



Universidad Nacional
Abierta y a Distancia



Implementación de un Sistema Silvopastoril con Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) y

Leucaena (*Leucaena diversifolia*) en la vereda La Laja, Popayán, Cauca

Oscar Fabián Hoyos Daza

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrarias, Agrícolas y del Medio Ambiente - ECAPMA

Programa de Zootecnia

Popayán

2018

Implementación de un Sistema Silvopastoril con Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) y
Leucaena (*Leucaena diversifolia*), en la vereda La Laja, Popayán, Cauca

Oscar Fabián Hoyos Daza

Trabajo de grado para optar al título de Zootecnista

Director

Álvaro Quiceno

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrarias, Agrícolas y del Medio Ambiente ECAPMA

Programa de Zootecnia

Popayán

2018

Nota de Aceptación

Presidente Jurado

Jurado

Jurado

Popayán, 18 de octubre 2018

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica:

La Voluntad “

Albert Einstein

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre, a mi padre y a mis familiares, los seres que más amo en el mundo.

Oscar Fabián Hoyos Daza

Agradecimientos

Agradezco:

A Dios, por ser la guía espiritual en todo momento de mi vida.

A mis padres, por su apoyo incondicional y el amor que siempre me han dado.

A mi tutor, por su guía en este proyecto aplicado.

A los docentes de la UNAD porque siempre me apoyaron y brindaron su conocimiento y comprensión.

A todos quienes de una u otra manera contribuyeron al desarrollo de este proyecto

Oscar Fabián Hoyos Daza

Resumen

Este trabajo aplicado considera los conceptos implicados por la agroecología como son la agricultura biológica, la agroforestería, los sistemas silvopastoriles que involucran mezclas de recursos forrajeros tropicales, para lograr la implementación de un sistema que brinde de forma sostenible una base alimenticia para una nutrición de alta calidad para el ganado vacuno que redunde en buena productividad.

Por tanto, se elige una estrategia agroecológica, se diseña un sistema silvopastoril basado en las forrajeras *Tithonia diversifolia* y *Leucaena diversifolia*, además del pasto *Brachiaria decumbens*, ya existente en la finca San Pedro, vereda La Laja, Corregimiento de Julumito, municipio de Popayán y se realiza la implementación del mismo.

Dentro de los resultados destaca que la *Tithonia diversifolia* crece más rápido y tiene una densidad de follaje superior a la *Leucaena diversifolia*, en tanto que la cantidad de materia verde obtenida por la primera es de 66.4 Ton/Ha, que contrasta con las 14.875 Ton/Ha que aporta la *Brachiaria decumbens*.

Además, se establece que, a los 90 días de la siembra, el sistema está en su punto para ser aprovechado como forraje por el ganado. Los resultados concuerdan con la literatura y la investigación confirma las bondades de los sistemas silvopastoriles

Palabras claves

Agroecología, *Brachiaria decumbens*, *Leucaena diversifolia*, *Tithonia diversifolia*, Sistema silvopastoril

Abstract

This applied research implies agroecology concepts such as organic agriculture, agroforestry, silvopastoral systems that involve mixtures of tropical forage resources, to achieve the implementation of a system that provides sustainable a nutritional basis for a high quality nutrition for cattle that results in good productivity. Therefore, an agroecological strategy is chosen, a silvopastoral system based on *Tithonia diversifolia*, *Leucaena diversifolia* and *Brachiaria decumbens* is designed, already existing in the San Pedro farm, La Laja village, Julumito municipality, Popayan municipality, and implementation is carried out of the same.

Among the results, it is noteworthy that *Tithonia diversifolia* grows faster and has a density of foliage superior to *Leucaena diversifolia*, while the amount of green matter obtained by the first is 66.4 Ton / Ha, which contrasts with the 14,875 Ton / Ha that brings the *Brachiaria decumbens*. In addition, it is established that, 90 days after planting, the system is at its point to be used as fodder by livestock. The results agree with the literature and the research confirms the benefits of silvopastoral systems

Keywords

Agroecology, *Brachiaria decumbens*, *Leucaena diversifolia*, *Tithonia diversifolia*,
Silvopastoral system

Contenido

Introducción	1
Planteamiento del Problema.....	2
Descripción del problema	2
Planteamiento del problema.....	3
Justificación.....	3
Objetivos	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos.....	6
Marco Contextual.....	6
Marco Teórico.....	9
La Agroecología y su importancia para la ganadería.....	9
Forrajes tropicales y nutrición animal.....	12
Agroforestería y Sistemas Silvopastoriles	16
Botón de Oro (<i>Tithonia diversifolia</i>).....	19
<i>Brachiaria decumbens</i> (Hierba de la señal)	20
<i>Leucaena diversifolia</i>	22
Metodología	23
Tipo de investigación	23
Diseño de investigación	24

Fuentes de información	24
Técnicas de recolección de información	24
Instrumentos de recolección de datos	25
Plan de acción	25
Primera fase.....	25
Segunda fase.....	25
Tercera Fase	25
Resultados	26
Modelo de diseño agroecológico	26
Diseño del arreglo silvopastoril	31
Implementación del arreglo silvopastoril.....	33
Preparación del terreno	33
Aplicación de enmiendas	35
Abonado	35
Siembra	36
Seguimiento del crecimiento y el follaje.....	38
Primer corte y aforos	40
Potencial de rebrote.....	43
Discusión.....	44
Conclusiones	45

Recomendaciones.....	46
Bibliografía	47
Anexos	51

Lista de Anexos

Anexo A. Estudio de suelos	52
Anexo B. Presupuesto de la implementación.....	53

Lista de figuras

Figura 1. Localización vereda La Laja.....	7
Figura 2. Finca San Pedro	8
Figura 3. Botón de oro	19
Figura 4.Brachiaria Decumbens.....	20
Figura 5.Leucaena diversifolia.....	22
Figura 6. Distribución espacial sistema silvopastoril implementado.....	27
Figura 7. Diseño del sistema silvopastoril implementado	31
Figura 8. Cambio de la altura con el tiempo	39
Figura 9. Cambio de la densidad de follaje con el tiempo	40

Lista de fotografías

Fotografía 1. Cal dolomítica	28
Fotografía 2. Abono (CaO)	29
Fotografía 3. Aboniza.....	30
Fotografía 4. Desmonte del terreno. 10 de enero de 2018	33
Fotografía 5. Proceso de estacado. 12 de enero de 2018	34
Fotografía 6. Ahoyando el terreno. 14 de enero de 2018.....	34
Fotografía 7. Aplicación de cal dolomítica. 14 de enero de 2018.....	35
Fotografía 8. Aplicación de abonissa. 5 de febrero de 2018.....	35
Fotografía 9. Aplicación de Abono paz del Río 50 g por hueco. 5 de febrero de 2018.....	36
Fotografía 10. Siembra de la Leucaena. 5 de febrero de 2018.....	36
Fotografía 11. Siembra de la Tithonia diversifolia. 5 de febrero de 2018	37
Fotografía 12. Abonado al voleo de la Brachiaria Decumbens. 15 de febrero de 2018	37
Fotografía 13. Altura de la Leucaena y la Tithonia el 5 de abril de 2018.....	38
Fotografía 14. Aspecto del sistema silvopastoril implementado hacia 5 de junio de 2018, antes del primer corte.	41
Fotografía 15. Ejecución del primer corte. 7 de junio de 2018.....	41
Fotografía 16. Pesando la materia verde hacia 7 de junio de 2018.....	42
Fotografía 17. Contraste del corte con el rebrote hacia 7 de julio de 2018.....	43
Fotografía 18. Forrajes del sistema silvopastoril en su punto para la ganada. 7 de agosto de 2018.....	43

Lista de tablas

Tabla 1.Evolución de la altura de los forrajes con el tiempo	39
Tabla 2. Evolución densidad de follaje con el tiempo	39
Tabla 3.Aforo de materia verde	42

Introducción

En este documento se expone la implementación de un sistema silvopastoril, dentro de las estrategias agroforestales de la agroecología, con la finalidad de impactar positivamente la economía del ganadero, aprovechando recursos disponibles como los forrajes tropicales, que abaratan los costos de alimentación de los bovinos y también, de paso, lograr la minimización de efectos sobre el medio ambiente que posee la ganadería extensiva que se practica en Colombia.

En este orden de ideas, se expone en primer término el planteamiento del problema (descripción y formulación); luego, se construye la justificación de la acción de implementación realizada; después, se plantean los objetivos, general y específicos.

Posteriormente, se construye el marco referencial: el marco contextual, que refiere al sitio de la implementación; el marco teórico que expone las teorías y conceptos que se requieren para soportar las acciones aplicadas.

Luego, se procede a exponer la metodología, es decir, el tipo de investigación, su diseño, las técnicas de recolección de información, los métodos aplicados para procesar y mostrar la información, las actividades que se realizaron para satisfacer los objetivos.

En seguida, se exponen los resultados de la implementación, en cada una de sus etapas o fases, con las respectivas evidencias de la evolución del sistema silvopastoril y se realiza la discusión pertinente de los hallazgos encontrados, a la luz de otras investigaciones.

Finalmente, se exponen las conclusiones y las recomendaciones de la implementación de sistema silvopastoril planteada, y se consignan la bibliografía y los anexos.

Planteamiento del Problema

Descripción del problema

La ganadería colombiana históricamente es una actividad extensiva y enfrenta los mismos problemas generales que posee la actividad a nivel global: impactos negativos del ganado sobre el suelo, grandes emisiones de metano a la atmósfera derivados del detritus de los animales y altos costos de los insumos de alimentación de los semovientes. Esto remite a la búsqueda de la sostenibilidad y el aprovechamiento de alternativas de nutrición como los forrajes tropicales, así como la utilización de estrategias agroforestales, que permitan enfrentar esta problemática.

Por este motivo, (Mahecha, Gallego, & Peláez, 2016) sostienen que la ganadería , practicada en todo el país, importante desde el punto de vista socioeconómico, particularmente para el campo ,” ha sido y es cuestionada fuertemente por su desempeño productivo e impacto ambiental, debe equilibrarse en un nivel tecnológico aceptable y sostenible, que combine la productividad de los sistemas intensivos con las bondades de los extensivos”(p.213). Mahecha et al., 2016, señalan sus preocupaciones referentes a la competitividad, el mejoramiento de la cadena productiva, con el aprovechamiento de las ventajas comparativas como pastos, suelos, inversión en tecnología, y enfatizan que “el crecimiento de la actividad se ha basado en el aumento del inventario ganadero y del área ocupada, mientras que la productividad media continúa estancada, no permitiendo el desarrollo de la competitividad de la ganadería” (p.215).

Una de las alternativas para transformar las prácticas dentro de la ganadería colombiana, aprovechando las potencialidades que ofrece el entorno es pensar en términos de agricultura biológica sostenible y particularmente, en las técnicas agroforestales, enfatizando en los Sistemas Silvopastoriles (SSP), porque, como dicen (Chará, Murgueitio, & Calle, 2016), “los SSP generan sustanciales beneficios sobre la biodiversidad, la captura de carbono y el agua y algunos son

altamente rentables”(p.3). En este caso, los beneficios dependen del tipo de especies forrajeras que están disponibles en la región donde se va a realizar el establecimiento silvopastoril, del tipo de suelo, de las condiciones climáticas, del esquema de cultivo utilizado, del arreglo agroforestal. Por ello,(Mahecha, 2003) afirma que “entre más complejo sea el sistema o entre mayor número de ellos se tengan en la explotación, mayores serán los beneficios que brinden. Los sistemas silvopastoriles representan una opción estratégica para la ganadería en Colombia” (p.11).

En este orden de ideas, se busca el establecimiento de un sistema silvopastoril en la finca San Pedro de la vereda La Laja, corregimiento de Julumito, Municipio de Popayán, teniendo en cuenta que existe en la región un catálogo de especies leguminosas como *Leucaena diversifolia*, *Gliricidia sepium*, y de especies no leguminosas como *Tithonia diversifolia*, *Brachiaria Decumbens*, entre otros, buscando el mejoramiento de la calidad nutricional del forraje

Planteamiento del problema

¿Permite la implementación de un sistema silvopastoril con *Leucaena diversifolia*, *Tithonia diversifolia* (botón de oro) y *Brachiaria decumbens*, el mejoramiento de la calidad nutricional del forraje en la finca San Pedro, vereda La Laja, municipio de Popayán, Departamento del Cauca?

Justificación

Desde la perspectiva teórica esta investigación aplicada permite explorar la manera en que un sistema agroforestal puede emplearse para propósitos de mejoramiento de la calidad nutricional del ganado en un entorno tropical, beneficiando la sostenibilidad, el nivel de productividad del ganado, impactando positivamente el renglón socioeconómico y fomentando el desarrollo de la actividad al dar un punto de referencia para la adopción de arreglos de agricultura ecológica que favorezcan la migración hacia una agricultura más intensiva o con mejores usos de los recursos naturales y mayor competitividad.

Por tanto, esta investigación está en concordancia con las tendencias actuales en agro sistemas ecológicos, que sintetizando las ideas de (M. Altieri, 1994) son sistemas que combinan diferentes componentes bióticos y abióticos dispuestos para trabajar como una unidad ecológica, autorregulada, limitada, flexible porque puede ser de distinto tamaño, escalable, poseer diferentes ensamblajes en el tiempo y el espacio , así como diferentes requisitos de gestión, regidos por el principio fundamental de la sostenibilidad que es la conservación de los recursos no renovables, la adaptación del cultivo al entorno, y un nivel alto y sostenible de productividad, a largo plazo, para lo cual es menester reducir el empleo de recursos y de energía, emplear mecanismos de cultivo que restauren el equilibrio, la recuperación de materia y nutrientes, maximizando la capacidad de empleo del paisaje y un eficiente flujo energético, reduciendo los costos y aumentando la eficiencia y viabilidad de las fincas medianas y pequeñas, generando un sistema agrícola resiliente.

Por este motivo, (M. Altieri, 1994) manifiesta que “el componente clave para diseñar agro sistemas ecológicos sostenibles es comprender que deben mejorar dos funciones básicas: la biodiversidad de microorganismos, plantas y animales y, el reciclaje biológicamente mediado de nutrientes a partir de materia orgánica”(p.92).

Por otro lado, desde la perspectiva práctica, esta investigación permite enfrentar la problemática de la ganadería Colombiana a través de un sistema silvopastoril basado en forrajes tropicales, alternativa que es aplicable a la finca San Pedro, vereda La Laja, Julumito, Popayán, porque , como afirma (Cuesta, 2005), la existencia de una baja oferta en el mercado nacional de productos agroindustriales, los vuelve costos, y en consecuencia “ las especies forrajeras constituyen la principal fuente de alimentación de los bovinos en Colombia”(p.5).

Se implica en ella el mejoramiento de la calidad nutricional de los forrajes a través de prácticas eficientes de manejo de los existentes, respondiendo al reto puntualizado por (Vergara, 2010) consistente en la transformación del modelo agrario colombiano en el que el sector ganadero ocupa nueve veces más extensión territorial que el área dedicada a la agricultura, resultado en la ganaderización de las labores agrícolas, limitando así el desarrollo económico y social porque la actividad ganadera es extensiva y poco productiva .

También enfrenta el problema señalado por (Arboleda, Tombe, Morales-Velasco, & Vivas-Quila, 2013) consistente en “la baja producción de forrajes de alta calidad, que requiere de una propuesta para la implementación de especies arbóreas y arbustivas bajo modelos agroforestales en los sistemas de ganadería bovina”(p.154). Se enfocan en la propuesta de sistemas agro pastoriles que reduzcan las pérdidas de carbono sobre el suelo, proponiendo cercas vivas, barreras rompe vientos y árboles en los potreros.

Además, la actual investigación permite el establecimiento de una configuración silvopastoril con forrajes tropicales que puede ser replicada en las fincas de la vereda La Laya, Julumito, municipio de Popayán y beneficiar a los ganaderos de esa zona.

Finalmente, esta investigación permite a nivel personal, cumplir con los requerimientos académicos y está acorde con los intereses personales sobre sistemas silvopastoriles, que sirvan para lograr una mejor nutrición del ganado bovino, convirtiéndose en fuente de experiencia e inspiración para la práctica como Zootecnista.

Objetivos

Objetivo General

Realizar la implementación de un sistema silvopastoril con *Leucaena diversifolia*, *Tithonia diversifolia* (botón de oro) y *Brachiaria decumbens*, para el mejoramiento de la calidad nutricional del forraje en la finca San Pedro, vereda La Laja, municipio de Popayán, Departamento del Cauca

Objetivos Específicos

1. Seleccionar un modelo de diseño agroecológico discutiendo las diferentes tecnologías silvopastoriles para el mismo.
2. Diseñar un arreglo silvopastoril utilizando las especies *Leucaena diversifolia*, *Tithonia diversifolia* (botón de oro) y *Brachiaria decumbens*.
3. Implementar el arreglo, en un área de 2800 m² ya sembrados con pasto *Brachiaria decumbens*, utilizando 30 árboles de *Leucaena diversifolia* y 170 plantas de *Tithonia diversifolia* (botón de oro), buscando una mejor calidad nutricional del forraje.

Marco Contextual

La práctica se realizó en la Finca San Pedro, vereda la Laja, Corregimiento de Julumito, Municipio de Popayán, Cauca.

Julumito es un corregimiento de 1065 Ha, compuesto por las veredas de Julumito, Julumito Alto, Los Tendidos, La Laja; Limita por el Norte con los corregimientos de San Rafael y Santa Rosa; al oriente, con el corregimiento de San Bernardino; al occidente, con el de La Meseta y al sur, con los de El Charco y Cajete, de por medio el río Cauca. El corregimiento posee una calidad agrícola del suelo y los bosques protectores se sitúan a lo largo de las fuentes de agua,

como el río Saté. Los cultivos son el café, caña de azúcar y plátano, principalmente (POT Municipio de Popayán).

La vereda La Laja está situada al norte de Julumito Alto, siendo una zona de vocación agrícola y con expectativas de construcción de un acueducto veredal.

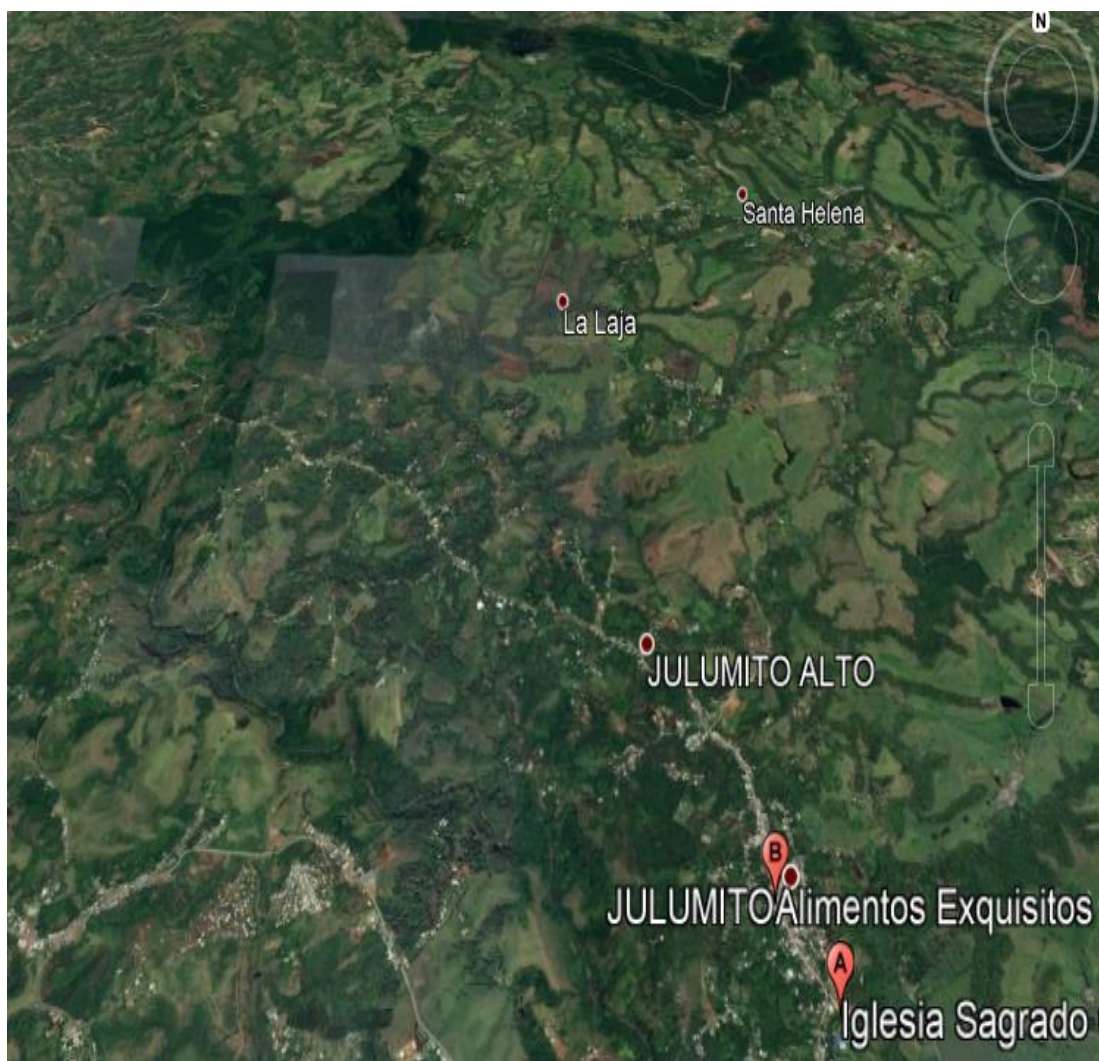


Figura 1. Localización vereda La Laja
Fuente. Propia de la investigación

La finca San Pedro, con vocación agrícola y ganadera, posee una extensión de 10 Ha, de las cuales se designaron 2800 m² para la ejecución de este proyecto aplicado.



Figura 2. Finca San Pedro
Fuente. Propia de la investigación

Con este proyecto aplicado se busca aprovechar el cultivo de pasto *Brachiaria* existente en la finca y establecer forrajes de mejor calidad para mejorar la productividad ganadera.

Marco Teórico

La Agroecología y su importancia para la ganadería

La ganadería requiere encontrar pautas para la sostenibilidad económica, ambiental y social, porque es una actividad con profundos impactos negativos a nivel ambiental que genera grandes volúmenes de empleo en los países en vías de desarrollo. Esto implica la aplicación de los principios de la agroecología como son la agricultura biológica, las estrategias de la agroforestería y de los sistemas silvopastoriles, donde se aprovechan las potencialidades de los recursos tropicales, particularmente los forrajes.

Sintetizando las ideas de (M. Altieri, 1994) la agroecología es una visión sostenible y multidimensional de la agricultura en la que se integran las visiones genéticas, agronómicas, edafológicas, para alcanzar una comprensión de los niveles ecológicos y sociales de su coevolución, estructura y función, partiendo de los conocimientos de los agricultores para la identificación de los grandes potenciales que poseen los conjuntos biodiversos para el desarrollo de agroecosistemas con la capacidad para permanecer o retornar a un estado inherente de equilibrio natural, porque la sostenibilidad alcanzada proviene del equilibrio entre las cosechas, los nutrientes, los suelos, la luz solar, la humedad y otros organismos coexistentes.

Además, (M. Altieri, 1994) señala que existen dos perspectivas de la agroecología: una ecológica y otra social. En la primera, se considera un cultivo como un ecosistema que posee procesos ecológicos como ciclos de nutrientes, interacciones entre predadores y presas, competición, comensalismo, relaciones que son tratadas por la agroecología para explicar su forma, dinámica y función, pudiéndose obtener mejores resultados en la manipulación de estos agroecosistemas con menos impactos ambientales y sociales negativos. Se privilegia entonces un enfoque sistémico de los agroecosistemas.

En la segunda, se consideran los agroecosistemas con varios grados de resiliencia y estabilidad, pero no están determinados estrictamente por factores bióticos o ambientales porque se incluyen también factores disruptivos de orden social como los cambios en los precios del mercado o aquellos en la tenencia de la tierra, o declives en los nutrientes del suelo, aparición de plagas o inundaciones, de manera que las decisiones que distribuyen energía y entradas de materiales pueden mejorar la resiliencia y la recuperación de ecosistemas afectados, en particular, aquellos que las actividades humanas agrícolas o pecuarias han alterado en sus patrones de energía, estructura, flujo de nutrientes, patrones de reproducción y diversidad.

Por tanto, resumiendo lo expuesto por (M. Altieri, 1994), la agroecología es un enfoque integrado de ideas y métodos de varias disciplinas como las ciencias agrícolas, la ecología, el movimiento ambiental, la investigación sobre sistemas tropicales, los sistemas productivos, la agroforestería, entre otros, basándose en la interacción entre conocimiento, valores, organización social, tecnología y sistemas biológicos, que ayudan a la coevolución de los agroecosistemas, particularmente ante los problemas que la modernización de la agricultura y la ganadería han causado en Latinoamérica, disruptiendo las estructuras sociales y las relaciones naturales de los ecosistemas, al crear la necesidad de importar maquinaria para el procesamiento y de productos para las actividades productivas, como es el caso de los concentrados para el ganado, que son costosos, por lo que se puede pensar en recursos naturales como los forrajes tropicales, pero sin caer en las prácticas agrícolas tradicionales que usan fertilizantes químicos que destruyen la interacción entre las plantas y las bacterias fijadoras de nitrógeno.

Entonces, la agroecología aporta estrategias y arreglos específicos resilientes y sostenibles a las actividades ganaderas al contribuir en la configuración de sistemas agroecológicos de

distintos pastos o forrajes tropicales, con estrategias de cultivo agroecológicas, con bajos impactos ambientales y sociales beneficiando al ganadero.

Así, comentando las ideas de (M. A. Altieri & Nicholls, 2004), las amenazas a la biodiversidad, entendida como el conjunto de animales, plantas y microorganismos que existen e interactúan en un ecosistema, provienen de las actividades agrícolas que constituyen del 25-30% de las actividades que utilizan superficies de suelo en el mundo, áreas en las que se reemplaza el ecosistema natural por otros más simples, pero más vulnerables a las plagas o con impactos ambientales negativos, con reducida biodiversidad, problema que se agrava si se considera la actividad ganadera que también destruye la biodiversidad y el suelo cuando es de carácter extensivo, como sucede en Colombia.

Para evitar los problemas asociados a los cultivos poco diversos, a los impactos negativos de la agricultura verde o con fertilizantes y plaguicidas químicos, se debe apostar por agroecosistemas cultivados con prácticas tradicionales, de agricultura biológica en los que se utilicen diversos cultivos, sean multipropósito, siguiendo el esquema de los agricultores latinoamericanos que, según (M. A. Altieri & Nicholls, 2004) “cultivan del 70 al 90 % del fríjol, junto al maíz, las papas y otros cultivos.[...] Estos sistemas son también genéticamente diversos, porque existen muchas variedades de estos cultivos, aspecto muy importante al ser la tierra escasa y la agricultura riesgosa”(p.6).

De igual forma, reproduciendo las ideas de (Cingolani, Noy-Meir, Renison, & Cabido, 2008), el efecto de la ganadería sobre la biodiversidad es de difícil evaluación porque está en función de la heterogeneidad del paisaje, de las presiones de los herbívoros en estos entornos, siendo posible afirmar que en los escenarios con baja presión de estos la ganadería es menos compatible con la

diversidad, ya que en estos casos el deterioro del suelo causado por el pisoteo del ganado tiene mayor probabilidad de ocurrir y aumenta el riesgo de erosión.

Este es el caso de la ganadería colombiana que es extensiva y causa daños al suelo y contribuye a su erosión, de donde la agroecología es una oportunidad para apostar por una transformación de esta actividad en cuanto a su sostenibilidad, promoviendo estrategias que minimicen este impacto, respondiendo a las tendencias actuales en agricultura y producción animal porque como explica (Lichtfouse, 2013) es consenso entre los defensores de la agricultura sostenible que no basta con volverla verde; es prioritario enfrentar la amenaza que el modelo de producción agroindustrial moderno que promueve el monocultivo de gran escala para el mercado global plantea en términos de degradación del medio ambiente y de la capacidad de los ecosistemas para proporcionar fibra y alimentos a los humanos y los animales.

Así las cosas, las actividades de cultivos agroecológicamente diseñadas, con especies diversas, que provean fibra, minerales, nutrientes, que conserven el suelo y contribuyan a una mejor nutrición de los animales, en este caso, del ganado bovino, es una gran alternativa para la ganadería y es necesario explorar respecto al valor nutritivo y de los forrajes tropicales y su importancia porque estas plantas van a formar parte de los diseños silvopastoriles que se emplearán en la actividad ganadera.

Forrajes tropicales y nutrición animal

De acuerdo a (Horrocks & Vallentine, 1999), "forraje es una planta herbácea o sus partes, que están disponibles para la alimentación animal. Puede ser consumido directamente, como pastaje o ser cosechado mecánicamente para alimentar a los herbívoros" (p.3). Los cultivos de forrajes tienen el propósito de alimentar a los ungulados y se refiere a la parte superior aprovechable de los forrajes.

De igual forma, comentando las ideas expuestas por (Horrocks & Vallentine, 1999), es posible afirmar que ante las perspectivas globales de limitación de alimentos, debido a los cambios acelerados adversos en el clima, existe la tendencia en reducir la proporción de concentrados y aumentar la de forrajes en la alimentación animal aprovechando que los rumiantes poseen la habilidad de convertir las sustancias fibrosas orgánicas no aptas para el consumo humano en alimentos que sí lo son, tales como carne o leche, de manera que el ganado consume apenas un 20% de concentrados , 40% de pastos y 40% de forrajes en Estados Unidos, siendo el promedio mundial de casi 90% de forrajes en la dieta de rumiantes , siendo el 10% restante de su alimentación compuesto por granos de baja calidad.

Además, reproduciendo las ideas de (Klopčič, Reents, Philipson, & Kuipers, 2009), es importante mantener un equilibrio en la alimentación del ganado, ya que de la forma en que se aprovecha el forraje en el rumen depende la productividad del animal y también su salud porque, para el ganado de leche se tiene que para producir más leche es necesario que consuma más forraje para proporcionarle energía o de lo contrario este puede utilizar la energía necesaria para su metabolismo causando un desequilibrio, de modo que es necesario planear adecuadamente la dieta y mejorar la calidad de la fibra encontrada en los forrajes, para lograr una buena productividad.

Así mismo, para (Shirley, 1986) es de gran importancia en los rumiantes proporcionar fibras o forrajes con el adecuado contenido de nitrógeno porque los microbios del rumen requieren de cantidades específicas de este elemento para realizar la síntesis de las proteínas celulares, coadyuvándose con almidones y metabolitos simples, de modo que existe una clara relación entre nitrógeno y energía.

Sin embargo, encontrar la combinación de forrajes tropicales adecuada no es fácil porque como afirma , (Russell McDowell, 1985) en los climas tropicales “solamente hay 20-30 especies de forrajes que usan 29% más área que los de climas templados, si bien esta región del mundo produce tan solo el 36% de la carne y el 19% de la leche en el mundo”(p.73).De allí que sea necesario prestar atención a la calidad de los forrajes porque como explica (Russell McDowell, 1985)el valor nutritivo se relaciona con la composición química, la digestibilidad, y la naturaleza de los productos que se digieren y así “ la cantidad de forraje consumido afecta la ingesta total e nutrientes y por tanto, la respuesta del animal (p.119).por ello, la calidad del forraje incluye el valor nutritivo, el nivel de consumo por el animal y la digestibilidad

De igual manera,(Orskov & Ryle, 1990) explican que existen factores tanto del forraje como del animal que desempeñan un papel importante en los niveles de nutrición alcanzados por los rumiantes; como el ritmo de masticación el volumen del rumen, el contenido de pequeñas partículas en el alimento, entre otros. Es por la complejidad de la nutrición animal que se establecen parámetros referentes a los requerimientos nutricionales del ganado y la energía asociada con la alimentación, destacándose la energía metabolizable , definida por (Freer, 2007) como “ una medida del valor energético de los alimentos relativa a la pérdida energética por calor en la fermentación ruminal, en los tejidos corporales para mantenimiento, crecimiento, producción de leche”(p.3). Se puede estimar en función de las pérdidas de energía en la orina y en metano, que son aproximadamente un 15% de la energía de digestibilidad, ya que la energía metabolizable es un 85% de esta última.

Por otro lado, reproduciendo las ideas de (Minson, 1990), los rumiantes pueden sobrevivir porque tienen la habilidad de aprovechar las fibras que no son aprovechables por otros animales y por ello la principal fuente de alimentación son los forrajes y legumbres y así la cantidad de

materia seca de forraje que ha comido el animal diariamente es el principal factor que gobierna la producción del rumiante a partir de esta fuente de energía.

Obviamente la cantidad de forraje consumido y su calidad inciden también en esta energía y es por ello que la combinación de forrajes adecuados, con buena calidad, es fundamental en los trópicos donde estos son una fuente económica para la alimentación del ganado y contribuyen a una buena productividad y condición de los rumiantes, siendo componentes fundamentales de los sistemas silvopastoriles.

Así, como plantea (Sotomayor-ríos & Pitman, 2001) los suelos de América Latina poseen rocas ácidas y por tanto es necesario adecuarlos para que se desempeñen óptimamente cuando se les utiliza para cultivar forrajes, permitiendo un balance de nutrientes en el suelo, de p.H., entre otros factores, siguiendo las directrices de calidad de suelos dadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), requiriéndose una cuidadosa selección de las especies de forrajes y leguminosas que se van a utilizar para la alimentación de rumiantes en las zonas tropicales porque la altitud y la temperatura son factores igualmente relevantes a tener en cuenta, recomendándose la familia de la *Leucaena* por sus capacidades multipropósito en campos como la agronomía, la agroforestería y la conservación de suelos.

Además, dada la falta de legumbres y forrajes adaptados a las condiciones tropicales, a suelos ácidos, a las sequías o a las condiciones de suelos arcillosos de estas zonas, hacia comienzos de los años 1960, según indican, (Lazier & Ahmad, 2016) “inició una tendencia mundial que tuvo por resultado colecciones de germoplasma y programas de evaluación para obtener variedades mejoradas y adaptadas a los trópicos” (p. 2). Un ejemplo de este tipo de desarrollos investigativos son las variedades desarrolladas en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) con sede en Palmira, Valle, Colombia.

Agroforestería y Sistemas Silvopastoriles

Para aprovechar las potencialidades de los forrajes tropicales dentro de los esquemas y principios de la agricultura biológica, es importante enfatizar que, como explican (Umrani & Jain, 2010), la agroforestería es un método que integra las interacciones benéficas de una combinación específica de árboles, arbustos, cultivos de diferente tipo, incluidos forrajes, y ganado, de manera que se crean agroecosistemas más diversos, productivos, rentables, y sostenibles. Los árboles o los arbustos son intencionalmente incrustados en los sistemas agrícolas o se insertan árboles no maderables en los bosques, siendo necesario diseñar el sistema con acierto para maximizar los beneficios y minimizar efectos adversos que insertar árboles o arbustos en un medio específico puede conllevar. Además, (Umrani & Jain, 2010) sostienen que “la agroforestería incorpora varias especies en un área de tierra dada y crea un hábitat más complejo que puede soportar una biodiversidad más amplia, almacenar y consumir carbono y ayudar a frenar el cambio climático”(p. 6). También, es importante comentar las ideas de (Alavalapati & Mercer, 2005), quienes consideran que la integración deliberada de árboles dentro de los sistemas de cultivos agrícolas data de hace mucho tiempo pero que es a partir de 1990 que científicos y políticos reconocieron el valor de la agroforestería como estrategia para enfrentar problemas como la erosión del suelo, el aumento de la salinidad, la contaminación del agua, la emisión de gases de efecto invernadero, las pérdidas de biodiversidad y el desarrollo económico.

En este orden de ideas, reproduciendo ideas de (Umrani & Jain, 2010), la silvicultura es uno de los planes de gestión forestal dirigidos a la satisfacción de las metas socioeconómicas del mundo sin comprometer los recursos de base en el futuro, siendo el elemento de la forestería que

está relacionado con el establecimiento, reproducción, cuidado y cosechado de la vegetación forestal, siendo vital para la gestión sostenible de los sistemas agroforestales.

Entonces, la agroforestería aporta a los ecosistemas agroecológicos los sistemas silvopastoriles, que son, según (Dagang & Nair, 2003) “sistemas que integran árboles en los sistemas ganaderos para múltiples propósitos como mejoramiento, sombrero, alimentación, forraje, frutas, madera y hábitat para la fauna”(p.149). Estos sistemas poseen el potencial de mitigar la deforestación y mejorar la productividad de los pastos y forrajes.

Además, sintetizando lo expuesto por (Muhammad, 2010) puede afirmarse que los sistemas silvopastoriles, concebidos como una combinación de árboles, arbustos forrajeros y pastos para la producción ganadera en la finca, dispuestos en varias disposiciones y con el empleo de varias especies para evitar la vulnerabilidad del monocultivo a la sequía, permite mantener la cobertura vegetal del suelo, mejorar la fertilidad a mediano plazo y traer impactos positivos sobre la productividad de los animales porque se obtiene una mejor alimentación del ganado, siendo por tanto la meta principal la nutrición de los rumiantes a través de la mejor selección de pastos y la combinación más óptima de estos con la vegetación existente en la finca. por tanto, una ganadería silvopastoriles con forrajes no sólo mejora la alimentación del ganado, la disponibilidad de forrajes, el manejo de las lluvias que redundan en mayor humedad del suelo, mejores dietas y valor nutricional de éstas.

Igualmente, (Milne, 2005) explica la importancia de los sistemas silvopastoriles en entornos con fuertes restricciones para el pastoreo, derivadas de la variabilidad climática, los factores relacionados con la productividad del paisaje y el mercado y la gran escala espacial de las operaciones de pastoreo, lo que plantea restricciones distintas de aquellas de la ganadería intensiva, porque se necesita una estrategia ecológica más que sólo agronómica al existir en

estos sistemas una fuerte conexión entre características biofísicas y socioeconómicas, lo que convierte la sostenibilidad y el sustento en un énfasis de primer orden.

En este orden de ideas, glosando a (Peri, Dube, & Varella, 2016), los sistemas silvopastoriles son una opción productiva con bajos costos de implementación en diversas regiones de Sudamérica, especialmente las regiones áridas y semiáridas de Chile, las zonas templadas de Argentina o las subtropicales del sur de Brasil; implican oportunidades y retos en las zonas subtropicales templadas sudamericanas porque existen diversos diseños y énfasis, de acuerdo a necesidades particulares particularmente las tendencias a hacer de la ganadería de carne una actividad más intensiva.

Así, sintetizando lo expuesto por (Murgueitio, Chará, Barahona, Cuartas, & Naranjo, 2014) puede decirse que los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) son una opción al pastoreo extensivo porque pueden producir 12 veces más carne que en estos y 4.5 veces más que en los sistemas de pastos, en tanto que las emisiones de metano son 1.8 veces menores por tonelada de carne que en el pastoreo intensivo. De acuerdo con esto, (Bacab, Madera, Solorio, Vera, & Marrufo, 2013) señalan el crecimiento en la investigación en SSP que sean sostenibles, armónicos con el medio ambiente, altamente productivos, lo que ha hecho populares los SSPi, con arbustos forrajeros como *Leucaena*, en disposiciones de pastoreo mejorado rotacional intensivo con cerca eléctrica y oferta de agua en abrevadero.

Murgueitio et al., 2014, manifiestan que:

Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos SSPi responden a la necesidad de reconvertir la ganadería tropical en una actividad rentable generadora de bienes demandados por la población (carne, leche, pieles, maderas, frutas) con inocuidad, bienestar animal y al

mismo tiempo generar servicios ambientales como la protección de fuentes hídricas, la rehabilitación de la fertilidad del suelo y la conservación de la biodiversidad. (p.502).

En este proyecto aplicado se busca aprovechar las ventajas de los Sistemas Silvopastoriles(SSP) para mejorar la calidad de la nutrición del ganado y para ello se establecen junto al cultivo ya existente de *Brachiaria decumbens*, forrajeras como Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) y *Leucaena (Leucaena diversifolia)*.

Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*)

Esta planta herbácea de la familia Asterácea originaria de Centroamérica e identificada por Nash en 1976 se utiliza en Colombia para la alimentación de vacas porque posee un amplio rango de adaptación, tolerando la baja fertilidad y la acidez del suelo, produciendo buena cantidad de biomasa, con una buena tasa de crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo, siendo su potencial nutricional importante para el ganado (Rios, 1997).



Figura 3. Botón de oro
Fuente. Google.com

Además, de acuerdo a (Pérez et al., 2009), esta planta conocida también como girasol mexicano, se cultiva en muchos países tropicales de África, Asia y América del Sur por ser de

usos múltiples como forraje rico en proteínas, para los rumiantes como ganado o conejos y su contenido de fibra porque es una hierba leñosa o arbusto suculento estolonífero, anual o perenne, que puede alcanzar una altura de 2 a 3 m, poseyendo una raíz con muchas raíces secundarias finas de modo que la masa herbácea se desarrolla a partir de estolones subterráneos. Las hojas son alternas, aovadas, densamente pubescentes, con una longitud de 5- 7 cm y una anchura de 3.5-12 cm. Cada tallo soporta de 12-14 flores de color amarillo con diámetro promedio de 12 cm. Puede florecer y dar frutos durante todo el año, hacia octubre y noviembre y se propaga por semillas o esquejes, pero es recomendable la siembra a partir de material vegetativo.

***Brachiaria decumbens* (Hierba de la señal)**

Se le conoce también como pasto peludo, Chontalpo, pasto de las orillas, entre otros; es originario de Uganda y África Tropical, que se caracteriza por su rusticidad, resistencia a la sequía y suelos pobres y bien drenados, desarrollándose bien en altitudes no superiores a los 2200 m sobre el nivel del mar, en climas templados, con precipitaciones entre 1000 a 4500 mm, presentando un régimen de crecimiento decumbente, es decir, rastrero y estolonífero.



Figura 4. *Brachiaria Decumbens*
Fuente. Google.com

Según las ideas consignadas por (Torres González & Morton, 2005) esta planta pertenece a las Paniceae, subfamilia Panicoideae de la familia Poaceae; este género pantropical está

compuesto de casi 100 especies, originarias principalmente del viejo mundo, encontrándose en un amplio rango de hábitat que van desde las regiones semidesérticas hasta los pantanos. Actualmente, *Brachiaria* es el forraje más ampliamente utilizado en las sabanas de Sudamérica por su tolerancia fisiológica a la baja fertilidad de los suelos ácidos de los trópicos. Además, describen a *Brachiaria* como una hierba anual o perenne con racimos inflorescentes a lo largo de un eje principal en forma de cinta o filiforme; posee espiguillas simples o pareadas, sésiles, adaxiales y regordetas; los entrenudos son alargados, cilíndricos y cortos, siendo el lema superior obtuso o agudo y a veces con mucronato. Así mismo, es un pasto que es propenso al salivazo (*Prosapia simulans*) y debe sembrarse en sitios con poca afectación de esta plaga si bien el impacto sobre el pasto es parcial porque se adapta bien a las zonas con ladera y humedad, evitando la erosión del suelo.

Por otra parte, comentando lo expuesto por (Low, 2015), puede decirse que *Brachiaria decumbens* o pasto de la señal, por la similitud de sus flores a las señales ferroviarias usadas en Uganda, su país de origen, ha sido llevada por su gran valor nutritivo y por su cantidad, como forraje de alta calidad, a países como Colombia, Brasil o Australia, proporcionando gran cantidad de materia seca, superior a la de otros forrajes en las estaciones secas. Al ser un pasto perenne decumbente, denso, con bajo crecimiento con inflorescencias que alcanzan hasta los 100 cm de altura, originadas en yemas multimodales puede propagarse por rizomas o por estolones, así como por semillas. Sin embargo, puede convertirse en monocultivo cuando no se le acompaña con otras legumbres que tengan valor nutricional para el ganado. También es una planta que responde bien a la defoliación y utiliza de forma eficiente el nitrógeno del suelo, pudiendo dar un suplemento nutritivo al ganado comparable con otros forrajes tropicales, a la vez que demuestra ser resiliente y poderse adaptar fácilmente a diversos tipos de suelos,

inclusive aquellos infértiles con una acidez inferior a 3.5 y a altos contenidos de aluminio, en climas tropicales y subtropicales.

Leucaena diversifolia

De acuerdo a lo consignado por(Hughes, 1998)este es un árbol o arbusto erecto, de 3-20 m de altura, tronco con una sola raíz que posee entre 20 y 50 cm de diámetro, recto y claro que alcanza hasta los 10 m de altura, dotado de ramas ascendentes con ramificaciones, y es una de las 22 variedades de la Leucaena, considerada la alfalfa de los trópicos por los ganaderos. Pertenece a la familia de las leguminosas, subfamilia de las mimosoideae, tribu de las mimoseae y es una de las cuatro especies tetraploides de la Leucaena. Posee hojas de diferentes formas en la misma planta, lo que justifica el nombre de diversifolia, oscilando los tamaños desde 14 hasta los 24 cm. Las cabezas florales poseen diámetros de hasta 15 mm, donde están dispuestas hasta 90 floraciones con un empaquetamiento poco denso.



Figura 5. *Leucaena diversifolia*
Fuente. Google.com

Según (Stepler & Nair, 1987) la *Leucaena diversifolia* se desempeña bien en los suelos cerrados de Sudamérica, con bajo pH y una acidez alta, absorbiendo mejor el calcio, tolerando la sequía, a lo que es ayudada por simbiontes como los *rhizobium*, además de exhibir una

reputación de alta tolerancia a las plagas, si bien periódicamente es afectada con manchas en sus hojas producidas por el hongo *Camptomeris leucaenae*, siendo necesario el establecimiento de esta en función de la especificidad del sitio, si bien puede garantizarse una calidad muy buena del forraje y también múltiples usos para la madera; la mayoría de la discusión sobre *Leucaena* versa sobre su empleo como forraje para el ganado, como suplemento más que como base de la dieta, siendo adecuado que componga un 30% de esta, aunque un sistema agroforestal importante con esta leguminosa involucra bloques discretos de *Leucaena* (bancos de proteína) y pasto u otra especie forrajera en la que se incrustan estos bloques.

Metodología

En los siguientes apartados se precisan los aspectos metodológicos de la presente investigación, en la que se aprovechan los avances teóricos y técnicos de la agroforestería para cumplir el objetivo trazado, que involucra la aplicación de unas técnicas específicas para solucionar un problema práctico.

Tipo de investigación

Esta es una investigación aplicada, caracterizada según Murillo(2008), citado por (Vargas Cordero, 2009), porque “busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación[...], con estructura metodológica y comunicacional-documental diferente a la de la investigación descriptiva y explicativa” (p.160). Con esta se busca obtener soluciones prácticas a problemas específicos, que en este caso refieren a una mejor calidad del forraje para el ganado mediante los conocimientos de las técnicas silvopastoriles.

Entonces, la investigación aplicada, como consigna (Lozada, 2014),” busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. [...]

Se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre teoría y producto” (p.34). Por este motivo se ha dado énfasis en el desarrollo de aspectos agroforestales y silvopastoriles, así como en las ventajas de los forrajes no sólo desde la perspectiva nutricional sino multipropósito ya que la aplicación práctica busca la sostenibilidad de fuentes de forraje para el ganado con alta calidad nutricional, bajo costo de establecimiento y minimización de impactos ambientales.

Diseño de investigación

Según (Hernández-Sampieri, Roberto; Fernández-Collado, Carlos; Baptista-Lucio, 2014), es adecuado, para este estudio aplicado, un diseño o alcance descriptivo porque se “busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (p.92). En este caso el grupo es cada componente del sistema agronómico que se implementa.

Fuentes de información

Las fuentes primarias refieren a los datos que son recopilados en forma directa en el sitio de la finca donde se realiza la práctica. Para el soporte teórico, se utilizan fuentes secundarias, tanto libros como artículos especializados, la mayoría en idioma inglés, tomados de Internet.

Técnicas de recolección de información

En este caso se utiliza la observación directa y el registro fotográfico como medios de recolectar la información referente a las actividades de establecimiento del sistema silvopastoril propuesto. Para (Collazos-García, 2006), la observación es “el conjunto de procedimientos y recursos de que se vale la ciencia para conseguir su fin”(p.36). Debe tener unos objetivos, un propósito y en el caso de una investigación aplicada, ser de campo, es decir llevarse a cabo en el

sitio donde se realiza la práctica, siendo un ejercicio cuidadosamente planeado, dejando registro de los resultados de las acciones llevadas a cabo.

Instrumentos de recolección de datos

Se utiliza el diario de campo como conjunto de registro de los datos recopilados.

Plan de acción

Se realizaron tres etapas dentro de las acciones metodológicas para el establecimiento del sistema silvopastoril con forrajes tropicales.

Primera fase

Se realizó el estudio de suelos para caracterizarlo, conocer su acidez y determinar las enmiendas necesarias para adecuar los aproximadamente 2800 m², (se anexa el análisis de suelos) que se desmontaron para realizar el establecimiento de un sistema silvopastoril acorde con un modelo agroecológico sostenible y de acuerdo al contexto de la finca San Pedro, vereda La Laja, Corregimiento de Julumito, Municipio de Popayán, Cauca.

Segunda fase

Se realiza el diseño de un arreglo silvopastoril utilizando las especies *Leucaena diversifolia*, *Tithonia diversifolia* (botón de oro) y *Brachiaria decumbens*, lo que implica determinar las distancias entre surco y surco, el emplazamiento de las diferentes especies, el método de siembra y la cantidad de cada una que debe emplearse.

Tercera Fase

Se procede a la realización de los surcos, la aplicación de las enmiendas, a la tarea de ahoyar el terreno y sembrar los forrajes, de acuerdo al diseño de arreglo silvopastoril elegido. Se establece así el sistema, y se empieza la fase de seguimiento del desarrollo de las diferentes

componentes, hasta el primer corte. Es en este punto cuando se estima la cantidad de materia verde y seca que aporta cada componente del arreglo silvopastoril, de manera que se pueden establecer comparaciones.

Resultados

En esta sección se describen los resultados obtenidos en cada una de las fases de la presente investigación aplicada, articulándose con los objetivos del estudio y su metodología.

Modelo de diseño agroecológico

Puesto que el objetivo es mejorar la calidad de la nutrición del ganado utilizando los recursos tropicales, se recurre a un sistema silvopastoril en el que se aprovecha la existencia de *Brachiaria decumbens*, existente en la finca San Pedro, vereda La Laja, corregimiento de Julumito, municipio de Popayán, para mejorar ésta calidad. Así, el diseño que se propone está confinado a un área de 2800 m², en la que se distribuyen 170 plantas de *Tithonia diversifolia* y 30 de *Leucaena diversifolia*, insertadas en el cultivo ya existente de *Brachiaria decumbens*, respondiendo a lo planteado por (M. Altieri, 1994) quien afirma que “una de las estrategias clave en la agricultura sostenible es restaurar la diversidad agrícola del paisaje[...] mejorándola por medio de rotaciones de cultivos y secuencias en el tiempo y el espacio en forma de agroforestería y mezclas de cultivos”(p.89). Por tanto, se disponen las plantas de forma mezclada en tres surcos y medio dentro del área elegida, como se ve en la figura 6.

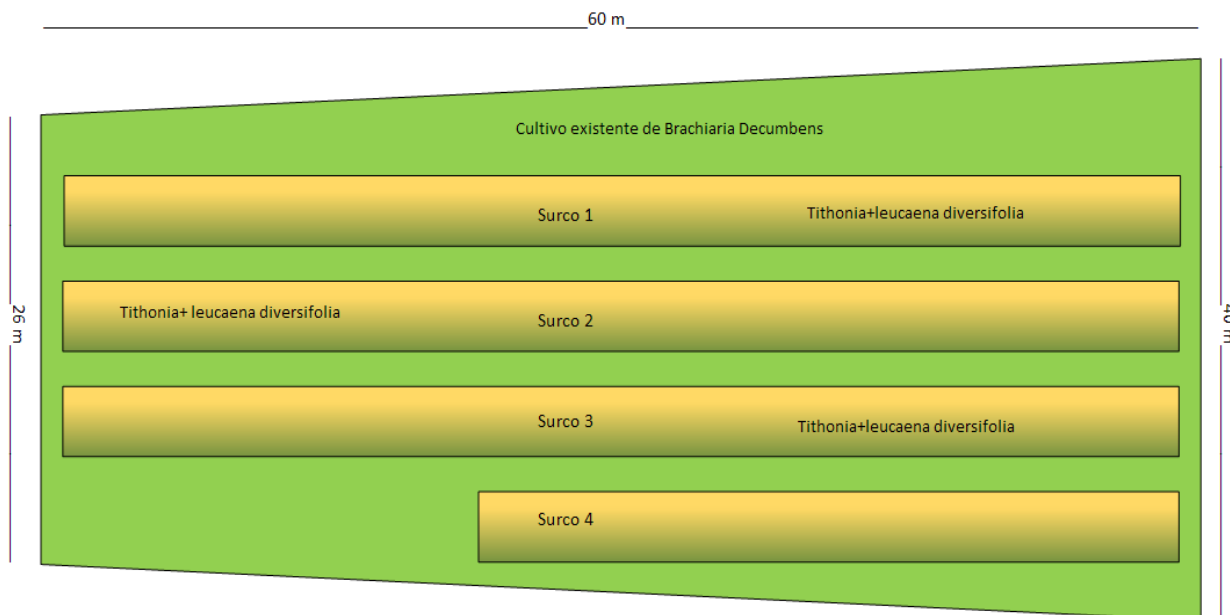


Figura 6. Distribución espacial sistema silvopastoril implementado
Fuente. Propia del estudio

Una vez se ha establecido la disposición de especies en el área seleccionada, es necesario determinar la manera en que se van a disponer por surco, la distancia entre plantas y entre surcos y también acopiar los elementos que se van a utilizar para adecuar el terreno y realizar las tareas de abonamiento de los cultivos, de acuerdo a los lineamientos establecidos en el análisis de suelos realizado para la finca San Pedro, como se observan en el Anexo A.

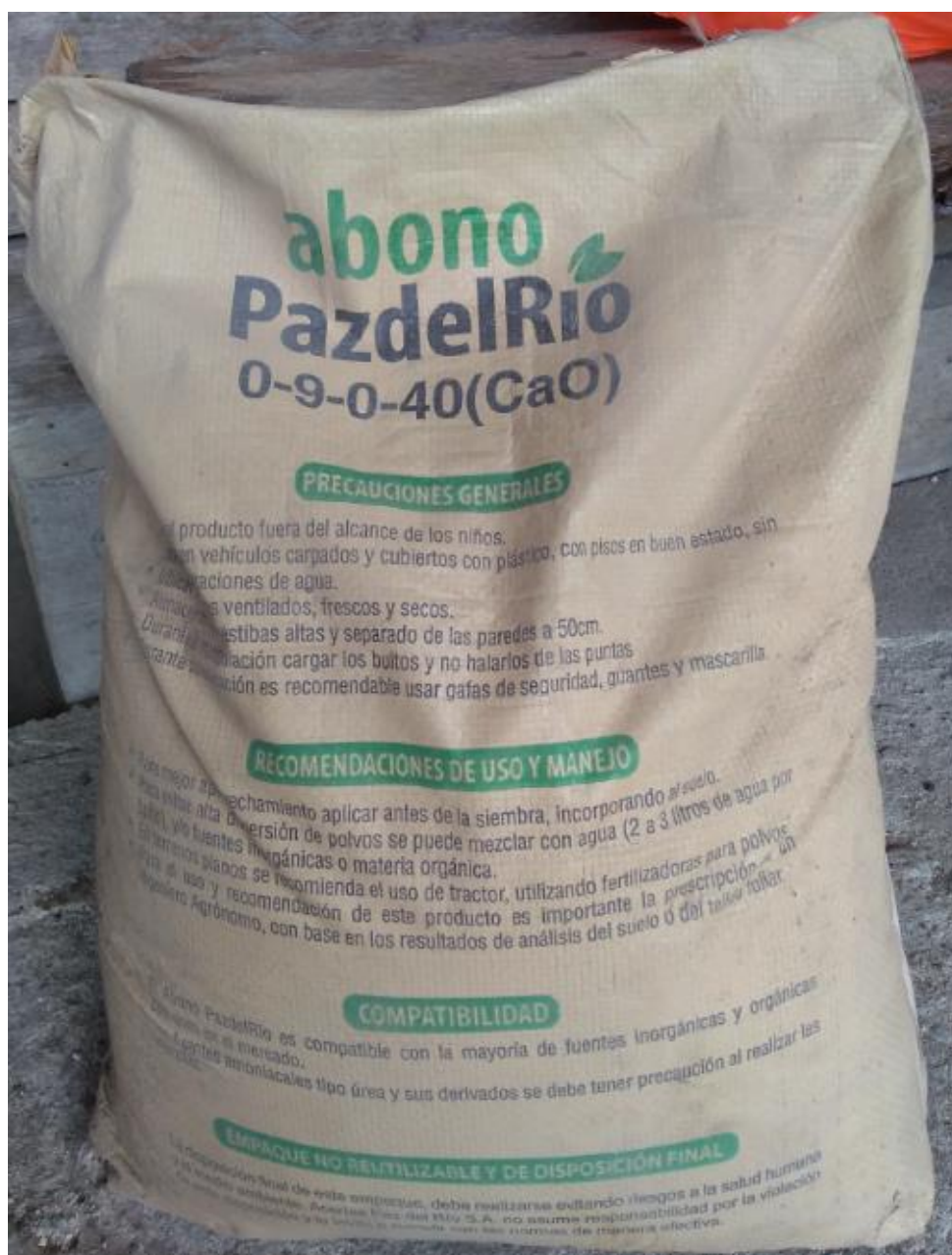
Inicialmente, se van a realizar las labores de desmonte del área de sembrado, despejando un área de 2800 m², aledaña a los cultivos existentes de *Brachiaria decumbens* porque se trata de enriquecer el agroecosistema con variedad de especies que enriquezcan el suelo, que le protejan y que por sus características multipropósito sirvan para la alimentación adecuada del ganado vacuno y para la protección del suelo, como debe ser desde una perspectiva de agricultura biológica, utilizando el mínimo posible de abonos químicos y derivando hacia el sostenimiento con abonos orgánicos.

En este orden de ideas, el suelo se va a enmendar con Dolomita Quimint, como la mostrada en la fotografía 1, aplicando una proporción de 100 g por cada hueco realizado, dado que la acidez del suelo está relacionada con las necesidades de calcio, magnesio y fósforo.



Fotografía 1. Cal dolomítica
Fuente. Propia del estudio

De igual forma, los requerimientos del proceso de abonado de los cultivos implementados requieren de la aplicación de óxido de calcio (CaO) en la presentación de abono Paz del Río, en una proporción de 50 g por hueco con el fin de atender las necesidades de micronutrientes de las plantas. Ver la fotografía 2.



Fotografía 2. Abono (CaO)
Fuente. Propia del estudio

Además, dado que el sostenimiento de los cultivos dentro de una agricultura biológica debe hacerse desde pautas orgánicas, se utiliza para la reactivación microbiológica que por la descomposición orgánica evita la fijación de iones de aluminio y así se controla la acidez del suelo, lo que en este proyecto aplicado se hace a través de la Abonissa, aplicada a la razón de un kg por hueco. La abonissa se muestra en la fotografía 3.



Fotografía 3. Aboniza

Fuente. Propia del estudio

Diseño del arreglo silvopastoril

Las especies *Leucaena diversifolia*, *Tithonia diversifolia* (botón de oro) y *Brachiaria decumbens*, se arreglan espacialmente en el espacio establecido, como se muestra en la figura



Figura 7. Diseño del sistema silvopastoril implementado
Fuente. Propia del estudio

El diseño, como consignan (Partey, Quashie-Sam, Thevathasan, & Gordon, 2011), “la *Tithonia diversifolia* posee una cantidad de materia verde con concentraciones altamente ricas en nutrientes(N, P, K, Ca y Mg) si se la compara con la mayoría de especies leguminosas, incluyendo la *Leucaena*”(p.124).esto implica darle énfasis a ésta especie, si bien es deseable la *Leucaena diversifolia* porque contribuye a la fertilización del suelo y es igualmente una fuente de forraje de alta calidad, que se complementa con la *Brachiaria decumbens*.

Por tanto, se colocan diez plantas de *Tithonia diversifolia*, delimitadas por una planta de *Leucaena diversifolia* en sus extremos y en los alrededores, se fomenta el cultivo de *Brachiaria decumbens*, siendo la separación entre plantas de 1 m y entre surcos de 12 m.

Entonces, se obtiene un sistema silvopastoril que aporta alimento rico en nutrientes, que es adecuado para los suelos poco fértiles y muy ácidos, que garantiza disponibilidad de la nutrición de alta calidad durante todo el año, que contribuye a la fertilización de los suelos, a disminuir la erosión, con bajos costos de mantenimiento, alta diversidad y resiliencia.

Luego, se están sentando las bases para la implementación de un sistema de forrajes y leguminosas que soporten la alimentación de ganado vacuno integrado en una estrategia de manejo de los recursos naturales, obteniendo tasas internas de retorno altas, a bajos costos de inversión, protegiendo el suelo, volviéndolo más fértil.

Esto concuerda con el hecho que la estrategia de mezcla de cosechas en tres estratos es, sintetizando las ideas de (Devendra & Ibrahim, 1999), la que mejores impactos tiene sobre la conservación y fertilidad del suelo, la sostenibilidad alimentaria, mayores desempeños del animal y rendimientos de las cosechas y un nivel más alto de ingresos para el ganadero.

Implementación del arreglo silvopastoril

Preparación del terreno

La primera acción realizada fue el desmonte del área de terreno seleccionada en la finca San Pedro, vereda La Laja, Corregimiento de Julumito, municipio de Popayán, Cauca, acción ejecutada el 10 de enero del año en curso, como se muestra en la fotografía 4.



Fotografía 4. Desmonte del terreno. 10 de enero de 2018

Fuente. Propia del estudio

Luego, siguiendo las distancias establecidas de 1 m entre planta y planta, se procedió a realizar el estacado, para obtener una referencia que facilitara el proceso de ahoyado del terreno, conformando los surcos y la configuración del patrón del diseño silvopastoril determinado antes, consistente en 10 plantas de *Tithonia diversifolia* por cada planta de *Leucaena diversifolia*, repitiendo este patrón hasta alcanzar toda la extensión de un surco, que fue de 60 m, realizando la actividad hasta completar 3 surcos y medio. El proceso de estado se realizó el 12 de enero de 2018, como se muestra en la fotografía 5.



Fotografía 5. Proceso de estacado.12 de enero de 2018
Fuente. Propia del estudio

Una vez terminado el proceso de estacado, se procedió a la apertura de los huecos necesarios para la siembra de los componentes del arreglo agroforestal diseñado, es decir, del sistema silvopastoril antes descrito.



Fotografía 6. Ahoyando el terreno.14 de enero de 2018
Fuente. Propia del estudio

Aplicación de enmiendas

Entonces, se aplicaron las enmiendas recomendadas en el estudio de suelos, usando 100 g de cal dolomítica a cada hueco, dejándola actuar por un período de 20 días.



Fotografía 7. Aplicación de cal dolomítica. 14 de enero de 2018
Fuente. Propia del estudio

Abonado

Luego de aplicadas las enmiendas se procedió a la aplicación por hoyo de la abonissa, en la proporción de un kilo por hueco.



Fotografía 8. Aplicación de abonissa. 5 de febrero de 2018.
Fuente. Propia del estudio

Así mismo, se aplicaron a cada hueco 50 g de abono Paz del Río, como se muestra en la fotografía 9.



Fotografía 9. Aplicación de Abono paz del Río 50 g por hueco. 5 de febrero de 2018
Fuente. Propia del estudio

Siembra

Se sembraron plántulas de *Leucaena diversifolia* con 50 cm de altura y una densidad de follaje de 15 cm. Esto se realizó el 5 de febrero de 2018, fecha tomada como referencia.



Fotografía 10. Siembra de la *Leucaena*. 5 de febrero de 2018
Fuente. Propia del estudio

Igualmente, se sembraron plántulas de boton de oro con una longitud de 60 cm y una densidad de follaje de 10 cm.



Fotografía 11. Siembra de la *Tithonia diversifolia*. 5 de febrero de 2018
Fuente. Propia del estudio

Además, al finalizar la siembra de los surcos, se abonó al voleo con abonissa la *Brachiaria decumbens* existente, hecho realizado el 15 de febrero de 2018.



Fotografía 12. Abonado al voleo de la *Brachiaria decumbens*. 15 de febrero de 2018
Fuente. Propia del estudio

Seguimiento del crecimiento y el follaje

Hacia el 5 de abril de 2018 se realizó una nueva abonada con abonissa a la razón de un kilogramo por mata y la *Tithonia diversifolia* tuvo una altura de 90 cm y una densidad de follaje de 45 cm; la *Leucaena diversifolia* tuvo 70 cm de altura y una densidad de follaje de 25 cm. Además se aplicó aboniza al voleo a la *Brachiaria decumbens* existente. El proceso de abonamiento se repitió cada mes.



Fotografía 13. Altura de la *Leucaena* y la *Tithonia* el 5 de abril de 2018
Fuente. Propia del estudio

Las especies utilizadas evolucionaron en su altura favorablemente, siendo el crecimiento de la *Tithonia* hacia el 5 de junio de 2018 de 140 cm de altura y una densidad de follaje de 80 cm; la *Leucaena* llegó a 95 cm de altura y una densidad de follaje de 38 cm.

En este orden de ideas, las variables de altura en centímetros y de densidad de follaje en centímetros, se pueden sistematizar mediante la herramienta Excel de Microsoft y graficarse.

En la tabla 1, se muestra la evolución de la altura de los forrajes con el tiempo, bajo el régimen de abono orgánico con aboniza, con frecuencia mensual a la rata especificada antes.

Tabla 1. Evolución de la altura de los forrajes con el tiempo

	Altura(cm)			
Tiempo(días)	0	30	60	90
Tithonia diversifolia	60	90	120	140
Leucaena diversifolia	50	70	80	95

Fuente. Propia del estudio

La figura 8 muestra gráficamente el cambio de la altura de los forrajes durante un periodo de 3 meses, iniciando el 5 de febrero del año en curso.

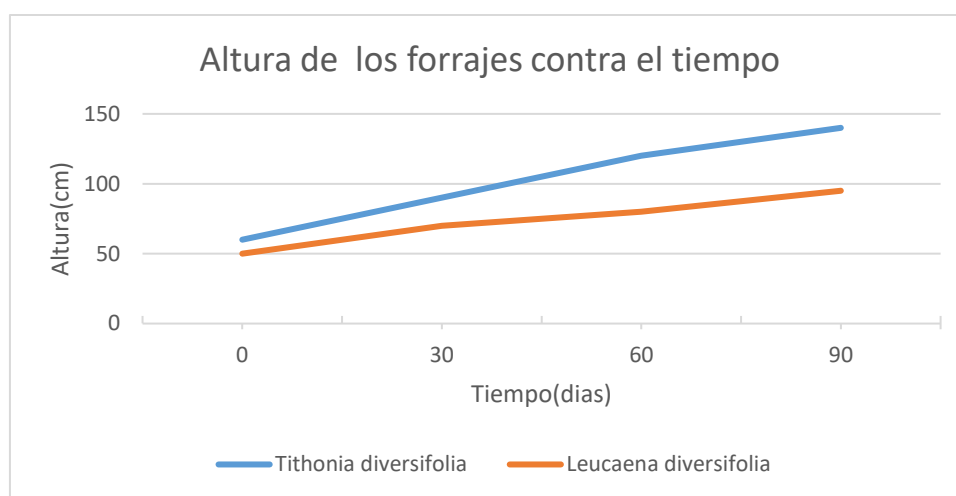


Figura 8. Cambio de la altura con el tiempo

Fuente. Propia del estudio

Así mismo, en la tabla 2 se muestra el cambio de la densidad de follaje con el tiempo.

Tabla 2. Evolución densidad de follaje con el tiempo

	Densidad de follaje(cm)			
Tiempo(días)	0	30	60	90
Tithonia diversifolia	10	45	60	80
Leucaena diversifolia	15	25	30	38

Fuente. Propia del estudio

En la figura 9 se representa gráficamente la evolución de la densidad de follaje de *Tithonia diversifolia* y *Leucaena diversifolia*.

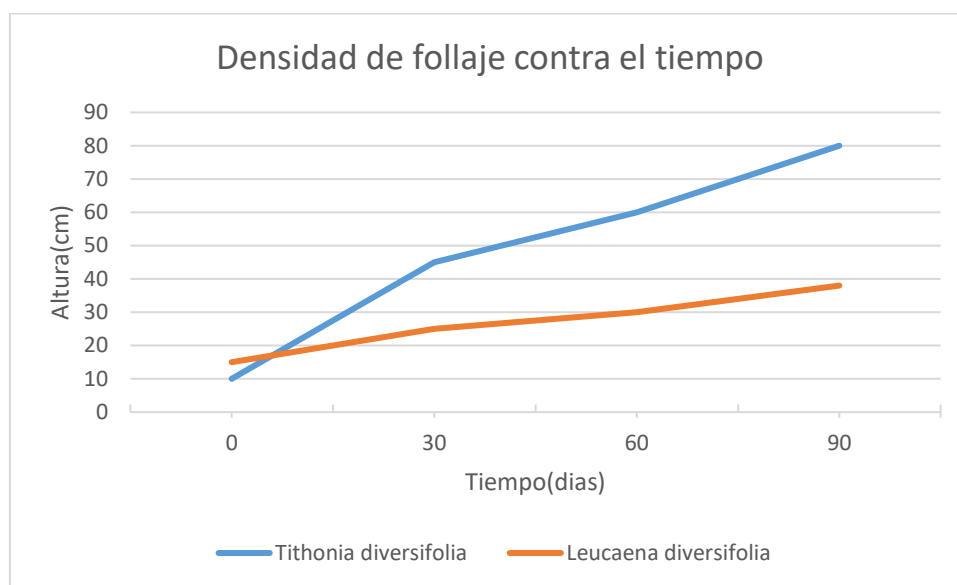
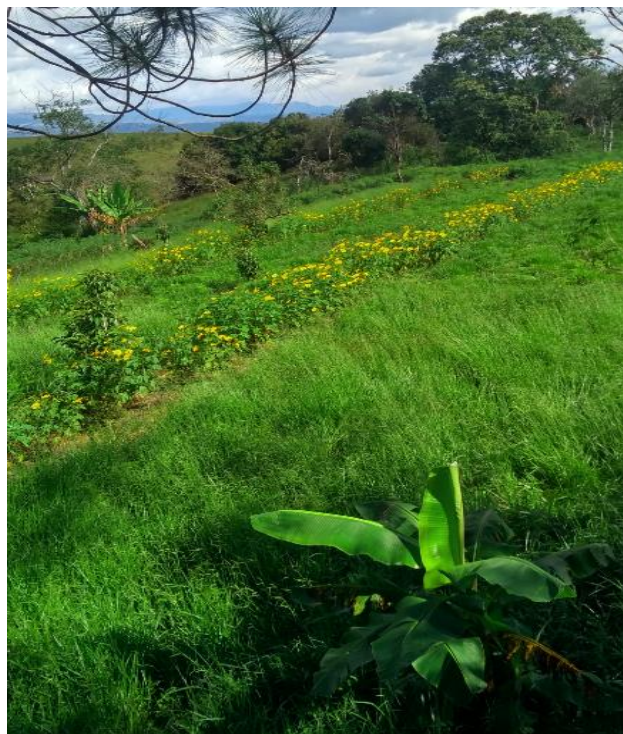


Figura 9. Cambio de la densidad de follaje con el tiempo
Fuente. Propia del estudio

Primer corte y aforos

El sistema silvopastoril configurado como mezcla de especies forrajeras en tres niveles, implementado con *Tithonia diversifolia*, *Leucaena diversifolia* y *Brachiaria decumbens*, presentaba un aspecto como el mostrado en la fotografía 14 hacia el 5 de junio de 2018, justo antes de practicársele el primer corte para proceder a la estimación de los aforos para determinar la cantidad de materia verde o biomasa, a la que contribuye cada especie dentro del arreglo, pudiendo establecer la cantidad de toneladas por hectárea así como el consumo promedio de cada especie por vaca, teniendo en cuenta que en dichos aforos se debe tomar en cuenta que un rumiante bovino consume el 12% por cada 500 kg de materia verde al día, lo que da un promedio de 60 kg de materia verde por día, para cada vaca.



Fotografía 14. Aspecto del sistema silvopastoril implementado hacia 5 de junio de 2018, antes del primer corte.
Fuente. Propia del estudio

El primer corte de los forrajes componentes del sistema silvopastoril implementado se realizó el 7 de junio de 2018



Fotografía 15. Ejecución del primer corte. 7 de junio de 2018
Fuente. Propia del estudio

Luego, se procedió a realizar los aforos correspondientes para estimar el aporte de materia verde por hectárea de cada uno de los componentes del sistema silvopastoril implementado. Se cortaron macollos y se pesaron, como se muestra en la fotografía 16.



Fotografía 16. Pesando la materia verde hacia 7 de junio de 2018
Fuente. Propia del estudio

Se han aforado la *Tithonia*, así como la *Brachiaria*, que son las fuentes más abundantes dentro del contexto de la finca San Pedro, y a raíz que fundamentalmente el aporte de biomasa proviene del botón de oro, como puede verse en la tabla 3.

Tabla 3. Aforo de materia verde

Componente	Materia verde al primer corte(Ton/Ha)
<i>Tithonia diversifolia</i>	66.4
<i>Brachiaria decumbens</i>	14.875

Fuente. Propia del estudio

Potencial de rebrote

Se contrastó el potencial de rebrote de la *Tithonia diversifolia*, a un mes del primer corte como se muestra en fotografía 17



Fotografía 17. Contraste del corte con el rebrote hacia 7 de julio de 2018.
Fuente. Propia del estudio

Así, a los dos meses del primer corte, el sistema silvopastoril implementado está en su punto para la alimentación del ganado, como se muestra en la fotografía 18.



Fotografía 18. Forrajes del sistema silvopastoril en su punto para la ganada. 7 de agosto de 2018
Fuente. Propia del estudio

Discusión

El nivel de producción de materia verde para la *Brachiaria decumbens*, que fue de 14,875 Ton/Ha, es comparable al estimado para esta misma especie por (Benitez Nara & Bobadilla Cañete, 2013), quienes consignan un valor de 12,59 Ton/Ha al primer corte. Así mismo, para la *Tithonia Diversifolia* se encontró un valor de 66,4 Ton/Ha, que es comparable al estimado en la literatura por (Ruíz et al., 2014) quienes consignan un valor de 70 Ton/Ha para este mismo forraje. Por tanto, los valores obtenidos concuerdan con la literatura existente.

Además, el crecimiento de la *Tithonia diversifolia*, constata lo establecido por (Ruíz et al., 2014), que puede sintetizarse en que es una planta de rápido crecimiento, capaz de acumular hasta un 33% de proteínas en sus hojas como las leguminosas, y que su crecimiento se inicia desde un tamaño de 52 cm, que para este estudio fue 60 cm y se evidenció un mejor aprovechamiento de los nutrientes entre los 60 y 90 días, como estiman estos autores.

Por otra parte, la altura obtenida para la *Tithonia diversifolia* está de acuerdo a lo estimado por (Gomez et al., 2002), que establecen un crecimiento a los 110 días, de 176 cm porque se encontró una altura de la planta a los 90 días de 140 cm, lo que presupone una altura de 180 cm a la tasa de crecimiento dada por estos autores de 2 cm por día.

En cuanto a la *Leucaena diversifolia*, la altura evoluciona desde 50 cm a la siembra hasta los 95 cm antes del primer corte, lo que está de acuerdo a las alturas promedio encontradas por (Martinez Mamian, 2014) de 84,9 cm para el mejor caso.

Además, se constata también la capacidad de rebrotes de estas especies que son una de las características sobresalientes de estos forrajes, es decir, su vigor.

Conclusiones

En este estudio se enfatiza en la importancia de la agricultura biológica, de la agroforestería, de los sistemas silvopastoriles en los que se emplean combinaciones de forrajes, gramíneas y leguminosas, tropicales para mejorar el valor nutricional de la alimentación del ganado, minimizar los impactos ambientales sobre el suelo y su fertilidad; así, se diseñó e implementó un sistema silvopastoril que brinda todos estos beneficios, es sostenible, limpio, económico y permite fuentes de forraje de alta calidad para el ganado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se puede afirmar que la evolución de la altura de la *Tithonia diversifolia* se hace a un ritmo más rápido que aquella correspondiente a la de la *Leucaena diversifolia*, encontrándose valores a los 90 días, antes del primer corte, de 140 cm y 95 cm, respectivamente, resultados que están acordes con los encontrados en la literatura.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad de follaje de la *Tithonia diversifolia* son mejores que los de la *Leucaena diversifolia*, obteniéndose valores a los 90 días, antes del corte, de 80 cm y 38 cm, respectivamente, lo que está dentro de lo esperado por las características específicas encontradas en la literatura.

El rebrote del sistema silvopastoril implementado con *Tithonia diversifolia*, *Leucaena diversifolia* y *Brachiaria decumbens*, demuestra estar de acuerdo con las características de vigor de estas especies forrajeras en la literatura, de manera que se encontró un contraste de rebrote significativo a un mes del primer corte.

En este estudio se encontró una generación de materia verde de *Tithonia diversifolia* de 66,4 Ton/Ha, y para *Brachiaria decumbens* de 14,875 Ton/Ha, valores que están de acuerdo con los estimados en la literatura.

Recomendaciones

Se recomienda utilizar alternativas de abonamiento mediante abonos orgánicos, a base de humus de lombriz roja californiana, así como el empleo de micorrizas arbusculares, en el sostenimiento del sistema silvopastoril implementado.

Se recomienda la estimación de los costos de la implementación y del mantenimiento sobre una base anual y la comparación de estos con aquellos que tiene un sistema tradicional agrícola con los mismos fines de nutrición para el ganado.

Se recomienda la promoción de los resultados y prácticas de este estudio como ejemplo a replicar para los ganaderos del municipio de Popayán.

Bibliografía

- Alavalapati, J. R. R., & Mercer, D. E. (2005). *Valuing Agroforestry Systems Methods and Applications* (Vol. 2). New York: Kluwer Academic Press. <https://doi.org/10.1007/1-4020-2413-4>
- Altieri, M. (1994). *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2004). *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. New York: FPP.
- Arboleda, D., Tombe, A., Morales-Velasco, S., & Vivas-Quila, N. J. (2013). Propuesta para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero: en sistemas de producción ganadera del trópico alto Colombiano. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 11(1), 154–163. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=93998477&lang=es&site=ehost-live>
- Bacab, H. M., Madera, N. B., Solorio, F. J., Vera, F., & Marrufo, D. F. (2013). Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. (Spanish). *The Intensive Silvopastoral Systems with Leucaena Leucocephala: Tropical Livestock Option. (English)*, 17(3), 68–81. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=91583739&lang=es&site=ehost-live>
- Benitez Nara, M. C., & Bobadilla Cañete, O. V. (2013). Rendimiento de diez gramíneas forrajeras tropicales, 6.
- Chará, J., Murgueitio, E., & Calle, Z. (2016). Ganadería Colombiana Sostenible. *Federación Colombiana de Ganaderos*, (September). Retrieved from <http://www.fedegan.org.co/programas/ganaderia-colombiana-sostenible>
- Cingolani, A. M., Noy-Meir, I., Renison, D. D., & Cabido, M. (2008). La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología Austral*, 18(5000), 253–271.
- Collazos-García, H. (2006). *Técnicas de Investigación*. Bogotá D.C.: UNAD.
- Cuesta, P. (2005). Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. *Revista Corpoica*, 6, 5–13.
- Dagang, A. B. K., & Nair, P. K. . (2003). Silvopastoral research and adoption in Central America: recent findings and recommendations for future directions. *Agroforestry Systems*,

59, 149–155. <https://doi.org/10.1007/BF00115736>

- Devendra, C., & Ibrahim, M. (1999). Silvopastoral systems as a strategy for diversification and productivity enhancement from livestock in the tropics. *Centro Agronomico Tropical de Investigación Y Enseñanza (CATIE)*, 2020, 8–22.
- Freer, M. (2007). *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Collingwood: CSIRO. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=sJonfxmtq6EC&pgis=1>
- Gomez, M., Rodriguez, L., Murgueitio, E., Rios, C. I., Mendez, M., Molina, C., ... Molina, J. (2002). Arboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica. *Centro de Investigacion En Sistemas Sostenibles. CIPAV*, 1–171.
- Hernández-Sampieri, Roberto; Fernández-Collado, Carlos; Baptista-Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). México D.F.: McGraw Hill.
- Horrocks, R. D., & Vallentine, J. F. (1999). *Harvested Forages*. New York: Academic Press.
- Hughes, C. E. (1998). Leucaena: A genetic resources handbook. *Tropical Forestry Papers No. 37*, 274. Retrieved from <http://www.bodley.ox.ac.uk/users/millsr/isbes/ODLF/TFP37.pdf>
- Klopčič, M., Reents, R., Philipson, J., & Kuipers, A. (2009). *Breeding for Robustness in Cattle*. Amsterdam: Wageningen Academic Publishing. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-657-1>
- Lazier, J. R., & Ahmad, N. (2016). *Tropical Forage Legumes*. Croydon: CABI.
- Lichtfouse, E. (2013). *Sustainable Agriculture Reviews* (Vol. 12). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5961-9>
- Low, S. (2015). Signal Grass (*Brachiaria decumbens*) Toxicity in Grazing Ruminants. *Agriculture*, 5(4), 971–990. <https://doi.org/10.3390/agriculture5040971>
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada : Definición , Propiedad Intelectual e Industria. *Cienciaamérica*, 1(3), 34–39. Retrieved from <http://www.uti.edu.ec/documents/investigacion/volumen3/06Lozada-2014.pdf>
- Mahecha, L. (2003). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitaciones para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 16(1), 11–18.
- Mahecha, L., Gallego, L. A., & Peláez, F. J. (2016). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 213–225. <https://doi.org/ir-ART0000358602>

- Martinez Mamian, C. A. (2014). *Evaluacion Agronómica de 23 accesiones de Leucaena Diversifolia en el pleniplano de Popayán*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Milne, J. A. (2005). *Pastoral systems in marginal environments*. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-557-4>
- Minson, D. J. (1990). *Forage in Ruminant Nutrition. Forage in Ruminant Nutrition*. New York: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-498310-6.50007-9>
- Muhammad, I. (2010). Sistemas Silvopastoriles. *Árboles Y Arbustos Dispersos En Potreros*, 48.
- Murgueitio, E. R., Chará, J. O., Barahona, R. R., Cuartas, C. C., & Naranjo, J. R. (2014). Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, 501–507.
- Orskov, E. R., & Ryle, M. (1990). Energy nutrition in ruminants, 157. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-0751-5>
- Partey, S. T., Quashie-Sam, S. J., Thevathasan, N. V., & Gordon, A. M. (2011). *evaluacion agronómica de 23 accesiones de leucaena. Agroforestry Systems* (Vol. 81). <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9360-5>
- Pérez, A., Montejó, I., Iglecias, J., López, O., Martín, D., García, D., ... Hernandez, A. (2009). *Tithonia diversifolia (Hemsley) A . Gray. Pastos Y Forrajes*, 32(1), 1–5.
- Peri, P. L., Dube, F., & Varella, A. (2016). *Silvopastoral Systems in Southern South America* (Vol. 11). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24109-8>
- Rios, C. (1997). *Tithonia diversifolia (hemsl .) Gray , una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Agroforestería Para La Producción Animal En Latinoamérica*, 217–230.
- Ruíz, T. E., Febles, G. J., Galindo, J. L., Savón, L. L., Chongo, B. B., Torres, V., ... Zamora, A. (2014). *Tithonia diversifolia, sus posibilidades en sistemas ganaderos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), 79–82.
- Russell McDowell, L. (1985). *Animal Feeding and Nutrition*. New York: Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2156\(09\)70001-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2156(09)70001-8)
- Shirley, R. L. (1986). *Nitrogen and Energy Nutrition of Ruminants*. New York. Retrieved from Academic Press
- Sotomayor-ríos, A., & Pitman, W. D. (2001). *Tropical Forage Plants: Development and Use*.

New York: CRC Press.

Steppler, H. A., & Nair, P. K. R. . (1987). Agroforestry - A Decade of Development. *Experimental Agriculture*, 393. <https://doi.org/10.1017/S0014479700016252>

Torres González, A. M., & Morton, C. M. (2005). Molecular and morphological phylogenetic analysis of *Brachiaria* and *Urochloa* (Poaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 37(1), 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2005.06.003>

Umrani, R., & Jain, C. K. (2010). *Agroforestry. Systems and practices*. https://doi.org/10.1007/SpringerReference_29441

Vargas Cordero, Z. R. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155–165. <https://doi.org/0379-7082>

Vergara, W. V. (2010). La ganadería extensiva y el problema agrario. El reto de un modelo de desarrollo rural sustentable para Colombia. *Revista Ciencia Animal*, (3), 45–53. Retrieved from <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/350>

Anexos

Anexo A. Estudio de suelos

A N A L I T I C A L T D A .**ANÁLISIS DE SUELOS POR FOTOMETRÍA- RQ-FLEX 2227/02/2016**

NOMBRE DEL PROPIETARIO : OSCAR FABIAN HOYOS
 DIRECCIÓN Y TELÉFONOS : UNAD 313-6938057
 NOMBRE DE LA FINCA : LA LAJA
 VEREDA : JULUMITO
 MUNICIPIO: POPAYAN
 CULTIVOS : PASTOS MEJORADOS Y OTROS

RESULTADOS DE LA REFLECTOMETRIA				
ELEMENTO ANALIZADO	RESULTADO MUESTRA	DISPONIBIL. ASIMILABLE	REQUERIM. Kg./Ha./Año	DEFICIEN X EFICIENCIAS
PH -Grados-	4.70	4.70	6.5	1.80
N - Total %	0.45	89.02	250	321.96
N - NQ 3 %	0.09	18.08	0	0.00
N - NO 2 %	0.12	24.32	0	0.00
N - NH 4 %	0.23	46.62	0	0.00
P - ppm.	3.52	16.13	75	294.37
K - meq./100 gr.	0.26	200.00	250	100.00
Ca-meq./100 gr.	0.60	240.00	800	560.00
Mg-meq/100 gr.	1.08	263.25	500	236.75
Na-meq/100 gr.	0.02	0.02	0	-0.02
AL-meq/100 gr.	0.90	0.90	0	0.90
Satur. de Al-%	31.45	31.45	0	31.45
Textura	F.AR			

Anexo B. Presupuesto de la implementación

Item	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
Boton de oro	170	planta	\$ 600	\$ 102,000
Leucaena	30	planta	\$ 600	\$ 18,000
Cal dolomítica	1	Bulto 50 kg	\$ 50,000	\$ 50,000
Paz del Río	1	Bulto 50 kg	\$ 50,000	\$ 50,000
Aboniza	20	Bulto 50 kg	\$ 12,000	\$ 240,000
Estudio de suelos	1		\$ 100,000	\$ 100,000
Transporte	20	visitas	\$ 10,000	\$ 200,000
Mano de obra desmonte	2	obreros	\$ 50,000	\$ 100,000
Preparacion terreno	2	obreros	\$ 100,000	\$ 200,000
Siembra terreno	1	obreros	\$ 100,000	\$ 100,000
Mantenimiento del cultivo	5	abonada	\$ 40,000	\$ 200,000
Gran total(2800 m ²)				\$ 1,360,000
				\$
Costo por Ha				4,857,142.86

Fuente. Propia de la investigación