macrofauna puede considerarse rica en todo el predio siendo mayor en bosque. Los más abundantes son los organismos de los órdenes Hemíptera en potreros e Hymenóptera en bosque y barbecho.
7. En el área de barbecho se presentó una menor incidencia de plagas con el 18.75% y una severidad del 7.29%, los mayores valores se presentaron en el área de potreros con incidencia del 58.33% y severidad 26.56%, principalmente daños al follaje por ataque de grillos, larvas, pulgones y problemas de hongos. No hubo daños por picudo ni pudrición de cogollo en ningún área.
8. Por las condiciones de los establecimientos de la palma de Asaí en los usos del suelo bosque y barbecho del predio La Esmeralda, se puede estimar como factible su establecimiento como cultivo, sin embargo se requiere realizar un mayor seguimiento para evaluar su comportamiento en edad adulta.

## 8. RECOMENDACIONES

Se recomienda el establecimiento del cultivo de la palma de Asaí en suelos similares a los uso del suelo bosque y barbecho del predio La Esmeralda del municipio de Valle del Guamuez, teniendo en cuenta entre otras las siguientes recomendaciones:

- Para la siembra de la palma de Asaí se requiere suelos con cobertura vegetal que propicien sombra a la plántula a fin de evitar el sol directo así como la remoción del suelo en el sitio para facilitar el crecimiento de la raíz y evitar deformaciones.
- Se requiere ampliar la introducción de especies vegetales para facilitar el crecimiento de la macrofauna y que a la vez permita la formación de material orgánico y la interacción de los nutrientes del suelo así como la aireación del mismo.
- Realizar controles selectivos de defoliadores (preferiblemente con trampas) y para problemas de hongos, complementados con fertilización, hasta lograr la implementación y sostenimiento natural del cultivo. Diseñar estrategias de prevención (trampas y labores culturales) para la introducción y control del picudo como plaga importante en otros cultivos de palma de la zona.
- Si bien los suelos corresponde a lomerío amazónico donde químicamente los suelos se caracterizan por presentar pH bajo y poca fertilidad el aparente crecimiento normal de la palma de Asaí indica que puede hacerse las correcciones necesarias con el ajuste de pH hasta alcanzar al menos un pH  $>5.0$  y paralelamente introducir material orgánico generando mayor cobertura vegetal para conservar su tasa de crecimiento y lograr su establecimiento.
- Para complementar este estudio se requiere el seguimiento del desarrollo de la plantación al menos hasta pasar la etapa de producción para realizar la respectiva evaluación y determinar qué tan posible es el establecimiento del cultivo de manera natural y en áreas poco inundables como la presente.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

BARBARO, Lorena Alejandra; KARLANIAN, Mónica, MATA, Diego Alejandro, Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 21 de octubre de 2014.

BELLANTE, C. Açaí, el oro negro de la Amazonia. El Tiempo, 7 de diciembre de 2014. Disponible en internet: <<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14945016>>

BENAVIDES B., Edith L.; MORALES P., Lidia N. y NAVIA E., Jorge F. Propiedades físicas y contenido de materia orgánica en diferentes usos del suelo en Samaniego, Colombia. En: Agroforestería Neotropical, Universidad de Nariño, No. 5, 2015.

BURGA ALVARADO, Ronald. Influencia de las características físicas y químicas del suelo sobre la estructura y composición florística en diferentes fisonomías en el sector Caballococha (...). Tesis para obtener grado de Doctor en Ciencias ambientales. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Escuela de Postgrado, 2008. 301 p.

BURGOS S., Constanza; PERDOMO R., Rodrigo y CAYÓN S., Gerardo. Efecto de niveles de agua en el suelo sobre el crecimiento y desarrollo de palmas de vivero. En: Palmas, Vol. 28, No. 1, 2007.

Capítulo 3: Comparaciones Múltiples. Pág. 7 y 8. [Citado en 2018-08-28] Disponible en internet: <http://wpd.ugr.es/~bioestad/wp-content/uploads/ComparacionesMultiples.pdf>.

CALDERÓN, Eduardo; GALEANO, Gloria y GARCÍA, Néstor. Libro rojo de plantas de Colombia. Vol. 2: Palmas, frailejones y zamias. Bogotá, Colombia: Instituto Alexander von Humboldt – Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005. 454 p.

CASTAÑO ARBOLEDA, Nicolás; CÁRDENASLÓPEZ, Dairon y OTAVORODRÍGUEZ, Edgar. Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas, generadoras de productos maderables y no maderables. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía, CORPOAMAZONIA. 2007. Pág. 90, 98.

CASTILLO QUIROGA, Yuri Milena; HERNÁNDEZ GÓMEZ, María Soledad y LARES, Mary. Componentes Bioactivos del Asaí (Euterpe oleracea Mart. y

Euterpe precatoria Mart.) y su efecto sobre la salud. En: Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica. Vol. 33, No. 3. 2017. 36 p. ISSN 0798-0264.

CASTRO RODRÍGUEZ, Sandra Yanneth; BARRERA GARCÍA, Jaime Alberto; CARRILLO BAUTISTA, Marcela Piedad y HERNÁNDEZ GÓMEZ, María Soledad. Asaí (*Euterpe precatoria*): Cadena de valor en el sur de la región amazónica. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi. 2015. 141 p. ISBN-e 978-958-8317-89-2.

CHICA, Adriana. El polémico glifosato que no pudo con la coca y revivirán en Colombia. 28 de julio de 2018 [citado en 2018-08-30]. Disponible en internet: <<https://www.infobae.com/america/colombia/2018/07/28/el-polemico-glifosato-que-no-pudo-con-la-coca-y-reviviran-en-colombia/>>

DE LA CRUZ VÁSQUEZ, Ricardo José. Efecto de la intensidad de luz y la fertilización nitrogenada en la producción de biomasa y velocidad de crecimiento de Huasai (*Euterpe precatoria*) en condiciones de vivero. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía, 2003. 196 p.

DOMÍNGUEZ SILVA, Martín José. Evaluación de la calidad de los suelos de laderas de Nandaime, a través de la identificación y uso de indicadores técnicos y locales. Tesis para optar al título de ingeniero en recursos naturales renovables. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, 2005. 78 p.

ERAZO, Juan Manuel. Narcotráfico y violencia en Colombia. Blog: 6 de septiembre de 2010. Disponible en internet: <<http://origenesdelosproblemasdecolombia.blogspot.com/>>

ESPINOZA ALZATE, Juan Antonio; LEÓN SICARD, Tomás Enrique y RÍOS OSORIO, Leonardo Alberto. Tipología y uso del suelo en agrosistemas del Valle del Guamuez, Putumayo. En: Soc. & Nat, Uberlândia, vol. 7, n. 2, p. 255-266, 2015.

ESWARAN, H. LAL, R. and REICH, P. Land Degradation An overview. 2nd. International Conference on Land Degradation and Desertification, Khon Kaen, Thailand. 2001. Disponible en internet: <<https://web.archive.org/web/20120120202018/http://soils.usda.gov/use/worldsoils/papers/land-degradation-overview.html>>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION - FAO. (s.f.). Textura del suelo. Disponible en: [http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s06.htm](http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm)

FERREIRA, Evandro. Açai (solitario). En: Frutales y plantas útiles en la vida amazónica. FAO, 2012. ISBN 978-92-5-307007-7.

GARRIDO VALERO, María Soledad. Interpretación de análisis de suelos. En Hojas divulgadoras, No. 5/93 HD., Instituto Nacional de Reforma Agraria, 1994. ISBN 978-84-341-0810-3.

GÓMEZ GIRALDO, Juan Carlos. Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos. Espinal, Tolima, Colombia: Centro Agropecuario “La Granja”, Servicio Nacional de Aprendizaje –SENA, 2013.

GONZALES, Adel; CASTRO, Darío y VALDERRAMA, Hermes. Propiedades físicas de algunos suelos en Colombia, S.A. En: Acta Agron., Volumen 30, Número 1-4, p. 19-48, 1980. ISSN electrónico 2323-0118. ISSN impreso 0120-2812.

HINCAPIÉ GÓMEZ, Edgar. Estudio y modelación del movimiento del agua en suelos volcánicos de ladera. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Doctor en Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados, 2011.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Capítulo IV: propiedades de los suelos. Sin fecha. Recuperado de internet 11-11-19: <ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/users/.../Suelos/00...suelos/...SUELOS.../Cap%204.pdf>

ISAZA, Carolina; GALEANO, Gloria y BERNAL, Rodrigo. Manejo actual del Asaí (Euterpe precatoria Mart.) para la producción de frutos en el sur de la Amazonía colombiana. En: Revista Colombia Forestal, Vol. 17, n. 1 p. 77-99. 2014. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n1/v17n1a05.pdf>.

JARAMILLO, Daniel. Introducción a la ciencia del suelo. Monografía. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, 2002.619 p. Disponible en Internet:<http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>

JOHNSON, Dennis V. Manejo Sostenible de Asaí (Euterpe precatoria) para la producción de palmito en la concesión forestal de Tarumá, provincia Velasco, Santa Cruz – Bolivia. Santa Cruz, Bolivia: Documento técnico, Proyecto BOLFOR, 1996.21 p. Pág. 1 – 3. Disponible en Internet:[http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pnaca481.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnaca481.pdf)

MACAS RAMIREZ, Julio César. Evaluación del manejo de las prácticas agrícolas en el rendimiento y rentabilidad de la palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*),

Segundo año de ejecución LA Concordia – Esmeraldas. Tesis de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario. Santo Domingo, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2014. Pág.12-13.

MAMANI ANTI, Petrona Yolanda. Efectos de los sustratos y tratamientos pregerminativos en semillas de Asaí (*Euterpe precatoria Martius*), en la comunidad Rosario del Yata, provincia Vaca Diez – Beni. Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, 2006.

MESA, Laura y GALEANO, Gloria. Usos de las palmas en la Amazonia colombiana. *Caldasia* Vol. 35, n. 2, p. 351-369, 2013. ISSN electrónico 2357-3759. ISSN impreso 0366-5232.

MUNEVAR, Fernando. Palmas: Fertilización de la Palma de Aceite para obtener altos rendimientos. En: *Revista Palmas*. Vol. 22. No. 4. FEDEPALMA. (01-01-2001). Disponible en Internet: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/888/888>

MUNEVAR M., Fernando. Criterios agroecológicos útiles en la selección de tierras para nuevas siembras de palma de aceite en Colombia. En: *Palmas*. Vol 25. No. Especial, 2004.

MUNICIPIO DE VALLE DEL GUAMUEZ. Acuerdo No. 019 de Mayo 31 de 2016: Plan de Desarrollo Integral 2016-2019, Participando Tú Decides. Valle del Guamuez, Putumayo, Colombia. Disponible en Internet: <http://valledelguamuez-putumayo.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionYControl/Plan%20de%20Desarrollo%202016.pdf>

MUNICIPIO DE VALLE DEL GUAMUEZ. Plan Básico de Ordenamiento Territorial: Diagnóstico. 1999. Disponible en Internet: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico%20-%20valle%20del%20guamuez%20\(52%20pag%20-%20661%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico%20-%20valle%20del%20guamuez%20(52%20pag%20-%20661%20kb).pdf)

NOGUERA J., Maritza Alejandra y VÉLEZ, Jorge Alberto. Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo en diferentes usos. En: *Revista de ciencias agrícolas*, Vol. 28, No. 1, p. 40-52, Año 2011.

ORTIZ, César. La evolución de la política de desarrollo alternativo en Colombia. Seminario Internacional. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2000. Disponible en internet: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/rjave/mesa7/ortiz.pdf>

PINZÓN URIBE, Luis Felipe y SOTELO ROJAS, Hernando. Efectos de los cultivos sobre el medio natural en Colombia. En: *Revista gestión integral en ingeniería*

neogranadina, Universidad Militar Nueva Granada, 2011. volumen 3 (2). Disponible en internet: <[http://www.umng.edu.co/documents/10162/1299317/ART\\_8.pdf](http://www.umng.edu.co/documents/10162/1299317/ART_8.pdf)>

RAMÍREZ VALENCIA, Franklin L. Bases conceptuales para el análisis de Suelos por métodos ópticos. Investigación para optar al título de Magister en Ciencias Geomorfología y suelos. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Escuela de Geociencias, 2017. p. 10.

SÁNCHEZRAMÍREZ, Jairo Alejandro. La Política de erradicación de fumigaciones con glifosato y el “Efecto Globo”. Trabajo de grado Politólogo. Bogotá D.C, Colombia: Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales, 2005. p. 49-50, 61.

SANTACOLOMA, Sergio. Sin fecha. Lineamientos para el aprovechamiento sostenible de las palmas oleaginosas colombianas *Oenocarpus bataua* Mart, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. *Yattalea butyracea* (Mutis ex L.f.) Wess. Boer. Trabajo de grado para biólogo. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Biología. Sin fecha. 73 p. Disponible en Internet: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8861/tesis802.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SUÁREZ SALAZAR, Juan Carlos; DURAN BAUTISTA, Ervin Humprey y ROSAS PATIÑO, Gelber. Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía Colombiana. En: *Acta Agronómica*, Vol. 64, n. 3, p. 214 - 220, 2015. ISSN electrónico 2323-0118. ISSN impreso 0120-2812.

STOIAN, Dietmar. Todo lo que sube tiene que bajar: la economía del palmito (*Euterpe precatoria* Mart.) en el norte amazónico de Bolivia. En: *Productos Forestales, medios de subsistencia y conservación, Volumen 3 – América Latina*. Jakarta, Indonesia: Centro para la investigación Forestal Internacional, 2004. ISBN 979-3361-26-3.

TORRES, Fabiola. Brasil: Delicioso Acai amenaza la selva del Amazonas. En: *Nueva Mujer*, 7 de febrero de 2012. Disponible en internet: <<https://www.nuevamujer.com/bienestar/2012/02/07/brasil-delicioso-acai-amenaza-la-selva-del-amazonas.html>>[con acceso el 30-08-2018].

VARGAS, Pedro Miguel. Açai, el fruto colombiano que quiere conquistar a los colombianos. En: *Portafolio*, Marzo 14 de 2017. Versión online. Disponible en Internet: <https://www.google.com.co/amp/m.portafolio.co/negocios/emprendimiento/ARTICULO-MOVILES-AMP-504122.html>

VELARDE V., María José y MORAES R., Mónica. Densidad de individuos adultos y producción de frutos del Asaí (*Euterpe precatoria*, *Aracaceae*) en Riberalta, Bolivia. En: *Ecología en Bolivia*, Vol. 43 (2), pág. 99-110, Agosto de 2008. La Paz, Bolivia: Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés.

YÁÑEZ GUTIÉRREZ, Fernando; HERMOZA ESPEZÚA, Rosa María y BAZÁN TAPIA, Luis Rubén. Caracterización de la infiltración de agua en tres sistemas de uso del suelo de la Comunidad Santiago de Carampoma, Huarochirí, Lima. En: *Anales Científicos*, 78 (2), p. 191-199, 2017. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. ISSN 0255-0407 (Versión impresa), ISSN 2519-7398 (Versión electrónica), DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v78i2.1056>.

ZANOLETTI MARTÍNEZ, Luis Enrique. Evaluación de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo destinado a la ganadería vacuna con cultivo de (...). Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. Santa Clara, Villa Clara, Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2016. p. 7.

## 10.ANEXOS

### Anexo 1. Coordenadas de los lotes de siembra en cada uno de los usos del suelo del predio La Esmeralda

Coordenadas uso de suelo potrero (Lote 1)

Punto	Latitud N	Longitud W	Distancia (m)
1	N 00 26 38.3	W 076 54 14.6	366
2	N 00 26 37.8	W 076 54 15.3	368
3	N 00 26 40.5	W 076 54 15.4	365
4	N 00 26 41.2	W 076 54 16.9	365
5	N 00 26 38.8	W 076 54 20.2	384
6	N 00 26 41.1	W 076 54 21.0	381

Coordenadas uso de suelo barbecho (Lote 2)

Punto	Latitud N	Longitud W	Distancia (m)
1	N 00 26 42.9	W 076 54 21.6	376
2	N 00 26 43.4	W 076 54 20.7	377
3	N 00 26 46.6	W 076 54 21.9	377
4	N 00 26 46.0	W 076 54 23.2	377
5	N 00 26 47.6	W 076 54 24.8	388
6	N 00 26 48.8	W 076 54 24.5	391
7	N 00 26 49.5	W 076 54 25.8	387
8	N 00 26 54.6	W 076 54 28.5	393
9	N 00 26 58.5	W 076 54 31.5	387
10	N 00 27 03.5	W 076 54 26.6	391
11	N 00 27 02.2	W 076 54 22.1	381
12	N 00 26 59.2	W 076 54 20.8	387
13	N 00 26 52.8	W 076 54 21.6	396

Coordenadas uso de suelo bosque (Lote 3)

Punto	Latitud N	Longitud W	Distancia (m)
1	N 00 26 50.1	W 076 54 23.0	408
2	N 00 26 52.8	W 076 54 21.6	396
3	N 00 26 47.6	W 076 54 18.8	393
4	N 00 26 47.0	W 076 54 21.2	400

**Anexo 2. Medición del crecimiento de la palma en cada uno de los usos del suelo del predio La Esmeralda**

Medición del crecimiento de la palma en el uso de suelo potrero

<b>ZONA 1 POTRERO</b>			
<b>NRO</b>	<b>PLÁNTULA</b>	<b>ALTURA 1 RAMA (cm)</b>	<b>ALTURA TOTAL (cm)</b>
1	Asaí	20	46
2	Asai	40	70
3	Asai	50	80
4	Asai	18	45
5	Asai	40	70
6	Asai	45	78
7	Asai	20	46
8	Asai	50	80
9	Asai	30	65
10	Asai	20	35
11	Asai	20	42
12	Asai	25	46
13	Asai	35	60
14	Asai	20	34
15	Asai	20	48
16	Asai	30	70
17	Asai	15	30
18	Asai	16	35
19	Asai	25	65
20	Asai	26	50
21	Asai	40	65
22	Asai	31	50
23	Asai	40	60
24	Asai	23	45

<b>ZONA 2 POTRERO</b>			
<b>NR O</b>	<b>PLÁNTULA</b>	<b>ALTURA 1 RAMA (cm)</b>	<b>ALTURA TOTAL (cm)</b>
1	Asai	45	80
2	Asai	20	40
3	Asai	20	45
4	Asai	15	27
5	Asai	26	62
6	Asai	15	26
7	Asai	23	50
8	Asai	15	24
9	Asai	15	37
10	Asai	15	27
11	Asai	30	70
12	Asai	50	80
13	Asai	14	38
14	Asai	20	44
15	Asai	20	40
16	Asai	15	39
17	Asai	25	46
18	Asai	15	37
19	Asai	43	75
20	Asai	26	54
21	Asai	14	38
22	Asai	19	46
23	Asai	60	80
24	Asai	37	71

**Anexo 3. Medición del crecimiento de la palma en cada uno de los usos del suelo del predio La Esmeralda (continuación)**

Medición del crecimiento de la palma en el uso de suelo rastrojo

<b>ZONA 1 RASTROJO</b>			
<b>NRO</b>	<b>PLÁNTUL A</b>	<b>ALTUR A 1 RAMA (cm)</b>	<b>ALTUR A TOTAL (cm)</b>
1	Asai	30	72
2	Asai	40	64
3	Asai	65	100
4	Asai	20	45
5	Asai	30	48
6	Asai	50	76
7	Asai	50	88
8	Asai	70	120
9	Asai	50	89
10	Asai	45	70
11	Asai	30	60
12	Asai	70	150
13	Asai	50	85
14	Asai	35	75
15	Asai	50	90
16	Asai	55	96
17	Asai	38	65
18	Asai	36	68
19	Asai	48	80
20	Asai	29	50
21	Asai	50	79
22	Asai	80	160
23	Asai	95	186
24	Asai	70	138

<b>ZONA 2 RASTROJO</b>			
<b>NRO</b>	<b>PLÁNTUL A</b>	<b>ALTURA 1 RAMA (cm)</b>	<b>ALTUR A TOTAL (cm)</b>
1	Asai	46	78
2	Asai	20	48
3	Asai	25	40
4	Asai	50	83
5	Asai	59	92
6	Asai	65	100
7	Asai	56	95
8	Asai	57	90
9	Asai	85	150
10	Asai	45	72
11	Asai	46	76
12	Asai	43	70
13	Asai	50	85
14	Asai	40	77
15	Asai	68	145
16	Asai	30	50
17	Asai	38	80
18	Asai	50	86
19	Asai	56	96
20	Asai	74	95
21	Asai	63	98
22	Asai	75	143
23	Asai	69	150
24	Asai	70	138

**Anexo 4. Medición del crecimiento de la palma en cada uno de los usos del suelo del predio La Esmeralda (continuación)**

Medición del crecimiento de la palma en el uso de suelo bosque

<b>ZONA 1 BOSQUE</b>				<b>ZONA 2 BOSQUE</b>			
<b>No.</b>	<b>PLANTUL A</b>	<b>ALTURA 1 RAMA (cm)</b>	<b>ALTURA TOTAL (cm)</b>	<b>No.</b>	<b>PLANTUL A</b>	<b>ALTURA 1 RAMA (cm)</b>	<b>ALTURA TOTAL (cm)</b>
1	Asai	23	56	1	Asai	21	45
2	Asai	40	40	2	Asai	32	53
3	Asai	25	50	3	Asai	25	50
4	Asai	27	48	4	Asai	29	50
5	Asai	35	55	5	Asai	20	48
6	Asai	38	60	6	Asai	38	61
7	Asai	26	42	7	Asai	40	66
8	Asai	25	39	8	Asai	20	38
9	Asai	40	55	9	Asai	55	85
10	Asai	50	80	10	Asai	50	72
11	Asai	20	50	11	Asai	45	68
12	Asai	38	63	12	Asai	35	58
13	Asai	45	68	13	Asai	34	56
14	Asai	38	58	14	Asai	43	60
15	Asai	39	52	15	Asai	47	60
16	Asai	34	49	16	Asai	35	54
17	Asai	46	65	17	Asai	46	68
18	Asai	47	62	18	Asai	50	86
19	Asai	65	90	19	Asai	45	70
20	Asai	34	67	20	Asai	36	56
21	Asai	40	74	21	Asai	60	110
22	Asai	34	60	22	Asai	46	76
23	Asai	24	63	23	Asai	38	74
24	Asai	74	100	24	Asai	70	125

### Anexo 5. Análisis de varianza y diferencias de medias de Tukey en el crecimiento de la palma de Asái en los usos del suelo del predio La Esmeralda

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad
Altura total (cm)	39893,55	2	19946,77	34,5877	5,9969E-13
Altura a base de ramas (cm)	14262,10	2	7131,05	35,8054	2,662E-13

	DMS	n	Potrero	Barbecho	Bosque
Altura total (cm)	10,1213	48	51,89 c	91,48 a	63,23 b
Altura a base de ramas (cm)	5,9479	48	27 c	51,38 a	38,90 b

\* Medias con letra diferente tienen diferencia significativa

DMS= diferencia mínima significativa

n= número de muestras por tratamiento

### Anexo 6. Calculo de pendiente en los usos de suelo

No.	Potrero	Barbecho	Bosque
	%	%	%
1	11	5	8
2	12	7	8
3	13	7	9
4	13	8	10
5	14	9	10
6	14	9	11
7	16	10	12
8	16	10	12
9	18	10	12
10	18	11	12
11	19	11	13
12	19	11	13
13	22	12	14
14	22	14	14
15	25	16	15

## Anexo 7. Mediciones de textura en los usos de suelo

TEXTURAS (Bouyoucos) X (Rep1-Rep2)				
COD LAB	% Texturas			TEXTURA
	% ARENAS	% ARCILLA	% LIMOS	
BARBECHO: M1	77,30	15,83	6,87	Franco Arenoso
BARBECHO: M2	72,88	21,93	5,19	Franco Arcillo Arenoso
BARBECHO: M3	75,47	17,68	6,86	Franco Arenoso
BARBECHO: M4	81,93	12,59	5,48	Franco Arenoso
<b>PROM BARBECHO</b>	<b>76,89</b>	<b>17,01</b>	<b>6,10</b>	<b>Franco Arenoso</b>
BOSQUE: M1	76,58	17,39	6,03	Franco Arenoso
BOSQUE: M2	75,34	21,10	3,56	Franco Arcillo Arenoso
BOSQUE: M3	77,20	13,42	9,38	Franco Arenoso
BOSQUE: M4	84,63	9,15	6,22	Arenoso Franco
<b>PROM BOSQUE</b>	<b>78,44</b>	<b>15,27</b>	<b>6,30</b>	<b>Franco arenoso</b>
POTRERO: M1	71,58	20,12	8,30	Franco Arcillo Arenoso
POTRERO: M2	74,12	17,00	8,88	Franco Arenoso
POTRERO: M3	59,67	26,99	13,34	Franco Arcillo Arenoso
POTRERO: M4	76,77	15,82	7,41	Franco Arenoso
<b>PROM POTRERO</b>	<b>70,54</b>	<b>19,98</b>	<b>9,48</b>	<b>Franco arenoso</b>

## Anexo 6. Mediciones de infiltración de agua en los usos de suelo

Profundidad= 20 cm

Diámetro = 10 cm

Minutos	h (Altura) en mm			mm/h		
	Potrero	Barbecho	Bosque	Potrero	Barbecho	Bosque
30	17	19	24	34,00	38,00	48,00
60	23	26	32	23,00	26,00	32,00
90	29	29	33	19,33	19,33	22,00
120	33	31	34	16,50	15,50	17,00
150	36	34	34	14,40	13,60	13,60
180	37	35	34	12,33	11,67	11,33

**Anexo 7. Análisis de varianza y diferencias de medias de Tukey de las propiedades físicas en los usos del suelo del predio La Esmeralda**

Variable	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	DMS	n	Medias *		
								Potrero	Barbecho	Bosque
Infiltración (mm/h)	55,98	2	27,99	0,24	0,7905	13,96	6	19,93 a	20,68 a	23,99 a
Pendiente (%)	381,64	2	190,82	19,54	1,0017E-06	2,55	15	16,8 a	10 b	11,53 b
Humedad 105°C (%)	819,81	2	409,91	3,12	0,0934	22,62	4	30,69 a	39,48 a	50,88 a
Humedad Vol. 0,01 bar (%)	449,19	2	224,6	3,06	0,0971	16,92	4	84,88 a	91,99 a	99,86 a
Humedad Vol. 0,03 bar (%)	435,4	2	217,7	4,6	0,042	13,57	4	69,39 b	75,84 ab	84,11 a
Humedad Vol. 0,06 bar (%)	410,37	2	205,18	5,24	0,031	12,36	4	64,93 b	70,36 ab	79,12 a
Humedad Vol. 0,1 bar (%)	413,1	2	206,55	5,47	0,0279	12,13	4	63,8 b	68,48 ab	77,91 a
Humedad Vol. 0,3 bar (%)	691,88	2	345,94	4,33	0,0481	17,64	4	61,41 ab	57,08 b	74,91 a
Humedad Vol. 5 bar (%)	195,55	2	97,78	4,63	0,0414	9,07	4	54,94 ab	49,33 b	59,15 a
Humedad Vol. 10 bar (%)	272,27	2	136,13	7,04	0,0145	8,68	4	44,15 b	45,75 b	54,96 a
Humedad Vol. 15 bar (%)	252,75	2	126,37	8,42	0,0087	7,65	4	42,58 b	45,34 b	53,39 a
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	8,7E-04	2	4,3E-04	0,20	0,8206	0,0914	4	1,54 a	1,53 a	1,55 a
Densidad real (g/cm <sup>3</sup> )	0,01	2	0,005	0,49	0,6308	0,2132	4	2,51 a	2,51 a	2,44 a
Porosidad total (%)	15,93	2	7,96	0,66	0,5395	6,85	4	38,64 a	38,98 a	36,39 a
Textura – Arena (%)	140,37	2	70,19	2,36	0,1498	10,76	4	70,54 a	76,90 a	78,44 a
Textura – Arcilla (%)	45,52	2	22,76	1,02	0,3979	9,3134	4	19,98 a	17,01 a	15,27 a
Textura – Limo (%)	28,83	2	14,42	3,21	0,0885	4,18	4	9,48 a	6,10 a	6,30 a

\* Medias con letra diferente tienen diferencia significativa  
n= número de muestras por tratamiento

DMS= diferencia mínima significativa

**Anexo 7. Análisis de varianza y diferencias de medias de Tukey de las propiedades físicas en los usos del suelo del predio La Esmeralda (continuación)**

Variable	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	DMS	n	Medias *		
								Potrero	Barbecho	Bosque
<b>ESTABILIDAD ESTRUCTURAL</b>										
Agregados estables 2 mm (%)	693,33	2	346,67	1,05	0,3890	35,86	4	83,88 a	90,21 a	71,88 a
Agr. estables 0,85 mm (%)	77,99	2	39,00	1,44	0,2873	10,28	4	7,37 a	3,33 a	1,22 a
Agr. estables 0,50 mm (%)	25,28	2	12,64	2,03	0,1868	4,92	4	4,58 a	2,78 a	1,02 a
Agr. estables 0,25 mm (%)	6,84	2	3,42	1,25	0,3325	3,27	4	2,27 a	2,10 a	0,59 a
Agr. estables <0,25 mm (%)	5,90	2	2,95	2,22	0,1642	2,27	4	1,92 a	1,59 a	0,30 a
Agr. estables DPM (mm)	0,05	2	0,03	2,17	0,1704	0,2168	4	2,79 a	2,78 a	2,92 a
<b>DISTRIBUCIÓN DE AGREGADOS</b>										
Agregados 6,3 mm (%)	1189,7	2	594,85	7,85	0,0106	17,18	4	22,76 ab	12,67 b	36,94 a
Agregados 4,0 mm (%)	39,71	2	19,85	1,17	0,3547	8,15	4	15,51 a	19,85 a	16,82 a
Agregados 2,0 mm (%)	184,88	2	92,44	7,59	0,0117	6,89	4	23,05 ab	29,24 a	19,78 b
Agregados 1,0 mm (%)	65,89	2	32,95	2,13	0,1749	7,765	4	15,44 a	17,40 a	11,75 a
Agregados 0,5 mm (%)	21,40	2	10,70	1,28	0,3231	5,698	4	8,84 a	9,24 a	6,23 a
Agregados 0,25 mm (%)	7,50	2	3,75	0,95	0,4222	3,92	4	5,61 a	5,04 a	3,72 a
Agregados <0,25 mm (%)	32,81	2	16,41	4,90	0,0363	3,61	4	8,81 a	6,57 ab	4,77 b
Agregados DPM (mm)	4,33	2	2,17	4,73	0,0394	1,336	4	3,68 ab	3,29 b	4,71 a

\* Medias con letra diferente tienen diferencia significativa  
n= número de muestras por tratamiento

DMS= diferencia mínima significativa

### Anexo 8. Resultados de análisis químico del suelo

	pH	C.E.	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	Fosforo (P)	Potasio (K)	Azufre (S)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	CICE	Aluminio (Al)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Cobre (Cu)	Zinc (Zn)	Boro (B)	Sodio (Na)
		dS/m	%	%	ppm	meq/100g	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g
<b>Bosque M1</b>	3,21	0,059	3,19	0,106	1,19	0,22	5,38	2,04	0,95	3,21	NA	14,74	0,52	0,66	0,37	0,25	NA
	Ultra acido		Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Bosque M2</b>	3,52	0,041	1,02	0,034	3,01	0,12	4,18	2,55	1,16	3,83	NA	6,85	1,69	0,43	0,38	0,24	NA
	Acido extremo		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Bosque M3</b>	3,43	0,044	3,24	0,108	2,03	0,24	5,61	2,26	0,85	3,35	NA	0,75	1,84	0,36	0,12	0,19	NA
	Ultra acido		Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Bosque M4</b>	3,63	0,026	3,01	0,1	6,52	0,13	3,73	3,18	1,19	4,5	NA	8,01	0,77	0,46	0,19	0,23	NA
	Acido extremo		Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,4475</b>	<b>0,0425</b>	<b>2,615</b>	<b>0,087</b>	<b>3,1875</b>	<b>0,1775</b>	<b>4,725</b>	<b>2,5075</b>	<b>1,0375</b>	<b>3,7225</b>		<b>7,5875</b>	<b>1,205</b>	<b>0,4775</b>	<b>0,265</b>	<b>0,2275</b>	
<b>Potrero M1</b>	3,72	0,019	0,84	0,028	5,47	0,08	3,02	1,91	0,9	2,89	NA	8,51	5,41	0,16	0,09	0,2	NA
	Acido Extremo		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Potrero M2</b>	3,58	0,039	0,62	0,021	5,19	0,14	4,51	2,13	1,06	3,33	NA	7,34	5,43	0,33	0,21	0,21	NA
	Acido extremo		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Potrero M3</b>	3,69	0,018	0,34	0,011	0,56	0,27	3,91	2,96	1,09	4,32	NA	1,99	1,12	0,16	0,09	0,16	NA
	Acido extremo		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Potrero M4</b>	3,44	0,035	3,07	0,102	8,56	0,19	4,49	2,47	0,95	3,61	NA	9,27	2,01	0,38	0,2	0,24	NA
	Ultra ácido		Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Potrero</b>	<b>3,6075</b>	<b>0,0278</b>	<b>1,2175</b>	<b>0,0405</b>	<b>4,945</b>	<b>0,17</b>	<b>3,9825</b>	<b>2,3675</b>	<b>1</b>	<b>3,5375</b>		<b>6,7775</b>	<b>3,4925</b>	<b>0,2575</b>	<b>0,1475</b>	<b>0,2025</b>	
<b>Barbecho M1</b>	3,53	0,028	0,57	0,019	1,61	0,15	3,25	1,72	0,58	2,45	NA	7,26	2,13	0,19	0,11	0,19	NA
	Acido Extremo		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Barbecho M2</b>	3,41	0,026	0,44	0,015	2,31	0,11	4,17	1,49	0,61	2,21	NA	5,19	1,36	0,17	0,13	0,16	NA
	Ultra ácido		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Barbecho M3</b>	3,76	0,039	0,8	0,027	2,45	0,19	3,67	2,07	0,8	3,06	NA	8,07	3,39	0,31	0,26	0,22	NA
	Acido extremo		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Barbecho M4</b>	3,52	0,077	3,24	0,108	8,84	0,51	7,12	3,39	1,24	5,14	NA	16,18	2,53	0,76	0,59	0,27	NA
	Ácido extremo		Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo		Adecuado	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<b>Barbecho</b>	<b>3,555</b>	<b>0,0425</b>	<b>1,2625</b>	<b>0,04225</b>	<b>3,8025</b>	<b>0,24</b>	<b>4,5525</b>	<b>2,1675</b>	<b>0,8075</b>	<b>3,215</b>		<b>9,175</b>	<b>2,3525</b>	<b>0,3575</b>	<b>0,2725</b>	<b>0,21</b>	

**Anexo 9. Análisis de varianza y diferencias de medias de Tukey de las propiedades químicas de los usos del suelo del predio La Esmeralda**

Variable	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	DMS	n	Medias *		
								Potrero	Barbecho	Bosque
pH	0,05	2	0,03	1,15	0,3595	0,3005	4	3,61 a	3,56 a	3,45 a
Conductividad eléctrica (dS/m)	5,8E-04	2	2,9E-04	1,01	0,4020	0,0335	4	0,03 a	0,04 a	0,04 a
Materia orgánica (%)	5,05	2	2,52	1,69	0,2374	2,409	4	1,22 a	1,26 a	2,62 a
Nitrógeno total (%)	0,01	2	2,8E-03	1,69	0,2384	0,0801	4	0,04 a	0,04 a	0,09 a
Fósforo (ppm)	6,36	2	3,18	0,34	0,7181	6,0077	4	4,95 a	3,80 a	3,19 a
Azufre (ppm)	2,21	2	0,60	0,41	0,6740	2,39	4	3,98 a	4,55 a	4,73 a
Calcio (meq/100g)	0,23	2	0,12	0,30	0,7492	1,235	4	2,37 a	2,17 a	2,51 a
Magnesio (meq/100g)	0,12	2	0,06	1,43	0,2887	0,4074	4	1,00 a	0,81 a	1,04 a
Potasio (meq/100g)	0,01	2	0,005	0,41	0,6781	0,2383	4	0,17 a	0,24 a	0,18 a
CICE (meq/100g)	0,53	2	0,26	0,32	0,7341	1,7929	4	3,54 a	3,22 a	3,72 a
Hierro (ppm)	11,90	2	5,95	0,27	0,7719	9,3281	4	6,78 a	9,18 a	7,59 a
Manganeso (ppm)	10,47	2	5,23	2,52	0,1353	2,8455	4	3,49 a	2,35 a	1,21 a
Cobre (ppm)	0,10	2	0,05	1,38	0,30	0,3702	4	0,26 a	0,36 a	0,48 a
Zinc (ppm)	0,07	2	0,04	1,53	0,2681	0,3067	4	0,10 a	0,27 a	0,27 a
Boro (ppm)	1,3E-03	2	6,6E-04	0,50	0,6248	0,0719	4	0,20 a	0,21 a	0,23 a
RELACIONES IÓNICAS Y SATURACIÓN DE BASES										
Calcio/magnesio	0,23	2	0,12	1,38	0,3008	0,5741	4	2,36 a	2,68 a	2,42 a
Magnesio/Potasio	21,12	2	10,56	1,43	0,2893	5,3682	4	6,97 a	4,02 a	6,67 a
(Calcio+Magnesio)/Potasio	174,91	2	87,45	1,21	0,3432	16,803	4	22,73 a	14,65 a	22,77 a

\* Medias con letra diferente tienen diferencia significativa  
n= número de muestras por tratamiento

DMS= diferencia mínima significativa  
CICE= Capacidad de intercambio catiónica efectiva

## Anexo 10. Registro Fotográfico



Establecimiento del cultivo (Septiembre de 2017)



Medición de crecimiento y evaluación fitosanitaria (Octubre de 2018)



Evaluación de raíz y caracterización de suelo (Octubre de 2018)