

**Evaluación preliminar de un sistema agroforestal matarratón (*Gliricidia sepium*
Kunth ex Steud.) – maracuyá (*Passiflora edulis* fo. *flavicarpa* O. Deg.), en
el municipio de Sandoná, Nariño**

Jonathan Andrés Pantoja Pantoja

Director

Esp. Mauro Bravo Gaviria

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuelas de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Agroforestal

2025

Dedicatoria

Dedico este proyecto a cada una de las personas que han contribuido a mi formación académica, profesional y personal, a quienes que, con su disposición, me han orientado de manera atenta y respetuosa, brindándome su conocimiento y opinión.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme la vida y a las personas que, con su compañía y apoyo, me dieron motivación para continuar en el camino hacia la realización de ser Ingeniero Agroforestal. A la Universidad Nacional Abierta y Distancia, por ser la fuente de conocimiento y herramientas académicas en mi desarrollo académico y profesional.

A mi director de opción de grado, el esp. Mauro Bravo Gaviria, quien, por su invaluable orientación, paciencia y compromiso, me guio con su conocimiento y consejos a lo largo de este proceso de investigación.

Y finalmente, a mi familia, en especial a mi madre, por su apoyo y confianza en mi capacidad para alcanzar esta meta.

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad evaluar de forma preliminar un arreglo agroforestal conformado por maracuyá (*Passiflora edulis* fo. *Flavicarpa* O. Deg) y matarratón (*Gliricidia sepium* Kunth ex Steud), como propuesta para reducir la incidencia de monocultivos en municipio de Sandoná, Nariño. Esto dado que los sistemas agroforestales, como modelo integral del uso tierra, contribuyen a la recuperación de zonas frágiles o deterioradas.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con parcelas divididas, con tres repeticiones y dos factores de investigación: un factor A, correspondiente al agrego de siembra (agroforestal y monocultivo), y un factor B, a los tratamientos de fertilización (fertilizante convencional granular, 100% nanofertilizante, 80% nanofertilizante). Evaluando para su comparación variables de crecimiento (altura, diámetro del tallo y área foliar), además de la comparación de costos por establecimiento.

Al evaluar estas variables, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos por bloque, como tampoco en la interacción entre los arreglos de siembra con los tratamientos. Sin embargo, al comparar los arreglos de siembra por bloque, para la variable área foliar, si se presentó una diferencia estadísticamente significativa, siendo el cultivo de maracuyá bajo el sistema agroforestal el que mayor promedio de área foliar presenta, lo que sugiere posibles efectos positivos del tutor vivo. En la comparación de costos, muestra que el menor costo de establecimiento lo presentó el sistema agroforestal, reduciendo un valor de 707.000 COP en comparación con el monocultivo.

Palabras clave: Sistema agroforestal, fertilización, nanofertilizante.

Abstract

The purpose of this research was to conduct a preliminary evaluation of an agroforestry system consisting of passion fruit (*Passiflora edulis* fo. *Flavicarpa* O. Deg) and pa (*Gliricidia sepium* Kunth ex Steud), as a proposal to reduce the incidence of monoculture in the municipality of Sandoná, Nariño. This is because agroforestry systems, as an integrated model of land use, contribute to the recovery of fragile or degraded areas.

The experimental design was a randomized complete block design with split plots, with three replicates and two research factors: factor A, corresponding to the planting aggregate (agroforestry and monoculture), and factor B, corresponding to fertilization treatments (conventional granular fertilizer, 100% nanofertilizer, 80% nanofertilizer). Growth variables (height, stem diameter, and leaf area) were evaluated for comparison, in addition to a comparison of establishment costs.

When evaluating these variables, no statistically significant differences were found between the treatments per block, nor in the interaction between the planting arrangements and the treatments. However, when comparing the planting arrangements by block for the leaf area variable, a statistically significant difference was found, with passion fruit grown under the agroforestry system having the highest average leaf area, suggesting possible positive effects of the living support. The cost comparison shows that the agroforestry system had the lowest establishment cost, reducing the value by 707,000 COP compared to monoculture.

Keywords: Agroforestry system, fertilization, nanofertilizer

Tabla de Contenido

Introducción	10
Justificación	11
Planteamiento del Problema	13
Pregunta de Investigación	14
Objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
Marco conceptual y Teórico	16
Sistemas Agroforestales	16
Ventajas y Desventajas de Sistemas Agroforestales	17
Nanofertilizantes	19
Ventajas y Desventajas de los Nanofertilizantes	20
Descripción de Especies	21
Passiflora edulis fo. flavicarpa O. Deg.	21
Clasificación Taxonómica de Passiflora edulis	22
Gliricidia sepium Kunth ex Steud.....	22
Clasificación Taxonómica de Gliricidia sepium.....	23
Investigaciones Realizadas	24
Metodología	26
Localización	26
Diseño Experimental.....	26
Tratamientos de Fertilización	26

Siembra del Cultivo	28
Siembra de Arreglo Agroforestal	28
Variables Evaluadas	28
Manejo Agronómico	29
Análisis Estadístico	29
Socialización de Resultados.....	29
Resultados y Discusión	30
Altura de la Planta.....	30
Diámetro del Tallo	31
Área Foliar Estimada	32
Porcentaje de Enraizamiento del Tutor Vivo.....	33
Costos de Establecimiento	33
Socialización y Transferencia de Resultados.....	34
Conclusiones.....	36
Recomendaciones	37
Referencias Bibliográficas	38
Apéndices.....	43

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Dosis y Aplicaciones por Planta según Tratamiento de Fertilización</i>	27
Tabla 2 <i>Análisis de Varianza para las Variables Crecimiento, Diámetro de Tallo y Área Foliar Estimada</i>	30
Tabla 3 <i>Comparación de Medias de Tukey para Área Foliar en Función de Subtratamiento (cm²)</i>	32
Tabla 4 <i>Costos de Establecimiento por Arreglo de Siembra para una Hectárea de Maracuyá, Año 2025</i>	34

Lista de Apéndices

Apéndice A *Reporte Análisis de Suelo Agrícola* 43

Apéndice B *Registro Fotográfico* 44

Introducción

El municipio de Sandoná es reconocido por su producción panelera, derivada de la siembra de monocultivos de caña de azúcar, haciendo parte de los 23 municipios de occidente de Nariño, donde existe aproximadamente 23.000 hectáreas de caña sembrada (Montenegro et al. 2010). Según Castro (1997), este tipo de monocultivos bajo un uso intensivo y mal enfocado, sometido a un largo periodo, genera en el suelo una progresiva degradación, reflejándose en sistemas agrícolas cada vez menos sostenibles.

En este contexto, se ve la necesidad de brindar alternativas de producción más sostenible, como son los sistemas agroforestales (SAF), que al integrar en un mismo espacio de tierra especies arbóreas o arbustivas con cultivos agrícolas, traen consigo beneficios ambientales, sociales y económicos para el agricultor.

Por ello, en la presente investigación se propone evaluar preliminarmente un sistema agroforestal conformado por maracuyá (*Passiflora edulis*) y *Gliricidia sepium* como tutor vivo, adicionándole una alternativa de fertilización con nanofertilizantes, a fin de reducir la dependencia de fertilizantes convencionales y minimizar los impactos ambientales. Brindando de esta manera, información útil y sustentada para toma decisiones de los agricultores, en pro de la conservación de los recursos naturales.

Justificación

Uno de los principales elementos en las actividades agrícolas son los suelos, los cuales deben contar con condiciones ideales para obtener una buena producción. Sin embargo, este elemento a través de los años ha sido afectados drásticamente en sus características fisicoquímicas por malas prácticas agrícolas, como lo ha sido la labranza excesiva, actividad que disminuye la estabilidad y cohesión entre las partículas, ocasionando erosiones excesivas y la eliminación de la capa orgánica superficial productiva; por otra parte, las fertilizaciones intensivas incorrectas y el uso inadecuado de pesticidas han ocasionado la pérdida de la edafofauna, organismos que reciclan y transforman nutrientes esenciales que requieren los cultivos. Triviño & Smith (2015), afirma que los suelos dominados por monocultivos, enfrenta diversos problemas como pérdidas de biodiversidad edáfica, de fertilidad, contaminación y un acelerado proceso de erosión.

Esta problemática se presenta en el municipio de Sandoná, debido a las actividades agrícolas que de forma continua se presentan, afectando directamente las condiciones edáficas y disminuyendo la capacidad productiva de los suelos. Sumado a esto la ubicación del municipio contribuye a esta problemática, ya que se al encontrarse sobre la zona de influencia del volcán Galeras, hace que suelos estén caracterizados con pendientes altamente pronunciadas. Pues según Viveros et al. (2025), la implementación del monocultivo de caña de azúcar en suelos favorecidos por altas pendientes provoca un deterioro en las propiedades fisicoquímicas del suelo, contribuyendo a procesos erosivos.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario implementar estrategias y procedimientos agrícolas para restaurar las características originales del suelo, convirtiéndolo nuevamente en un elemento sostenible y sustentable, siendo los sistemas agroforestales una estrategia productiva en

pro de la conservación de los recursos naturales, ya que, según Shibu (2009), integrando árboles con cultivos, se tiene el potencial de mejorar la fertilidad del suelo, reducir la erosión y favorecer la biodiversidad. De la misma manera, Sarango (2007) ha demostrado que la incorporación de especies leñosas como *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales mejora significativamente los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y potasio en el suelo, además de reducir la presencia de malezas y contribuir a la sostenibilidad del sistema agrícola.

Por lo mencionado anteriormente, esta investigación se enfoca en generar conocimiento técnico sobre los beneficios de los arreglos agroforestales, permitiendo a los agricultores tener información fundamentada para tomar decisiones hacia una producción más sostenible con los recursos naturales.

Planteamiento del Problema

El acelerado deterioro ambiental y la crisis de sostenibilidad que enfrentan muchos ecosistemas agrícolas son resultado directo de la explotación y uso desmedidos de los recursos naturales. Este problema se ve agravado por el constante crecimiento poblacional y el aumento en la demanda de alimentos (Valencia, 2019). Como resultado, los recursos naturales no tienen el tiempo necesario para regenerarse de manera adecuada, lo que se traduce en efectos negativos en la productividad agrícola.

En el municipio de Sandoná, como en muchas regiones de nuestro país, se ha venido caracterizando por la extensión de monocultivos, que poca riqueza agroecológica presentan. Esto no solo genera diferentes desafíos relacionados con la sostenibilidad y la eficiencia de los sistemas de producción, sino que también reduce la resiliencia del ecosistema ante cambios climáticos y plagas, aumentando así la vulnerabilidad económica de los agricultores ante posibles pérdidas monetarias.

Ante esta situación, los sistemas agroforestales son una alternativa viable para contrarrestar este tipo de prácticas. Por ello, se ve la necesidad implementar y analizar sistemas agroforestales que sirva como modelos de producción sostenible adaptables al municipio de Sandoná.

Por tanto, se plantea investigar la integración de un cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) con *Gliricidia sepium* (matarratón) en un arreglo agroforestal, junto con el uso de tres tratamientos de fertilización: convencional (fertilizante granular), 100% nanofertilizante, 80% nanofertilizante, a fin de determinar su viabilidad términos el desarrollo vegetal y sostenibilidad, conllevando a proporcionar información técnica útil para fortalecer las prácticas agrícolas en la región.

Pregunta de Investigación

¿La integración de un cultivo maracuyá (*Passiflora edulis*) con *Gliricidia sepium* en un arreglo agroforestal, bajo distintos tratamientos de fertilización, mejora el desarrollo vegetativo del cultivo en el municipio de Sandoná?

Objetivos

Objetivo General

Evaluar un sistema agroforestal de matarratón (*Gliricidia sepium* Kunth ex Steud.) y maracuyá (*Passiflora edulis* fo. *flavicarpa* O. Deg.), con diferentes tipos de fertilización, durante los primeros seis meses de su establecimiento en el municipio de Sandoná, Nariño.

Objetivos Específicos

Analizar el crecimiento vegetativo del maracuyá (*Passiflora edulis*) bajo el sistema agroforestal y los nanofertilizantes.

Comparar los costos asociados al establecimiento de un sistema agroforestal frente a un monocultivo del maracuyá.

Socializar los resultados y metodologías con los agricultores locales como fortalecimiento social.

Marco conceptual y Teórico

Sistemas Agroforestales

Según Chavarría (2013), los sistemas agroforestales (SAF) se define como la forma de usar la tierra, que implica la combinación de especies forestales, en tiempo y espacio, con especies agronómicas, en procura de la sostenibilidad del sistema. Lo que se entienden como la combinación conjunta y simultánea entre especies agrícolas, forestales y animales bajo un mismo tiempo y espacio.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017), establece que SAF son sistemas de manejo dinámico y ecológico de los recursos naturales, que integran árboles en fincas y paisajes agrícolas para diversificar y proporcionar beneficios económicos, sociales y ambientales. Estos sistemas combinan especies arbóreas con cultivos agrícolas y/o animales en la misma unidad de manejo, promoviendo la conservación de recursos naturales, la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos tales como el secuestro de carbono, lo que contribuye a la sostenibilidad y resiliencia del sistema agrícola.

Por otra parte, la definición más aceptada en la actualidad define a los SAF como todas las prácticas de uso de la tierra, donde árboles o arbustos perennes leñosos son intencionadamente sembrados, en una misma unidad de manejo de la tierra, junto con cultivos agrícolas y/o animales, tanto en mezcla espacial o en secuencia temporal, donde emergen diferentes interacciones ecológicas y económicas significativas entre los componentes leñosos y no leñosos (Sarango, 2007).

Ventajas y Desventajas de Sistemas Agroforestales

CATIE (2001), como se citó en Mendieta & Rocha (2007), establece unas posibles ventajas y desventajas biofísicas de los sistemas Agroforestales con respecto al monocultivo.

Ventajas:

- Mejor utilización del espacio vertical y mayor aprovechamiento de la radiación solar entre los diferentes estratos vegetales del sistema.
- Microclima más moderado (atenuación de temperaturas extremas, sombra, menor evapotranspiración y viento).
- Mayor protección contra erosión por viento y agua (menos impacto erosivo de las gotas de lluvia y escorrentía superficial).
- Mayor posibilidad de fijación de nitrógeno atmosférico mediante los árboles.
- Conservación de la estructura y fertilidad del suelo: aportes de material orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez, mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (principalmente en zonas secas).
- Ayudar a recuperar suelos degradados.
- Obtener productos adicionales: madera, frutos, leña, hojarasca, forraje, etc.
- Se puede tener mayor producción y calidad de las cosechas en ambientes marginales.
- Proveer hábitat para mayor biodiversidad (aves migratorias y controladores biológicos).
- Reducir la diseminación y daño por plagas y enfermedades.
- Reducir las externalidades ecológicas (contaminación de acuíferos y suelos).

Desventajas:

- Pueden disminuir la producción de los cultivos (principalmente cuando se utilizan demasiados árboles (competencia) y/o especies incompatibles.
- Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela.
- Intercepción de parte de la lluvia, lo que reduce la cantidad de agua que llega al suelo (importante en zonas secas).
- Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde los árboles altos.
- Los árboles pueden obstaculizar la cosecha mecánica de los cultivos.
- El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades

Adicionalmente Henao (2020), manifiesta que la agrosilvicultura a pesar de ser un sistema de producción sostenible presenta en su implementación y manejo una serie de ventajas y desventajas, donde el aprovechamiento y control de estas pueden ayudar a optimizar el sistema, pero no condicionan el resultado, puesto que este dependerá de otros factores como los medioambientales, sociales y económicos de la zona. Como ventaja presenta:

- Hay mejores tasas de sobrevivencia y crecimiento de los árboles debido al manejo agrícola.
- Asociaciones con leguminosas brindan mayor disponibilidad de nitrógeno.
- Al estar presente un cultivo agrícola se realiza detección de plagas y enfermedades con mayor rapidez.
- Aprovechamiento eficaz de los nutrientes del suelo por la implementación de cultivos en estratos.

Y como desventaja:

- Menor tasa de crecimiento y una baja sobrevivencia ante la competencia de los cultivos.
- Posibles efectos alelopáticos en los maderables por la liberación de sustancias químicas de los cultivos.
- Malas prácticas de manejo como realizar podas o raleos excesivos de los árboles.
- Deterioro del sitio por erosión o agotamiento de nutrimentos debido al manejo agrícola.
- Realizar asociaciones inadecuadas generando un sistema insostenible.
- Mayor exigencia en el uso de mano de obra.

Por su parte Burley & Speedy (1998), como se citó en Noscue (2014), mencionan que los sistemas agroforestales traen ventaja claves como el mantener la estructura y fertilidad del suelo; aportando materia orgánica y mejorando la actividad biológica, reduciendo la acidez, y mejorando una mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (especialmente en áreas de escasa humedad), contribuyendo a recuperar suelos degradados.

Nanofertilizantes

Tarafdar (2021), como se citó en Rosales (2022), define a los nanofertilizantes como fertilizantes que se sintetizan o modifican mediante nanotecnología y cuyas dimensiones están diseñadas para mejorar la fertilidad del suelo, así como la productividad y calidad de los productos agrícolas. Con el potencial de reemplazar a los fertilizantes químicos tradicionales y contribuir a la mejora de la seguridad alimentaria.

Además, Yuvaraj & Sevathapandian (2020) como se citó en Rosales (2022), señalan que los nanofertilizantes son seguros para el medio ambiente, ya que están protegidos con una capa

de liberación lenta que reduce los efectos tóxicos causados por la aplicación excesiva de fertilizantes. Además, su tamaño nanométrico permite cubrir una mayor superficie, liberando nutrientes de manera prolongada y eficiente en lugares precisos.

Mikkelsen (2018), también cómo se citó en Rosales (2022), clasifica los nanofertilizantes en tres tipos:

- Fertilizantes a nanoescala (nanopartículas que contienen nutrientes).
- Aditivos a nanoescala (fertilizantes tradicionales con aditivos a nanoescala).
- Recubrimiento a nanoescala (fertilizantes tradicionales recubiertos o cargados con nanopartículas).

Ventajas y Desventajas de los Nanofertilizantes

Cedeño (2024) establece que, si bien los nanofertilizantes presentan diversas ventajas en la agricultura, pero también enfrentan ciertas desventajas. Por ello, señala algunas de las principales ventajas y desventajas de los nanofertilizantes en la agricultura.

Ventajas:

- Mejoran la eficiencia en la entrega y absorción de nutrientes, lo que aumenta el rendimiento de los cultivos.
- Reduce la lixiviación y la pérdida de nutrientes al medio ambiente.
- Permiten una liberación controlada y específica de nutrientes, optimizando su disponibilidad para las plantas.
- Disminuyen la dependencia de fertilizantes químicos y por ende la contaminación ambiental.
- Mejoran la eficiencia en el uso del agua, reduciendo los requisitos de riego.
- Conservan recursos y tienen un potencial sostenible en la agricultura.

Desventajas:

- Tienen procesos de fabricación más complejos que incrementan los costos de producción.
- Su disponibilidad es limitada y altos costos pueden obstaculizar su adopción.
- Presentan riesgos potenciales para organismos no objetivo debido a la alta especificidad de nutrientes.
- Se requiere más investigación para entender sus efectos a largo plazo sobre la salud del suelo, plantas y ecosistemas.
- Pueden generar impactos no deseados en la fisiología y genética de las plantas.
- Las formulaciones más complejas pueden aumentar los costos de producción.

Descripción de Especies

Passiflora edulis fo. flavicarpa O. Deg.

En Colombia la variedad maracuyá amarillo *Passiflora edulis*, variedad flavicarpa Degener, presenta frutos amarillos con formas globosa u ovoide. La fruta puede tener un diámetro promedio de 6 a 7 cm, la piel es delgada, lisa o rugosa; la pulpa abundante, más o menos ácida y aromática, se utiliza para la preparación de bebidas, postres y salsas y se ha convertido en una fuente de vitamina A, niacina y ácido ascórbico. La cáscara y las semillas también son susceptibles de aprovecharse en la industria, como fuente de pectina y fibra dietaría (Sigua Pregonero, 2018).

De acuerdo con García (2010), esta planta extrae del suelo cantidades significativas de nutrientes, tanto macronutrientes como micronutriente, entre ello se incluyen: Nitrógeno (205,5 Kg), Fósforo (17,4 Kg), Potasio (184,2 Kg), Calcio (151,65 Kg), Magnesio (14,4 Kg) y Azufre (25,05 Kg). Entre los micronutrientes, destacan: Boro (295,8 gr), Cobre (198,75 gr), Hierro

(770,4 gr), Manganese (2810,25 gr) y Zinc (316,95 gr), los cuales deben ser proporcionados para el crecimiento adecuado de la planta.

Clasificación Taxonómica de Passiflora edulis

Según el herbario Missouri Botanical Garden (Tropicos.org, 2024) la clasificación taxonómica de *Passiflora edulis* es la siguiente:

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden: Rosanae Takht.

Orden: Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Passifloraceae Juss. ex Roussel

Género: *Passiflora* L.

Especie: *Passiflora edulis* Sims

Gliricidia sepium Kunth ex Steud

Gliricidia sepium Kunth ex Steud., también conocida como matarratón, es un árbol leguminoso caducifolio perteneciente a la familia Fabaceae. Esta especie, descrita por Rocas (1990) y Profors (2007) como se citó en Mendieta & Rocha (2007), puede alcanzar alturas de entre 2 y 15 metros, y en ocasiones hasta 20 metros, con un diámetro de entre 25 y 60 cm, aunque normalmente es más pequeño (30 cm). Se encuentra en zonas ecológicas del trópico húmedo y subhúmedo, desde el nivel del mar hasta los 1,500 metros, prevaleciendo más en altitudes inferiores a los 800 metros. Se adapta fácilmente a un rango de precipitaciones anuales de 1,400 a 4,000 mm, y se desarrolla bien en temperaturas medias anuales que fluctúan entre 22 y 30°C. Prefiere suelos húmedos y secos, de fertilidad media a alta, y puede propagarse por

semillas, estacas, pseudoestacas y acodos, siendo la estaca la forma más utilizada. Sus raíces tienen nódulos fijadores de nitrógeno, lo que facilita su adaptación.

Mendieta & Rocha (2007) establece que las plántulas de *Gliricidia sepium* en estado adulto suprime el crecimiento de malezas bajo su sombra, gracias a una sombra moderadamente densa y posiblemente a un efecto tóxico de la hojarasca. Esta especie se caracteriza por su rápido crecimiento, incluso en zonas semiáridas, y desarrollo rápido de la superficie foliar, logrando una copa de 6 m² en un año. La descomposición foliar es rápida y no se acumula hojarasca bajo el árbol. Además, establece que la especie puede presentar características alelopáticas, habiéndose identificado varios flavonoides que podrían causar toxicidad y efectos alelopáticos. Esta especie tiene una notable capacidad para regenerarse vigorosamente después de heladas, ramoneo, corte o poda, y domina muchas áreas de crecimiento secundario.

Clasificación Taxonómica de Gliricidia sepium

Según el herbario Missouri Botanical Garden (Tropicos.org, 2024), la clasificación taxonómica de *Gliricidia sepium* es la siguiente:

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden: Rosanae Takht.

Orden: Fabales Bromhead

Familia: Fabaceae Lindl.

Género: *Gliricidia* Kunth

Especie: *Gliricidia sepium* Kunth ex Steud.

Investigaciones Realizadas

En el estudio realizado por Sarango (2007), manifiesta que, en la combinación del sistema agroforestal de las especies industriales *Piper nigrum* y *Cereus triangularis* con las especies leñosas *Gliricidia sepium* y *Erythrina poeppigiana*, se incrementaron los contenidos promedios de materia orgánica (23,6 %), de nitrógeno (27,6 %), y de potasio (118,4 %), por efecto de la biomasa agregada al suelo de las dos especies arbóreas; y además recomienda el establecimiento de sistemas agroforestales mediante la siembra de estacas de *Gliricidia sepium*, por ser una especie leñosa de rápido crecimiento y de alta producción de biomasa, además de que la especie disminuye las malezas en el cultivo.

En el estudio desarrollado por Pincay et al. (2025), se evaluó el aporte de macro y micronutrientes de las leguminosas *Gliricidia sepium* y *Erythrina poeppigiana* dentro de un sistema agroproductivo en la provincia de Cotopaxi, Ecuador. La investigación demostró que *Gliricidia sepium* presentó un mayor número de ramas y un aporte más elevado de macronutrientes primarios. Ambos arbustos aportaron concentraciones destacables de nitrógeno (3,30 % en *Gliricidia sepium* y 2,28 % en *E. poeppigiana*), potasio (2,70 % y 2,66 %, respectivamente), y fósforo (0,28 % y 0,25 %, respectivamente). Estos resultados respaldan la viabilidad del uso de estas especies en arreglos agroforestales como biofertilizantes naturales, promoviendo el reciclaje de nutrientes y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

En relación con los nanofertilizantes, Martínez (2023) evidenció que la aplicación de nanofertilizantes constituye una estrategia innovadora para la biofortificación y la optimización de la productividad. En su evaluación con frijol, comparó el efecto de un nanofertilizante de magnesio con el de sulfato de magnesio en distintas concentraciones, como resultado el primero tratamiento fue más eficaz, al registrar incrementos superiores al 90 % en biomasa total y más

del 300 % en rendimiento. De esta manera mostró ventajas significativas al usar nanofertilizantes, representado en estos son una alternativa eficiente en el rendimiento agrícola y el valor nutricional de los cultivos.

De igual manera, Singh et al. (2022) evidencio que al aplicar nanofertilizantes (nano-urea y nano-DAP) junto con abono orgánico, se incrementa la productividad de cultivos hortícolas. En sus ensayos realizados en coliflor y tomate, se obtuvo un aumento promedio en el rendimiento de coliflor entre 12,2% y 15,4%, mientras que en tomate los incrementos fueron entre 12,6% y 14,9%. Concluyendo que la combinación de nanofertilizantes con insumos agrícolas convencionales no tóxicos hacen una agricultura más sostenible y rentable.

Metodología

Localización

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Sandoná, vereda Dorada Guaitara, departamento de Nariño, Colombia, a una altitud de 1100 m s. n. m., con una temperatura promedio anual de 18 °C y una precipitación entre 1000 y 1500 mm.

Área Experimental

La investigación se realizó en un área de 864 m², distribuida en tres bloques, cada bloque con tres tratamientos, cada bloque tuvo un tamaño de 12 m x 18 m, subdividido en tres unidades de 12 m x 6 m para los tratamientos, para un total de 9 unidades experimentales. Cada unidad fue dividida a su vez en dos subunidades de 6 m x 6 m, para un total de 18 subunidades experimentales. En cada subunidad se sembraron 9 plantas, y se consideraron las dos plantas centrales por parcela útil para la evaluación de las variables.

Diseño Experimental

Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en parcelas divididas, con tres repeticiones y dos factores dentro de la investigación: factor A, representa al arreglo de siembra o subtratamientos (agroforestal y monocultivo) y un factor B que está dado por los tres tratamientos de fertilización.

Tratamientos de Fertilización

Durante los tres primeros meses del establecimiento del proyecto, se realizó una fertilización con Fosfato Diamónico (DAP 18-46-0) en todo el lote, de acuerdo con los resultados del análisis de suelo, el cual evidenció una baja disponibilidad de fósforo (5,4 mg/kg), pH moderadamente ácido (5,6), y una textura franco-arcillosa limosa. Además, se registró un contenido alto de materia orgánica (7,6%) y nitrógeno total (0,3%), lo que indica una buena

reserva de nutrientes orgánicos, pero deficiencias en fósforo, lo que justificó el uso inicial de DAP como fuente inicial de fertilización.

Posteriormente, durante los últimos tres meses del período de evaluación, se aplicaron los tratamientos de fertilización, con el objetivo de comparar el efecto de fuentes tradicionales y nanotecnológicas de nutrientes sobre el desarrollo del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*), como se describe a continuación:

- T1 (Convencional): Fertilizante granular NPK 13-26-6.
- T2 (100% Nanofertilizante): Fertilización al 100% con nanofertilizante Triple 20n (21-20-23).
- T3 (80% Nanofertilizante): Fertilización al 80% con nanofertilizante Triple 20n (21-20-23).

Las aplicaciones se realizaron en dos momentos fenológicos: la primera aplicación a los 120 días y una segunda a los 150 días después de la siembra. La Tabla 1 resume las dosis aplicadas por planta en cada tratamiento.

Tabla 1

Dosis y Aplicaciones por Planta según Tratamiento de Fertilización

Tratamiento	Fertilizante(s)	Dosis total por planta	Aplicación 1(Día 120)	Aplicación 2 (Día 150)	Forma de aplicación
T1 (Convencional)	13-26-6 (Granular)	80 g/planta/ciclo	80 g	80 g	Al suelo (directo en plato), Foliar y en drench
T2 (100% Nanofertilizante)	Triple 20n (21-20-23)	10 g planta/ciclo	10g	10g	(disuelto 5g/500 ml de agua)
T3	Triple 20n (21-20-23)	8 g planta/ciclo	8g	8g	Foliar y en drench

Tratamiento	Fertilizante(s)	Dosis total por planta	Aplicación 1(Día 120)	Aplicación 2 (Día 150)	Forma de aplicación
(80% Nanofertilizante)					(disuelto 4g/500 ml de agua)

Siembra del Cultivo

El monocultivo maracuyá (*Passiflora edulis*) se estableció mediante un sistema de espaldera tipo cortina, con una línea de alambre a 1.80 m de altura. El arreglo de siembra fue de 3 m entre espalderas y 2 m entre plantas.

Siembra de Arreglo Agroforestal

El cultivo maracuyá (*Passiflora edulis*) asociado con *Gliricidia sepium* (matarratón), se sembró utilizando la misma distancia (3 mx 2 m) y con el mismo sistema que en el monocultivo. Para el establecimiento de *Gliricidia sepium* se emplearon estacas de aproximadamente 2 m de longitud, las cuales cumplieron la función de tutores vivos.

Variables Evaluadas

Crecimiento del maracuyá (*Passiflora edulis*): Se tomó la altura de la planta desde el suelo hasta la zona apical de manera mensual. Estas mediciones permitieron determinar la tasa de crecimiento mediante el cálculo de la diferencia entre dos fechas consecutivas, utilizando la fórmula:

$$\text{Crecimiento} = \text{Altura } n2 - \text{Altura } n1$$

Diámetro de tallo del maracuyá: Se midió el diámetro del tallo a 10 cm sobre el nivel del suelo, con ayuda de un pie de rey calibrado.

Área foliar estimada del maracuyá: Se calculó a partir de la medición del largo y ancho de las hojas, multiplicado por un coeficiente general de 0.75 (Intagri, 2016). De cada planta se tomó una hoja representativa.

$$\text{Area foliar} = L * A * 0.75$$

Costos de establecimiento: Se identificaron y compararon los costos adicionales en el establecimiento del sistema agroforestal frente al monocultivo y sus tratamientos de fertilización.

Manejo Agronómico

El manejo del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*), excluyendo la fertilización objetivo de analizada, fue uniforme en todos los tratamientos. Se utilizó la misma variedad de maracuyá, tipo de semilla, método de propagación, tamaño de plántulas al trasplante, preparación del terreno, técnica de siembra y control de malezas. Así mismo, las aplicaciones de fungicidas e insecticidas se realizaron de forma homogénea para todos los tratamientos.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el software estadístico InfoStat 2020, aplicando análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias, con el fin de identificar diferencias significativas entre tratamientos, para establecer diferencias estadísticas entre los tratamientos se realizó una prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Socialización de Resultados

Durante la ejecución de este proyecto de investigación se realizaron dos encuentros con agricultores de la región, estudiantes de semillero AgroSaf y docentes de la UNAD, a fin de dar a conocer el proyecto, la metodología y los resultados obtenidos.

Resultados y Discusión

Al realizar el análisis de varianza, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (factor B), ni en las interacciones con los subtratamientos (factor A) para las variables de crecimiento en altura y diámetro del tallo, como se muestra en la Tabla 2. No obstante, se observaron efectos significativos ($p < 0,05$) para la Subtratamiento (factor A) sobre la variable el área foliar estimada.

Tabla 2

Análisis de Varianza para las Variables Crecimiento, Diámetro de Tallo y Área Foliar Estimada

F.V.	GL	CM		
		Crecimiento	Diámetro (Tallo)	Área Foliar
Modelo	11	24,62 ^{NS}	0,65 ^{NS}	767,4*
Bloques	2	37,1	0,02	358,58
Tratamiento	2	11,28 ^{NS}	0,51 ^{NS}	1357,14 ^{NS}
Bloques*Tratamiento	4	29,88	1,05	335,71
Subtratamiento	1	13,81 ^{NS}	0,02 ^{NS}	1450,85*
Tratamiento*Subtratamiento	2	20,37 ^{NS}	0,9 ^{NS}	1108,11 ^{NS}
Error	24	32,23	0,38	329,9

NS: no significativo; * : significativo al 5%

Altura de la Planta

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la variable altura de planta no se evidenció diferencias estadísticamente significativas. Esto indica que tanto el sistema agroforestal como el

monocultivo y los diferentes esquemas de fertilización, no indujeron efectos diferenciales en el crecimiento apical del maracuyá (*Passiflora edulis*). durante el periodo de evaluación.

Estos resultados no concuerdan con lo expuesto por Méndez et al. (2024), quienes expone que uso de nanofertilizantes conducen a mejoras en los procesos biológico y fisiológicos relacionado con crecimiento de los cultivos. Sin embargo, Verma et al. (2022) señala que los efectos de los nanofertilizantes sobre desarrollo de las plantas pueden estar influenciada por las características bioclimáticas, el mecanismo de entrega de los nanofertilizantes y las especies de plantas. Por lo tanto, no se descarta que los nanofertilizantes carezcan de beneficios, sino que en esta evaluación específica no se observaron efectos diferenciales respecto altura de la planta.

Diámetro del Tallo

En el caso del diámetro del tallo, el ANOVA tampoco mostró diferencias significativas entre los tratamientos (factor B), ni en las interacciones con los subtratamientos (factor A). El crecimiento en grosor del tallo está ligado a la lignificación y acumulación de biomasa estructural, lo requiere que la planta haya avanzado en su formación foliar y radicular. Por este motivo, el aumento en diámetro suele observarse en fases más maduras del ciclo vegetativo (Courtis, 2013). Por ende, este resultado puede considerarse normal, dado que el cultivo aún no ha finalizado su desarrollo vegetal.

Asimismo, Raiesi et al. (2024), menciona que, aunque diversos estudios reportan que los nanofertilizantes, como nanopartículas de óxido de zinc (ZnO) y otros nanocompuestos, incrementan el crecimiento de raíces y tallos, el diámetro del tallo no siempre es significativo si la medición se realiza en etapas tempranas del desarrollo del cultivo.

Área Foliar Estimada

En cuanto al área foliar, el análisis estadístico para los tratamientos de fertilización (factor B) no mostró diferencias significativas; sin embargo, si reporto diferencias estadísticas entre los subtratamientos (factor A), donde el cultivo de maracuyá bajo el sistema agroforestal presenta mayor área foliar estimada respecto al monocultivo.

Tabla 3

Comparación de Medias de Tukey para Área Foliar en Función de Subtratamiento (cm²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Área Foliar	36	0,52	0,29	29,7
Subtratamiento	Medias			
Sis. agroforestal	67,51	A		
Monocultivo	54,81		B	

El aumento significativo en el área foliar del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) bajo el sistema agroforestal, en comparación con el monocultivo, puede explicarse por la mejora en la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la regulación del microclima que proporciona la asociación del cultivo con árboles leguminosos como *Gliricidia sepium*. Esta especie contribuye a la fijación de nitrógeno y al reciclaje de nutrientes, mejorando el ambiente rizosférico y promoviendo procesos fisiológicos que favorecen la expansión foliar y la fotosíntesis, como indica Sarango (2007).

Esto concuerda con Alamu et al. (2023), donde indican que la inclusión de *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales incrementa significativamente la materia orgánica, el carbono y nitrógeno del suelo, mejorando la fertilidad y promoviendo el desarrollo fisiológico de los cultivos. Por su parte, Hernández et al. (2025) demuestran que la cobertura y material vegetal aportado por *Gliricidia sepium* no solo incrementa la humedad del suelo, sino que además reduce

la evaporación y el estrés hídrico, creando microhábitats óptimos que resultando en mejoras en el crecimiento vegetativo y la productividad de los sistemas donde se integra.

Porcentaje de Enraizamiento del Tutor Vivo

Para el sistema agroforestal se evaluó el porcentaje de enraizamiento de las estacas de *Gliricidia sepium*, empleadas como tutores vivos para el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*). De un total de 54 estacas sembradas, 48 lograron desarrollarse vegetativamente, lo que representa un porcentaje de enraizamiento del 88,89%.

Este resultado es técnicamente satisfactorio, dado con ello se garantiza la funcionalidad del sistema agroforestal, no solo como soporte físico para el maracuyá, sino también como componente activo que contribuye al reciclaje de nutrientes y la mejora del microclima. En términos prácticos, este nivel de prendimiento minimiza la necesidad de resiembras, reduce los costos de mantenimiento del sistema y fortalece la sostenibilidad técnica del modelo agroforestal propuesto.

Costos de Establecimiento

La evaluación de los costos de establecimiento por hectárea, presentados en la Tabla 4, evidencia que el sistema agroforestal tiene un costo total ligeramente inferior al del sistema convencional en monocultivo. Mientras que el monocultivo alcanza un valor total de 10.312.000 COP/ha, el sistema agroforestal representa una inversión de 9.605.000 COP/ha, lo que supone un ahorro de 707.000 COP/ha.

Tabla 4

Costos de Establecimiento por Arreglo de Siembra para una Hectárea de Maracuyá, Año 2025

Concepto	Valor unitario	Monocultivo	Sistemas Agroforestal
Plantas de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	\$ 2.000	\$ 3.332.000	\$ 3.332.000
Mano Obra (jornal)	\$ 55.000	\$ 1.925.000	\$ 2.200.000
Poste de madera	\$ 5.500	\$ 3.630.000	\$ 1.815.000
Alambre galvanizado calibre 12/ kg	\$ 11.400	\$ 1.425.000	\$ 1.425.000
Estacas de matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)	\$ 500	\$ 0	\$ 833.000
Costo total/ha-1 (COP)		\$ 10.312.000	\$ 9.605.000

El principal factor que explica esta diferencia es la incorporación de estacas de *Gliricidia sepium* en lugar de postes de madera, dado su bajo costo unitario. Además, al ser una especie perenne y con alta capacidad de rebrote, no requiere ser reemplazada con frecuencia, lo que se traduce en una mayor sostenibilidad económica a lo largo del ciclo productivo del cultivo.

Socialización y Transferencia de Resultados

Tanto al inicio como al cierre del proyecto, se llevaron a cabo dos jornadas de capacitación participativa dirigidas a estudiantes del semillero AgroSaf, docentes de la UNAD y agricultores de Sandoná. En estas sesiones, se socializó la metodología empleada y los resultados preliminares obtenidos en el sistema agroforestal de maracuyá (*Passiflora edulis*) con tutor vivo de *Gliricidia sepium* bajo diferentes esquemas de fertilización. Durante las capacitaciones se abordaron también temas transversales como el manejo de sistemas agroforestales sostenibles, el uso de nanofertilizantes y estrategias para una agricultura sostenible. Los participantes manifestaron interés sobre el modelo agroforestal evaluado, estableciendo que representa una

alternativa viable y adaptable a las condiciones de la región. Concluyeron que la integración de especies como *Gliricidia sepium*, junto con estrategias de fertilización bajo evidencia técnica de su efecto, puede contribuir significativamente a mejorar la productividad y reducir costos de las actividades agrícolas.

Conclusiones

No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de fertilización para las variables de crecimiento en altura y diámetro del tallo del maracuyá (*Passiflora edulis*) durante la fase vegetativa temprana, dado que se aplicaron casi al final del proyecto y posiblemente puede que los efectos aún no se vean reflejados en el cultivo.

En el análisis de los subtratamientos, se evidenciaron únicamente diferencias en área foliar, donde el sistema agroforestal mostró un efecto positivo, lo que indica un posible beneficio microclimático y edáfico asociado al uso de *Gliricidia sepium* como tutor vivo.

El sistema agroforestal con *Gliricidia sepium* como tutor vivo redujo el costo total de establecimiento por hectárea en comparación con el monocultivo, generando un ahorro de aproximadamente 707.000 COP/ha.

Los resultados obtenidos constituyen una base técnica preliminar para orientar investigaciones futuras.

Recomendaciones

Continuar evaluando la aplicación de los diferentes tratamientos en cultivo de maracuyá, para analizar los efectos en las fases de floración, cuajado, maduración de frutos, tamaño, calidad, uniformidad, forma, color y su rentabilidad económica a mediano y largo plazo.

Evaluar el efecto a largo plazo del uso de *Gliricidia sepium* sobre parámetros del suelo (materia orgánica, humedad, compactación) y su impacto en la productividad del maracuyá durante fases posteriores como floración, cuajado y maduración de frutos.

Referencias Bibliográficas

Alamu, EO, Adesokan, M., Fawole, S., Maziya-Dixon, B., Mehreteab, T. y Chikoye, D. (2023).

Aplicaciones de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp para mejorar la fertilidad del suelo y las cualidades nutricionales de los cultivos: Una revisión. *Forests*, 14(3), 635.

<https://doi.org/10.3390/f14030635>

Castro, H. (1999). Degradación del suelo en zonas de agricultura comercial. *Conservación de Suelos y Aguas en la zona Andina. Hacia un desarrollo de un concepto integral*. Müller-Sämman, K. y Restrepo, J. (Ed). CIAT. Cali, Colombia, 95-107.

<https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=wUXFmOTDDX0C&oi=fnd&pg=PA95>

Chavarría, U. A. (2013). *Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables*. Oficina Nacional Forestal. San José, Costa Rica.

[https://onfcr.org/wp-](https://onfcr.org/wp-content/uploads/media/uploads/documents/guia_saf_onf_para_web.pdf)

[content/uploads/media/uploads/documents/guia_saf_onf_para_web.pdf](https://onfcr.org/wp-content/uploads/media/uploads/documents/guia_saf_onf_para_web.pdf)

Courtis Azul, C. (2013). *Guía de estudio. Cátedra de Fisiología Vegetal*. FaCENA, Departamento de Biología, Área: Botánica (p.22).

<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Gu%C3%ADa%20de%20Estudio-Crecimientoydesarrollo.pdf>

FAO. (2017). *Sobre agroforestería: Perspectiva general*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/agroforestry/about-agroforestry/overview/es>

García, M. (2010). *Guía técnica del cultivo de maracuyá*. Centro Nacional de Tecnología

Agropecuaria CENTA. <https://centa.gob.sv/download/guia-tecnica-cultivo-de-maracuya/>

Henao Torres, E. J. (2020). *Los sistemas agroforestales expuestos como sistemas sostenibles de producción en Colombia*.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36689/ejhenaot%20%281%29.pdf>

Hernández, O. L., Cabrera, I. P., González, D. T., & Jerez, V. S. (2025). Respuesta productiva y ambiental de *Gliricidia sepium* en cercas vivas en ecosistemas ganaderos de Jimaguayú. *Revista Forestal Baracoa*, 44, cu-id.

<https://forestbaracoa.edicionescervantes.com/index.php/fb/article/view/836>

Intagri. (2016). *El índice de área foliar (IAF) y su relación con el rendimiento del cultivo de maíz*. Intagri. <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>

Martínez, A. S. (2023). *Biofortificación con nanofertilizantes de magnesio en frijol: crecimiento, producción y calidad nutricional*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

<https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/1265>

Montenegro, M., Ruiz, H., & Tafur, H. (2010). Tiempo de uso del suelo cultivado con caña panelera y su efecto sobre algunas propiedades físicas en Sandona, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 27(1), 85-92.

<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/51>

Mendieta López, M., & Rocha Molina, L. R. (2007). *Sistemas agroforestales*. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI. <https://repositorio.una.edu.ni/2443/1/nf08m538.pdf>

Méndez López, A., Cruz García-Santiago, J., González-Méndez, LM, Martínez-Amador, SY, Leal-Robles, AI, & Sánchez-Vega, M. (2024). Impacto de nanofertilizantes en el rendimiento y calidad de pepino bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15 (4), 681–695.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-

09342024000400108

Noscue, E. A. (2014). *Adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo del café (Coffea arábica)*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2654/52860556.pdf>

Pincay Manzaba, P. A., Palacios Macías, F. E., Luna Murillo, R. A., Gavilánez Travez, L. R., &

Molina Hidrovo, C. A. (2025). Aporte de macro y micronutrientes de las leguminosas matarratón (*Gliricidia sepium*) y caraca (*Erythrina poeppigiana*) dentro de un sistema agroproductivo en Ecuador. *Bastcorp International Journal*, 4(1), 299–310.

<https://doi.org/10.62943/bij.v4n1.2025.197>

Raiesi Ardali, T., Ma'mani, L., Chorom, M., Shahsavari, N. y Karimzadeh, A. (2024). Un fertilizante biocompatible de liberación lenta NPK + Fe + Zn: Síntesis y evaluación para mejorar el crecimiento de plantas de tomate. *Scientific Reports*, 14, 4640.

<https://www.nature.com/articles/s41598-024-55152-z>

Rosales Palacios, H. J. (2022). *Evaluación agronómica de frijol biofortificado BIO102 (Phaseolus vulgaris L.) con diferentes niveles de nanofertilizante en el Valle de Sibundoy* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/48476/hjrosalesp.pdf>

Sharma, S., Kumar, A., Singh, K., Suman, S. y Pathak, SO (2024). Implementación de nanourea y nanoDAP para aumentar el crecimiento, el rendimiento y la fertilidad del suelo en

coliflor y tomate. *Research Square*. <https://www.researchsquare.com/article/rs-2960032/v2>

Sarango Jumbo, C. M. (2007). *Implementación de un sistema agroforestal: Erythrina poeppigiana (porotillo) y Gliricidia sepium (matarratón) en asociación con pitahaya y*

- pimienta* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja].
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5886>
- Sigua Pregonero, O. (2018). *Primer cultivo de maracuyá (Passiflora edulis var. Flavicarpa Degener) en Támara Casanare como alternativa de fuente de ingresos a las comunidades*. Universidad de La Salle.
https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/113/
- Shibu, Jose. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry systems*, 76(1), 1-10.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Triviño, P., & Smith, J. (2015). *Impacto ambiental por el uso excesivo de monocultivo*.
https://www.academia.edu/download/51688820/Trivino_P._Jairo_Smith_Impacto_ambiental_por_el_uso_excesivo_de_monocultivo.pdf
- Tropicos.org. (2024a). *Passiflora edulis*. Jardín Botánico de Misuri.
<https://tropicos.org/name/13047100>
- Tropicos.org. (2024b). *Gliricidia sepium*. Jardín Botánico de Misuri.
<https://tropicos.org/name/24200499>
- Valencia Chacue, J. M. (2019). *La agroforestería como herramienta para el desarrollo agropecuario sostenible en el municipio de La Plata Huila*.
<https://www.academia.edu/download/95202774/344730325.pdf>
- Verma, KK, Song, XP, Joshi, A., Rajput, VD, Singh, M. y Sharma, A. (2022). Posibilidades de los nanofertilizantes para un suelo, agua y alimentos saludables en el futuro: Una visión general. *Frontiers in Plant Science*, 13, 865048.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.865048/full>

Viveros Arciniegas, D. L., De La Cruz Córdoba, R., Huertas Delgado, J. L., & Insuasty


Enríquez, J. E. (2025). Impacto del monocultivo y la erosión del suelo en la región del volcán galeras. *Boletín Informativo CEI*.

<https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/4435/460>

Apéndices

Apéndice A

Reporte Análisis de Suelo Agrícola

		Reporte análisis de suelo agrícola			REPORTE N° 01
					Código Muestra: MS - 01
					Tipo de Muestra: Suelo
					Fecha de Emisión del Reporte: 2024
DATOS DEL USUARIO					
NIT/Cédula	Nombre - Apellido			Teléfono	
13072563	Mauro Bravo			3188913683	
Dirección		E-mail		Diagnóstico Solicitado	
Sandona		mauro.bravo@unad.edu.co		fertilidad	
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA					
Departamento: Nariño	Municipio: Sandona	Corregimiento: ---	Vereda: ---	Predio:	
Área del Lote Ha: 1	Latitud:	Altitud msnm:	Profundidad muestreo: ---	Cultivo: maracuya	
	Longitud:	1200			
PARAMETROS QUÍMICOS					
Parámetro/ Especie Química	Método	Unidad de Medida	Resultado	Diagnóstico	
pH	Disolución en Agua (1:1) Potenciométrico NTC5264	Unidades de pH	5,6	Moderadamente ácido	
CIC cmol+/Kg	SCCS 1981	cmol+/Kg	12,6	Media	
Densidad Aparente	Gravimetría	Mg m ⁻³	1,1		
Textura	Dispersión/Floculación	19 % Arena; 46% Limo; 35 % Arcilla		Franco Arcillosa Limosa	
Fosforo Disponible/PO ₄	Bray II-Reducción de Ácido Ascórbico NTC5350	mg/Kg	5,4	Bajo	
Bases de Cambio	Calcio/Ca ⁺²	CH ₃ COONH ₄ 1NpH7 NTC5349	cmol+/Kg	9,3	Medio
	Magnesio/Mg ⁺²		cmol+/Kg	3,1	Medio
	Potasio/K ⁺		cmol+/Kg	0,2	Medio
Elementos Menores Disponibles	Hierro/ Fe ⁺³	DTPA NTC5526	mg/Kg	3,2	Medio
	Cobre/ Cu ⁺²		mg/Kg	2,9	Medio
	Zinc/ Zn ⁺²		mg/Kg	1,3	Medio
	Manganeso/ Mn ⁺²		mg/Kg	7,0	Medio
Azufre Disponible/SO ₄	[Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O] 0.008M NTC5402	mg/Kg	11	Medio	
Boro Disponible/H ₃ BO ₃	Agua caliente NTC 5404	mg/Kg	0,3	Bajo	
Materia Orgánica/MO	Walkley - Black	%	7,6	Alto	
Carbono Orgánico/C	(Colorimétrico) NTC5403	%	4,4	Medio	
Nitrógeno Total/N	Calculo con base MO	%	0,3	Alto	

Apéndice B

Registro Fotográfico



Material Vegetal – Maracuyá (*Passiflora edulis*)



Trasplante Maracuyá (*Passiflora edulis*)



Establecimiento de Proyecto



Enraizamiento de *Gliricidia sepium*



Mediciones de Datos – Altura



Mediciones de Datos – Área Foliar



Transferencia de resultados



Transferencia de resultados