

**LÍNEA BASE DE LAS VARIABLES BIOFÍSICAS EN DOCE SISTEMAS  
AGROSILVOPASTORILES UBICADOS EN EL PENIPLANO DE POPAYÁN - CAUCA**



**HEIDI VANESA GÓMEZ MEDINA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERIA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2011**

**LÍNEA BASE DE LAS VARIABLES BIOFÍSICAS EN DOCE SISTEMAS  
AGROSILVOPASTORILES UBICADOS EN EL PENIPLANO DE POPAYÁN - CAUCA**

**HEIDI VANESA GOMEZ MEDINA**

**Trabajo de Grado modalidad Investigación para optar al título de Ingeniera  
Agropecuaria**

**Directores**

**SANDRA MORALES VELASCO, M.Sc.  
NELSON JOSÉ VIVAS QUILA, M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERIA AGROPECUARIA  
POPAYAN  
2011**

## **Nota de aceptación**

Los Directores y los Jurados han leído el presente documento, han escuchado la sustentación del mismo por su autora y lo encuentran satisfactorio.

---

**M.Sc. SANDRA MORALES VELASCO**

---

**M.Sc. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA**

---

**M.Sc. ROMÁN OSPINA**  
**Presidente del Jurado**

---

**M.Sc. PIEDAD CECILIA ZAPATA**  
**Jurado**

Popayán, 5 de Julio de 2011

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi guía, a mi madre Oliva Medina Mosquera, por su constante apoyo, esfuerzo, consejos, comprensión y estímulo para lograr este objetivo. A mi padre Gerardo Gómez Hoyos por sus enseñanzas y la confianza que siempre deposito en mí. A mi esposo Luis Gabriel Castaño Martínez por la paciencia y comprensión. A mi hija Luisa Fernanda Castaño Gómez por ser mi fuerza y motivación. A toda mi familia quienes de alguna manera aportaron en mi formación profesional.

.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis directores Sandra Morales, M.Sc. y Nelson José Vivas, M.Sc., por la orientación, ayuda y constante apoyo en realización de este trabajo.

A la Universidad del Cauca y a los profesores del Programa de Ingeniería Agropecuaria, por los conocimientos, experiencia y ayuda brindada durante el transcurso de la carrera.

A mis compañeros y amigos que hicieron agradable el paso por este largo proceso de crecimiento y aprendizaje.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES	18
1.2 SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES	18
1.3 SERVICIOS QUE OFRECEN LOS ÁRBOLES	18
1.3.1 Agua	18
1.3.2 Aire (mitigación de los efectos del cambio climático)	19
1.3.3 La ganancia de peso	19
1.3.4 El Suelo	19
1.3.5 Biodiversidad	20
1.3.6 Sociales y Económicos	20
1.4 EL SUELO	20
1.5 LOS FORRAJES	21
1.6 LA RESPIRACION	23
1.7 LA INFILTRACIÓN	23
1.8 PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE	23
1.9 RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN	24
1.10 ANÁLISIS DE CORRELACIONES POR PEARSON	24
2. METODOLOGÍA	25
2.1 LOCALIZACIÓN	25
2.1.1 Asociación <i>Leucaena (Leucaenadiversifolia)</i> – Aguacate( <i>Persea americana</i> )	26

	pág.
2.1.2 Asociación Cítricos - Eucalipto	29
2.1.3 Asociación Cítricos - Pino	32
2.1.4 Asociación Cítricos - Acacias	32
2.2 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS	34
2.3 FLORA ASOCIADA A LOS SISTEMAS	34
2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO	35
2.4.1 Características químicas	35
2.4.2 Respiración	35
2.4.3 Infiltración	36
2.4.4 Observaciones y estimaciones físicas del suelo	37
2.4.5 Cuantificación de la colonización de raíces por micorrizas	38
2.4.6 Análisis de resultados	39
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
3.1 PROMEDIO SEMANAL PARA LAS VARIABLES CLIMATICAS DEL PENIPLANO DE POPAYÁN ENCONTRADAS DURANTE EL PERIODO EVALUADO	40
3.2 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS ENCONTRADAS EN LOS 12 SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES EVALUADOS	40
3.2.1 Temperatura	40
3.2.2 Humedad relativa	41
3.2.3 Radiación solar	42
3.3 FLORA ASOCIADA	43
3.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO	46
3.4.1 Análisis químico	46
3.4.2 Respiración del suelo	48

	pág.
3.4.3 Infiltración	49
3.4.4 Observaciones y estimaciones físicas del suelo	50
3.4.5 Colonización de micorrizas	52
3.5 RELACION ENTRE LAS VARIABLES BIOFISICAS DE LOS SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES	54
3.6 ANÁLISIS MULTIVARIADO	55
3.6.1 Análisis de agrupamiento	58
4. CONCLUSIONES	60
5. RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	66

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro1. Requerimientos de nutrientes de un suelo para la siembra de pastos	21
Cuadro 2. Principales características de los forrajes cultivados	22
Cuadro 3. Ubicación y arreglo de los sistemas agrosilvopastoriles en el Peniplano de Popayán	26
Cuadro 4. Análisis de suelos determinaciones y métodos	35
Cuadro 5. Distribución de la Flora Asociada en los Sistemas Agrosilvopastoriles	44
Cuadro 6. Análisis fisicoquímico de suelos de los 12 sistemas agrosilvopastoriles	47
Cuadro 7. Correlaciones encontradas entre los sistemas agrosilvopastoriles estudiados	54
Cuadro 8. Tabla de Variabilidad	56

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mapa de localización del Peniplano de Popayán	25
Figura 2. Mapa del sistema agrosilvopastoril Villa Luisa	27
Figura 3. Mapa del sistema agrosilvopastoril La Sultana	28
Figura 4. Mapa del sistema agrosilvopastoril El SENA	28
Figura 5. Mapa del sistema agrosilvopastoril La Argentina	29
Figura 6. Mapa del sistema Agrosilvopastoril Santa Ana	29
Figura 7. Mapa del sistema agrosilvopastoril El Retoño	30
Figura 8. Mapa del sistema agrosilvopastoril Palacé	30
Figura 9. Mapa del sistema agrosilvopastoril Villa Alina	31
Figura 10. Mapa del sistema agrosilvopastoril La Esperanza	31
Figura 11. Mapa del sistema agrosilvopastoril Palenque	32
Figura 12. Mapa del sistema agrosilvopastoril El cariñito	33
Figura 13. Mapa del sistema agrosilvopastoril La Rejoya	33
Figura 14. Luxómetro digital e Higrotermómetro	34
Figura 15. Ensayo de Respiración en Campo y Laboratorio. A) Toma de temperatura, B) ubicación de recipiente de vidrio con NaOH rotulado, C) Ubicación de recipiente plástico, D) Muestras en laboratorio	36
Figura 16. Ensayo de Infiltración. A) anillo sin agua; B) anillo con agua	37
Figura 17. Profundidad del horizonte superficial	37
Figura 18. Observaciones y estimaciones físicas del suelo. A) Calicata; B) Muestra de suelo	38
Figura 19. Análisis de raíces en el laboratorio. A) Muestra de suelo, B) Raíces en tubos de ensayo, C) Baño María, D) Raíces en portaobjetos, E) Raíces en caja de Petri	38

	pág.
Figura 20. Variables climáticas del Peniplano de Popayán desde julio 20 hasta septiembre 30 del año 2010	40
Figura 21. Temperatura promedio para la época de sequía y de lluvia en los sistemas agrosilvopastoriles estudiados	41
Figura 22. Humedad Relativa promedio para la época de sequía y de lluvia en los sistemas agrosilvopastoriles estudiados	42
Figura 23. Radiación Solar promedio para la época de sequía y de lluvia en los sistemas agrosilvopastoriles estudiados	43
Figura 24. Riqueza de Flora Asociada en cada una de los sistemas agrosilvopastoriles	45
Figura 25. Flora Asociada a los Sistemas Agrosilvopastoriles	46
Figura 26. Respiración del suelo	48
Figura 27. Infiltración en época de lluvia y sequía	49
Figura 28. Profundidad del Horizonte	50
Figura 29. Observación de las Raíces de los Forrajes. A) En laboratorio, B) En campo	51
Figura 30. Resistencia a la Penetración	52
Figura 31. Porcentaje de Colonización	53
Figura 32. Imágenes de micorrizas observadas en microscopio	54
Figura 33. Diagrama de proyección de los datos de los doce sistemas agrosilvopastoriles sobre el plano definido por los dos primeros componentes principales	57
Figura 34. Dendograma de los 12 sistemas agrosilvopastoriles	58

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Guía de laboratorio para observación de micorrizas	66
Anexo B. Modelo silvopastoril	67
Anexo C. Estadísticos descriptivos para las variables biofísicas estudiadas en los doce sistemas agrosilvopastoriles	68
Anexo D. Características de la flora asociada a los sistemas agrosilvopastoriles	70
Anexo E. Correlación de las variables evaluadas en los doce sistemas agrosilvopastoriles	73

## GLOSARIO

**ADAPTACIÓN:** proceso por el que un animal o un vegetal se acomoda al medio ambiente y sus cambios.

**ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO:** es un procedimiento estadístico en el cual se busca formar un grupo de objetivos en clases, de acuerdo a características en común que presentan las variables evaluadas

**ANÁLISIS DE SUELOS:** es una herramienta fundamental para evaluar la fertilidad del suelo, su capacidad productiva y es la base para definir la dosis de nutrientes a aplicar, se realiza en laboratorio mediante el estudio de una muestra de suelo.

**ANÁLISIS MULTIVARIADO:** es un método estadístico utilizado para determinar la contribución de varios factores en un simple evento o resultado. Los factores de estudio son llamados factores de riesgo (bioestadística), variables independientes o variables explicativas. El resultado estudiado es el evento, la variable dependiente o la variable respuesta.

**CORRELACIÓN:** es una medida sobre el grado de relación entre dos variables, sin importar la causa y el efecto. La dependencia de la que se habla en este sentido es la dependencia entre la varianza de las variables.

**FLORA ASOCIADA:** es el conjunto de especies botánicas que se encuentran junto a las especies botánicas de estudio.

**FORRAJE:** pasto o alimento herbáceo que consume el ganado.

**GRAMÍNEAS:** es una familia que consta de unos 650-700 géneros y alrededor de 12.000 especies repartidas por todo el Globo, que viven incluso en las regiones más frías o tórridas.

**HUMEDAD RELATIVA:** es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura

**INFILTRACIÓN:** es la acción de pasar el agua u otra sustancia líquida por ya sea en el suelo, o en otro cuerpo, o en cualquier otro sólido.

**LÍNEA BASE:** es la medida inicial o estado de la situación de un proyecto; con la línea base es posible medir su avance real conforme se van realizando cada una de sus tareas y a futuro.

**MICORRIZA:** la palabra micorriza, de origen griego, define la simbiosis entre un hongo (*mycos*) y las raíces (*rhizos*) de una planta.

**MICROCLIMA:** es un clima local de características distintas a las de la zona en que se encuentra. El microclima es un conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan un contorno o ámbito reducido.

**PRADERA:** es un bioma cuya vegetación predominante consiste en hierbas y matorrales. En este ecosistema las gramíneas, juncuales y otras plantas de pastizal o césped constituyen la vegetación dominante.

**RADIACIÓN SOLAR:** es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, porque las ondas ultravioletas más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.

**TEMPERATURA:** se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico. La temperatura se mide con termómetros, los cuales pueden ser calibrados de acuerdo a una multitud de escalas que dan lugar a unidades de medición de la temperatura.

## RESUMEN

Se estableció la línea base para las variables biofísicas en doce sistemas agrosilvopastoriles en el peniplano de Popayán, encontrando que las variables microclimáticas son acordes a la adaptación de los forrajes cultivados, además se encontraron 48 especies de flora asociada a los 12 sistemas agrosilvopastoriles las cuales fueron identificadas; entre ellas se encontraron especies importantes en la alimentación animal y la protección de los recursos naturales. Al realizar el análisis de componentes principales se encontró que las variables más influyentes fueron la materia orgánica seguida de la radiación solar y la infiltración, destacándose el sistema agrosilvopastoril La Sultana por ser el sistema que más se alejó del grupo ya que presentó mayor radiación solar 314,84 lux en época de lluvia seguido de la esperanza con 309,22 lux. En cuanto a la materia orgánica se destacaron los sistemas agrosilvopastoriles Santa Ana por tener el contenido de materia orgánica más alto 284,41g/Kg, seguido de los sistemas Palenque con 242,14 g/Kg, La Rejoja con 241,11 g/Kg y La Argentina con 225,50 g/Kg. En la Infiltración se destacó Palacé con 86 minutos como el más alto y Villa Alina con 6,5 minutos que se ubicó de tercero entre los más rápidos. Mediante un análisis de agrupamiento se encontraron tres grupos, el grupo A. conformado por los sistemas agrosilvopastoriles La Esperanza, Villa Luisa y La Sultana, caracterizados por tener una radiación solar alta en época de lluvia de 292,67 a 314,84 lux y un contenido de materia orgánica medio de 155,61 a 202,88 (g/kg), el grupo B. conformado por los sistemas agrosilvopastoriles El Retoño, Villa Alina, El Cariñito y Palacé, tienen una radiación solar media de 221,84 a 281,26 lux y un contenido de materia orgánica bajo de 44,35 a 140,80 y el grupo C. conformado por los sistemas agrosilvopastoriles Santa Ana, Palenque, La Argentina, La Rejoja y El Sena; estas revelaron una baja radiación solar de 195,73 a 219,9 lux donde palenque y la Argentina tienden a radiación solar media con valores de 227,19 y 235,42 lux respectivamente y todos presentan alto contenido de materia orgánica de 173,84 a 284,41 g/Kg.

## ABSTRACT

We conducted a baseline of biophysical variables on twelve agroforestry systems in Popayan peniplano, finding that microclimatic parameters are consistent with forages adaptation. We also found 48 flora species associated with the 12 agroforestry systems which were identified, including some important species in animal feeding and natural resource protection. When performing multivariate analysis, we found that the most influential variables were the organic matter followed by solar radiation and air infiltration, highlighting "La Sultana" agroforestry system as the system that presented more solar radiation in time of rain 314,84 lux, followed by "La Esperanza" with 309,22 lux. In regards to organic matter, is "Santa Ana" agroforestry systems that have the highest content of organic matter 284,41 g/kg. Then, "Palenque" with 242,14 g/kg, "La Rejoja" 241,11 g/kg and "La Argentina" with 225,50 g/kg. The first one was Infiltration was "Palace" with 86 minutes as the highest and "Villa Alina" with 6,5 minutes, in the third place among the fastest ones. By using a cluster analysis, we found three groups: The group A: composed by "La Esperanza", " Villa Luisa", and "La Sultana" agroforestry systems characterized by high solar radiation during the time of rain 292,67 to 314,84 lux, and an organic matter content from 155,61 to 202,88 g/kg. The group B: composed by "El Retoño", "Villa Alina", "El Cariñito" y "Palacé" agroforestry systems. They have an average solar radiation from 221,84 to 281,26 lux and a low content of organic matter 44,35 to 140,80 g/kg. then, the group C, composed by "Santa Ana", "Palenque", "La Argentina", "La Rejoja" and "el SENA" agroforestry systems: that reveals a low solar radiation from 195,73 to 219,9 lux where "Palenque" and "La Argentina" tend to an average of solar radiation of 227,19 and 235,42 lux respectively, and all of them present high content of organic matter from 173,84 to 284,41 g/ kg.

## INTRODUCCIÓN

En el Departamento del Cauca existe una tradición ganadera especializada en Ceba y Lechería, con una base genética en proceso de mejoramiento y adaptada a las ecóregiones, pastos potencialmente mejorables y sistemas de producción tradicionalmente orientados al doble propósito, hay infraestructura ganadera adecuada para el manejo en finca (Agenda Interna Cauca, 2006).

La instalación estratégica de plantas arbóreas y arbustivas en las áreas de pastoreo se presenta como una alternativa tecnológica que contribuye a mejorar la competitividad de los productos del sector ganadero y a disminuir el impacto de la ganadería sobre los ecosistemas en que se desarrolla. La combinación de gramíneas con arbustivas y arbóreas forrajeras permite aumentar la oferta de forraje, en particular durante el periodo seco, y mejorar la calidad de la dieta a lo largo del año. Así mismo, la incorporación de arbóreas y arbustivas en las praderas tiene efectos positivos sobre la productividad total de la pradera, ya que la diversificación de la composición de la cobertura vegetal, estimula la conservación y el reciclaje de nutrientes (Uribe, 1996).

En la presente investigación se estudiaron doce sistemas agrosilvopastoriles establecidos en el Páramo de Popayán, generando la línea base de sus variables biofísicas, potencialmente utilizables en sistemas de producción ganadera; entre estas se estiman las variables microclimáticas y sus variaciones en época de lluvia y de sequía, lo que permitió saber la viabilidad de los sistemas por la adaptación de las especies al clima; teniendo en cuenta las características físicas, químicas y biológicas del suelo, evidenciando la riqueza o pobreza de nutrientes en los suelos de los sistemas; además se identificó y clasificó taxonómicamente la flora asociada a dichos sistemas, para saber las especies con las que se contaba por los usos y servicios que pudieran ofrecer. Finalmente, esta investigación permite la caracterización de los sistemas agrosilvopastoriles en su etapa de establecimiento y posterior evaluación a nivel agronómico, microclimático, vegetativo, calidad de suelo y bienestar animal.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES

Un sistema agrosilvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de leñosas perennes (árboles o arbustos), interactuando con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) y todos ellos bajo un manejo integral, tendiente a incrementar la productividad y el beneficio neto del sistema en el largo plazo, aunque la definición anterior no lo menciona lleva implícito el componente suelo; de tal forma que se pueden dar relaciones en todos los sentidos (Botero, 2006).

### 1.2 SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES

Los árboles pueden reducir la velocidad del viento, lo que ayuda enormemente a disminuir el stress que generan las altas temperaturas ambientales sobre los animales. En condiciones tropicales, se ha observado que la temperatura bajo la copa de los árboles se encuentra en promedio 2 a 3°C por debajo de la observada en áreas abiertas y bajo condiciones específicas baja hasta 9°C y no afecta a los pastizales ya si los árboles se plantan en hileras a distancias apropiadas se permite la entrada de luz necesaria para que el pasto crezca saludablemente (Aldana y Zúñiga, 2005).

De los sistemas agrosilvopastoriles se pueden obtener productos madereros, banco de forrajes, barreras rompe vientos, cercas vivas leña, frutales de alto valor alimenticio y/o medicinal, árboles productores de forraje con altos contenidos de proteína cruda, árboles con flores productoras de néctar para la apicultura, árboles productores de fibras, resinas y aceites. Estos sistemas fomentan la recuperación de la vida silvestre ya que muchas especies son atraídas por el alimento y albergue que ofrecen los árboles (Rubiano, 2001).

Entre otras ventajas encontramos que el forraje que no sea utilizado por el ganado puede ser cosechado como heno para la época de escasez el ambiente fresco y la protección que ofrece un potrero con árboles y pasto, suministra la oportunidad al ganado de crecer más rápido y con menos estrés ambiental (Botero, 2006).

### 1.3 SERVICIOS QUE OFRECEN LOS ÁRBOLES

Teniendo en cuenta los servicios que ofrece el suelo según Vélez (1995) podemos encontrar la siguiente clasificación:

**1.3.1 Agua.** Los árboles reducen la velocidad de las gotas de lluvia y permiten una mayor percolación del agua en el suelo. Por lo tanto, las prácticas agroforestales contribuyen a

reducir los riesgos de erosión hídrica por medio de la protección brindada por la copa de los árboles.

**1.3.2 Aire (mitigación de los efectos del cambio climático).** Las prácticas agroforestales influyen de una manera positiva en la reducción de emisiones de metano producidas por los rumiantes. Esto puede ser consecuencia de que altos contenidos de lignina inhiben la actividad de las bacterias anaeróbicas productoras de este gas. Además, los árboles en potreros contribuyen a la fijación y almacenamiento de carbono, siendo una medida de mitigación frente al cambio climático.

**1.3.3 La ganancia de peso.** En animales alimentados con forraje de leñosas arbustivas la ganancia de peso está en el orden de los 800 g/día. El incremento de la cobertura de vegetación como la conversión de un pastizal puro en un sistema agrosilvopastoril incrementa la cantidad de carbono almacenado.

Aquí puede mencionar que en horas del día donde hay una alta radiación solar los árboles en potreros se constituyen en una zona de confort para el ganado que les permite reducir el estrés calórico generado, lo cuales tiene efectos directos en la productividad animal (leche y/o carne).

**1.3.4 El Suelo.** Los efectos beneficiosos de los árboles sobre los suelos incluyen mejoras en la estructura y en las propiedades químicas del suelo como el pH, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de nutrientes que acarrear mejoras en la productividad neta. Del mismo modo, se emplean especies fijadoras de nitrógeno atmosférico que favorecen la fertilidad del suelo.

Como afirma Cantor 2008 La incorporación de leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas ganaderos tradicionales, permite incrementar la fertilidad del suelo, mejorar su estructura y disminuir los procesos de erosión. Estos resultados han sido explicados por el mayor reciclaje de nutrientes que ocurre, la fijación de N, la profundización de las raíces de los árboles, la mayor actividad de la macro y micro fauna y el control de la erosión. Permitiendo el reciclaje de nutrientes mediante el manejo de gramíneas acompañado con árboles y/o arbustos, así una fracción representativa de los nutrientes que son extraídos de la solución edáfica sea retornada a ella mediante la deposición, en la superficie del suelo, del follaje y residuos de pastoreo o podas. Esta mayor deposición de materia orgánica, contribuye a modificar las características físicas del suelo como su estructura.

Las leguminosas se asocian con bacterias del género *Rhizobium* para captar nitrógeno atmosférico haciéndolo disponible para las gramíneas en el suelo. En promedio se estima una fijación de 200 kg N/ha/año en el trópico. Además el sistema radicular extendido y profundo de los árboles, aumenta el área disponible para captar agua y nutrientes (Cantor 2008).

**1.3.5 Biodiversidad.** Los sistemas agrosilvopastoriles proporcionan un ambiente diverso y de protección para muchas especies de animales, que se pueden cosechar para obtener proteínas. Proporcionan hábitat para la vida silvestre y mejoran el paisaje.

Sin duda, la conversión de bosques en pasturas amenaza la sobrevivencia de muchas especies. Sin embargo, el impacto sobre la biodiversidad de los bosques podría ser menor, si los productores mantuvieran especies forestales o rodales de árboles en las pasturas, porque estos sirven como productores de semillas, fuentes de hábitat y alimentación de animales (Harvey *et al.* 1998). En Monteverde, Costa Rica, a 1200-1350 msnm, se encontraron 190 diferentes especies forestales en 240 ha de pasturas dentro de 24 fincas, que han producido leche durante los últimos 30 años (Ibrahim, et al, 2008).

**1.3.6 Sociales y Económicos.** Los árboles crean un paisaje estéticamente más agradable, proveen una fuente de ingresos y actividades económicas y crean un ambiente armónico. Al plantar árboles los agricultores pueden incrementar su propia seguridad alimentaria lo que se refleja en un beneficio ambiental global para todos, La siembra de árboles de alto valor comercial combinada con forrajes puede aportar a los productores ingresos extras en su finca.

## 1.4 EL SUELO

Como menciona el Instituto de meteorología hidrología y estudios ambientales IDEAM(2001) el suelo es la cubierta superficial de la mayoría de la superficie continental de la tierra. Es un agregado de minerales y de partículas orgánicas formado, a través del tiempo, a partir de la acción conjunta del clima, el relieve, los organismos y el hombre. La composición química y la estructura física del suelo estarán determinadas por el tipo de material parental o material geológico del cual proviene el suelo, del tipo de cobertura vegetal que presenta y de la intensidad que tengan los procesos de meteorización, es decir, de los procesos de desintegración física y química del material rocoso originario del suelo (IDEAM, 2001).

Entre los componentes primarios del suelo encontramos partículas inorgánicas (no disueltas, producidas por la meteorización y la descomposición de las rocas superficiales), nutrientes solubles que son utilizados por las plantas, distintos tipos de materia orgánica viva o muerta, gases y agua requeridos por las plantas y por los organismos que habitan el suelo (IDEAM, 2001).

La textura de un suelo afecta en gran medida a su productividad. Los suelos con un porcentaje elevado de arena suelen ser incapaces de almacenar agua suficiente como para permitir el buen crecimiento de las plantas y pierden grandes cantidades de minerales y nutrientes por lavado del agua hacia el subsuelo, durante los procesos de escorrentía e infiltración. Los suelos que contienen una proporción mayor de partículas pequeñas, por ejemplo las arcillas y los limos, son depósitos excelentes de agua y

encierran minerales que pueden ser utilizados con facilidad. Sin embargo, los suelos muy arcillosos tienden a contener un exceso de agua y tienen una textura viscosa que los hace resistentes al cultivo y que impide, con frecuencia, una aireación suficiente para el crecimiento normal de las plantas (Botero, 2006).

Un suelo normal y bueno para la agricultura tiene generalmente cuatro horizontes, un primer horizonte denominado Horizonte O, de color negro y con materiales orgánicos en diferentes etapas de descomposición. Es la parte más fértil del suelo; es segundo es el horizonte A: de color pardo o marrón, con materias orgánicas e inorgánicas (arena, arcilla, limo, cascajo); el tercero es el horizonte B de diferentes colores según la composición (castaño, amarillo, blanco, rojo). Predominan las materias inorgánicas (arena, arcilla, piedras, compuestos minerales, etc.), y el horizonte C, es la roca madre, que puede estar muy superficial o a gran profundidad.

En un perfil del suelo no siempre están presentes todos los horizontes. Esto se debe principalmente a la erosión, o sea, el desgaste causado por el agua o el viento, lo cual puede hacer que uno o varios horizontes sean eliminados. Por estos procesos pueden desaparecer el horizonte O (materia orgánica); los horizontes O y A, y, en casos graves, los horizontes O, A y B. otra causa es la falta de culminación de los procesos de formación del suelo pueden faltar uno o varios horizontes. Esto es frecuente en las zonas desérticas, donde por la aridez no se han desarrollado las plantas y no se han formado los horizontes O y A (Scalone, 2008).

## 1.5 LOS FORRAJES

Los forrajes tropicales se consideran como un cultivo, y como tal, deben contemplarse todas las etapas que requiere un cultivo. De un buen establecimiento depende la productividad y persistencia de una pradera, las condiciones climáticas, calidad de la semilla, condiciones del suelo, especies elegidas o por la incidencia de malezas, plagas y enfermedades (CIAT, 2003).

Los requerimientos nutricionales de los pastos varían según la tolerancia a suelos de fertilidad baja, media o alta; a continuación se muestra una tabla donde se clasifica la fertilidad de los suelos según el contenido de nutrientes (ver cuadro 1).

Cuadro1. Requerimientos de nutrientes de un suelo para la siembra de pastos

Elemento	Bajo	Medio	Alto
Nitrógeno %	<0,1	0,1 - 0,15	> 0,15
Fósforo ppm	<15	15 - 30	>30
Potasio meq/100g de suelo	<0,15	0,15 - 0,30	>0,3
Calcio meq/100g de suelo	<8	0,8 - 12	>12
Carbono %	< 1,5	1,5 - 2,5	>2,5
Materia orgánica %	<5	05 - 12	> 10
Magnesio meq/100g de suelo	<4	04 - 8	> 8

Fuente. Jaramillo y Córdoba, 2009.

En los doce sistemas se encontraron cultivados los forrajes *Brachiaria brizantha* – Brizantha. Presenta alta producción de forraje en un rango amplio de ecosistemas y suelos. La producción anual varía entre 8 y 20 toneladas de materia seca por hectárea en un año y soporta cargas altas. La producción de leche en praderas de brizantha es de 8 a 9 kg/animal/día, tanto en invierno como en verano. Anualmente puede producir entre 180 y 280kg/animal y entre 540 y 840 kg de carne por hectárea y mejora los parámetros físicos del suelo (Jaramillo y Córdoba, 2009); *Brachiaria híbrido* – Mulato. Produce 25% más de materia seca que otras *Brachiaria* comerciales como *B. decumbens* y *B. brizantha*; produce hasta 25 tan de materia seca por hectárea en un año, elevando la producción animal de 1 a 2 kg/animal/día más que *B. decumbens* cv. Marandú y *B. brizantha* cv Toledo en condiciones comparables (CIAT, 2007); *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. y *C. nlemfluensis* vanderyst – Estrella africana. Este forraje en suelos fértiles o con niveles altos de fertilización produce de 20 a 30 toneladas de materia seca por hectárea en un año. Se adapta bien a climas cálidos y medios (Jaramillo y Córdoba, 2009); *Brachiaria brizantha* – Toledo. El pasto Toledo tiene amplio rango de adaptación a climas y suelos, con periodos secos entre cinco y seis meses y promedios de lluvia de 1600 mm. En diferentes sitios de Colombia con fertilidad y clima contrastantes los promedios de producción varían entre 25,2 y 33,2 ton/ha por año de materia seca con cortes cada ocho semanas durante épocas seca y lluviosa (CIAT, 2002).

En el cuadro 2 se pueden observar en forma resumida las principales características de los forrajes cultivados en los sistemas agrosilvopastoriles.

Cuadro 2. Principales características de los forrajes cultivados

Gramínea	<i>Brachiaria brizantha</i> – Brizantha	<i>Brachiaria híbrido</i> – Mulato	Estrella africana	<i>Brachiaria brizantha</i> – Toledo
<b>Ciclo vegetativo</b>	Perenne, persistente	Perenne, persistente	Perenne, persistente	perenne, persistente
<b>Adaptación al pH</b>	4,0 a 8,0	4,5 a 8,0	4,5 a 8,0	4,5 a 8,0
<b>Fertilidad del suelo</b>	Media a alta	Media	Media alta	Media alta
<b>Drenaje</b>	Buen drenaje	Buen drenaje	Buen drenaje soporta encharcamiento	Buen drenaje
<b>m.s.n.m.</b>	0 a 1800m	0 a 1800m	0 a 2000m	0 a 1500m
<b>Precipitación</b>	1000 a 3500mm	1000 a 3500mm	800 a 3500mm	1200 a 2500 mm
<b>Densidad de siembra</b>	3 a 4 kg/ha, escarificada	4 a 6 kg/ha, escarificada	Material vegetativo	3 a 4kl/ha, mejor emergencia con material vegetativo.
<b>Profundidad de siembra</b>	1 a 2 cm	1 a 2 cm	Tapada y compactada	1 a 2 cm(al voleo) y Tapada y compactada (material vegetativo)
<b>Valor nutritivo</b>	Proteína 7 a 14%, digestibilidad 55 a 70%	Proteína 12 a 15%, digestibilidad 55 a 62%	Proteína 10 a 15%, digestibilidad 60 a 70%	Proteína 8 a 13%, digestibilidad de 60 a 67%
<b>Utilización</b>	Pastoreo, corte y acarreo	Pastoreo	Pastoreo control de erosión, heno y ensilaje	Pastoreo y podría usarcé en corte y acarreo

Fuente. Adaptación de Jaramillo y Córdoba (2009); CIAT (2007); CIAT (2002)

## **1.6 LA RESPIRACION**

Las características físico-químicas del suelo deben ser conocidas por el productor agrícola, ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la cantidad y calidad de las cosechas están en relación directa con los nutrimentos y las características de los suelos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica, 1991).

El rendimiento de un cultivo es afectado por diversos factores, entre los que ocupa un lugar importante la disponibilidad de los nutrimentos esenciales para las plantas en el suelo. Cuando estos nutrimentos no están en cantidades adecuadas, hay necesidad de adicionar fertilizantes químicos o enmiendas para suplir las necesidades y corregir condiciones adversas. Desde este punto de vista, el análisis químico del suelo puede suministrar información muy valiosa. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. 1991)

Todos los organismos vivos presentes en el suelo respiran y la gran mayoría, los organismos aerobios, liberan CO<sub>2</sub> en el proceso. El total de CO<sub>2</sub> liberado incluye la respiración por toda la flora y la fauna del suelo y las raíces. Por lo tanto, la cantidad de CO<sub>2</sub> liberada es una indicación de la actividad biológica aerobia en el suelo. Una alta tasa de respiración indica un nivel elevado de actividad biológica y puede señalar la descomposición rápida de materia orgánica y la liberación de nutrientes. Sin embargo, la descomposición de materia orgánica es dañina a muchos procesos físicos y químicos tales como la formación de agregados, intercambio catiónico y retención de humedad. Por lo tanto, una alta tasa de respiración no siempre indica un estado saludable para el suelo (Swicher, 1999).

## **1.7 LA INFILTRACIÓN**

Es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos. Esto tiene como consecuencia reducir la erosión de los suelos y disminuir las inundaciones, alimentando las aguas subterráneas y nutriendo a las plantas (Custodio, 1983).

## **1.8 PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE**

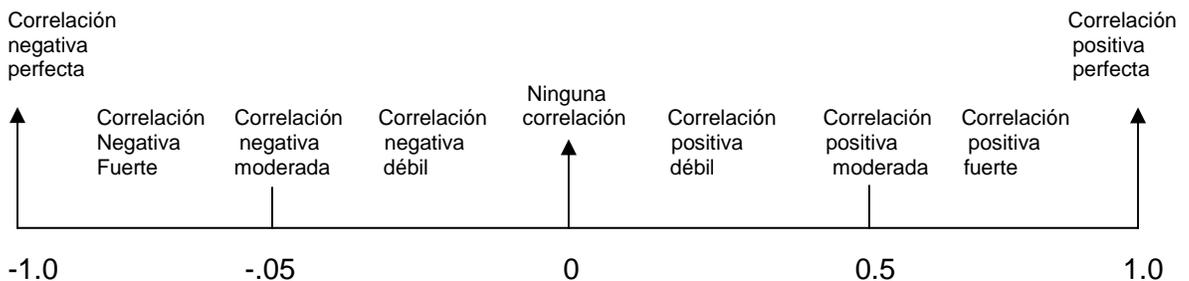
Los horizontes son consecuencia de procesos de formación y desgaste de los suelos. Al principio sólo existía la roca madre, que se conoce como horizonte C. Por la descomposición de la roca madre y la acción de los seres vivos, que añaden materia orgánica a la roca descompuesta, se forman otros horizontes (Scalone, 2008).

## 1.9 RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Altas densidades de animales y mala distribución en las proporciones del ganado son las causas de un excesivo pisoteo. Los países tropicales, húmedos y subhúmedos son más susceptibles a la compactación del suelo porque los suelos que predominan son ricos en arena, arcilla y humus. Además la estabilidad de la estructura del suelo se ve afectada (INFOAGRO, 2002). En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo, horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo condiciones de intensivo uso agropecuario que este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas (FAO, 1999).

## 1.10 ANÁLISIS DE CORRELACIONES POR PEARSON

En particular, nos interesa cuantificar la intensidad de la relación lineal entre dos variables. El parámetro que nos da tal cuantificación es el coeficiente de correlación lineal de Pearson  $r$ , cuyo valor oscila entre  $-1$  y  $+1$ , cuando el valor de  $r$  se aproxima a  $+1$  la correlación tiende a ser lineal directa (mayores valores de  $X$  significan mayores valores de  $Y$ ), y si se aproxima a  $-1$  la correlación tiende a ser lineal inversa, si no hay correlación de ningún tipo entre dos variables, entonces tampoco habrá correlación lineal, por lo que  $r = 0$ . Sin embargo, el que ocurra  $r = 0$  sólo nos dice que no hay correlación lineal, pero puede que la haya de otro tipo. Para el análisis de resultados decimos que:



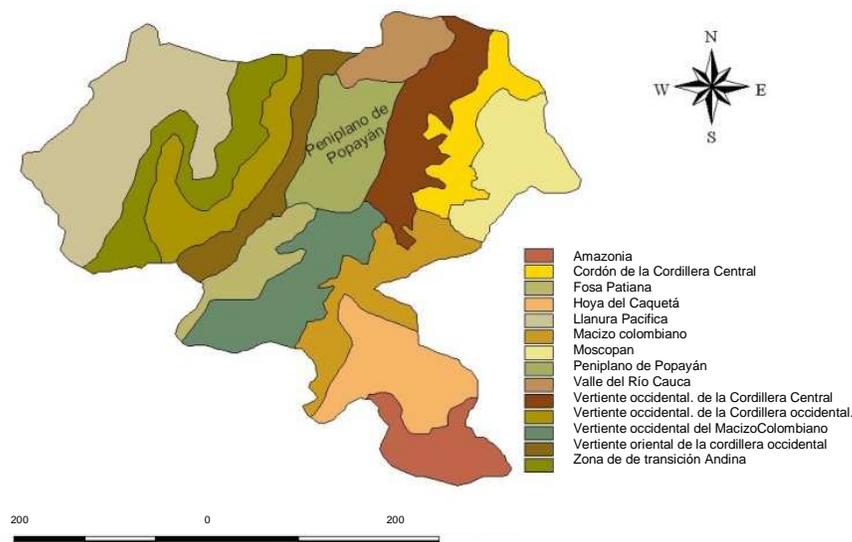
## 2. METODOLOGÍA

Por la necesidad de saber el efecto del establecimiento de los sistemas agrosilvopastoriles sobre las variables microclimáticas, flora asociada a los mismos y las características físicas, químicas y biológicas se planteó la siguiente metodología teniendo en cuenta la localización del sitio a evaluar.

### 2.1 LOCALIZACIÓN

La zona comúnmente denominada Meseta de Popayán, se halla ubicada en la parte central del Departamento del Cauca; es un valle interandino o peniplano (ICA, 2002), localizado a una altura que oscila entre los 1600 y 1900 metros de altura sobre el nivel del mar. Esta área corresponde a la zona de vida de Bosque húmedo Montano Bajo (Bh-MB) (Holdridge, 1978). Limita por el norte con el Río Ovejas a los 2° 50' de latitud norte; por el sur con el Río Las Piedras a los 2° 20' de latitud norte; por el este con la cordillera central y por el oeste con el cañón del Río Cauca, con una extensión aproximada de 12.300 hectáreas (IDEAM, 1994).

Figura 1. Mapa de localización del Peniplano de Popayán



Fuente. ICA, 1994.

El peniplano presenta un relieve ondulado donde alternan pendientes menores del 10% con otras superiores al 30%, siempre en longitudes cortas; esta configuración se altera bruscamente hacia las hoyas de los ríos que la bañan, los cuales van encañonados presentando fuertes pendientes a lo largo de sus cauces (ICA, 1994) (Figura 1). Según los registros históricos tomados en la estación meteorológica del aeropuerto Guillermo León Valencia (Popayán), la zona reporta una precipitación promedio anual de 2132 mm,

distribuida en un promedio de 219 días de lluvia, con una intensidad máxima de 81,5 mm durante 4 horas; Los valores de temperatura no varían mucho de mes a mes para una misma altura sobre el nivel del mar. Sin embargo, esta cambia si la altura varía, siendo así para la región de estudio, donde los valores mínimos y máximos de 14,9 – 25,9 °C se encontraron para elevaciones de 1500 msnm., de 13,7 –25 °C para 1700 msnm y 12,5 – 24,1°C para 1900 msnm (ICA, 1994). Teniendo en cuenta la clasificación del clima según Caldas y Lang en 1915 todos los valores anteriormente anotados clasifican el área de estudio como clima templado húmedo (TH) (IDEAM, 2008).

Como base para la presente investigación se seleccionaron doce fincas ubicadas en el peniplano de Popayán, con sistemas silvopastoriles organizados como se resumen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Ubicación y arreglo de los sistemas agrosilvopastoriles en el Peniplano de Popayán

Finca	Gramínea	Localización	Asociación
Villa Luisa	Toledo ( <i>Brachiariabrizantha.</i> )	Kilometro 17 La Rejoya	Aguacate – Leucaena
La Sultana	Toledo ( <i>Brachiariabrizantha.</i> ) y Mulato ( <i>Brachiaria hibrido</i> )	Timbío– San Joaquín	
El Sena	Estrella africana ( <i>Cynodonlemfluensis</i> )	Popayán	
La Argentina	Toledo( <i>Brachiariabrizantha.</i> ) y Mulato ( <i>Brachiaria hibrido</i> )	Timbío – San Joaquín	
Santa Ana	<i>Brachiaria decumbens</i>	Popayán – La Rejoya	Cítricos – Eucalipto
El Retoño	Toledo ( <i>Brachiariabrizantha.</i> )	Timbío– vía a Paispamba	
Palacé	<i>Brachiariadecumbens</i>	Popayán	
Villa Alina	Toledo ( <i>Brachiariabrizantha.</i> )	Timbío	
La Esperanza	Toledo ( <i>Brachiariabrizantha.</i> )	Santa Rosa	
Palenque	<i>Brachiariadecumbens</i>	Santa Rosa	Cítricos – Pino
El Cariñito	Toledo ( <i>Brachiariabrizantha.</i> )	Popayán – Puente variante	Cítricos – Acacias
La Rejoya	<i>Brachiariadecumbens</i>	Popayán – La Rejoya	

Fuente. Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria.

Los árboles frutales fueron sembrados como división interna de los potreros a una distancia de 10m y entre estos leucaenas y acacias a 2m. Para el perímetro se sembraron eucaliptos a 2m como se muestra en el Anexo B.A continuación se presenta una descripción más detallada de los sistemas.

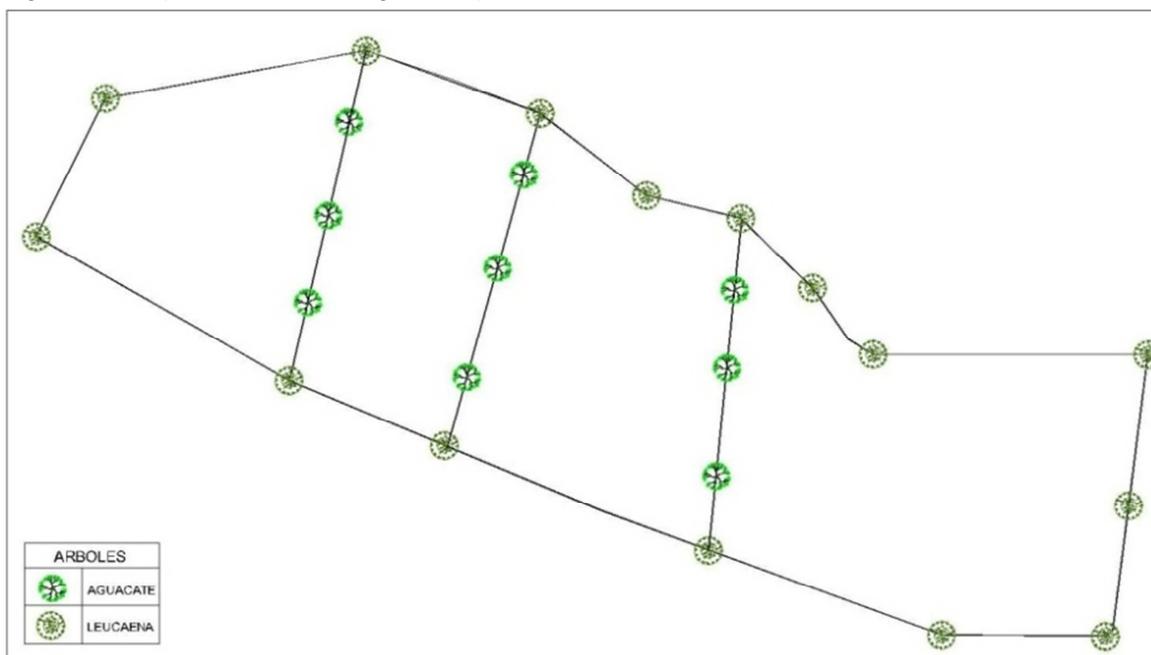
### 2.1.1 Asociación Leucaena (*Leucaena diversifolia*) – Aguacate (*Persea americana*).

Para la siembra de los árboles de aguacate se hicieron hoyos de 40 x 40 x 40 cm, dejando un 50 por ciento del cespedón que contiene el árbol por encima del nivel del

suelo, para luego completar con tierra, esta parte a manera de volcán. Estos montículos quedaron de 20 cm de alto y de 70 cm de diámetro en la parte superior, protegiendo el árbol de posibles encharcamientos en periodos críticos de excesos de precipitación; la leucaena se sembró en hoyos de 30 x 30 x 30cm y la fertilización de los arboles se realizó desde la siembra con 500gr de fertilizante amigo y cada 6 meses aplicando 100gr del mismo. A continuación se describen los cuatro sistemas agrosilvopastoriles que se sembraron con este tipo de arreglo:

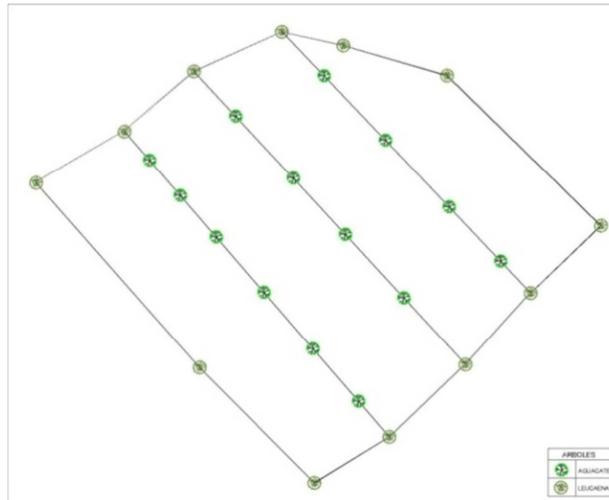
**Sistema agrosilvopastoril Villa Luisa.** Está ubicado en el kilómetro 17 vía a la vereda la Rejoja, al occidente de Popayán, En ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 9) con pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*), para el establecimiento del pasto se realizó labranza primaria con dos pases de arado y dos de rastrillado, enmienda con 15 bultos de cal y 5 bultos de calfos por hectárea, la fertilización se hizo con 4 bultos de fertilizante amigo por hectárea, basados en los requerimientos de nutrientes de un suelo para la siembra de pastos según Jaramillo y Córdoba (2009) (Figura 2). Organizar la numeración de las figuras.

Figura 2. Mapa del sistema agrosilvopastoril Villa Luisa



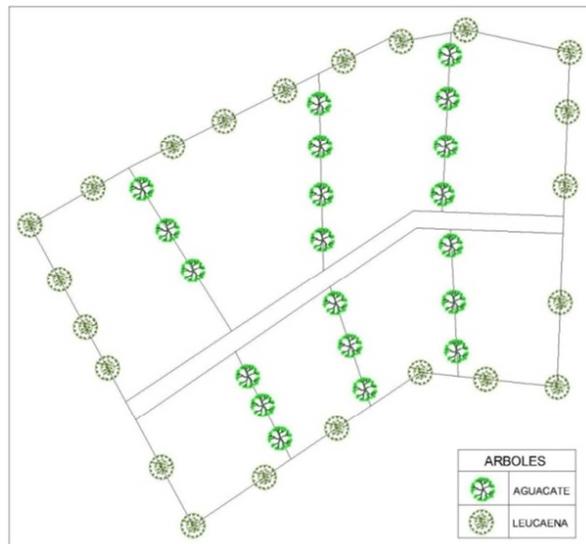
**Sistema agrosilvopastoril La Sultana.** Está ubicada en la vereda San Joaquín municipio de El Tambo al sur occidente de Popayán. En ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 3) que está conformado con pastos Toledo (*Brachiaria brizantha*) y Mulato (*Brachiaria hibrido*) para el establecimiento de los pastos se realizaron dos pases de rayado, siembra y fertilización de igual manera como se explicó anteriormente, basados en los requerimientos de nutrientes de un suelo para la siembra de pastos según Jaramillo y Córdoba (2009).

Figura 3. Mapa del sistema agrosilvopastoril La Sultana



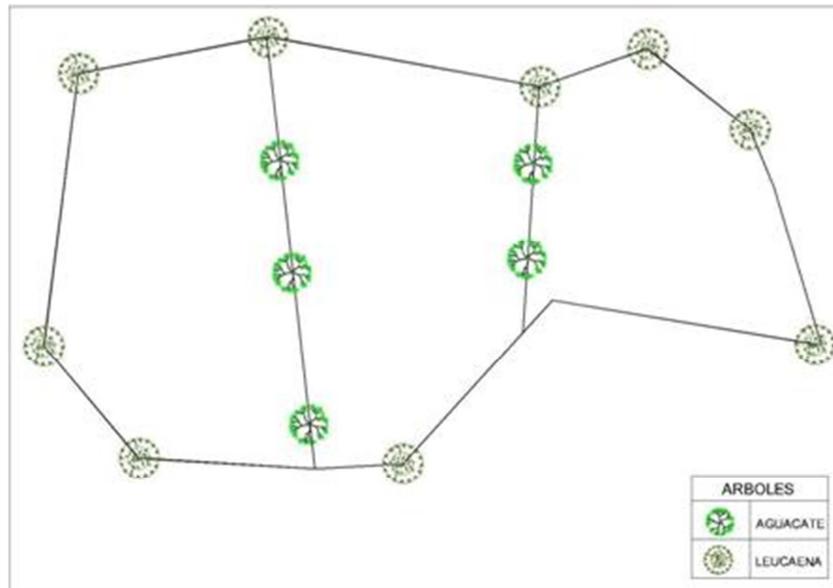
**Sistema agrosilvopastoril El SENA.** Está ubicada al norte de la ciudad de Popayán, En ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (Figura 4) con pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*); para la siembra del pasto se realizó fertilización con 4 bultos de fertilizante amigo por hectárea ya que se conservó el que estaba establecido en el lugar.

Figura 4. Mapa del sistema agrosilvopastoril El SENA



**Sistema agrosilvopastoril La Argentina.** Está ubicado en la vereda San Joaquín – municipio de El Tambo, al occidente de Popayán. En ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 5) con pasto Toledo (*Brachiaria brizantha.*) y Mulato (*Brachiaria hibrido*) a este sistema se le realizo labranza primaria, fertilización y siembra, de igual forma como se anotó anteriormente.

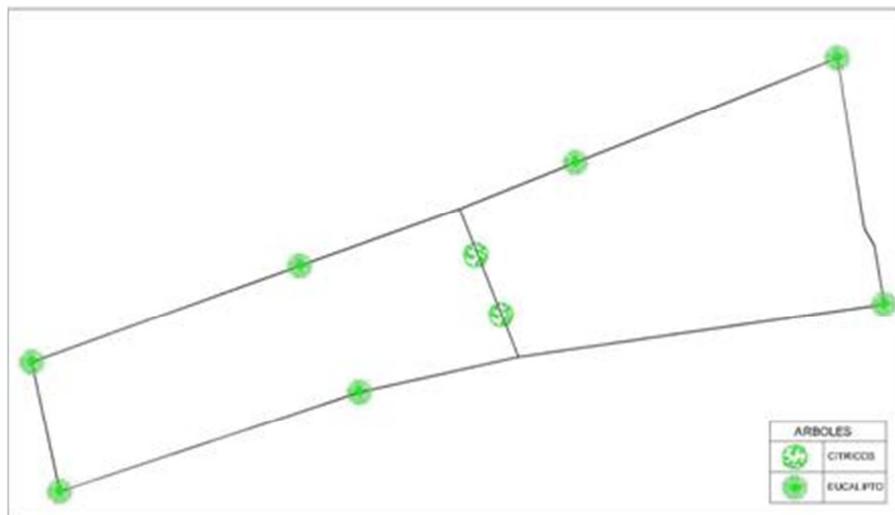
Figura 5. Mapa del sistema agrosilvopastoril La Argentina



**2.1.2 Asociación Cítricos – Eucalipto.** A continuación se describen los seis sistemas agrosilvopastoriles que fueron sembrados con este arreglo.

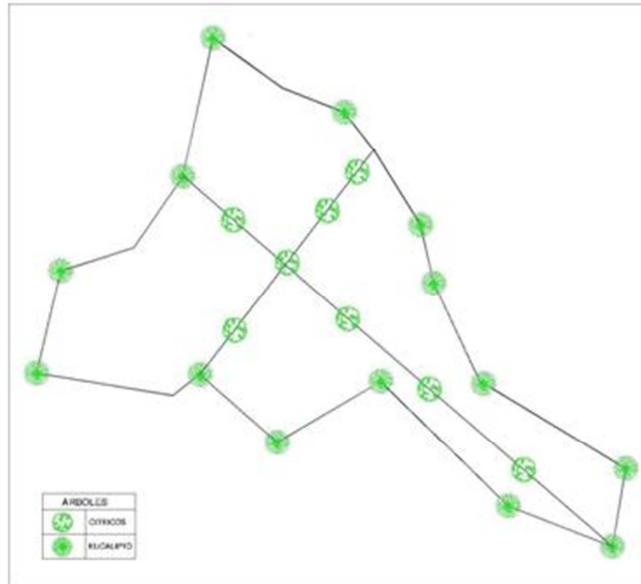
**Sistema agrosilvopastoril Santa Ana.** Está ubicada en la vereda La Rejoja – al occidente del municipio de Popayán, En ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 6) con pasto *Brachiaria decumbens* al cual se le realizó fertilización con 4 bultos de fertilizante amigo por hectárea para mantener el forraje que se encontraba establecido.

Figura 6. Mapa del sistema Agrosilvopastoril Santa Ana



**Sistema agrosilvopastoril El Retoño.** Está ubicada en el municipio de Timbío, al occidente de Popayán. En se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 7) con pasto Toledo (*Brachiaria brizantha.*) para la siembra del pasto se realizó labranza primaria, fertilización y la siembra de igual forma como se había mencionado antes.

Figura 7. Mapa del sistema agrosilvopastoril El Retoño



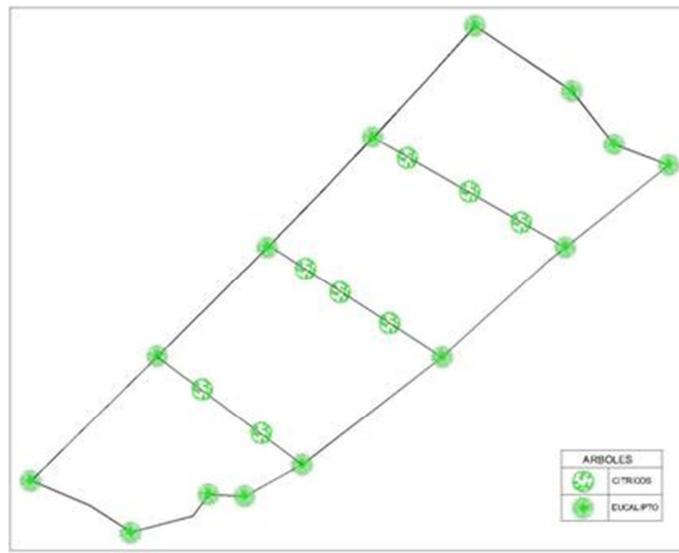
**Sistema agrosilvopastoril Palacé.** Está ubicada al norte, en el municipio de Popayán. En ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 8) con pasto *Brachiaria decumbens* para la siembra del pasto se realizó labranza primaria, fertilización y enmienda de la misma forma como se mencionó anteriormente.

Figura 8. Mapa del sistema agrosilvopastoril Palacé



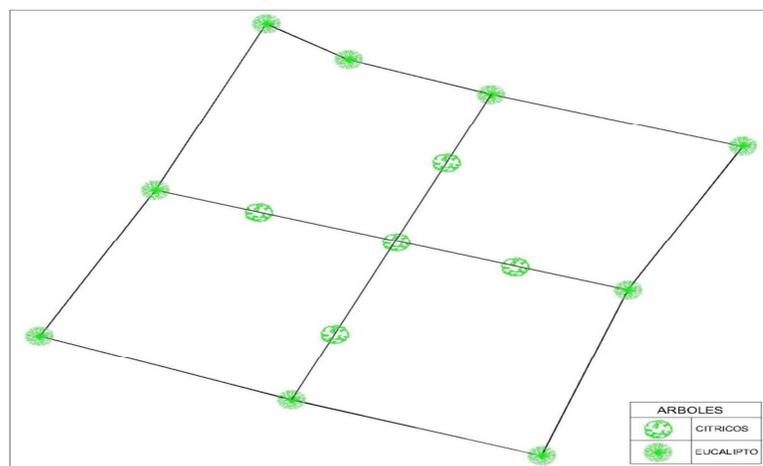
**Sistema agrosilvopastoril Villa Alina.** Está ubicada en el municipio de Timbío al occidente de Popayán, En ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 9) con pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*.) para el establecimiento del pasto se realizó labranza primaria, fertilización y siembra, estas las labores se realizaron de la misma forma como se mencionó anteriormente.

Figura 9. Mapa del sistema agrosilvopastoril Villa Alina



**Sistema agrosilvopastoril La Esperanza.** Está ubicada en La Vereda Santa Rosa al occidente de la ciudad de Popayán. En ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 10) con pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*.) para el establecimiento de este sistema se realizó labranza primaria, fertilización y siembra, de la misma manera como se mencionó anteriormente.

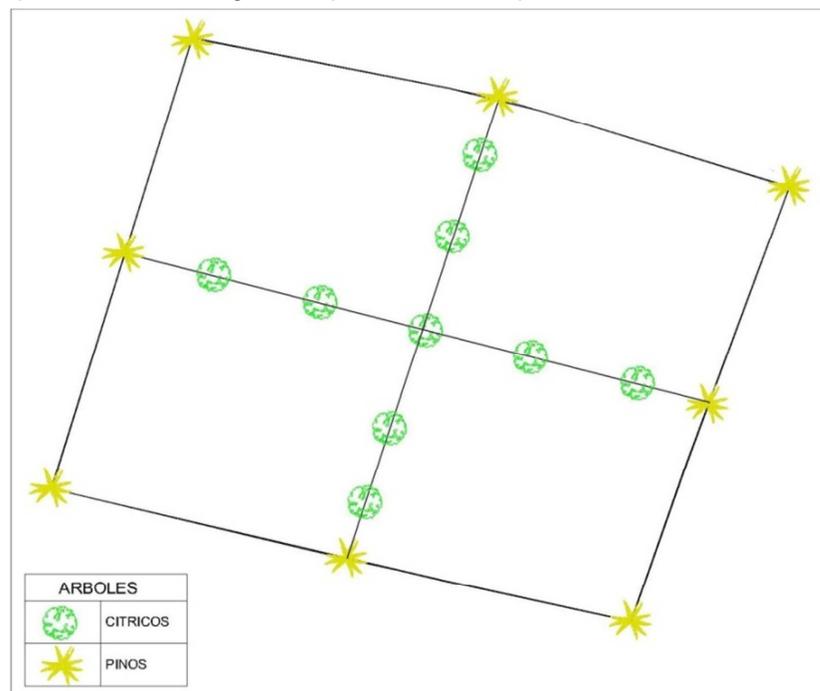
Figura 10. Mapa del sistema agrosilvopastoril La Esperanza



**2.1.3 Asociación Cítricos – Pino.** Cítricos (*Citrus sp.*) y Pino (*Pinus sp.*); los cítricos sembrados fueron mandarina uneco, naranja valencia y limón Tahití, los cuales se fertilizaron con 500gr de fertilizante amigo cada uno, el pino se fertilizó con 100 gr del mismo fertilizante.

**Sistema agrosilvopastoril Palenque.** Está ubicada en la vereda Santa Rosa municipio de Popayán. En ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 11) con pasto *Brachiaria decumbens*; para su establecimiento se realizó labranza primaria, fertilización y siembra, las labores mencionadas se hicieron de igual manera como se mencionó anteriormente.

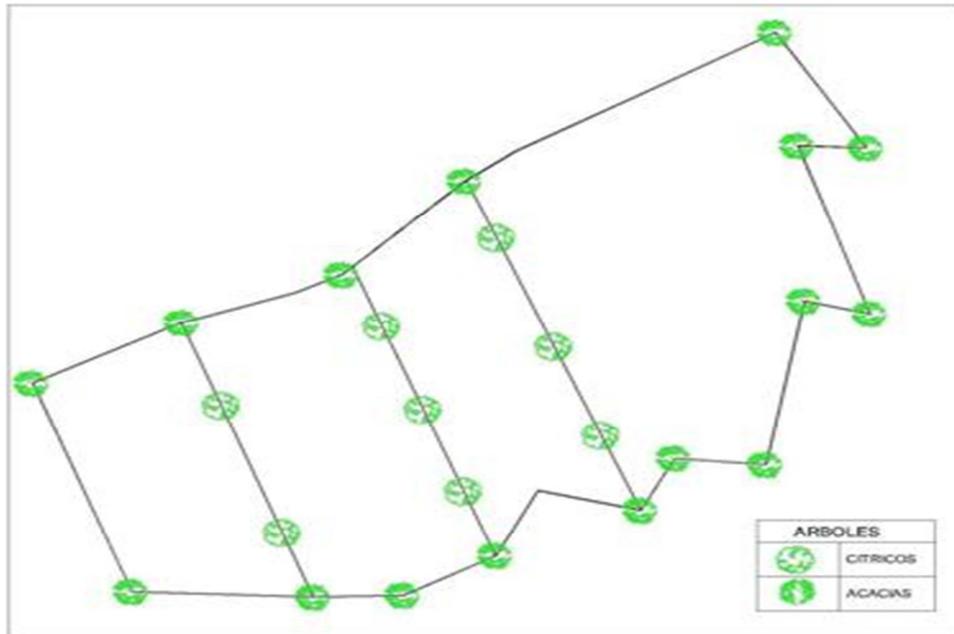
Figura 11. Mapa del sistema agrosilvopastoril Palenque



**2.1.4 Asociación Cítricos- Acacias.** Cítricos (*Citrus sp.*) y Acacia (*Acacia decurrens*); los cítricos sembrados fueron mandarina uneco, naranja valencia y limón Tahití, quienes fueron fertilizados con 500gr de fertilizante amigo cada uno, y la Acacia se fertilizó con 100 gr del mismo fertilizante. A continuación se describen los dos sistemas agrosilvopastoriles sembrados con este tipo de arreglo.

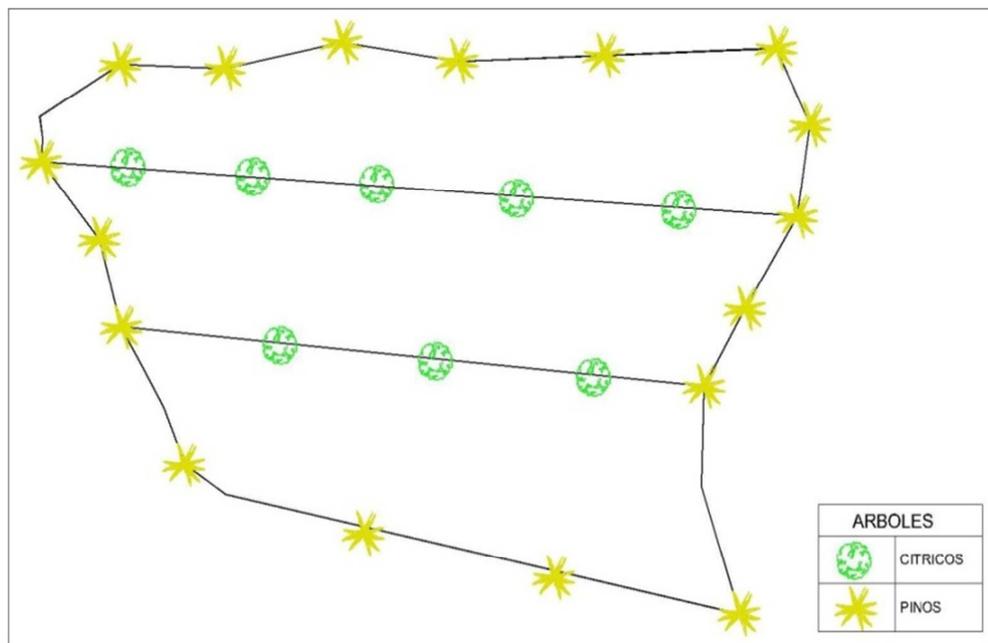
**Sistema agrosilvopastoril El Cariñito.** Está ubicada en el norte del municipio de Popayán. En ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 12) con pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*.) se le realizó labranza primaria, fertilización y siembra, para el establecimiento de este sistema se realizaron las labores de igual manera como se mencionó anteriormente.

Figura 12. Mapa del sistema agrosilvopastoril El cariñito



**Sistema agrosilvopastoril La Rejoja.** Está ubicada en la vereda La Rejoja al occidente del municipio de Popayán, en ella se encuentra un sistema agrosilvopastoril (ver figura 13) con pasto *Brachiaria decumbens*, en este sistema se mantuvo la pastura ya establecida la cual fue fertilizada de igual forma como se mencionó anteriormente.

Figura 13. Mapa del sistema agrosilvopastoril La Rejoja



## 2.2 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS

Para la investigación se encontraron unos valores promedios de temperatura, humedad relativa y radiación solar, registrados en el sistema de información regional del Cauca administrado por el Grupo de Estudios Ambientales (GEA) de la Universidad del Cauca adscrito a la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación; de esta información se tomaron los promedios semanales desde julio 20 hasta septiembre 30 del año 2010, estas graficas nos permiten observar las variaciones climáticas en la ciudad de Popayán.

Las variables microclimáticas fueron medidas tres veces en época de lluvia y tres veces en época seca con tres repeticiones y una frecuencia semanal. La radiación solar se midió en cada arreglo, empleando el luxómetro digital de ocho de la mañana a dos de la tarde, mediante recorridos por los potreros, debido a que los arbustos en el momento de las mediciones presentaban un dosel muy pequeño, la humedad relativa y la temperatura se midieron mediante el uso del higrotermómetro (ver figura 14).

Figura 14. Luxómetro digital e Higrotermómetro



## 2.3 FLORA ASOCIADA A LOS SISTEMAS

Para la clasificación de la flora asociada a los sistemas, se pudo hacer la identificación directa de algunas especies de estrato bajo, medio y alto mediante la observación; las especies desconocidas se registraron fotográficamente y fueron colectadas para su posterior identificación en la facultad de ciencias agropecuarias de la universidad del Cauca. Para la colección en el campo del material vegetal se llevaron bolsas papel de 30 x 40 cm. En estas bolsas se depositaron las muestras de cada planta colectada debidamente rotuladas para posteriormente prensarlas en un costal. A cada una de las muestras vegetales se les aplicó alcohol diluido al 90% para evitar el deterioro (IIVH, 2008). La identificación se hizo mediante comparaciones de hojas, tallos, inflorescencias y flores del material colectado y las fotos tomadas en campo teniendo como base las figuras de Cenicafé (1995).

## 2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

**2.4.1 Características químicas.** En cada uno de los arreglos silvopastoriles se tomaron tres muestras al azar a 20 centímetros de profundidad para ser enviadas al CIAT (Centro de Investigación de Agricultura Tropical) donde se realizó el análisis teniendo en cuenta las determinaciones y métodos que se muestra en el cuadro 4:

Cuadro 4. Análisis de suelos determinaciones y métodos

Determinaciones	Métodos
pH (Un)	pH Agua 1:1
MO (g/kg)	Materia Orgánica Walkley-Black Espectrometría
P-BrayII (mg/kg)	Fosforo Bray II Espectrometría
K (cmol/kg)	Potasio Intercambiable Ab. At.
Ca (cmol/kg)	Calcio Intercambiable (Ab.At.)
Mg (cmol/kg)	Magnesio Intercambiable Ab. At.
Al (cmol/kg)	Aluminio Cambiable (KCl 1M) Vol.
Na (cmol/kg)	Sodio Intercambiable Ab. At.
Al-Sat (%)	Saturación de Aluminio
S (mg/kg)	Azufre Extractable (Fosfato Ca) Turbidimetría
Arena (%)	Arena (Bouyucos)
Limo (%)	Limo (Bouyucos)
Arcilla (%)	Arcilla (Bouyucos)
Textura (Tex)	Textura Bouyucos

**2.4.2 Respiración.** Para evaluar la respiración se hicieron las mediciones con tres repeticiones en época de lluvia y tres repeticiones en época de sequía, para lo cual se preparó en el laboratorio una solución de NaOH la cual atrapa el CO<sub>2</sub>, se empleó una concentración de 0,2N NaOH para la época de lluvia y de 0,5N NaOH para la época de sequía, ya que a mayor concentración captura mayor cantidad de CO<sub>2</sub>.

En el campo se removió la vegetación para colocar un frasco pequeño de vidrio con 30ml de la solución de NaOH, luego se cubrió rápidamente con un recipiente de plástico más grande y se tapó alrededor con tierra para evitar el ingreso de CO<sub>2</sub> de fuera, se tomó la temperatura del suelo (ver figura 15) y se dejó por un periodo de veinticuatro horas, luego se retiró se cubrió y llevado a laboratorio, donde se le adicionaron 2ml de BaCl<sub>2</sub> para precipitar el CO<sub>3</sub> en la solución de NaOH (ver figura 15), se adicionaron dos gotas de fenolftaleína (viraje de rosa a blanco) para en seguida ser titulado con HCl de igual concentración.

Se calculó la cantidad de C – CO<sub>2</sub> mediante la siguiente fórmula (Swicher, 1999):

$$\frac{mg\ C - CO_2}{tiempo\ por\ \acute{a}rea} = \frac{(ml\ HCl\ muestra - ml\ HCl\ testigo)(N)E}{tiempo\ por\ \acute{a}rea}$$

Donde:

HCl muestra = ml de HCl utilizados para titular la muestra

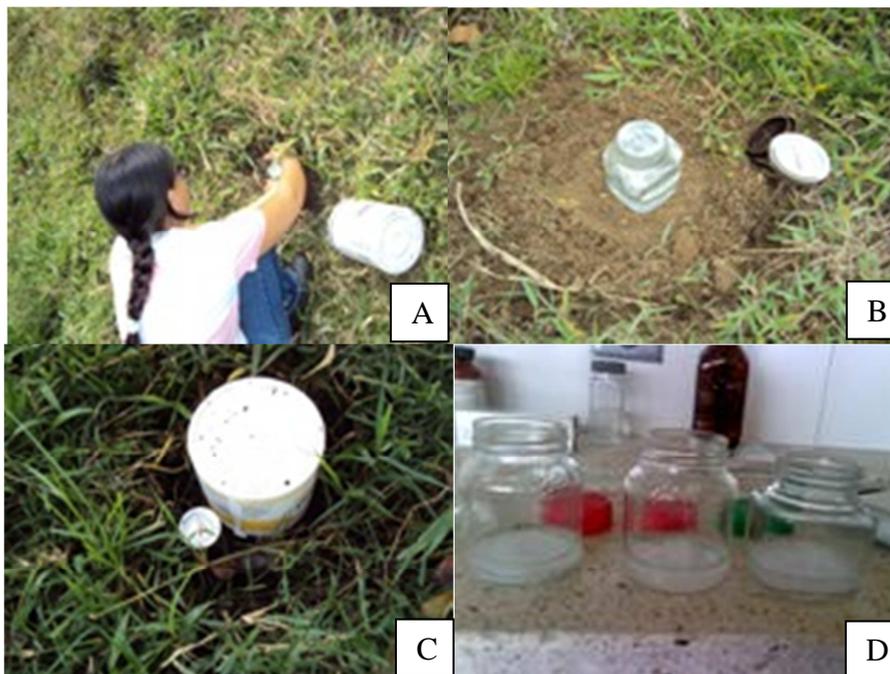
HCl testigo = promedio de ml de HCl utilizados para titular los testigos

N = normalidad de NaOH y HCL

E = peso miliequivalente de Carbono= 6mg/meq

A = \acute{a}rea de la boca del recipiente de pl\astico

Figura 15. Ensayo de Respiraci3n en Campo y Laboratorio. A) Toma de temperatura, B) ubicaci3n de recipiente de vidrio con NaOH rotulado, C) Ubicaci3n de recipiente pl\astico, D) Muestras en laboratorio



**2.4.3 Infiltraci3n.** Siguiendo las recomendaciones de la gu\ia para la evaluaci3n de la calidad y salud del suelo USDA 1999, la infiltraci3n se midi3 clavando el anillo est\andar en PVC de 6 pulgadas en el suelo, se afirm3 alrededor de los bordes internos, se cubri3 con una l\amina de pl\astico, el anillo y la superficie del suelo dentro del anillo, se vertieron los 444ml de agua, se sac3 la cobertura de pl\astico dejando el agua dentro del anillo, se registr3 el tiempo que demor3 en penetrar en el suelo, como se indica en la figura16, las mediciones se realizaron a trav\es de la pendiente tres veces en \acute{e}poca seca y tres en \acute{e}poca de lluvia con tres repeticiones.

**2.4.4 Observaciones y estimaciones físicas del suelo.** Con el fin de observar las características físicas del suelo se realizó una calicata (ver figura 17) con una profundidad que varió de acuerdo al tipo de suelo que se encontró en el sistema, donde se evidenció la profundidad del horizonte, el estado de las raíces y la determinación de resistencia del suelo.

Figura 16. Ensayo de Infiltración. A) anillo sin agua; B) anillo con agua

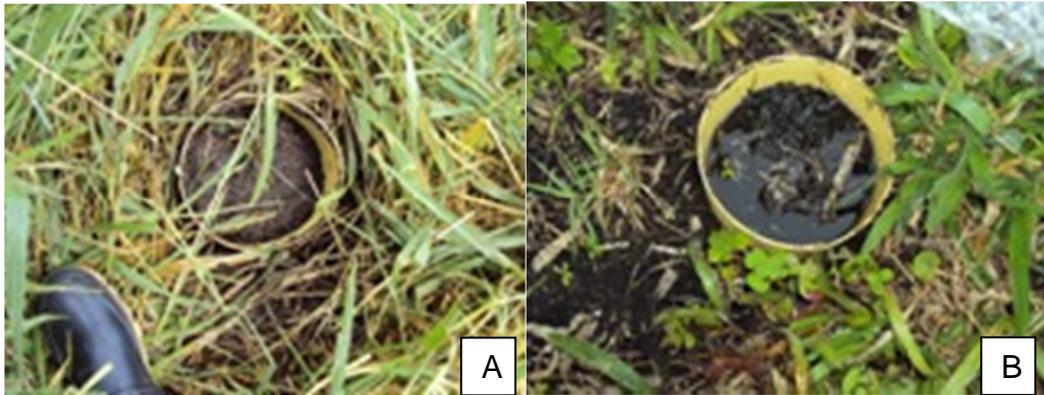


Figura 17. Profundidad del horizonte superficial



**Medición de la profundidad del horizonte superficial.** Se midió la profundidad del horizonte superficial, observando los cambios de color, descendiendo desde la superficie, a lo largo del perfil (ver figura 17).

**Observación de raíces de plantas.** La calicata también sirvió para la observación de las raíces de las plantas (ver figura 18). Las características en las que hay que fijarse al examinar las raíces son abultamiento de las raíces, o raíces que crecen hacia los costados, la falta de pelos radiculares ya que es un indicador de escasez de oxígeno en la zona radicular, crecimiento lateral indica la presencia de una capa dura o una capa compactada (USDA, 1999).

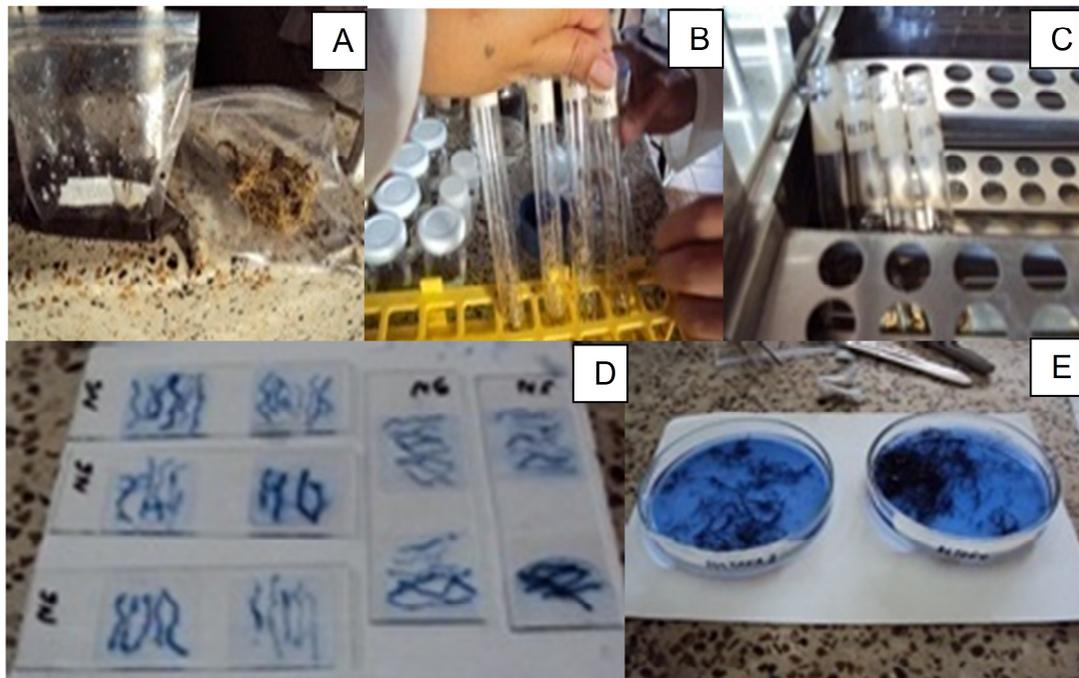
Figura 18. Observaciones y estimaciones físicas del suelo. A) Calicata; B) Muestra de suelo



**Determinación de la resistencia.** Se usó una varilla metálica para chequear una de las paredes laterales, desde la superficie hasta el fondo. Se determinaron los cambios o diferencias en resistencia a la penetración.

**2.4.5 Cuantificación de la colonización de raíces por micorrizas.** Siguiendo la guía para tinción de raíces propuesta por Guerra (2009); se realizó el montaje de las raíces y posterior cuantificación de micorrizas en el laboratorio (figura 7), para cada uno de los sistemas agrosilvopastoriles (ver Anexo A).

Figura 19. Análisis de raíces en el laboratorio. A) Muestra de suelo, B) Raíces en tubos de ensayo, C) Baño María, D) Raíces en portaobjetos, E) Raíces en caja de petri



Se calculó la colonización mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Colonización} = \frac{\text{Número de campos colonizados}}{\text{Número de campos totales observados}} \times 100$$

Basados en los trabajos de Nicholson y Schenck (1979), se estimó el grado de colonización total; usando las siguientes categorías:

Colonización baja (0 – 20%)

Colonización media (20 – 50%)

Colonización alta (+ 50%)

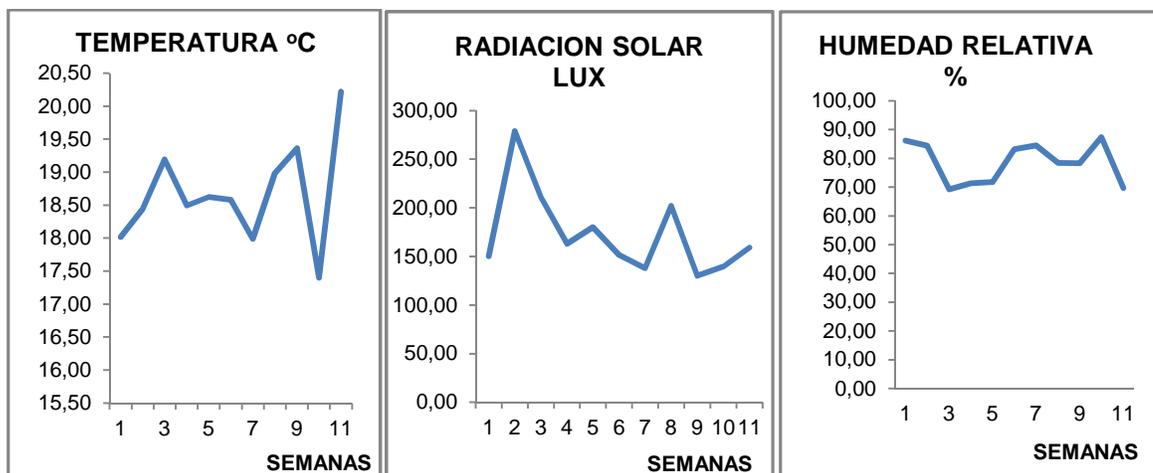
**2.4.6 Análisis de resultados.** Para los análisis de las diferentes variables estudiadas se aplicó la correlación bivariada no paramétrica de Pearson entre todos los datos tomados en cada sistema agrosilvopastoril (Suelo, variables microclimáticas, respiración etc.), para este análisis se utilizó el programas SPSS for Windows.

Dado al número de variables tenidas en cuenta, se realizó el análisis multivariado, conformado por componentes principales y de conglomerados, con el fin de relacionar todas las variables estudiadas en los 12 sistemas silvopastoriles evaluados, determinado cuales fueron las de mayor influencia para el desarrollo de los sistemas en el Peniplano de Popayán, para dicho análisis se utilizó, el programa estadístico PAST.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 PROMEDIO SEMANAL PARA LAS VARIABLES CLIMATICAS DEL PENIPLANO DE POPAYÁN ENCONTRADAS DURANTE EL PERIODO EVALUADO

Figura 20. Variables climáticas del Peniplano de Popayán desde julio 20 hasta septiembre 30 del año 2010



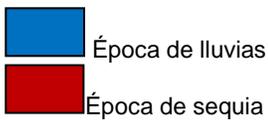
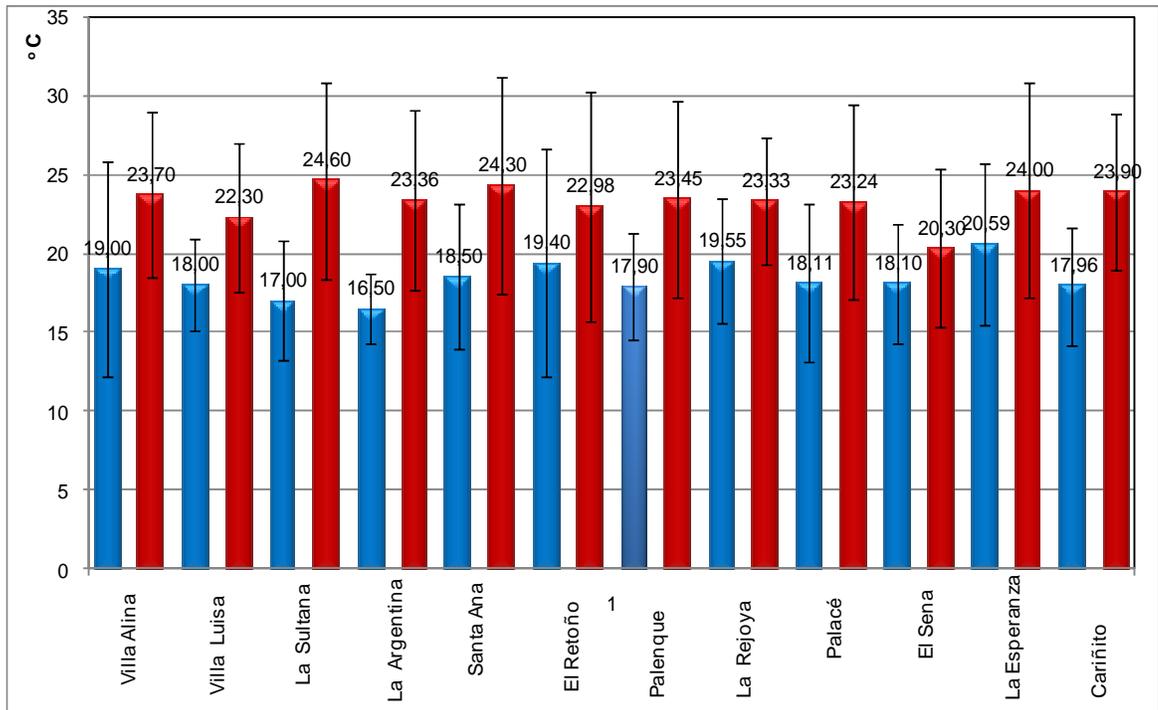
Fuente. Mejorado de GEA (2010)

De acuerdo con la figura 20 se pudo observar que en el periodo durante en el que se realizó la toma de datos, se encontraron variaciones climáticas las cuales muestran dos épocas marcadas por el aumento de la humedad relativa, la disminución de la temperatura y de la radiación solar, las cuales se pueden asociar con la época de lluvia; así mismo se marcaron dos épocas con humedad relativa baja y un incremento de temperatura y la radiación solar características que nos permiten asociarlas con la época seca, con variaciones entre sí por cortos periodos de tiempo. Para el año 2010 se vivió una variación en el clima que no coincidió con las épocas normales de lluvia y sequía vividas en años anteriores, dado a lo mejor por la presencia del fenómeno de la niña (IDEAM, 2010).

#### 3.2 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS ENCONTRADAS EN LOS 12 SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES EVALUADOS

**3.2.1 Temperatura.** A continuación se muestran los valores promedios para la temperatura en los 12 sistemas (figura 21), donde se puede observar el rango de temperatura para la época de sequía de 20,30° C a 24,6° C y en época de lluvia de 16,5° C a 20,59° C.

Figura 21. Temperatura promedio para la época de sequía y de lluvia en los sistemas agrosilvopastoriles estudiados.

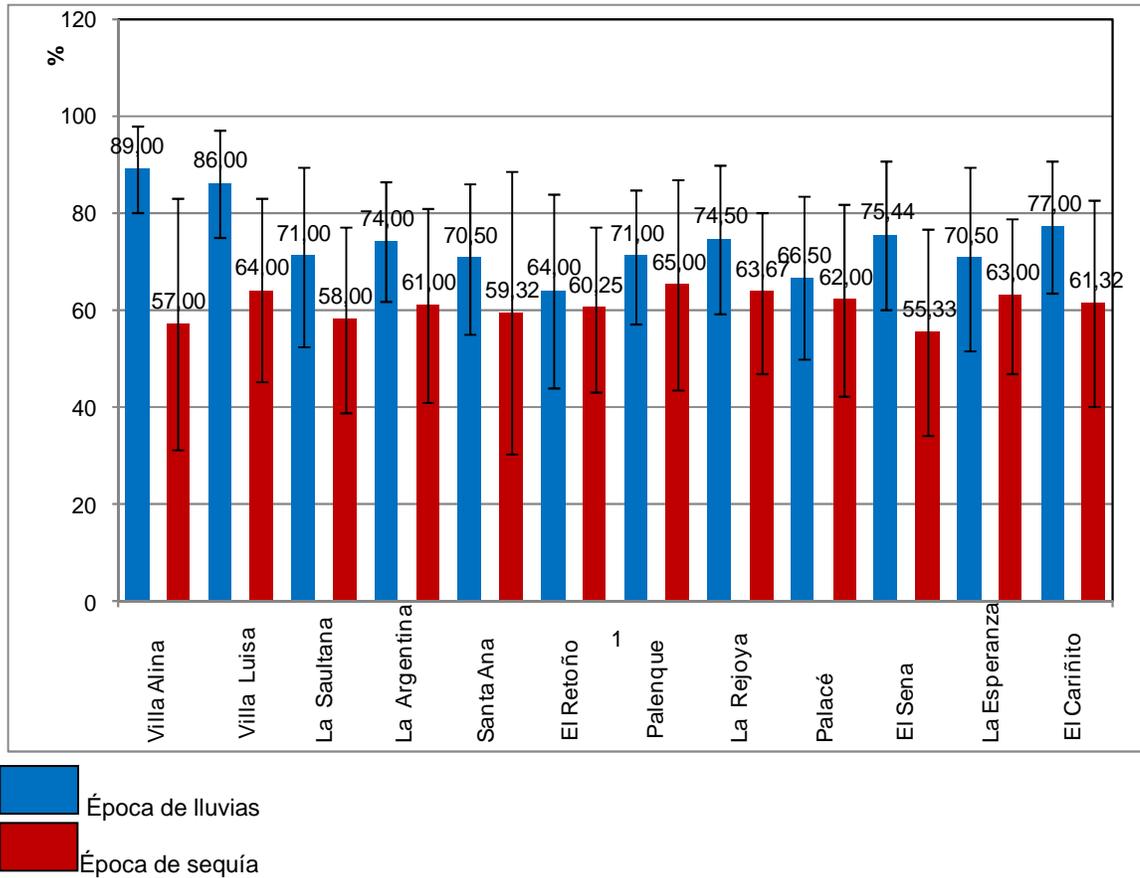


En general se puede decir que las temperaturas registradas fueron similares, se puede observar que la desviación típica de todos de los sistemas se encontró por debajo de 3,0 evidenciando la similitud de los datos, exceptuando los sistemas de Palenque y Villa Luisa, los cuales en época de lluvia tuvieron una desviación típica de 4,07 y 4,78 respectivamente. Aunque estos dos sistemas mostraron las desviaciones más altas, siguen siendo tendientes a la homogeneidad, puesto que son menores a 5 (anexo C).

**3.2.2 Humedad relativa.** En la figura 22 se revelan los valores promedio para la humedad relativa en los 12 sistemas, donde se muestra unos valores promedios, con un rango en época de sequía de 55,33% a 65% y en época de lluvia de 64% a 89%. La variable humedad relativa tiene rangos amplios entre sus valores máximos y mínimos revelando variabilidad de los datos.

De igual manera se encontró una desviación típica alta, superiores a nueve en los sistemas que revelan incertidumbre de dicha variable tendientes a la heterogeneidad (anexo C).

Figura 22. Humedad Relativa promedio para la época de sequía y de lluvia en los sistemas agrosilvopastoriles estudiados.

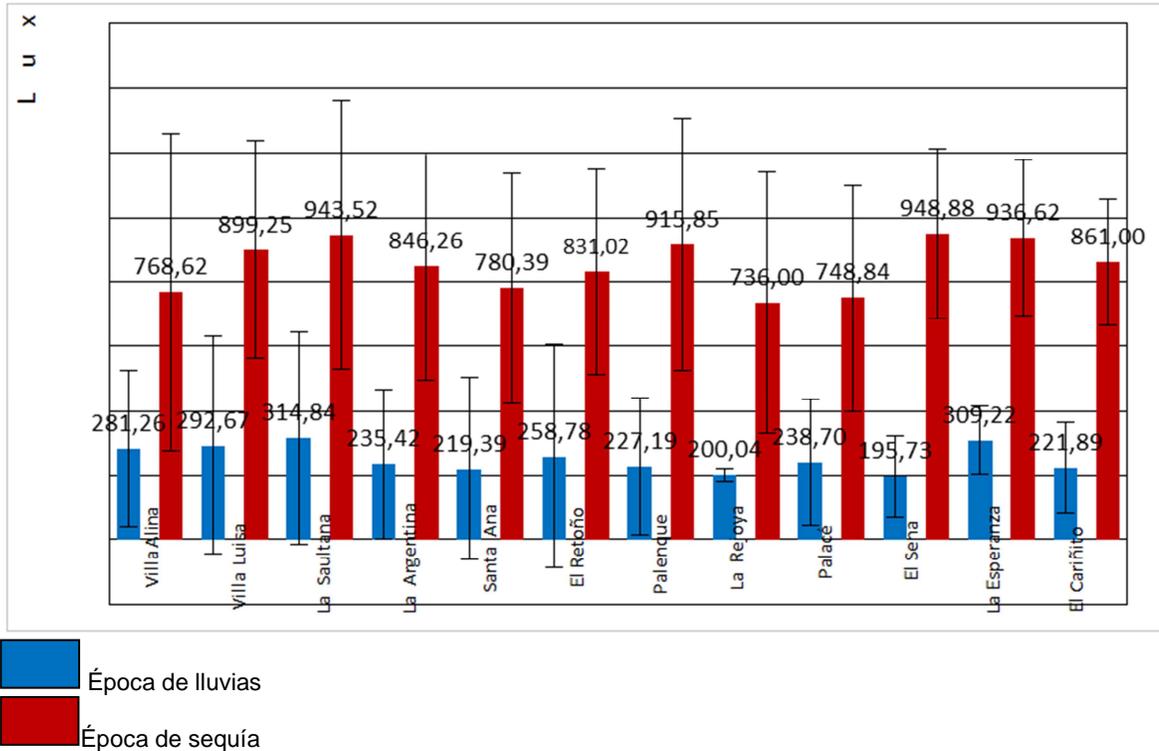


**3.2.3 Radiación solar.** Para esta variable en la figura 23 se pueden observar los valores promedios en los 12 sistemas, donde se muestra un rango en época de sequía de 736.00 lux a 948,88 lux y en época de lluvia de 195,73 lux a 314,84 lux. En el anexo C se muestra la desviación estándar de la variable radiación solar, donde los datos fueron tendientes a la heterogeneidad, ya que son muy altos, por otro lado, los amplios rangos de valores mínimos y máximos revelan variabilidad de los datos obtenidos.

En la figura 23 se destaca que en sistemas agrosilvopastoriles como el SENA, La Rejoja y La Argentina, la baja radiación solar medida en época de lluvia, fue ocasionada por la alta nubosidad que predominó en las mediciones, lo cual es un factor influyente debido a que las nubes más densas y oscuras bloquearán más eficientemente la radiación UV, mientras que las nubes blancas y con menor desarrollo junto con las nieblas y calimas atenúan en menor medida la radiación UV, siendo las primeras las que están presentes en invierno o época de lluvia (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. 2009). Igualmente se resalta que en la época seca se presentó una alta radiación solar en sistemas silvopastoriles como la sultana y el SENA debido a la exposición directa de los rayos solares lo cual contrasta con el sistema la Rejoja, debido a la flora arbustiva

asociada. Se conoce perfectamente, que la existencia de sombra adecuadamente distribuida en el potrero, produce algunos efectos benéficos sobre las pasturas naturales o cultivadas herbáceas, entre estas se incluye la producción de sombra que disminuye el efecto de la radiación solar sobre los animales y las pasturas (Martín, 2002).

Figura 23. Radiación Solar promedio para la época de sequía y de lluvia en los sistemas agrosilvopastoriles estudiados.



De acuerdo a los resultados obtenidos en las tres variables climáticas evaluadas se pudo determinar que fueron acordes a los rangos de adaptación de los forrajes cultivados en los arreglos agrosilvopastoriles según Jaramillo y Córdoba (2009); CIAT (2002) y CIAT (2007), por cual es de esperar un buen establecimiento de los sistemas en la zona. Además la heterogeneidad presentada en los datos se pudo deber a variación en las condiciones climáticas en el momento de la toma de datos y el factor de error de los equipos empleados.

### 3.3 FLORA ASOCIADA

Después de hacer la identificación de la flora asociada (ver cuadro 5) se encontraron 48 especies distribuidas en los 12 sistemas agrosilvopastoriles; se pudo evidenciar que hay alto número de especies en fincas como Villa Alina (14), El Retoño (13) y El Cariñito (15), donde se realiza un manejo de la flora nativa a lo mejor dado como una práctica de

protección de las fuentes hídricas; y la menor riqueza se encontró en las fincas La Sultana (5) y El Sena (3) donde se realizó renovación de pradera eliminando cualquier tipo de arvense presente, lo que conlleva a una disminución de las especies en el potrero, exponiendo las raíces al sol que causa la muerte de las arvenses, además del manejo técnico que se realiza mediante el control de malezas (Salazar, 2003), las características de la flora asociada se encuentran descritas en el anexo D. La distribución de las especies encontradas en los 12 sistemas, se presentan en la figura 24.

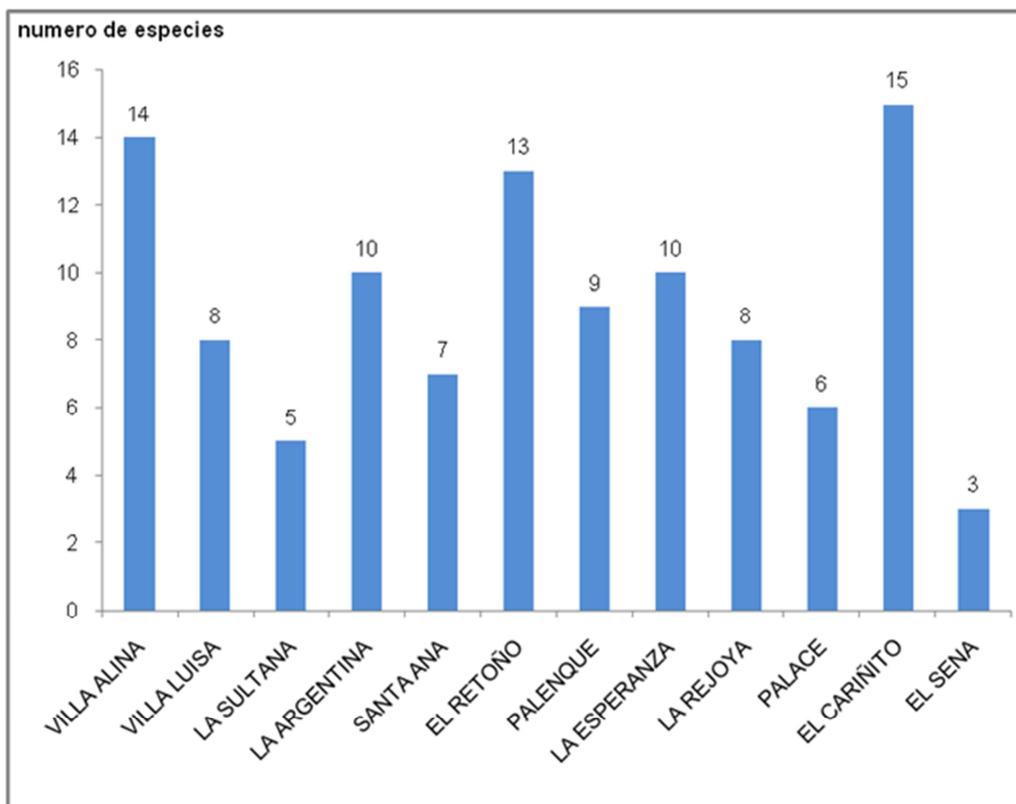
Cuadro 5. Distribución de la Flora Asociada en los Sistemas Agrosilvopastoriles

Especie	Fincas											
	VILLA ALINA	VILLA LUISA	LA SULTANA	LA ARGENTINA	SANTA ANA	EL RETOÑO	PALENQUE	LA ESPERANZA	LA REJOYA	PALACE	EL CARIÑITO	EL SENA
NOMBRE CIENTIFICO												
<i>Trichantera gigantea</i>	X											
<i>Myrciasp</i>	X							X			X	
<i>Lafoensiaspeciosa</i>	X						X					
<i>Mimosa quitensis</i>	X					X						
<i>Sennaspectabilis</i>	X											
<i>Tibouchinalepidota</i>	X											
<i>Psidiumsp</i>	X		X	X			X				X	
<i>Cordiaalliodora</i>				X		X						
<i>Inga sp</i>						X	X		X		X	
<i>Clusiadiscolor</i>		X		X			X	X			X	
<i>QuercusHumboldtii</i>		X						X			X	
<i>Psidiumsp</i>										X		
<i>Euphorbialaurifolia</i>						X					X	
<i>Citrus sp</i>											X	
<i>Ochromapyramidale</i>											X	
<i>Nectandrasp</i>											X	
<i>Citrus mandarina</i>											X	
<i>Eugenia malaccensis</i>			X	X								
<i>Cupressusp</i>						X						
<i>Euphorbiacotinifolia</i>						X						
<i>Eriobotrya japónica</i>									X			
<i>Pteridiumcadatum (L.) Kuhn</i>		X						X				
<i>CommelinadiffusaBurm. f.</i>	X	X		X							X	X
<i>Commelinavirginica L</i>					X		X			X	X	
<i>Tripograndacumanensis (Kunth) Woods</i>	X	X			X					X		
<i>CyperusdiffususVahl</i>							X	X	X			
<i>Cyperusferax (L.) Rich</i>				X		X	X		X	X		
<i>Cyperusflavus (Vahl) Nees</i>		X		X		X		X				
<i>DichromenaciliataVahl</i>				X			X			X	X	X
<i>KyllingabrevifoliaRottob</i>	X				X							X
<i>Cenchrusechinatus</i>												
<i>Hypoxixdecumbens L</i>		X										
<i>Ageratumconizides L</i>					X				X			
<i>Baccharistrinervis (Lam) Pers</i>	X										X	
<i>Bidens pilosa L</i>			X			X		X				
<i>Chaptalianutans (L.) Polak</i>											X	
<i>Emilia sonchifolia (L.) DC.</i>	X	X			X			X				

Cuadro 5. (Continuación)

Especie	Fincas											
	VILLA ALINA	VILLA LUISA	LA SULTANA	LA ARGENTINA	SANTA ANA	EL RETOÑO	PALENQUE	LA ESPERANZA	LA REJOYA	PALACE	EL CARÍÑITO	EL SENA
NOMBRE CIENTIFICO												
<i>Kohleriaspicata</i> (H. B. K.) Oerst			X						X			
<i>Crotalaria micans</i>					X					X		
<i>Sida cuta</i> Burm f.				X			X	X	X			
<i>Clidemia hirta</i> (L) D. Don.	X		X			X						
<i>Oxalis corniculata</i> L			X		X							
<i>Oxalis latifolia</i> H. B. K.												
<i>Portulacaoleracea</i> L.	X			X					X			
<i>Mimosa pudica</i>								X				
<i>Rubus lidaeus</i>			X			X						
<i>Verbena officinalis</i> L.						X						
<i>Ricinus communis</i>						X						

Figura 24. Riqueza de Flora Asociada en cada una de los sistemas agrosilvopastoriles



En los sistemas se encontraron especies arbustivas frutales como guamo (*Inga sp*), guayabilla (*Psidium sp*) y limón (*Citrus sp*) los cuales son importantes para la alimentación humana y de animales, favoreciendo la fauna silvestre, también se hallaron especies

maderables como el guayacán Manizales (*Lafoensia speciosa*), flor de mayo (*Tibouchin alepidota*), nogal cafetero (*Cordia alliodora*), cucharo (*Clusia discolor*), roble (*Quercus Humboldtii*), entre otros, como especies importantes para la alimentación del ganado, es el caso de la leucaena (*leucaena diversifolia*) y el nacedero que igualmente es importante por su potencial de nacimiento de agua, usada como protectora del suelo y en zonas de restauración. Además se encontraron especies herbáceas muy invasivas como el helecho marranero, también se hallaron coberturas nobles y protectoras del suelo contra la erosión como: *Commelina virginica* L, *Tripograndia cumanensis* (Kunth) y *Oxalis latifolia* H.B.K. En la figura 25 se muestran algunas de las más representativas.

Figura 25. Flora Asociada a los Sistemas Agrosilvopastoriles



Al realizar la correlación de las variables biofísicas estudiadas en los doce sistemas agrosilvopastoriles se encontró que no hubo correlación entre el número de especies y las características biofísicas de los doce sistemas (ver Anexo E), situación que pudo haberse dado por la variación de los sistemas radiculares que en un momento dado hubiesen podido influenciar en la respiración y la infiltración de los suelos (Elergonomista, 2010).

### 3.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

**3.4.1 Análisis químico.** Al observar el análisis químico (cuadro 6) del sistema agrosilvopastoril El Retoño, muestra los valores más altos en las variables pH 5,95, Ca

11,61cmol/kg, Mg 6,67 cmol/kg y Na 0,05cmol/kg y los valores mínimos en Materia Orgánica 44,35g/kg, Aluminio 0,0cmol/kg, Al sat 0,0%, S 18,32mg/kg; Villa Luisa con valores altos para Al-sat 35,83%, S 148,98mg/kg, Limo 37,97% y valores mínimos en las variables Arcilla 15,80%, Ca 0,30cmol/kg, Mg 0,10cmol/kg, P-Brayll 0,13mg/kg; El Cariñito presento valores máximos en las variables Arcilla 34,34%, K 1,44 cmol/kg y valores mínimos en la variable Arena 43,06%. Presentando los valores más altos La Rejoja P-Brayll 3,66mg/kg, Santa Ana Materia Orgánica 284g/kg, Santa Ana y Villa Lina Al 1,63cmol/kg, La Sultana Arena 59,48%; con valores mínimos Palacé en Limo 15,64%, La Argentina K 0,14cmol/kg y Palenque pH4,95.

Cuadro 6. Análisis fisicoquímico de suelos de los 12 sistemas agrosilvopastoriles

Descripción	pH (Un)	MO (g/kg)	P-Brayll (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Al (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	Al-Sat (%)	S (mg/kg)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura (Tex)
La Sultana	5,32	202,88	0,60	0,52	4,97	2,38	0,92	0,00	10,46	32,12	59,48	20,87	19,65	8
Santa Ana	5,06	284,41	0,74	0,20	2,69	0,53	1,63	0,00	32,29	36,72	47,55	31,56	20,87	2
Villa Luisa	5,48	155,61	0,13	0,15	0,30	0,10	0,31	0,00	35,83	148,98	46,23	37,97	15,80	2
El Cariñito	5,36	92,86	1,25	1,44	3,37	1,15	0,36	0,00	5,69	31,74	43,06	22,60	34,34	7
Palenque	4,95	242,14	0,60	0,20	3,49	0,66	0,82	0,00	15,86	50,53	43,44	36,43	20,13	2
Villa Lina	5,10	126,40	3,42	0,31	3,20	0,98	1,63	0,00	26,67	22,54	55,22	20,19	24,59	11
La Rejoja	5,43	241,11	3,66	0,50	8,24	3,64	0,20	0,00	1,59	47,08	56,62	25,36	18,02	8
La Argentina	5,35	225,50	0,77	0,14	4,07	0,71	0,46	0,00	8,56	91,55	47,43	32,25	20,32	2
La Esperanza	5,24	156,23	1,22	0,22	2,49	0,37	0,31	0,00	9,16	92,13	49,75	32,76	17,49	2
El Sena	5,30	173,84	1,80	0,40	4,15	1,61	0,66	0,00	15,46	57,87	51,05	27,35	21,59	6
El Retoño	5,95	44,35	6,76	0,36	11,61	6,67	0,00	0,05	0,00	18,32	54,18	25,26	20,56	11
Palacé	5,02	140,80	0,68	0,35	1,21	0,53	0,66	0,00	23,99	64,91	58,62	15,64	25,74	11

Tabla de conversión para textura. Los números corresponden a las siguientes descripciones			
1 Arcilloso	4 Limoso	7 Franco Arcilloso	10 Arenoso Franco
2 Franco	5 Arcillo Arenoso	8 Franco Arenoso	11 Franco Arcillo Arenoso
3 Arenoso	6 Arcillo Limoso	9 Franco Limoso	12 Franco Arcillo Limoso

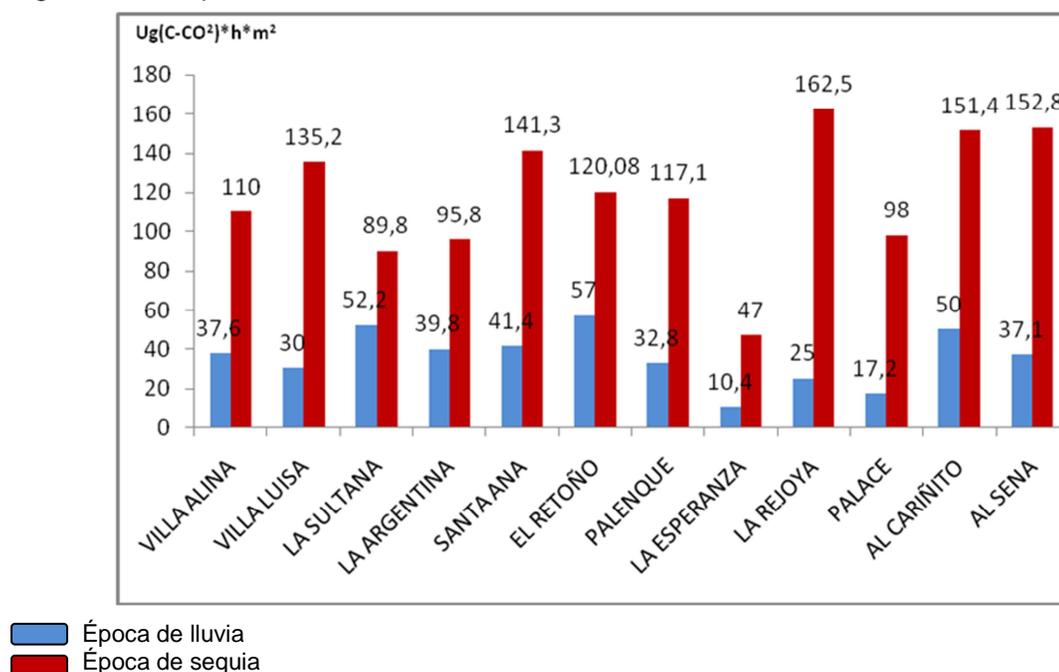
Los análisis de suelos tomados a 12 sistemas agrosilvopastoriles estudiados se encuentran bajo los parámetros de requerimientos nutricionales óptimos de acuerdo a la tabla de requerimientos de nutrientes de un suelo para la siembra de pastos (Jaramillo y Córdoba, 2009), dejando ver que la cantidad de los elementos presentes en el suelo no representa una limitante para el buen desarrollo de los forrajes. Las medidas anotadas en la descripción de los sistemas agrosilvopastoriles se hicieron para garantizar el buen desarrollo de los forrajes y los árboles, y corregir el pH bajo que predominó en los análisis de suelos realizados.

Es de anotar que en el análisis de correlación de Pearson (anexo E), se encontró correlaciones significativas entre estas características, esto dado a las reacciones químicas propias del suelo y que se pueden observar en el anexo E, dichas correlaciones pueden deberse entre otras a la relación del magnesio, el calcio, el fósforo y el potasio; ya

que el magnesio(Mg) como parte del grupo de nutrientes esenciales para las plantas, es el elemento constituyente principal de la molécula de clorofila, fundamental para la fotosíntesis, favorece la absorción de fósforo y está muy relacionado con el calcio y el potasio, participa como activador enzimático. La asimilación del magnesio entre otros factores está influenciada por la concentración de otros nutrientes cationes como calcio y potasio, por lo tanto es fundamental la conservación de una adecuada relación calcio/magnesio, magnesio/potasio y calcio + magnesio / potasio. Estas relaciones contribuyen a un adecuado balance del suelo para brindar un óptimo equilibrio nutricional a las plantas y por consiguiente excelentes producciones en las cosechas (Quiminet, 2007).

**3.4.2 Respiración del suelo.** Las diferencias entre las dos épocas resultaron del impacto de la temperatura en la actividad biológica, como se puede observar en la figura 26.

Figura 26. Respiración del suelo



Como se puede observar en la figura el sistema que presentó el mayor valor 162,5Ug(C-CO<sub>2</sub>)\*h\*m<sup>2</sup> fue la finca La Rejoja y el menor 47Ug(C-CO<sub>2</sub>)\*h\*m<sup>2</sup> para la finca La Esperanza y para la época de lluvia fue mayor 57Ug(C-CO<sub>2</sub>)\*h\*m<sup>2</sup> en la finca El Retoño y el menor 10,4Ug(C-CO<sub>2</sub>)\*h\*m<sup>2</sup> en la finca La Esperanza.

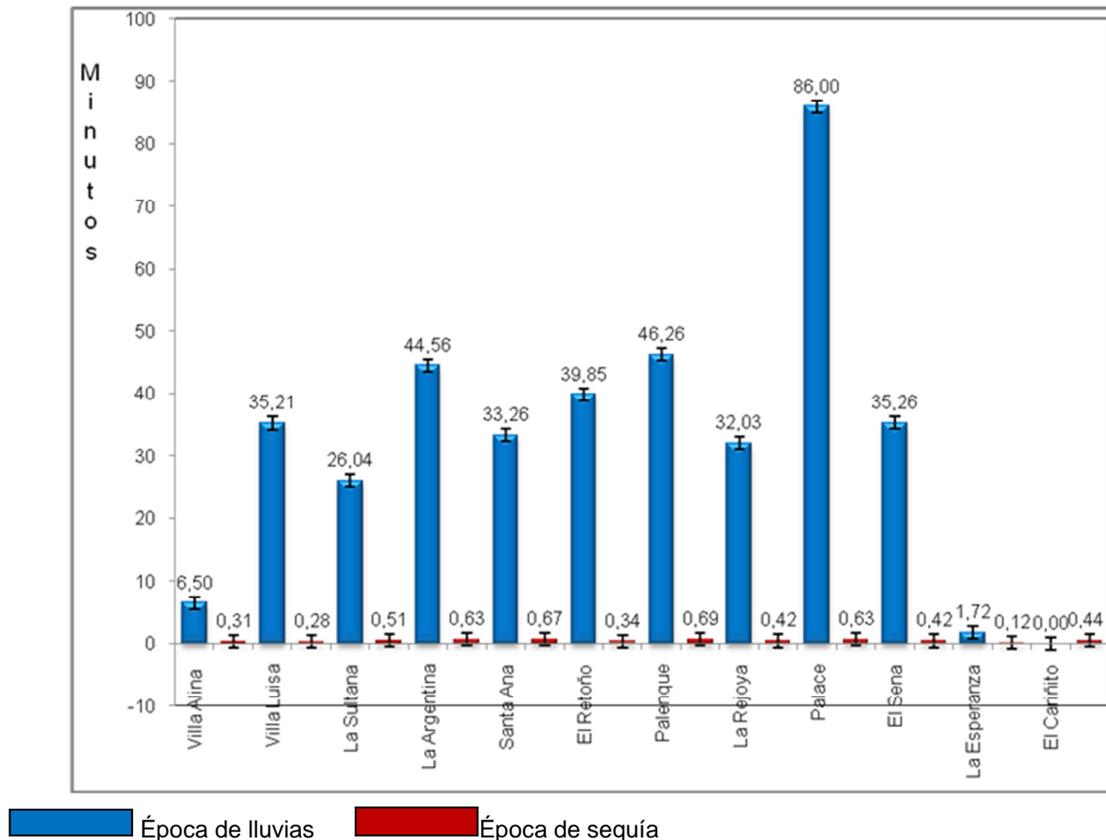
En general, la actividad biológica en el suelo aumenta dos veces con un aumento de 10<sup>0</sup> C en la temperatura del suelo, por lo tanto es lógico que se encontrara una variación alta en la respiración ya que al aumentar la actividad biológica también incrementa la descomposición de materia orgánica (Swicher, 1999). La temperatura del suelo sufre

variaciones diarias y estacionales cuya importancia es menos marcada en profundidad que en la superficie del suelo donde se realizó la evaluación. Estas oscilaciones afectaron la actividad biológica, cuya evidencia se manifiesta en los respirométricos empleados en esta investigación, lo expuesto es confirmado por Varnero (sf).

**3.4.3 Infiltración.** En el anexo E se presentan los análisis estadísticos descriptivos de esta variable, donde se puede observar que la desviación típica de todos los sistemas están por debajo de 5, indicando que los datos obtenidos tienden a la homogeneidad.

El sistema agrosilvopastoril El Cariñito fue un caso especial debido a que en la época de lluvia no fue posible tomar el tiempo de infiltración, ya que el suelo estaba completamente saturado debido tal vez a la lluvia y mayormente a la influencia del Río Blanco que es lindero de la finca y se encuentra en la parte baja del sistema. Un caso contrario fueron los sistemas agrosilvopastoriles la Esperanza (1,72) y Villa Alina (6,5) que tuvieron la infiltración más rápida en época de lluvia lo cual pudo ser por las características del terreno, el cual contaba con una pendiente pronunciada favoreciendo el movimiento del agua lo cual aumenta la velocidad, y las aguas tienden a descender superficialmente hacia las zonas bajas (Universidad Complutense de Madrid, 2005) (figura 38).

Figura 27. Infiltración en época de lluvia y sequía



Las diferencias en los tiempos entre los sistemas (ver figura 27) pudieron verse afectadas por la cubierta vegetal ya que con una cubierta vegetal natural aumenta la capacidad de infiltración y en caso de terreno cultivado, depende del tratamiento que se le dé al suelo (Chaico, 2010). La cubierta vegetal densa pudo favorecer la infiltración y dificultar el escurrimiento superficial del agua, para este caso la cubierta vegetal se encuentra en grado de desarrollo bajo lo cual no le permite influir eficazmente en la capacidad de infiltración, esto para los casos en los que la flora asociada no es abundante. Una vez que la lluvia cesa, la humedad del suelo es retirada a través de las raíces, aumentando la capacidad de infiltración para próximas precipitaciones como lo confirma Chaico(2010).

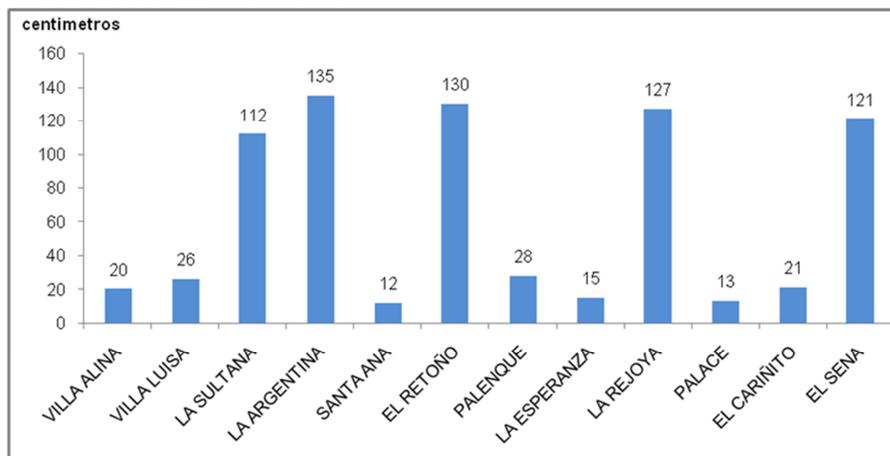
En época de sequía se presentó una infiltración más rápida en comparación a la época de lluvia esto se debió a que la infiltración varía en proporción inversa a la humedad del suelo, es decir, un suelo húmedo presenta menor capacidad de infiltración que un suelo seco además de que las temperaturas bajas dificultan la infiltración (Martínez, 2009). Además otro factor muy influyente es la acción del hombre y de los animales.

El suelo que se encuentra en estado de conservación o con una mínima intervención tiene una estructura favorable para la infiltración, alto contenido de materia orgánica y mayor tamaño de los poros. Si el uso de la tierra tiene buen manejo y se aproxima a las condiciones citadas, se favorecerá el proceso de la infiltración, en caso contrario, cuando la tierra está sometida a un uso intensivo por animales o sujeto al paso constante de vehículos, la superficie se compacta y se vuelve impermeable (Chaico,2010),lo cual pudo ser un factor influyente en los resultados obtenidos.

### 3.4.4 Observaciones y estimaciones físicas del suelo.

**Profundidad del horizonte.** A continuación se presenta la figura 28 donde se representa la profundidad del horizonte en los doce sistemas agrosilvopastoriles estudiados.

Figura 28. Profundidad del Horizonte



Como se observa en la figura los sistemas se pueden dividir en dos grupos los que tienen un horizonte de baja profundidad y los que tienen un horizonte de alta profundidad, esto puede ser debido al tipo de suelo y los procesos de descomposición de materia orgánica que en él se hayan presentado o se están presentando además del tipo de manejo y el grado de transformación dado por el hombre.

Fincas como la Sultana (112 cm), la Argentina (135 cm), El Retoño (130 cm), La Rejoya (127 cm) y El SENA (121 cm) que presentaron horizontes más profundos debido a su riqueza en materia orgánica y al manejo enfocado a la vocación agrícola y el tratamiento de las praderas como cultivo, donde se hace rotación de potreros fertilización y renovación de praderas. Los demás sistemas estudiados presentaron una menor profundidad de horizonte lo cual pudo deberse a la erosión (Scalone, 2008), además de la composición química y la estructura física del suelo que están determinadas por el tipo de material parental o material geológico del cual proviene el suelo, en sistemas agrosilvopastoriles como Villa Luisa (26 cm), Villa Alina (20 cm), La Esperanza (15 cm) y el cariñito (21 cm), pudieron tener un horizonte superficial menor debido a que en el momento del establecimiento de las praderas se realizó arado del suelo (IDEAM, 2001).

**Observación de las raíces de los forrajes.** En la figura 29 se pueden observar las características de las raíces encontradas en la investigación.

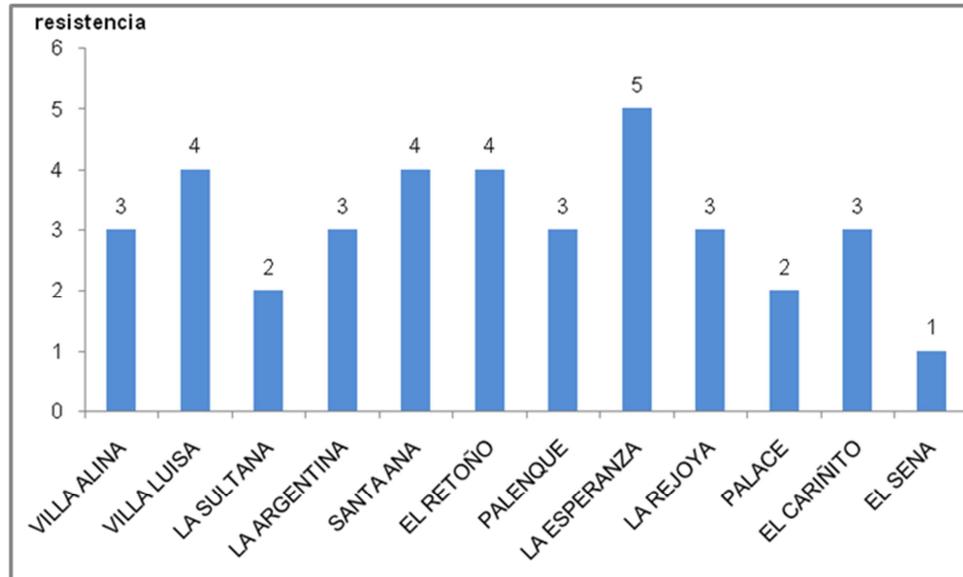
Figura 29. Observación de las Raíces de los Forrajes. A) En laboratorio, B) En campo



En todos los sistemas se pudo observar un crecimiento radicular normal; sistemas radiculares ramificados con presencia de raíces secundarias y terciarias, a diferencia del sistema agrosilvopastoril Santa Ana que presentó raíces lignificadas debido a que desde hace cinco años no se realiza renovación de praderas, lo cual es un problema a largo plazo ya que una pastura sin renovación decrece su rendimiento con el tiempo hasta cuando la producción no es suficiente o las especies remanentes no son tomadas por los animales por cambios en la composición botánica lo que implica que la degradación no se puede recuperar naturalmente (Lozano, 2004).

**Determinación de la resistencia a la penetración.** En la figura 30 se muestra la resistencia a la penetración.

Figura 30. Resistencia a la Penetración



La mayor resistencia a la penetración se encontró en la finca La Esperanza, la cual pudo ser influenciada por el pisoteo que es la presión mecánica que ejerce el ganado sobre el suelo, el pasto y la cobertura vegetal. Este efecto es más severo en aquellos lugares donde el pisoteo se realiza con mayor repetición, por ejemplo en caminos, lugares donde el ganado toma agua, sitios de descanso, etc. Los suelos más afectados por el pisoteo son aquellos maleables (húmedos) a diferencia de los suelos secos. Además las plantas son aplastadas o quebradas por este efecto, que a su vez genera otro proceso en el suelo el cual es la compactación que corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Estas fuerzas externas, en la actividad agrícola, tienen su origen principalmente en los implementos de labranza del suelo, las cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre y el pisoteo de animales (FAO, 1999).

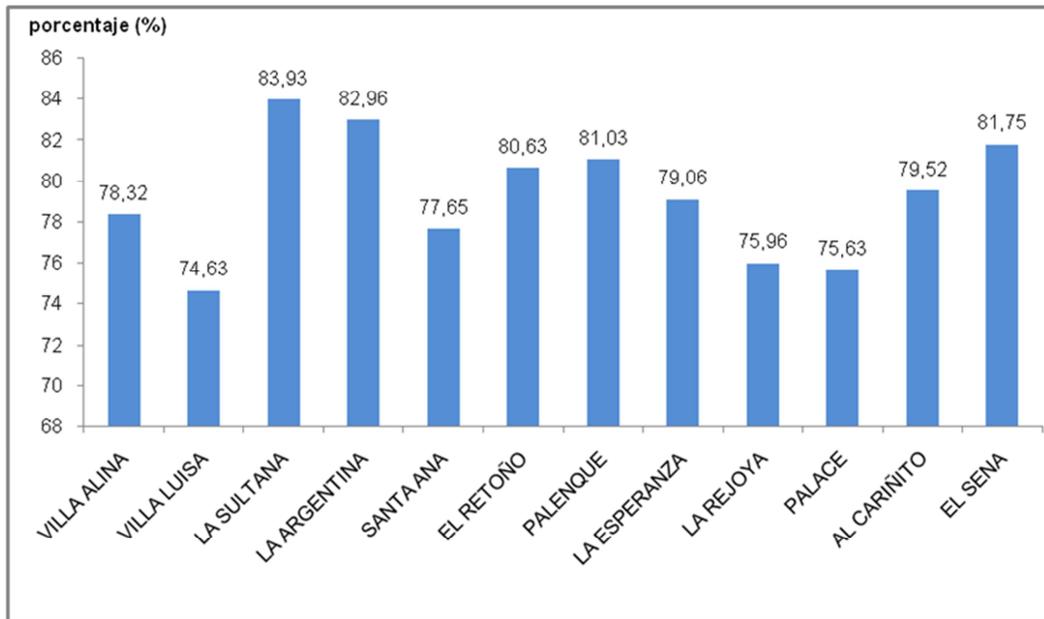
Son dos los factores que van a tener un efecto directo sobre el crecimiento de las raíces; estos son el aumento de la resistencia mecánica del suelo y la disminución de la macroporosidad del suelo; factores que pudieron también influenciar en la granja Experimental del SENA, debido a que constantemente se realizan labores culturales en el suelo, como labranza mínima, rotación de potreros y renovación de praderas entre otras.

**3.4.5 Colonización de micorrizas.** De acuerdo con lo sugerido por Sierra (2009), se concluye que en todas las fincas evaluadas la colonización por hongos micorrízicos fue alta (ver figura 31) con valores por encima del 70%.

El alto nivel de micorrización encontrados en el sistema radicular de las Brachiarias muestreadas, permiten que estas sean capaces de explorar más volumen del suelo del que alcanza con sus raíces (un centímetro de raíces sin micorrizas explora 1-2 cm<sup>3</sup> del suelo; con micorrizas aumenta 5-200 veces). Normalmente el volumen del suelo es de 12-15 cm<sup>3</sup>, colonizada por el inóculo de micorrizas (excepcionalmente se ha llegado a 200 cm<sup>3</sup>). Al aumentar el volumen del suelo explorado por las micorrizas, aumenta la eficiencia de captación de nutrientes del suelo. Existen otros efectos producidos por la micorrizas entre los que se destacan un aumento en la resistencia de la planta micorrizada al estrés hídrico y a la salinidad, un aumento de la resistencia y/o tolerancia a determinados patógenos del suelo, induciendo a la raíz a mantenerse activa durante más tiempo que si no estuviese micorrizada, como lo afirma Hernández (2009).

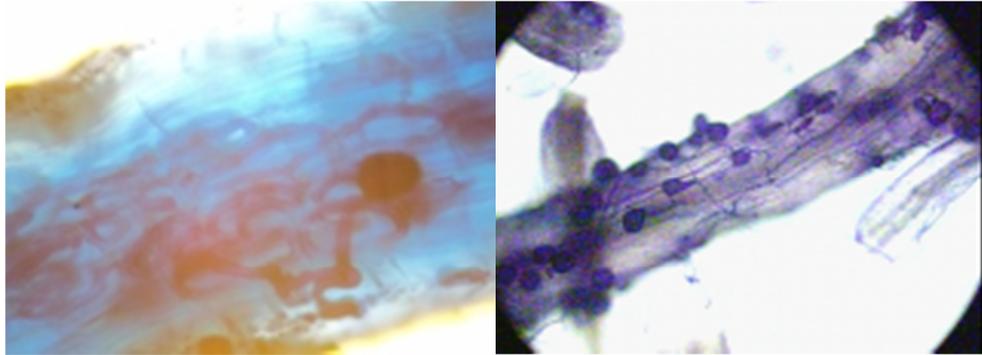
Unido a lo anterior, los sistemas silvopastoriles tenderán a tener una mejor sanidad, debido a la protección brindada por el hongo, que hace a la planta más resistente a los cambios de temperatura y a la acidificación del suelo derivada de la presencia de azufre, magnesio y aluminio, situación típica de los suelos del peniplano de Popayán.

Figura 31. Porcentaje de Colonización



Hernández, 2009, menciona que las plantas con alta colonización de micorrizas, son de gran importancia ya que la fisiología de la planta micorrizada cambia completamente cuando se asocia al hongo mediante el micelio externo, el contacto entre las raíces y el medio se incrementa considerablemente; unido a lo anterior permiten extraer el fósforo del "POOL" disponible, afectando directamente los procesos de solubilización y mineralización, al sumársele en esta labor las hifas del hongo también captan con mayor facilidad ciertos elementos (Fósforo, Nitrógeno, Calcio y Potasio) y agua del suelo; condición similar a lo hallada en los sitios de estudio (ver figura 32).

Figura 32. Imágenes de micorrizas observadas en microscopio



### 3.5 RELACION ENTRE LAS VARIABLES BIOFISICAS DE LOS SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES

Al realizar la correlación bivariada de Pearson entre las variables objeto de la investigación se encontraron las siguientes correlaciones para las variables del suelo (cuadro 7)

Cuadro7. Correlaciones encontradas entre los sistemas agrosilvopastoriles estudiados

Variables		pH	K	Ca	Mg	Al-Sat	S	Resistencia a la penetración
Profundidad del horizonte	Correlación de Pearson	0,6048	0,0534	0,722	0,6579	0,6289	0,1588	-0,3551
	Sig. (bilateral)	0,0372	0,8691	0,008	0,02	0,0285	0,622	0,2574
Respiración	Correlación de Pearson	-	-	-	-	-	-	-
	Sig. (bilateral)	0,0983	0,7566	0,1151	0,0359	0,3944	0,2245	0,0223
Humedad relativa	Correlación de Pearson	-	-	-	-	-	-	-
	Sig. (bilateral)	0,7611	0,0044	0,7218	0,9119	0,2046	0,4831	0,9451
Radiación solar	Correlación de Pearson	0,2594	-0,235	0,6563	0,6234	0,6072	0,6028	0,1019
	Sig. (bilateral)	0,4155	0,4621	0,0204	0,0303	0,0363	0,038	0,7526
Resistencia a la penetración	Correlación de Pearson	0,2369	0,2822	0,0656	0,1299	0,1207	0,0182	-0,6366
	Sig. (bilateral)	0,4584	0,3741	0,8394	0,6873	0,7088	0,9553	0,026
N		12	12	12	12	12	12	12

Solo se encontró relaciones entre la variable profundidad del horizonte con las variables pH (0,604), calcio (0,722), magnesio (0,657) y el aluminio (-0,628); Entre las variables respiración y potasio (-0,756); entre la variable humedad relativa y las variables calcio (-0,656), Magnesio (-0,626), Al-sat (0,607) y azufre (0,602); entre las variables radiación solar y resistencia a la penetración (-0,636) (ver anexo E).

Se puede decir que la relación entre la variable profundidad del horizonte y las variables calcio, magnesio y Al.sat se debe a la naturaleza mineral del calcio y el potasio, que se absorben en las superficies de las arcillas y la materia orgánica (la cual se encuentra en el horizonte), el magnesio se encuentra en la solución del suelo como catión  $Mg^{2+}$  en menor cantidad que el Calcio. Las micorrizas se encuentran asociadas con las raíces del pasto que a su vez están en el primer horizonte facilitando la absorción de estos minerales (Quiminet, 2007).

Según uno de los factores que más influyen sobre la absorción de nutrientes por la planta es la humedad, ya que a medida que aumenta la humedad, dentro de ciertos límites, se produce un incremento en la absorción de nutrientes dejando poca disponibilidad de nutrientes en el suelo, explicando así la correlación negativa existente entre las variables Humedad relativa calcio, magnesio, al-sat y azufre

La relación encontrada entre las variables respiración y el potasio (K) se puede explicar ya que este es un elemento nutritivo esencial para todos los organismos vivos. Los vegetales necesitan cantidades elevadas de este nutriente siendo semejante al requerimiento de nitrógeno. El K cumple un rol importante en la activación de un número de enzimas (conociéndose más de 60 activadas por este catión), que actúan en diversos procesos metabólicos tales como fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos, procesos; también tiene incidencia en el balance de agua y en el crecimiento meristemático. Al participar de estos procesos metabólicos el K actúa favoreciendo el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos. Las plantas obtienen el K del suelo que proviene de la meteorización de los minerales, de los residuos orgánicos o el que proviene de los abonos y fertilizantes. Los procesos pedogenéticos actúan sobre los materiales presentes en el suelo y producen en mayor o menor medida la disponibilidad del nutriente como lo explica Conti (2011).

Los procesos metabólicos mencionados se pueden asociar con el incremento en la respiración del suelo, lo cual nos lleva a concluir que cuando la planta absorbe el potasio aumentando la respiración y disminuyendo el contenido del elemento en el suelo en el suelo. Se lo encuentra en todos sus órganos movilizándose fácilmente de una parte a otra de la planta.

### **3.6 ANÁLISIS MULTIVARIADO**

Los resultados encontrados en cada sistema silvopastoril muestran homogeneidad, debido a que se hallan en una misma zona geográfica, conocida como el Peniplano de Popayán; donde la formación geológica de los suelos son derivados de cenizas volcánicas y a que el componente arbóreo de los sistemas se encuentran en un estado inicial de desarrollo, lo que refleja una mínima influencia en las variables microclimáticas; por lo cual se realizó el análisis de componentes Principales, con el fin de encontrar las variables más determinantes para los sistemas agrosilvopastoriles y de esta manera entender de una forma más adecuada la dinámica (ver cuadro 8).

Cuadro 8. Tabla de Variabilidad

Componente principal	Eigenvalue	% Varianza
1	11809,1	59,519
2	4825,37	24,32
3	2297,84	11,581
4	736,691	3,713
5	119,742	0,60351
6	35,566	0,17926
7	8,72869	0,043993
8	4,97643	0,025082
9	2,36535	0,011922
10	0,343238	0,0017299
11	0,196456	0,00099016
12	8,90E-30	4,49E-32
13	4,54E-64	2,29E-66

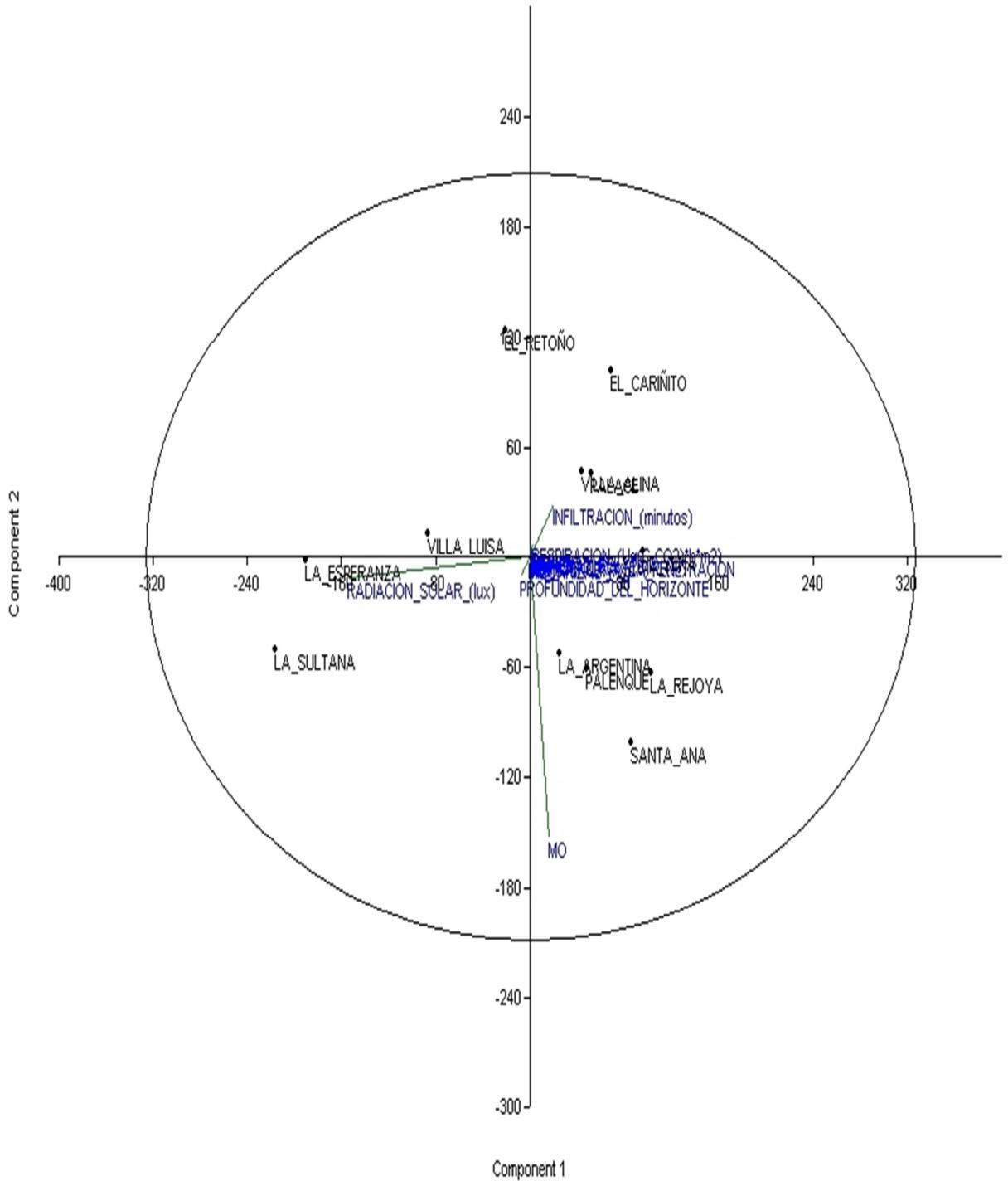
De acuerdo a lo revelado en la figura 33, la finca la Sultana presento un alejamiento al eje central, dado a la mayor radiación solar 491lux en época de lluvia, seguida de la finca La esperanza con 463,6 lux.

En cuanto a la materia orgánica se destacó Santa Ana por tener el mayor contenido de materia orgánica con 284,41 unidades, Palenque con 242,14, La Rejoya con 241,11 y La Argentina con 225,50, localizadas principalmente hacia el flanco occidental del Peniplano.

En la Infiltración se destaca la finca el cariñito, ya que en la época de lluvia no se pudo medir, dado al alto nivel freático influenciado por el río Blanco que es el lindero de la finca; para la Finca Palacé con 86 minutos presento el mayor tiempo, debido quizá a la carencia en el manejo de la pradera, la cual no tuvo renovación y por último Villa Alina con 6,5 minutos que se ubicó de tercero entre los más rápidos.

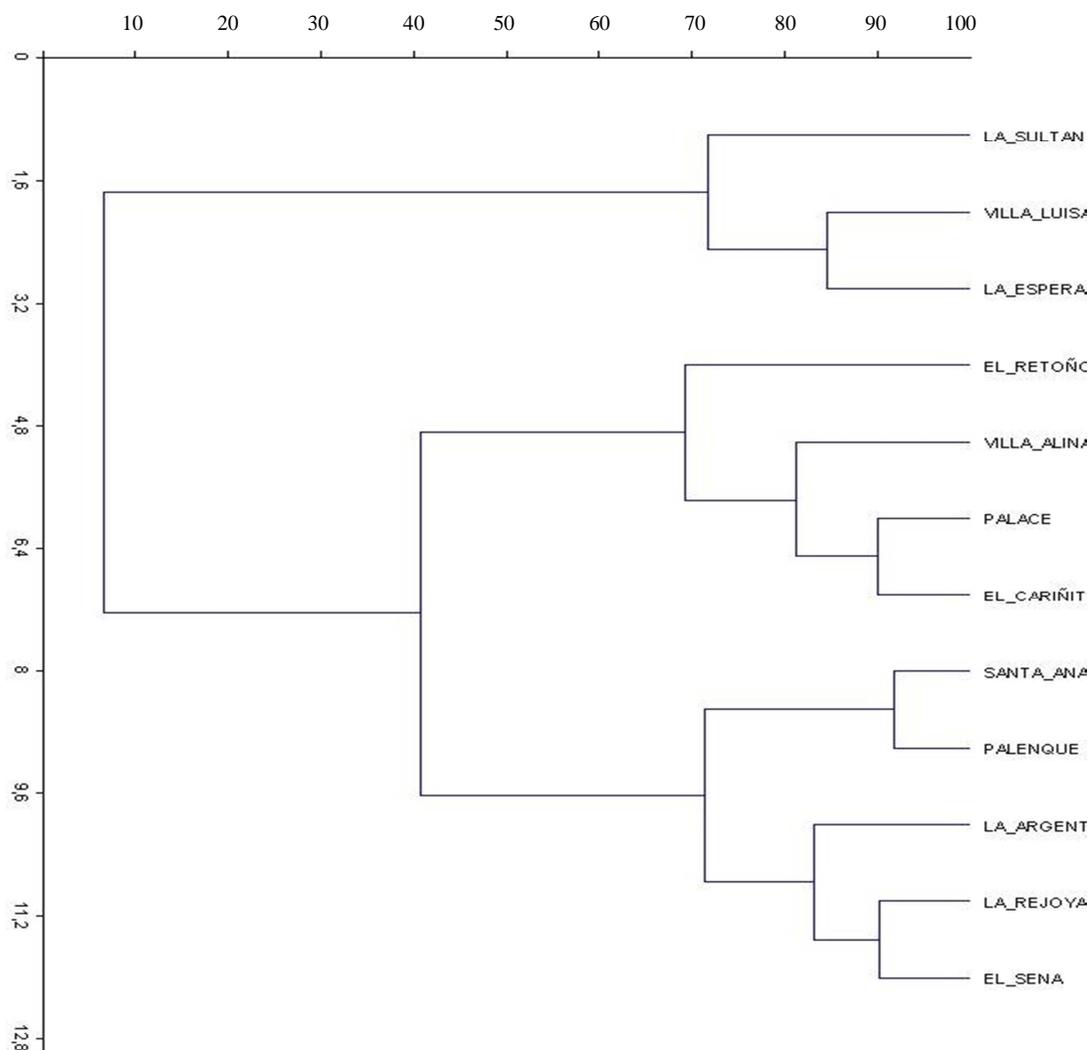
Para la materia orgánica es de esperarse que sea una variable determinante ya que es importante para el desarrollo de las plantas y la absorción de nutrientes, además de mejorar las características del suelo (Botero, 2006). La radiación solar es aprovechada por las plantas para realizar la fotosíntesis de ahí que sea la segunda variable más determinante después de la materia orgánica.

Figura 33. Diagrama de proyección de los datos de los doce sistemas agrosilvopastoriles sobre el plano definido por los dos primeros componentes principales



**3.6.1 Análisis de agrupamiento.** Este análisis se realizó con el fin de establecer grupos con un grado de similitud muy fuerte y así, describir de forma general las características que tienen en común los sistemas que lo conforman, teniendo en cuenta las variables más influyentes que se encontraron en el análisis de componentes principales (ver figura 34).

Figura 34. Dendograma de los 12 sistemas agrosilvopastoriles



Al hacer un corte transversal del dendograma de la figura 34, se conformaron tres grupos con el 72% de similitud, el primer grupo es conformado por los sistemas La Esperanza, Villa Luisa y La Sultana, se caracteriza por tener una radiación solar alta en época de lluvia de 292,67 a 314,84 lux y un contenido de materia orgánica medio de 155,61 a 202,88 (g/kg), el segundo grupo es conformado por los sistemas El Retoño, Villa Alina, El Cariñito y Palacé, tienen una radiación solar media de 221,84 a 281,26 lux y un contenido de materia orgánica bajo de 44,35 a 140,80 (g/kg) y un tercer grupo formado por los

sistemas Santa Ana, Palenque, La Argentina, La Rejoya y El Sena, revelan una baja radiación solar de 195,73 a 219,39 (lux) donde palenque y la argentina tienden a radiación solar media con valores de 227,19 y 235,42 (lux) respectivamente y todos presentan alto contenido de materia orgánica de 173,84 a 284,41 (g/kg).

Es de notar que la materia orgánica tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso. Cuando se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, los autores mencionan que aumenta la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas. Y en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado como lo menciona Julca et al., 2006, lo cual no permite reflexionar sobre la importancia de esta variable en el desarrollo de los sistemas evaluados.

Se encontró que la segunda variable más importante en los sistemas fue la radiación solar ya que provee de la energía necesaria a las plantas verdes, que poseen clorofila, para la fotosíntesis, a través de la cual se produce la materia orgánica. La luz influye también en el crecimiento de las plantas y en la formación de órganos. La alta radiación ultravioleta destruye materias necesarias para el crecimiento. Por esta causa, las plantas de zonas frías, como la Puna, crecen más lentamente que las de zonas cálidas. Igualmente, la radiación ultravioleta frena la reproducción y mata las bacterias. Por otra parte, la influencia de la luz es importante para la germinación de las semillas y el movimiento de orientación de las plantas hacia la fuente de luz (fototropismo), (Perú ecológico, 2009), siendo los forrajes un cultivo con una alta demanda le radiación solar se puede corroborar la relevancia de dicha variable en el óptimo desarrollo de los mismos.

#### 4. CONCLUSIONES

Las variables microclimáticas encontradas en los doce sistemas agrosilvopastoriles estuvieron acordes al rango de adaptación de los forrajes establecidos, resaltando la influencia de la variable radiación solar debido a que las gramíneas forrajeras son plantas C4.

En los doce sistemas agrosilvopastoriles motivo de estudio se encontraron 48 especies de flora asociada, de ellas 27 especies fueron entre arbustivas y arbóreas, importantes para el sombreado en el sistema agrosilvopastoril, ya que promueven la modificación en el microclima, generando un descenso en la humedad relativa del aire a nivel de la pastura y mejorando el bienestar animal, de las especies forrajeras se pueden resaltar las coberturas nobles, que favorecen la protección del suelo evitando la erosión y algunas son aptas para el consumo animal.

De las características físicas del suelo se resalta la infiltración como una variable determinante en los sistemas agrosilvopastoriles notando diferencias entre los mismos en las dos épocas evaluadas, en el análisis químico realizado al suelo en los doce sistemas, sobresalió el pH por ser bajo pero no limitante para el desarrollo de los forrajes establecidos y en las características biológicas del suelo se encontró que todos los sistemas estudiados cuentan con un porcentaje alto de colonización de micorrizas, este factor mejora el cumplimiento de las funciones en las raíces y favorece su desarrollo, esto se pudo notar al hacer la observación de las raíces la cuales no presentaron anomalías.

Los análisis multivariados reportaron que las variables más determinantes en los sistemas agrosilvopastoriles fueron la materia orgánica, la radiación solar y la infiltración, destacándose el sistema agrosilvopastoril La Sultana por ser el sistema que más se alejó del grupo ya que presentó mayor radiación solar 314.84 lux en época de lluvia seguido de la esperanza con 309.22 lux. En cuanto a la materia orgánica se destacaron los sistemas agrosilvopastoriles Santa Ana por tener el contenido de materia orgánica más alto 284,41g/Kg, seguido de los sistemas Palenque con 242,14 g/Kg, La Rejoja con 241,11 g/Kg y La Argentina con 225,50 g/Kg. En la infiltración se destacó Palacé con 86 minutos como el más alto y Villa Alina con 6,5 minutos que se ubicó de tercero entre los más rápidos.

## 5. RECOMENDACIONES

Es importante antes de establecer un sistema agrosilvopastoril conocer las variables climáticas de la zona para así escoger en forma acertada las especies forrajeras y arbóreas a establecer.

Identificar la flora asociada a los sistemas agrosilvopastoriles nos permite conocer los atributos de dichas especies, que pueden representar beneficios ambientales en la conservación de las fuentes hídricas, aportar proteína a los animales y mejorar su bienestar, dichas especies se deben conservar y reproducir, además de ser incluidas en los sistemas como cercas vivas o barreras rompevientos.

Se debe realizar un análisis de suelos previo al establecimiento de un sistema agrosilvopastoril para poder implementar los correctivos necesarios al suelo además de poder garantizar mediante la fertilización el suministro necesario de los requerimientos nutricionales de las especies a cultivar y el equilibrio de los nutrientes en el suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

AGENDA INTERNA CAUCA. Apuestas Productivas: Agrocadena Ganadería. Cámara de Comercio del Cauca. CREPIC; 2006.

ALDANA, Judith Petity QUIJADA, José Zúñiga. Manual de Ganadería Doble Propósito, Sistemas Silvopastoriles. 2005.

BOTERO BOTERO, Javier Antonio. Los Sistemas Silvopastoriles como sumideros de CO<sub>2</sub>. 2006

------. Pasturas y forrajes. Publicado 2011 [Consultado en octubre de 2010]. Disponible en internet en: <http://www.pasturasyforrajes.com/>

CHAICO VENTURA, Eleázar. Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agrícola. Ayacucho – Perú, 2010

COMUNIDADES DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA. Fisiología vegetal. Relaciones entre la planta y el suelo [en línea]. Publicado 2005. [Consultado Noviembre de 2010]. Disponible en internet en: <http://www.elergonomista.com/fisiologiavegetal/relaciones.htm>

CONTI, Marta Elvira. Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. Cátedra de Edafología - Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires. Argentina.

COSTA RICA. INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL. Factores que influyen en la radiación uv en la superficie [en línea]. [Consultado septiembre 2009]. San José, Costa Rica. 2009. Disponible en internet en: <http://www.imn.ac.cr/educacion/UV/UVB1.html>

------. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica. 1991.

COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Dirección general de investigación y extensión agrícola. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Importancia del análisis químico del suelo para mejorar la producción agrícola. [En línea]. [Consultado noviembre 2010]. San José, Costa Rica. 1991. Disponible en internet en: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_analisisquimico.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_analisisquimico.pdf)

CUSTODIO, Emilio. Manual Llamas: "Hidrología Subterránea". [Consultado septiembre 2010] Ediciones Omega. Barcelona. (España). 1983. Disponible en internet en:<http://ing.unne.edu.ar/pub/infi.pdf>

FAO. Instituto de Recursos Naturales de la Universidad de Greenwich. Animal Production and Health Division. Pisoteo animal. Caja de Herramientas Sobre Ganadería y Medio Ambiente. [En línea]. [Consultado enero de 2011] Livestock, Environment and Development Initiative (LEAD), 1999. Disponible en internet en: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Grazing/Animtram.htm>

GÓMEZ ARISTIZÁBAL, Álvaro y RIVERA POSADA, Horacio. Descripción de arvenses en plantaciones de café. CENICAFÉ, 1995, segunda edición. Federación Nacional de Cafeteros, Chinchiná, Caldas- Colombia.

HERNÁNDEZ ORTIZ, Greis Carolina. Ventajas de las micorrizas [Consultado octubre de 2010]. Disponible en internet: <http://micorrizas.blogspot.com/2009/03/ventajas-de-las-micorrizas>

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. Descripción topográfica de la meseta de Popayán con fines agropecuarios, 1994.

INSTITUTO DE METEOROLOGÍA, HIDROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Suelos. [En línea]. [Citado en enero 15 de 2010] Colombia. Disponible en Internet: <http://www.ideam.gov.co>

----- Atlas climatológico de Colombia: Cauca [en línea]. Colombia: 2001, [citado en enero 22 de 2010]. Disponible en internet:<http://www.ideam.gov.co/atlas/mclima.htm>

INSTITUTO HUMBOLDT. Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad, 2008.

JARAMILLO MOSQUERA, Santiago, CÓRDOBA, María del Socorro. Transferencia de conocimiento a propietarios de pequeñas empresas ganaderas. Pastos y forrajes. Equipo de apoyo Comité de Ganaderos del Cauca. Popayán, Septiembre de 2009.

LASCANO, C., PÉREZ, R., PLAZAS, C. MEDRANO, J., PÉREZ, O. y ARGEL, P.J. Pasto Toledo brachiariabrizanthaciat 26110 gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería. Villavicencio, Colombia. CIAT. Noviembre 2002

LOZANO OSORNO, Fernando. Nuevos conceptos y estrategias para la renovación de praderas degradadas en el trópico alto colombiano. CORPOICA. Colombia, 2004.

MARTÍN, Guillermo O. Forrajes y Manejo de Pasturas. Mantenga la sombra en sus potreros y reduzca el estrés animal. [Consultado octubre de 2010]. Revista Producción, Agosto 2002, FAZ, Untucumán. Disponible en internet en: <http://www.produccion-animal.com.ar>

MARTÍNEZ GONZAGA, Fabiola. Influencia de la textura en la permeabilidad del suelo en la subcuenca Zamora Huayco- Cantón Loja. Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales. Tesis Ingeniera en Gestión Ambiental. Loja – Ecuador, 2009.

PROYECTO FERTILIZAR - INTA Pergamino. Movilidad del fósforo en el suelo [en línea]. [Consultado noviembre de 2010] Cancún, México, 2009. Disponible en internet en: <http://www.fertilizando.com/articulos/Movilidad%20del%20Fosforo%20en%20el%20Suelo.asp>

QUIMINET. La absorción de magnesio por las plantas [En línea]. [Consultado Noviembre de 2010] México DF, enero de 2007 Disponible en internet en: <http://www.quiminet.com>

RIEGO - La compactación de los suelos agrícolas (origen, efectos, prevención y corrección) [En línea]. [Consultado Diciembre de 2010] Chile, INFOAGRO 2002. Disponible en internet en [http://www.abcagro.com/riego/64compactación\\_suelos.asp](http://www.abcagro.com/riego/64compactación_suelos.asp)

RUBIANO NOVOA, Jose María. Sistemas Agroforestales II. 2001

SALAZAR G., Luis Fernando. Manejo Integrado de Arvenses: Práctica más eficiente para prevenir la erosión de los suelos de la región cafetera colombiana. Diciembre de 2003.

SIERRA, Beatriz Elena. Guía para la tinción de raíces. Grupo de investigación en biotecnología agroambiental – microbiota. Colombia, 2009.

SCALONE ECHAVE, Miguel A. Morfología de los suelos capítulo 8 [en línea]. Instituto de Agrimensura. Montevideo Uruguay, 2008. Disponible en internet en: <http://www.fing.edu.uy/ia/departamento%20legal/Apuntes/Capitulo8.pdf>

SWICHER, M.E. Manual para el estudio de campo. Módulo1. La ecología de la parcela, Universidad de la Florida, 1999. 84 p.

UNAM. Infiltración y humedad del suelo. Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico [En línea]. Serie Textos Universitarios. Núm. 1, IV. Disponible en internet en: <http://www.igeograf.unam.mx/web/iggweb/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/cp4.pdf>

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, Facultad de Educación - Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Escorrentía subterránea. La infiltración [en línea]. [Consultado octubre de 2010] Madrid, España, 2005. Disponible en internet en: [http://www.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/esc\\_sub\\_infiltracion.html](http://www.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/esc_sub_infiltracion.html)

URIBE, A. Alternativa para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la ganadería Colombiana. Compilación de memorias de seminarios Internacionales sobre sistemas Silvopastoriles. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Fondo Nacional del Ganado (FEDEGAN), Colciencias y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Santa Fé de Bogotá. 1996. 294 p.

USDA. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo, 88 pp. Agosto, 1999.

VARNERO M., María Teresa. El suelo como sistema biológico. Capítulo VIII [en línea]. Depto. Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago de Chile. Disponible en internet en: [http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_agronomicas/miscelaneasagronomicas38/C8.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/miscelaneasagronomicas38/C8.html)

VELEZ O., Germán Alonso. Sistemas Agroforestales I. 1995.

CANTOR, Javier Francisco. Ganaderías Orgánicas, artículo sobre Silvopastoreo. 22 de Febrero de 2008

IBRAHIM, M., CAMERO, A., CAMARGO, J.C., ANDRADE, H.J. Sistemas Silvopastoriles en América Central. Experiencias de CATIE. MAYO 7 DE 2008. Costa Rica. Turrialba.

JULCA. A., MENESES. L., BLAS. R., BELLO. S., La Materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura, IDESIA Vol. 24 N° 1; 49-61. 2006. Chile.

ONG Perú ecológico y Universidad Nacional Agraria La Molina. Depto. de Fitotecnia, Enciclopedia virtual "ecología del Perú". Capítulo 1. El ambiente y los factores ambientales. Tema 5 la luz. La Molina. Lima. Perú. 2009.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A. GUÍA DE LABORATORIO PARA OBSERVACIÓN DE MICORRIZAS**

#### **OBSERVACION DE MICORRIZAS EN LABORATORIO**

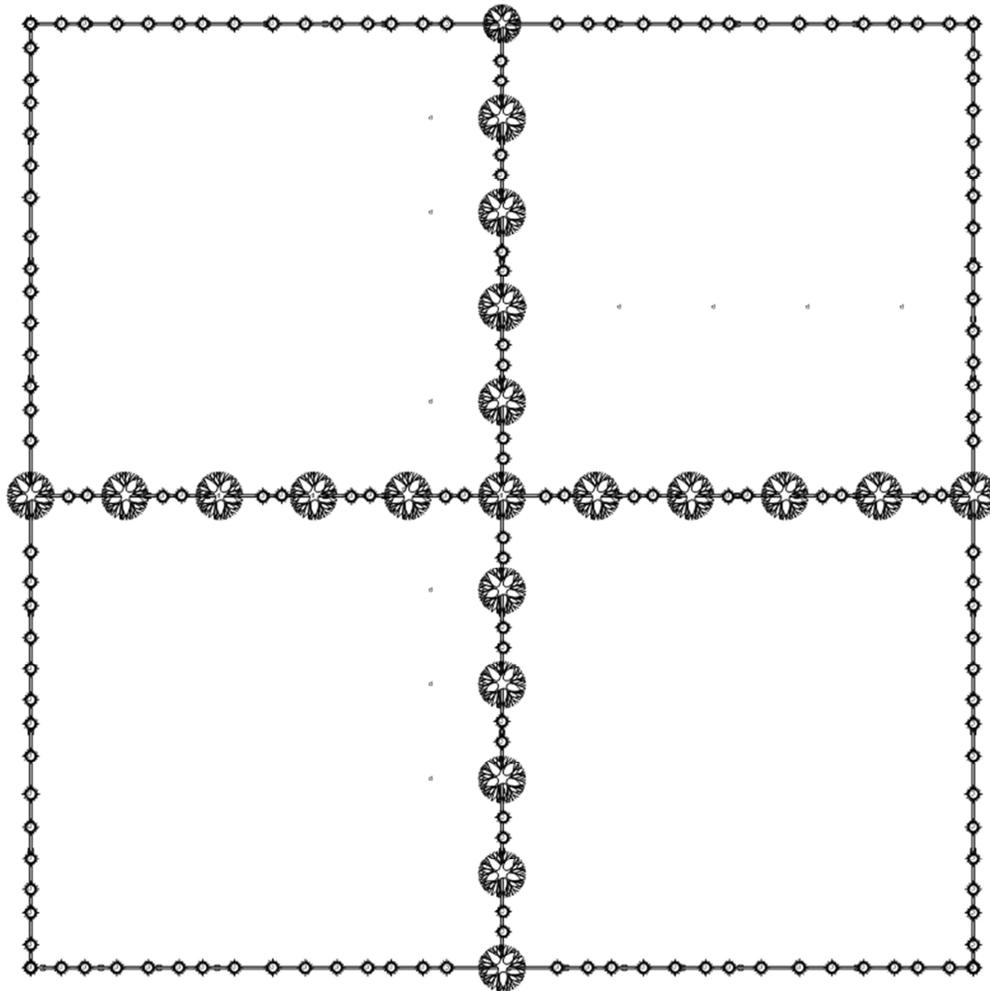
Se tomó una muestra de suelo, se llevó al laboratorio para seleccionar una porción de raíces delgadas que se enjuagaron muy bien.

Posteriormente se depositaron en tubos de ensayo y se les agregó KOH 10% hasta cubrirlos y se llevaron al baño maría precalentado a 70<sup>o</sup> y permanecieron por quince minutos.

Pasado este tiempo se retiraron los tubos y se dejaron enfriar, se descartó el KOH y se enjuagaron tres veces con agua corriente, luego se cubrieron las raíces con HCL 10% y se dejaron a temperatura ambiente por quince minutos, pasado este tiempo se descartó el reactivo y se cubrieron las raíces con azul de tripano al 0,05% y se llevaron los tubos al baño maría durante quince minutos. Al finalizar este tiempo se descartó el azul tripano.

Para la observación de las raíces en el microscopio se colocaron en una caja de petri, se cortaron segmentos de raíces teñidas de 2cm de longitud, con la ayuda de la pinza se colocaron en forma vertical y paralelamente en un portaobjetos, se les adicionó glicerol y se les colocó una lámina cubreobjetos. En el microscopio de luz a 40X se hizo la evaluación registrando el número de campos colonizados.

## ANEXO B. MODELO SILVOPASTORIL



● Aguacate y cítricos.

◆ *Acacia sp*, *Eucalyptus sp* y *Leucaena diversifolia*

Fuente. Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria

**ANEXO C. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS PARA LAS VARIABLES BIOFÍSICAS ESTUDIADAS EN LOS DOCE SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES**

TEMPERATURA	Sistema	Época	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
	Villa Alina	Lluvia	9,00	3,67	9,33	6,50	1,94	45,92
		Sequia	9,00	0,28	0,34	0,31	0,02	27,36
	Villa Luisa	Lluvia	9,00	28,22	42,20	35,21	4,78	8,43
		Sequia	9,00	0,24	0,32	0,28	0,03	22,51
	La Sultana	Lluvia	9,00	24,39	27,69	26,04	1,13	15,00
		Sequia	9,00	0,47	0,55	0,51	0,03	38,41
	La Argentina	Lluvia	9,00	40,47	48,65	44,56	2,80	5,87
		Sequia	9,00	0,55	0,71	0,63	0,05	32,52
	Santa Ana	Lluvia	9,00	29,48	37,04	33,26	2,59	21,60
		Sequia	9,00	0,56	0,78	0,67	0,08	48,60
	El Retoño	Lluvia	9,00	37,32	42,38	39,85	1,73	52,10
		Sequia	9,00	0,27	0,41	0,34	0,05	53,24
	Palenque	Lluvia	9,00	40,32	52,20	46,26	4,07	11,78
		Sequia	9,00	0,59	0,79	0,69	0,07	38,99
	La Rejoja	Lluvia	9,00	30,32	33,74	32,03	1,17	16,14
		Sequia	9,00	0,29	0,55	0,42	0,09	18,78
	Palacé	Lluvia	9,00	84,29	87,71	86,00	1,17	17,26
		Sequia	9,00	0,32	0,94	0,63	0,21	38,89
	El Sena	Lluvia	9,00	33,35	37,17	35,26	1,31	15,00
Sequia		9,00	0,36	0,48	0,42	0,04	24,11	
La Esperanza	Lluvia	9,00	0,84	2,60	1,72	0,60	26,42	
	Sequia	9,00	0,09	0,15	0,12	0,02	45,92	
El Cariñito	Lluvia	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,82	
	Sequia	9,00	0,33	0,55	0,44	0,08	44,65	

RADIACIÓN SOLAR	Sistema	Época	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
	Villa Alina	Lluvia	9,00	25,00	764,00	281,26	254,76	57.690,67
		Sequia	9,00	118,00	1.586,00	768,62	392,62	206.911,80
	Villa Luisa	Lluvia	9,00	0,00	1.052,00	292,67	335,97	100.331,55
		Sequia	9,00	107,00	1.467,00	899,25	441,04	172.901,92
	La Sultana	Lluvia	9,00	25,36	1.016,00	314,84	356,58	113.020,59
		Sequia	9,00	123,00	1.541,23	943,52	425,23	160.728,56
	La Argentina	Lluvia	9,00	30,10	779,00	235,42	239,43	50.955,80
		Sequia	9,00	96,00	1.427,00	846,26	409,62	149.146,41
	Santa Ana	Lluvia	9,00	23,59	623,20	219,39	199,59	35.411,64
		Sequia	9,00	34,00	1.467,35	780,39	483,10	207.455,61
	El Retoño	Lluvia	9,00	0,00	864,00	258,78	289,94	74.723,28
		Sequia	9,00	23,00	1.398,00	831,02	427,32	85.461,00
	Palenque	Lluvia	9,00	10,00	530,00	227,19	218,43	42.409,60
		Sequia	9,00	98,00	1.587,00	915,85	443,46	174.802,19
	La Rejoja	Lluvia	9,00	23,10	536,97	200,04	187,76	31.337,54
		Sequia	9,00	94,00	1.463,00	736,00	517,60	201.653,50
	Palacé	Lluvia	9,00	45,00	630,00	238,70	171,59	26.172,76
		Sequia	9,00	139,00	1.487,36	748,84	482,32	158.830,42
	El Sena	Lluvia	9,00	32,20	560,00	195,73	182,13	29.486,19
Sequia		9,00	136,00	1.462,97	948,88	411,36	150.412,23	
La Esperanza	Lluvia	9,00	56,00	875,00	309,22	258,01	59.171,95	
	Sequia	9,00	265,00	1.364,92	936,62	320,97	91.574,95	
El Cariñito	Lluvia	9,00	29,00	650,00	221,89	203,50	36.809,43	
	Sequia	9,00	194,00	1.291,00	861,00	197,69	34.738,00	

<b>HUMEDAD</b>	<b>Sistema</b>	<b>Época</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típ.</b>	<b>Varianza</b>
	<b>Villa Alina</b>	Lluvia	9,00	71,59	98,24	89,00	9,04	81,68
		Sequia	9,00	18,74	95,26	57,00	26,20	686,26
	<b>Villa Luisa</b>	Lluvia	9,00	66,54	98,97	86,00	10,99	120,76
		Sequia	9,00	35,00	93,00	64,00	19,85	394,22
	<b>La Sultana</b>	Lluvia	9,00	43,98	98,02	71,00	18,50	342,16
		Sequia	9,00	28,32	87,68	58,00	20,32	412,92
	<b>La Argentina</b>	Lluvia	9,00	56,00	92,00	74,00	12,32	151,88
		Sequia	9,00	32,16	89,84	61,00	19,75	389,88
	<b>Santa Ana</b>	Lluvia	9,00	48,00	93,00	70,50	15,40	237,30
		Sequia	9,00	22,25	96,75	59,32	29,05	843,91
	<b>El Retoño</b>	Lluvia	9,00	35,00	93,00	64,00	19,85	394,22
		Sequia	9,00	37,96	82,54	60,25	17,42	303,36
	<b>Palenque</b>	Lluvia	9,00	51,00	91,00	71,00	13,69	187,50
		Sequia	9,00	32,54	97,46	65,00	21,68	469,82
	<b>La Rejoja</b>	Lluvia	9,00	52,00	97,00	74,50	15,40	237,30
		Sequia	9,00	34,66	83,56	63,67	16,67	277,81
	<b>Palacé</b>	Lluvia	9,00	42,00	91,00	66,50	16,77	281,37
		Sequia	9,00	36,52	87,48	62,00	19,61	384,74
	<b>El Sena</b>	Lluvia	9,00	52,89	98,00	75,44	15,44	238,43
Sequia		9,00	31,06	88,89	55,33	21,36	456,43	
<b>La Esperanza</b>	Lluvia	9,00	43,00	98,00	70,50	18,83	354,49	
	Sequia	9,00	41,76	84,24	63,00	16,06	257,89	
<b>El Cariñito</b>	Lluvia	9,00	57,00	97,00	77,00	13,69	187,50	
	Sequia	9,00	34,27	88,37	61,32	21,09	444,81	

<b>INFILTRACION</b>	<b>Sistema</b>	<b>Época</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típ.</b>	<b>Varianza</b>
	<b>Villa Alina</b>	Lluvia	9,00	3,67	9,33	6,50	1,94	3,75
		Sequia	9,00	0,28	0,34	0,31	0,02	0,00
	<b>Villa Luisa</b>	Lluvia	9,00	28,22	42,20	35,21	4,78	22,89
		Sequia	9,00	0,24	0,32	0,28	0,03	0,00
	<b>La Sultana</b>	Lluvia	9,00	24,39	27,69	26,04	1,13	1,28
		Sequia	9,00	0,47	0,55	0,51	0,03	0,00
	<b>La Argentina</b>	Lluvia	9,00	40,47	48,65	44,56	2,80	7,84
		Sequia	9,00	0,55	0,71	0,63	0,05	0,00
	<b>Santa Ana</b>	Lluvia	9,00	29,48	37,04	33,26	2,59	6,69
		Sequia	9,00	0,56	0,78	0,67	0,08	0,01
	<b>El Retoño</b>	Lluvia	9,00	37,32	42,38	39,85	1,73	3,01
		Sequia	9,00	0,27	0,41	0,34	0,05	0,00
	<b>Palenque</b>	Lluvia	9,00	40,32	52,20	46,26	4,07	16,52
		Sequia	9,00	0,59	0,79	0,69	0,07	0,00
	<b>La Rejoja</b>	Lluvia	9,00	30,32	33,74	32,03	1,17	1,37
		Sequia	9,00	0,29	0,55	0,42	0,09	0,01
	<b>Palacé</b>	Lluvia	9,00	84,29	87,71	86,00	1,17	1,37
		Sequia	9,00	0,32	0,94	0,63	0,21	0,05
	<b>El Sena</b>	Lluvia	9,00	33,35	37,17	35,26	1,31	1,71
Sequia		9,00	0,36	0,48	0,42	0,04	0,00	
<b>La Esperanza</b>	Lluvia	9,00	0,84	2,60	1,72	0,60	0,36	
	Sequia	9,00	0,09	0,15	0,12	0,02	0,00	
<b>El Cariñito</b>	Lluvia	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Sequia	9,00	0,33	0,55	0,44	0,08	0,01	

**ANEXO D. CARACTERÍSTICAS DE LA FLORA ASOCIADA A LOS SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES**

<b>Características</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Forraje incrementa la producción de leche, adaptabilidad, rusticidad, fácil propagación, alta producción de biomasa, 16 - 18% de proteína a base seca y aceptación por diversas especies animales, maderable (tablas), potencial de nacimiento de agua, protectora y zona de restauración.	<i>Trichantera gigantea</i>	Nacedero
Ornamental, maderable, leña, También tiene importancia ornamental. Se emplea en protección de curso de agua, medicinal	<i>Myrciasp</i>	Arrayan
Maderable, ornamental, Leña	<i>Lafoensia speciosa</i>	Guayacán Manizales
	<i>Mimosa quitensis</i>	Guarango
Es adecuado para sombrío, en programas de reforestación y recuperación de zonas degradadas, abono verde, varas tutoras en cultivos, leña y cerca viva. Apropiado para cerros y laderas.	<i>Sennas pectabilis</i>	Vainillo
Ornamental, su madera es usada en la fabricación de cercos, cabos de herramientas, mueblería y en la producción de leña.	<i>Tibouchina lepidota</i>	Flor de mayo
Alimentación animal y humana	<i>Psidium sp</i>	Guayaba
Cerca viva, asociación de cultivo, madera de alto valor comercial, molduras y en curvados.	<i>Cordiaalliodora</i>	Nogal cafetero
Cerca viva, alimento para fauna y humano, producción de follaje y sombra.	<i>Inga sp</i>	Guamo
Construcción de viveros, vivienda, vigas y columnas resistentes a plagas, crece rápido, sus frutos maduran rápido y son comidos por las aves.	<i>Clusia discolor</i>	Cucharo
Forestal, maderable para construcción, de industria y trabajo, madera para duelas de cubas y toneles para dar sabor y calidad a vinos, leña, la corteza es usada como curtiente (cortex quercus officinalis), medicinal, la bellota es el pienso excelente para cerdos y rumiantes grandes y pequeños.	<i>Quercus Humboldtii</i>	Roble
Alimento aves	<i>Psidium sp</i>	Guayabilla
Cerca viva	<i>Euphorbia laurifolia</i>	Lechero de hoja larga
Alimento animal y humano, ornamental	<i>Citrus sp</i>	Limon dulce
Industrial para clarificante de panela.	<i>cliocarpus popayanensis</i>	Balso
Madera resistente a plagas, sombrío para cultivos a vitad de aves silvestres y cerca viva.	<i>Nectandra sp</i>	Jigua
Utilizado como sombrío es resistente a enfermedades, ornamental, medicinal, para encurtir, su madera es flexible, poco pesada y fuerte.	<i>Fraxinus (exelcior o americana blanco)</i>	Fresno

Características	Nombre científico	Nombre común
Madera y alimento de aves	<i>Tetrorchidium rubrinervium</i> (D)	Palo blanco
Alimento animal y humano, ornamental y medicinal	<i>Citrus mandarina</i>	Limón mandarino
Frutos comestibles	<i>Eugenia malaccensis</i> (jambos D)	Pomorroso
Su madera es de textura fina y, generalmente, de grano recto; no es resinosa, se la suele utilizar para la construcción de cajas, y las mejores selecciones de ella pueden utilizarse también en tablas decorativas, pilotes, tornería, chapas deguitarras.	<i>Cupressus</i> sp	Ciprés
Ceca viva	<i>Euphorbia cotinifolia</i>	Lechero común
Alimento de fauna silvestre aporte de MO	<i>Eriobotrya japónica</i>	Níspero
Especie introducida de uso ornamental o maderable	<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalypho
Especie forrajera, alimento para ganado con alto contenido de proteína, raíz profunda ideal en zonas secas, rebrota hasta cuatro veces, leña fina y carbón.	<i>Leucaena leucosephala</i>	Leucaena
Madera fina por ser blanda para construcción de muebles, alimentación humana y animal	<i>Persea americana</i>	Aguacate
Ornamentales, barrera rompe viento, excelente madera, leña, utilizada para recuperar áreas degradadas, fija nitrógeno	<i>Acacia de currens</i>	Acacia japonesa
Planta perenne, su propagación es vegetativa y por esporas, es una planta toxica para el consumo animal, las plantas secas se emplean para chamuscar cerdos, es alelopática y medicinal en diferentes preparaciones para humanos.	<i>Pteridium cadatum</i> (L.) Kuhn	Helecho marranero
Planta monocotiledónea, herbácea, se propaga por semilla y vegetativamente	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f .	Santa Lucia azul o canutillo
Se propaga por semilla y trozos de la planta, es medicinal y se considera una "cobertura noble" de protección al suelo contra la erosión.	<i>Commelina virginica</i> L	Cadillo
Se propaga por semilla y por estolones, sirve como cobertura noble para proteger al suelo contra la erosión, es de importancia apícola y medicinal.	<i>Tripograndia cumanensis</i> (Kunth) Woods	Codillo, coneja, etc.
Se propaga por semilla y es hospedante del gusano cogollero	<i>Cyperus diffusus</i> Vahl	Cortadera, coquito
Se propaga por semilla y por rizomas, planta hospedante del nematodo <i>Meloidogyne incognita</i> , es medicinal y es una planta melífera.	<i>Cyperus ferax</i> (L.) Rich	Corocito, coquito
Se propaga por semilla y por trozos de rizoma, es una planta melífera.	<i>Cyperus flavus</i> (Vahl) Nees	Coquito, cortadera
Se propaga vegetativamente y por semillas, planta melífera y medicinal.	<i>Dichromena ciliata</i> Vahl	Botoncillo, estrella blanca
Se propaga por semillas y por rizomas.	<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottob	Fosforito.

Características	Nombre científico	Nombre común
Se propaga por semilla, sus espinas causan molestias.	<i>Cenchrus echinatus</i>	Cachorro, cadillo
Se propaga por semilla y vegetativamente, sus rizomas son medicinales.	<i>Hypoxix decumbens L</i>	Tiririca
Se propaga por semilla, es medicinal y melífera.	<i>Ageratum conizides L</i>	Hierva de chivo
Se propaga por semilla, es una planta de importancia apícola.	<i>Baccharis trinervis (Lam) Pers</i>	Barzalito
Es medicinal, es hospedante de los nematodos <i>Meloidogine javanica</i> , <i>M. incognita</i> y <i>Pratylenchus spp</i> y de los patógenos que producen en el frijol la mancha gris ( <i>Cercosporaspp</i> ) y la roya ( <i>Uromyces sp</i> ). El néctar de sus flores es preferido por algunas moscas de la familia <i>Tachinidae</i> , parásitas de larvas, melífera y tiene principios alelopáticos.	<i>Bidens pilosa L</i>	Papunga
Se propaga por semilla, es melífera, es usada en medicina casera.	<i>Chaptalia nutans (L.) Polak</i>	Lengua de vaca
Se propaga por semilla, es medicinal y hospedante del nematodo <i>Meloidogyne incognita</i> .	<i>Emilia sonchifolia (L.) DC.</i>	Borlita, diente de león rojo.
Se propaga por semilla, es medicinal.	<i>Kohlerias picata (H. B. K.) Oerst</i>	Caracola
Se propaga por semilla, es ornamental y de importancia apícola.	<i>Crotalaria micans</i>	Cascabelillo
Se propaga por semilla, es melífera, medicinal, es hospedantes de los nematodos <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>M. exigua</i> , <i>Radopholus sp</i> , <i>Pratylenchus sp</i> y <i>Helicotylenchus sp</i> , las planta del genero sida son hospedantes del patógeno <i>Mycena citricolor</i> y de <i>Heliothis spp</i> .	<i>Sida cuta Burm f.</i>	Escoba amarilla
Se propaga por semilla y por estacas, es una planta de importancia apícola y se considera como una fruta silvestre.	<i>Clidemia hirta (L) D. Don.</i>	Camasey peludo
Los oxalatos la hacen toxica para el ganado, es una planta melífera y medicinal.	<i>Oxalis corniculata L</i>	Trebolillo
Se propaga por semilla y vegetativamente, es una planta melífera, ornamental, medicinal, se considera cobertura noble, los oxalatos la hacen toxica para el ganado.	<i>Oxalis latifolia H. B. K.</i>	Falso trébol
Se propaga por semilla y vegetativamente, es una planta medicinal, melífera, se puede consumir en ensaladas.	<i>Portulaca oleracea L.</i>	Atarraya



Correlaciones		FLORA ASOCIADA	PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE	RESISTENCIA PENETRACION	PORCENTAJE DE COLONIZACION	INFILTRACION	RESPIRACION	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	RADIACION SOLAR	pH	MO	PBrayll	K	Ca	Mg	Al	Na	AlSat	S	Arena	Limo	Arcilla
PBrayll	Correlación de Pearson	0,43	0,44	0,15	0,02	0,16	0,02	0,27	-0,37	-0,19	0,67	-0,52	1,00	0,06	0,86	0,88	-0,27	0,81	-0,50	-0,52	0,36	-0,30	0,00
	Sig. (bilateral)	0,16	0,15	0,65	0,96	0,61	0,95	0,39	0,24	0,55	0,02	0,08		0,86	0,00	0,00	0,40	0,00	0,10	0,08	0,24	0,35	0,99
K	Correlación de Pearson	0,38	-0,05	-0,22	0,08	-0,36	-0,76	0,55	-0,24	0,28	0,15	-0,39	0,06	1,00	0,11	0,13	-0,20	-0,04	-0,41	-0,41	-0,14	-0,45	0,81
	Sig. (bilateral)	0,22	0,87	0,49	0,81	0,25	0,00	0,06	0,46	0,37	0,64	0,21	0,86		0,73	0,68	0,53	0,91	0,19	0,19	0,67	0,14	0,00
Ca	Correlación de Pearson	0,22	0,72	0,03	0,31	0,37	-0,12	0,22	-0,66	0,07	0,71	-0,25	0,86	0,11	1,00	0,96	-0,39	0,77	-0,74	-0,56	0,33	-0,20	-0,11
	Sig. (bilateral)	0,49	0,01	0,94	0,32	0,24	0,72	0,48	0,02	0,84	0,01	0,44	0,00	0,73		0,00	0,21	0,00	0,01	0,06	0,29	0,53	0,74
Mg	Correlación de Pearson	0,19	0,66	0,01	0,20	0,29	-0,04	0,17	-0,62	0,13	0,78	-0,40	0,88	0,13	0,96	1,00	-0,43	0,85	-0,64	-0,51	0,42	-0,28	-0,09
	Sig. (bilateral)	0,56	0,02	0,97	0,53	0,36	0,91	0,60	0,03	0,69	0,00	0,19	0,00	0,68	0,00		0,17	0,00	0,02	0,09	0,17	0,37	0,78
Al	Correlación de Pearson	-0,11	-0,41	-0,16	0,03	-0,35	0,17	0,13	0,20	-0,20	-0,68	0,41	-0,27	-0,20	-0,39	-0,43	1,00	-0,40	0,62	-0,35	0,07	-0,15	0,13
	Sig. (bilateral)	0,73	0,18	0,62	0,93	0,26	0,60	0,68	0,54	0,53	0,02	0,19	0,40	0,53	0,21	0,17		0,20	0,03	0,27	0,83	0,64	0,68
Na	Correlación de Pearson	0,35	0,38	0,27	0,15	0,10	0,18	0,14	-0,45	0,05	0,77	-0,59	0,81	-0,04	0,77	0,85	-0,40	1,00	-0,41	-0,33	0,17	-0,10	-0,07
	Sig. (bilateral)	0,27	0,22	0,40	0,65	0,75	0,58	0,67	0,14	0,88	0,00	0,04	0,00	0,91	0,00	0,00	0,20		0,18	0,29	0,59	0,77	0,84
AlSat	Correlación de Pearson	-0,26	-0,63	0,04	-0,49	-0,26	0,39	-0,26	0,61	-0,12	-0,51	0,24	-0,50	-0,41	-0,74	-0,64	0,62	-0,41	1,00	0,38	-0,14	0,20	-0,12
	Sig. (bilateral)	0,41	0,03	0,90	0,11	0,41	0,20	0,41	0,04	0,71	0,09	0,45	0,10	0,19	0,01	0,02	0,03	0,18		0,22	0,66	0,53	0,71
S	Correlación de Pearson	-0,25	-0,16	0,26	-0,35	0,16	0,22	-0,49	0,60	0,02	0,00	0,14	-0,52	-0,41	-0,56	-0,51	-0,35	-0,33	0,38	1,00	-0,32	0,61	-0,48
	Sig. (bilateral)	0,43	0,62	0,41	0,27	0,62	0,48	0,11	0,04	0,96	0,99	0,67	0,08	0,19	0,06	0,09	0,27	0,29	0,22		0,30	0,04	0,11
ARENA	Correlación de Pearson	-0,30	0,34	-0,35	-0,04	0,18	0,27	-0,33	-0,34	-0,05	0,12	-0,13	0,36	-0,14	0,33	0,42	0,07	0,17	-0,14	-0,32	1,00	-0,72	-0,15
	Sig. (bilateral)	0,34	0,28	0,27	0,91	0,58	0,39	0,29	0,27	0,88	0,71	0,68	0,24	0,67	0,29	0,17	0,83	0,59	0,66	0,30		0,01	0,64
LIMO	Correlación de Pearson	-0,07	-0,08	0,51	-0,01	0,25	0,15	0,01	0,38	-0,06	0,02	0,40	-0,30	-0,45	-0,20	-0,28	-0,15	-0,10	0,20	0,61	-0,72	1,00	-0,58
	Sig. (bilateral)	0,84	0,81	0,09	0,98	0,44	0,63	0,97	0,22	0,85	0,96	0,20	0,35	0,14	0,53	0,37	0,64	0,77	0,53	0,04	0,01		0,05
ARCILLA	Correlación de Pearson	0,45	-0,29	-0,31	0,05	-0,56	-0,54	0,37	-0,14	0,15	-0,16	-0,42	0,00	0,81	-0,11	-0,09	0,13	-0,07	-0,12	-0,48	-0,15	-0,58	1,00
	Sig. (bilateral)	0,14	0,36	0,33	0,87	0,06	0,07	0,23	0,67	0,65	0,61	0,18	0,99	0,00	0,74	0,78	0,68	0,84	0,71	0,11	0,64	0,05	