

Evaluación de dos fuentes nutricionales en un cultivo de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis*.
Sims.) bajo las condiciones del municipio de Pacho Cundinamarca

Autores:

JAYSON HERIBERTO ALZATE CALIXTO

RAUL ANDRES MELO DUQUE

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Agrónomo

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
BOGOTÁ D.C.

2019

Evaluación de dos fuentes nutricionales en un cultivo de gulupa *Passiflora edulis f. edulis*.
Sims.) bajo las condiciones del municipio de Pacho Cundinamarca

Autores:

JAYSON HERIBERTO ALZATE CALIXTO

RAUL ANDRES MELO DUQUE

Asesor:

JORGE ANTONIO GIRON Ingeniero Agrónomo

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Agrónomo

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
BOGOTÁ D.C.

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 2019.

DEDICATORIA.

JAYSON HERIBERTO ALZATE CALIXTO

A mi madre.

Sandra Patricia calixto quien me ha inculcado valores y ha inspirado en la vida para intentar tomar las mejores decisiones.

A mi padre.

Heriberto Alzate quien me sirvió como inspiración para involucrarme en el sector agrícola además se esforzó gran parte de su vida por mi bienestar

A mis hermanos

Mariana, Luisa, Mateo Sebastián y Jhonatan con quienes siempre he contado ya sea en las mejores o peores situaciones de mi vida para ayudarme en lo que he necesitado.

Al semillero Tarpuy Suma Qamaña

que estuvieron presentes en el proceso, a cada uno de ustedes mil gracias.

RAUL ANDRES MELO DUQUE

A mi madre.

Aunque ya no está conmigo, esto siempre será para ti, que inculcaste siempre esta pasión por sembrar lo que fuere y donde fuese, Margarita Patricia Duque Lara

A mi padre

Este paso no se fuera dado sin la ayuda del gran de Don Raúl Melo Alvarado, mi padre, su paciencia, su modo de pensar en alcanzar las cosas con dedicación y fortaleza.

A Jayson Alzate Amigo y compañero

Por su gran esfuerzo en este proceso, dedicación, paciencia y compromiso.

Al semillero Tarpuy Suma Qamaña

que estuvieron presentes en el proceso, a cada uno de ustedes mil gracias.

AGRADECIMIENTOS

De manera conjunta agradecemos al ingeniero agrónomo Diego Alberto Deaza Castillo director de consultorio estadístico de la escuela de ciencias agropecuarias y del medio ambiente (ECAPMA) de la UNAD, por su colaboración en la parte estadística, y a la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín por el préstamo del medidor de clorofila.

JAYSON HERIBERTO ALZATE CALIXTO

A mi compañero de tesis y amigo Raul Andres Melo quien a pesar de todos los altibajos logramos sacar adelante este proceso educativo.

Al semillero Tarpuy Suma Qamaña cada uno de los integrantes siempre me fue posible contar con su ayuda y apoyo además de pasar de ser más que compañeros o docentes de la universidad a ser mis amigos quienes me apoyaron.

Al profesor Alexander Galindo quien ha sido un gran apoyo durante gran parte de mi formación universitaria sirviéndome como guía y amigo.

Mis más sinceros agradecimientos y admiración al Ingeniero agrónomo Jorge Giron líder de tesis, por su paciencia durante este proceso quien de manera muy sabia me guio para formarme de la mejor manera y lograr sacar adelante este proyecto y otros que se presentaron en el transcurso del tiempo que he tenido la gran oportunidad de compartir a su lado.

RAUL ANDRES MELO DUQUE

Este proceso no se fuera sido posible sin la dedicación, arduo trabajo y exhortación hacia la excelencia del Ingeniero Agrónomo Jorge Antonio Girón Medieta.

Al Administrador de Empresas Agropecuarias, Especialista en Educación Ambiental y profesor Alexander Galindo Alvarado, por su entrega y ayuda en este proceso.

Resumen

La gulupa (*Passiflora edulis f. edulis. Sims*) es una de las frutas exóticas que más se exportan en Colombia, siendo muy apetecida en mercados internacionales, especialmente en Europa. La gulupa, es un cultivo que permanentemente se encuentra en estado vegetativo y la producción de flores y fruto es constante, por lo tanto, nutricionalmente para la producción del cultivo son esenciales elementos mayores N, P y K y elementos menores, principalmente, B, Cu, Fe y Zn. Sin embargo, se han generado diferentes interrogantes alrededor de la producción de gulupa, que en Colombia no han sido muy estudiadas, en especial, cuando se habla de temas relacionados con la fisiología del cultivo y los tratamientos nutricionales que se han venido incorporando, así como las posibles relaciones que puedan existir entre los contenidos relativos de clorofila y su relación con el crecimiento de la planta; por lo tanto en esta investigación se planteó como objetivo general la evaluación de dos tratamientos nutricionales, basados en fuentes de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). La presente investigación se desarrolló en el cultivo de gulupa, en estado vegetativo, ubicado en el municipio de Pacho Cundinamarca, en donde se evaluaron los tratamientos nutricionales y su interacción, tomando el contenido relativo de clorofila en la tercera hoja verdadera y el crecimiento durante el desarrollo del ensayo del tallo principal en cada una de las plantas evaluadas. Se realizó un diseño experimental, de bloques completos al azar, con medidas repetidas sobre la misma planta, donde se tomarán 16 plantas de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis. Sims*), en el cual se evaluó el efecto de cuatro fuentes nutricionales en cuatro bloques que evidenciaron el efecto nutricional del Fosforo (P), Calcio (Ca) y el Nitrógeno (N). La cantidad de clorofila relativa se realizó con un medidor de clorofila creado en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, resaltando que el dispositivo electrónico mide la transmitancia de la luz a través de la hoja. En los resultados no se logró obtener ninguna diferencia estadística significativa, por lo cual se decidió con el uso de la librería Gamlss del programa R, para modelar bajo la distribución Gamma y verificar la eventual correlación entre la longitud del tallo y los contenidos relativos de clorofila en los diferentes tratamientos, donde se pudo encontrar, el tratamiento más efectivo o con mayores resultados es el de nitrógeno (N) mas Fosforo (P) y Calcio (Ca) ya que es 1.50 veces mayor al tratamiento base. Por ende, y que posiblemente por cada 1 cm que crezca el tallo, la clorofila relativa en la tercera hoja verdadera aumenta 0.97%; con lo cual se concluye que

el uso del dispositivo electrónico puede ser muy útil y pertinente para estimar las condiciones nutricionales del cultivo de gulupa, siendo un gran aporte para el agro colombiano.

Palabras clave: Clorofila, Correlación, Medición, Gulupa, Crecimiento, fertilización, Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Calcio (Ca)

Abstract

Gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*. Sims) is one of the exotic fruits that are most exported in Colombia, being very popular in international markets, especially in Europe. The gulupa, is a crop that is permanently in a vegetative state and the production of flowers and fruits is constant, therefore, nutritionally for the production of the crop are major essential elements N, P and K and minor elements, mainly, B, Cu, Fe and Zn. However, different questions have been raised around the production of gulupa, which in Colombia have not been studied, especially when it comes to issues related to the physiology of the crop and the nutritional treatments that have been incorporated, as well as the possible relationships that may exist between the related contents of chlorophyll and its relation to plant growth; Therefore, in this research the general objective was the evaluation of two nutritional treatments, methods in sources of nitrogen, phosphorus, calcium and magnesium. This research was carried out in the cultivation of gulupa, in a vegetative state, located in the municipality of Pacho Cundinamarca, where nutritional treatments and their interaction were evaluated, taking the relative content of chlorophyll in the third true leaf and growth during the development of the main stem test in each of the plants evaluated. An experimental design of randomized complete blocks was performed, with repeated measurements on the same plant, where 16 gulupa plants (*Passiflora edulis* f. *edulis*. Sims) will be taken, in which the effect of four nutritional sources in four blocks was evaluated which evidenced the nutritional effect of Phosphorus (P), Calcium (Ca) and Nitrogen (N). The amount of relative chlorophyll was performed with a chlorophyll meter created at the National University of Medellín, highlighting that the electronic device measures the light transmittance through the leaf. In the results it was not possible to obtain any significant statistical difference, so it was decided with the use of the Gamlss library of the R program, to model under the Gamma distribution and verify the eventual (THE PROBABLE) correlation between the length of the stem and the relative contents of chlorophyll in the different treatments, where it could be found, the most effective treatment or with greater results is that of nitrogen (N) plus Phosphorus (P) since it is 1.50 times greater than the base

treatment in this case Calcium (Ca). Therefore, and possibly for every 1 cm that the stem grows, the relative chlorophyll in the third true leaf increases 0.97%; which concludes that the use of the electronic device can be very useful and relevant to estimate the nutritional conditions of the gulupa crop, being a great contribution to Colombian agriculture.

Key words: Chlorophyll, Correlation, Measurement, Gulupa, Growth, Fertilization, Nitrogen, Phosphorus, Calcium

Contenido

1.	Introducción	12
2.	Objetivos.....	14
2.1	Objetivo General	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3.	Marco Teórico.....	15
3.1	Generalidades de las passifloras.....	15
3.2	El cultivo de gulupa en Colombia	16
3.3	¿Fisiología vegetal y su relación con la producción de gulupa?.....	16
3.4	La fotosíntesis en las plantas.....	18
3.5	La clorofila.....	20
3.6	Fotosíntesis y su relación con la nutrición.....	21
3.7	Nutrición.....	23
3.8	Enmiendas Cal y Calfos	24
3.9	Crecimiento de las plantas con relación al Calcio y Nitrógeno	25
3.10	Transmitancia y absorbancia.....	26
3.11	Técnicas para medir clorofila.....	28
4.	Metodología	31
4.1	Sitio de estudio	31
4.2	Diseño experimental.....	32
4.3	Muestra de suelo	32
4.4	Tratamientos	32
4.5	Toma de datos	34
4.6	Análisis de datos	36
5.	Resultados.....	37
6.	Discusión	43
7.	Conclusiones	45
8.	Recomendaciones.....	46
9.	Referencias Bibliográficas.....	47
10.	Anexos	55

Listado de Figura

Figura 1. Proceso de Fotosíntesis.	18
Figura 2. Municipio de Pacho	31
Figura 3. Planta de gulupa (<i>Passifloraedulis f edulis. Sims</i>) en estado vegetativo.	33
Figura 4. Medidor de Clorofila.	35
Figura 5. Toma de datos de clorofila y altura	36

Listado de Tablas.

Tabla 1. Evaluación de unidades experimentales, primer momento

Tabla 2. Test de SHAPIRO, primer momento

Tabla 3. Evaluación de unidades experimentales, segundo momento

Tabla 4. Test de SHAPIRO, primer momento.

Tabla 5. Evaluación de unidad experimental clorofila, Segundo momento

Tabla 6. Validación de supuestos del modelo, Segundo momento

Tabla 7. Evaluación de unidad experimental Altura, Tercer momento

Tabla 8. Test de SHAPIRO, tercer momento.

Tabla 9. Evaluación de unidad experimental clorofila, tercer momento

Tabla 10. Validación de supuestos del modelo, tercer momento

Tabla 11. Transformación logarítmica ln.

Tabla 12. Test de SHAPIRO con Transformación logarítmica ln ; tercer momento.

Tabla 13. Aplicación de Modelo GAMMA

Tabla 14. Gráfico de Gusano

Tabla 15. Exponencial de los coeficientes.....

1. Introducción

Las passifloras en Colombia han tenido un aumento considerable en los últimos años; siendo el cultivo de gulupa (*Passiflora edulis fedulis. Sims*) uno de los más importantes; ya que en el mercado europeo es muy apetecida este tipo de fruta (Ocampo & Wyckhuys, 2012); actualmente la gulupa es una de las principales frutas exóticas de exportación del país; al ser el cultivo relativamente nuevo se han generado diferentes interrogantes para su establecimiento y sostenimiento, los cuales han revelado diversas inquietudes sobre el funcionamiento fisiológico en cuanto a la relación entre la clorofila, el crecimiento de la planta y su estado nutricional (Ravelo, 2017).

Es necesario conocer el estado nutricional de los cultivos, para poder mejorar la eficiencia del uso de los insumos y recursos involucrados en el sistema productivo; algunos de los recursos vitales son las fuentes nutricionales, las cuales tienen diferentes funciones dentro de las plantas; el cultivo de gulupa cuentan con diferentes estados fenológicos en cada uno de los estados requiere distintos fuentes nutricionales para poder tener un desarrollo, como por ejemplo se puede mencionar que el crecimiento de las plantas es muy sensible a la fertilización nitrogenada (Corrales, Rada, & Jaimez, 2017)

El manejo nutricional que se le ha dado a los cultivos de pasifloras en Colombia ha sido basado en el cultivo de maracuyá, el cual requiere nutrimentos mayores, y en los menores se precisan el Manganeseo y el hierro (Mora, 2011); para el caso de la gulupa los requerimientos nutricionales que se han establecido como mayores N, P y K y en el caso de los elemento menores como B, Cu, Fe y Zn (Guerrero, Potosi, Melgarejo, & Hoyos, 2012).

Algunos estudios realizados por (Berrantes, Avila, & Murillo, 2018) y (Calderón, Bernal, & Pérez, 2011) han logrado demostrar que elementos nutricionales como el nitrógeno esta totalmente relacionado con el contenido de clorofila existente en las plantas, puesto que la concentración de nitrógeno se asocia de forma directa a variaciones en la capacidad fotosintética de la hoja.

Conocer el contenido de clorofila en las plantas es muy importante ya que gracias a este, las plantas pueden realizar sus procesos fotosintéticos en donde convierten la energía de la luz en energía química en forma de azúcares (Corrales, Antolinez, Bohórquez, & Corredor, 2015).

Es necesario poder determinar las cantidades relativas de clorofila en los cultivos de gulupa, estas podrán ser relacionadas con las diferentes fuentes nutricionales aplicadas, para con esto poder

llegar a decir como influye cada fuente en este proceso; y lograr determinar cual o cuales fuentes podrian ser mas beneficiosas para el cultivo en los diferentes estados fenologicos de las plantas en su desarrollo y crecimiento.

Para conocer los contenidos de clorofila en las plantas, existen diferentes mecanismos, dentro de estos se han desarrollado equipos electrónicos como los SPAD, con los cuales los productores de manera inmediata pueden conocer los contenidos de clorofila de sus cultivos (Hurtado, González, & al, 2017) y poder planear las fertilizaciones necesarias, ya que estos contenidos están relacionados con el estado nutricional de las plantas.

Las nuevas tecnologías del agro van avanzando de una manera muy eficaz en donde como se ha mencionado con anterioridad se han desarrollado diferentes mecanismos para medir la clorofila, pero uno de los problemas de muchas de estas tecnologías son sus costos los cuales normalmente son muy elevados y nada accesibles para pequeños y medianos productores.

En este sentido la utilización de tecnologías de bajo costo en el campo, pueden brindar resultados positivos para los cultivos, ya que se pueden obtener datos como la cantidad del contenido relativo de clorofila en las plantas siendo medida a través de un dispositivo electrónico (medidor de clorofila) diseñado en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín podrá traer grandes beneficios al agro de Colombia.

Si se logra obtener los beneficios de las tecnologías de bajo costo, con ellas se podrán obtener diferentes relaciones entre las aplicaciones de fuentes nutricionales en los cultivos, como es el caso de la presente investigación en donde se evalúa el efecto de dos fuentes nutricionales Nitrógeno (N); Calcio (Ca) y Fosforo (P) en el crecimiento y el contenido relativo de clorofila en un cultivo de gulupa el cual se encuentra en estado vegetativo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Determinar el efecto de dos fuentes nutricionales Nitrógeno (N); Calcio (Ca) y Fosforo (P) en un cultivo de gulupa (*Passiflora edulis f edulis. Sims*) en la cantidad de clorofila y el crecimiento, bajo las condiciones del municipio de Pacho Cundinamarca.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de dos fuentes nutricionales Nitrógeno (N); Calcio (Ca) y Fosforo (P) en la cantidad de clorofila de las plantas de gulupa (*Passiflora edulis f edulis. Sims*) en su estado vegetativo, bajo las condiciones del municipio de Pacho Cundinamarca, mediante el uso de un dispositivo electrónico diseñado en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín por la línea de investigación de desarrollo y adaptación de instrumentación.
- Evaluar el efecto de dos fuentes nutricionales Nitrógeno (N); Calcio (Ca) y Fosforo (P) en el crecimiento de las plantas de gulupa (*Passiflora edulis f edulis. Sims*) en su estado vegetativo, bajo las condiciones del municipio de Pacho Cundinamarca. Mediante la medición por centímetros con un flexometro.

3. Marco Teórico

3.1 Generalidades de las passifloras

Distribuida a través del trópico, en los cuatro continentes con 15 géneros y cerca de 700 especies, la familia Passifloraceae tiene una amplia distribución, pues se puede encontrar desde los 0 msnm hasta los 3800 msnm en zonas de páramo. El género *passiflora L.* es uno de los más importantes de esta familia referente a lo económico debido a que en cuanto a consumo y comercialización el género es el de más demanda. Aproximadamente, cuenta con 573 especies en el continente americano, predominantemente en cuatro géneros: *Ancistrothyrsus*, *Dilkea*, *Mitostemma* y *Passiflora* (Ulmer & MacDougal, 2004). El nombre de la familia Pasifloraceae proviene del siglo XVI, en donde los botánicos le atribuyeron la idea de caracterizar la pasión de cristo: el cáliz externo se rodea de espinas y recuerda la corona de Jesús y las demás partes de la flor también recuerdan algunos otros elementos de la Crucifixión, como el látigo con el que azotaron a Cristo (Muñoz, Moreira, & Moreira, 2012).

Las pasifloráceas son lianas o enredaderas que trepan por medio de zarcillos, teniendo en cuenta que también existen especies arbóreas o arbustivas. Sus hojas son alternas y con estipulas. Los pecíolos pueden o no llevar glándulas, las cuales pueden ser sésiles o estipitadas y casi siempre pareadas. Las láminas foliares generalmente son enteras o lobuladas. Las flores tienen un androginóforo prominente, con menos frecuencia solamente ginóforo, y en pocas especies el ovario es sésil. Poseen una corona extraestaminal bien desarrollada, que ayuda a atraer polinizadores, aunque en algunas especies se reduce a una fila de pequeños tubérculos o denticillos. Los frutos son bayas o raramente cápsulas (Hernandez & Bernal, 2000).

La planta de gulupa es un bejuco o liana trepadora semi-perenne, con un tallo glabro (sin pubescencia), de color verde o eventualmente púrpura, estriado, herbáceo y leñoso hacia la base, hasta de 10 cm de diámetro (Ocampo & Wyckhuys, 2012).

Las *passifloras* han sido utilizadas y cultivadas para el consumo de fruta fresca, aunque también son usadas en algunos lugares como ornamentales por sus llamativas flores decorando jardines (Bonilla, Aguirre, & Agudelo, 2015) no obstante esta familia de plantas también se le están dando usos industrial y farmacéutico los cuales han aumentado con el paso de los años.

Los cultivos se caracterizan por contar con diferentes estados fenológicos en donde se define el ciclo de vida de las plantas. Es de gran importancia reconocer cada una de estas fases ya que con esto se puede determinar que requerimientos tiene el cultivo en cuanto a sus manejos agronómico (Martínez, 2017).

3.2 El cultivo de gulupa en Colombia

La planta de gulupa es nativa de Brasil, pero su cultivo se ha expandido ampliamente por los países andinos y en Colombia su producción se da en la región Andina y en zonas que estén por encima de los 1.800 metros sobre el nivel del mar (Pinzón & Rodríguez, 2015).

Una de las ventajas que tiene el cultivo de gulupa es la gran rentabilidad; en algunas regiones puede iniciar su producción tan solo a los 8 meses y como otra ventaja se menciona que actualmente el exportador es quien busca al agricultor para comprar la fruta (Cortés, 2018), ya que tiene mucha demanda por países europeos y hacia este lugar es donde más se dirigen las exportaciones de esta fruta (UNAL, 2018), ya que es muy apetecida para su consumo en fresco debido a su sabor y aroma (Jiménez, Carlos, & Rodríguez, 2009).

En los últimos años los cultivos exóticos han venido creciendo en países como Colombia en donde se tiene mucho potencial en cuanto a estos cultivos, la gulupa (*Passiflora edulis f. edulis. Sims*) es un cultivo de mucha importancia para nuestro país ya que en la actualidad es el mayor exportador de esta fruta (UNAL, 2018), y además entre 2010 y 2017 los ingresos por la exportación de gulupa pasó de 10 a 25 millones de dólares (Cortés, 2018).

3.3 ¿Fisiología vegetal y su relación con la producción de gulupa?

La ecofisiología analiza y estudia los mecanismos funcionales de la planta mientras esta va creciendo, en relación con las condiciones climáticas que las rodea (Melgarejo, 2015), como temperatura, viento, radiación, precipitación y humedad relativa, también se tienen en cuenta otros factores como las condiciones del suelo y la presencia de organismos cercanos que puedan generar relaciones de competencia o patogenicidad (Perez, 2013)

Cuando una planta de gulupa es atacada por una enfermedad como el Fusarium, esta genera un proceso fisiológico. Al entrar la planta en un estado de estrés producido por esta enfermedad se dan respuestas fisiológicas tendientes a mitigar los efectos nocivos en donde suceden cambios en las tasas de intercambio de gases, y también variaciones en los mecanismos de disipación del exceso de radiación fotosintética, dichas respuestas se relacionan estrechamente con el periodo de duración y la intensidad del factor estresante (Cruz, Hoyos, & Melgarejo, 2011).

En las plantas de gulupa se aumentan los rendimientos de actividad fotosintética bajo condiciones de alta radiación solar (Fischer, Casierra, & Piedrahita, 2009). Cuando la planta absorbe energía lumínica, ésta es procesada a través de los pigmentos, los cuales tienen la capacidad de cumplir la función de fotoprotector, aumentando el ATP (molécula de almacenamiento de energía) y NADPH (portador de electrones reducido) (Corrales, Antolinez, Bohórquez, & Corredor, 2015).

La función del fotoprotector se puede encadenar a un proceso en cual las plantas tienen que cerrar sus estomas para que no se estresen y pierdan agua, pero esto también va ligado a la fotosíntesis ya que la planta deja de asimilar energía lumínica y deja de crecer (Reyes, Alvarez, & Fernandez, 2013).

En términos de la producción de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis. Sims*), durante la apertura y cierre de las estomas, la planta experimenta una pérdida de agua (Naizaque, Garcia, & et al, 2014), lo que se busca entender cómo se debe producir con un mínimo de estrés y que cumplan las condiciones agroecológicas (Rodriguez, 2017), para que la producción sea más efectiva para el productor; pero esto depende de la porción de energía absorbida por las antenas de la clorofila y que va dirigida a los centros de reacción de PSII (Vega., 2011).

3.4 La fotosíntesis en las plantas

La fotosíntesis es un proceso donde los órganos fotosintéticos utilizan la energía solar para la síntesis de compuestos orgánicos, los cuales no podrían formarse sin este aporte de energía. Los denominados pigmentos son moléculas que absorben luz y son conocidos habitualmente como clorofila. El tipo de pigmentos que absorbe energía solar para utilizarla en la fotosíntesis se encuentra unido totalmente o en parte a las membranas tilacoides de los cloroplastos (Solarte, Moreno, & Melgarejo) En la fotosíntesis, se obtiene oxígeno como subproducto, se produce ATP y se sintetiza carbohidratos (Corrales, Antolinez, Bohórquez, & Corredor, 2015).

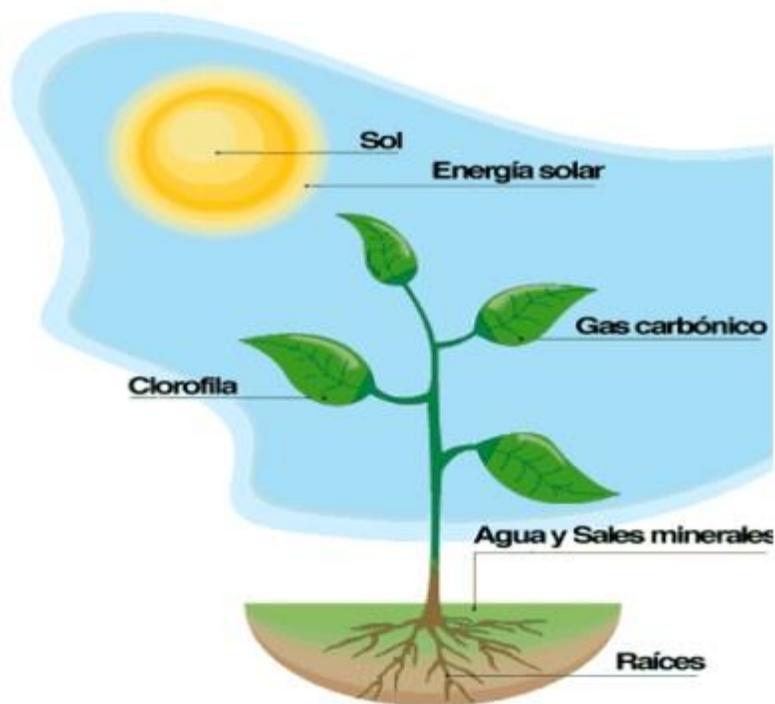


Figura 1. Proceso de Fotosíntesis.

Nota: Tomado de FOTOSINTEISIS, 2014 p.3

Para el desarrollo de la fotosíntesis, se necesita la disponibilidad de agua y dióxido de carbono CO₂. Los factores ambientales que afectan la actividad fotosintética en las plantas son: calidad de luz (longitud de onda), intensidad de luz (brillantez), duración de luz (fotoperiodo), concentración

de dióxido de carbono, temperatura y disponibilidad de agua; a continuación, se definirá cada uno de los factores mencionados (Lira, 1994)..

Calidad de luz (longitud de onda)

Respecto al tipo de luz que requiere el proceso fotosintético, es importante mencionar que el color de luz visible es una propiedad de su longitud de onda y por lo tanto el nivel de energía de diferentes colores de luz puede ser variable. La luz azul, la cual tiene una menor longitud de onda y mayor frecuencia, es cerca de 1,8 veces más energética que el mismo número de fotones de luz roja (Lira, 1994).

Cuando ocurre la fotosíntesis, los pigmentos llamados clorofila A y clorofila B y algunos carotenoides, son irradiados con luz la cual que contiene todas las longitudes de onda de luz visible, absorbiendo la mayor parte de las porciones rojo y azul del espectro y reflejando la porción verde (Lira, 1994).

Intensidad de luz (brillantez)

La tasa fotosintética aumenta con intensidad luminosa hasta un cierto límite, característico de cada especie, en el que se produce la foto-oxidación de los pigmentos (CATEDU, 2016). Algunas plantas requieren más luz que otras para su crecimiento y desarrollo, para la gulupa los cambios en la radiación solar influyen en la productividad, en los días nublados disminuye el crecimiento la apertura de flores, y el número de botones florales (Fischer).

Según Lira (1994) *“las plantas pueden encontrar el punto de saturación de la luz cuando los incrementos sucesivos en la intensidad ya no aumentan la actividad fotosintética. A intensidades de luz muy altas, la velocidad con la cual el CO₂ está disponible en la planta puede limitar la tasa de fotosíntesis. La intensidad de luz bajo la cual ocurre la saturación aumentará en la medida que la concentración de CO₂ alrededor de la planta también se incremente”*

Duración de luz (fotoperiodo)

La actividad fotosintética en la planta es directamente proporcional a la luz del día, es decir, todas las actividades que realizan en este proceso dependen de la medida de las horas de luz diarias (Lira, 1994). En la actualidad, algunos productores en sus cultivos instalan luces especialmente

bajo invernadero para aumentar el número de horas de luz y probablemente agilizar el crecimiento vegetal (Burés, Urrestarazu, & Kotiranta, 2018).

Concentración de dióxido de carbono

A medida que aumenta la concentración de CO₂, aumenta la tasa fotosintética hasta llegar a un nivel; en este punto la RUBISCO se satura y la eficiencia deja de aumentar. Este proceso influye en la apertura de las estomas (CATEDU, 2016).

Temperatura

La temperatura influye en el cierre de las estomas, pero a bajas intensidades de luz la temperatura no ejerce un efecto notable en la tasa fotosíntesis puesto que la luz actúa como factor limitante; aunque dado que las enzimas son proteínas y por encima de la temperatura óptima se produce la desnaturalización de las enzimas, disminuyendo el rendimiento (CATEDU, 2016).

Las temperaturas óptimas para el cultivo de gulupa son entre 15 a 20 grados centígrados, cuando las temperaturas son altas en este cultivo se disminuyen las flores, y a bajas temperaturas se reduce el crecimiento vegetativo (Guerrero, Potosi, Melgarejo, & Hoyos, 2012)

Disponibilidad de agua

Si disminuye la cantidad de agua que se usa para el proceso fotosintético se restringe el intercambio de CO₂ y O₂ dando como resultado una dramática reducción en la tasa fotosintética ya que es fundamental el agua para mantener un elevado potencial hídrico en el protoplasma (Lira, 1994), las plantas de gulupa necesitan entre 1300 mm y 1800 mm de agua al año (Ocampo & Wyckhuys, 2012).

3.5 La clorofila

La cantidad de clorofila por unidad de área de las hojas constituye un indicador de la capacidad fotosintética en las plantas, ya que representa la medida de las dimensiones del sistema fotosintético y de su eficiencia, y por ende se puede determinar la producción de biomasa en diferentes condiciones de explotación (Fortes, Herrera, & et al., 2010).

La clorofila es uno de los componentes básicos en las plantas, ya que es uno de los pigmentos principales que se presenta en el proceso fotosintético, en el cual la planta produce energía química a través de la absorción de la energía solar o lumínica, la fórmula química de la clorofila es $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$, esta tiene la función particular de absorber fotones de luz con la consiguiente excitación de un electrón y luego cuya energía será dada a un pigmento auxiliar (Gonzales, Perales, & Salcedo, 2008).

La función de la clorofila es absorber luz, se entiende que hay diversidad de pigmentos y de diferentes colores y que la clorofila es una sustancia compuesta y no simple (Lira, 1994); se sabe que la energía lumínica entra por los pigmentos y se convierte en energía química ATP y NADPH (Mota, Alcaraz, & et al, s, f). El contenido de la clorofila en las hojas es útil para medir el nivel fotosintético, todas las hojas verdes contienen una capacidad de absorción de rango de 400 – 700 nm donde se efectúa transmisión de electrones entre clorofilas y carotenos (Casiera, Avila, & Riascos, 2012).

No toda la energía solar es absorbida por todos los pigmentos y clorofilas, esta energía que no es absorbida y no termina siendo energía lumínica termina disipándose en forma de calor (Garrido, 2016). La luz es uno de los factores más heterogéneos, espacial y temporalmente; entre los que afectan las plantas por eso es considerado riesgoso y beneficioso a su vez, pero todo depende de las condiciones de las plantas (Manrique, 2003).

Resumiendo, de una manera más sencilla todo lo que se ha dicho con anterioridad, básicamente la fotosíntesis es la transformación del CO_2 de la atmósfera en compuestos orgánicos (sacarosa, almidón, celulosa), gracias a la energía lumínica. Los procesos primarios de la fotosíntesis ocurren en el cloroplasto, donde se distinguen tres pasos los cuales son absorción de fotones por pigmentos, principalmente clorofilas; transporte de electrones derivados del rompimiento de una molécula de agua, con la producción simultánea de oxígeno y el ciclo de Calvin (Yepes & Silveira Buckeridge, 2011).

3.6 Fotosíntesis y su relación con la nutrición

La fotosíntesis se puede considerar como el principal proceso fisiológico de las plantas, ya que gracias a ella las especies vegetales pueden producir hasta un 90% de su materia seca. Para que las plantas o cultivos en general lleguen a este punto, deben interactuar múltiples factores tales como

la radiación solar, precipitaciones, temperatura, nutrición, edad, y familia a la que pertenece la planta (Fortes, Herrera, & et al., 2010).

En el efecto fotosintético se ven involucradas distintas variables, las cuales cumplen una función, pero todo esto depende si la planta tiene una buena nutrición; ya que la maquinaria fotosintética absorbe la mitad del nitrógeno foliar, lo cual nos indica que una de las limitantes de la fotosíntesis es la deficiencia de nitrógeno, independientemente que esta deficiencia sea causada por cualquier limitante como la edad de la hoja o por incrementos de la radiación (Corrales, Rada, & Jimenez, 2015).

Uno de los procesos básicos de la fotosíntesis donde el Nitrógeno es fundamental, está en el intercambio de gases, ya que durante este proceso la luz, la concentración de CO₂ y disponibilidad nitrógeno hacen un ciclo básico para el nutrimento (Corrales, Rada, & Jimenez, 2015).

La buena nutrición en una planta también depende del trabajo que ejerce el aparato fotosintético y viceversa, puesto que como pigmento fotosintético al captar energía luminosa desencadena una cantidad de procesos como la oxidación y reducción y todo esto por la fijación de CO₂, y al mismo tiempo de una buena disposición de nutrimentos en el suelo (Ricote, Daza, Trujillo, & al, 2018), en la síntesis de moléculas de crecimiento celular en la que está involucrada la clorofila, donde el nitrógeno es fundamental, se establece como un indicador clave del estado físico de la planta (Berrantes, Avila, & Murillo, 2018).

Como afecta la nutrición a las plantas, ha sido un gran interrogante que se han planteado diferentes investigadores, puesto que uno de los principales motivos es saber utilizar la nutrición adecuada en los procesos de producción y como está puede influir en producción de clorofila, ya que la última mencionada depende de la fertilización basada en nitrógeno.

Respecto a la relación que tiene la clorofila con el tipo de fertilización, se menciona el siguiente ejemplo. En un cultivo de tabaco en Cuba, donde se contaba al momento del estudio con suelos rojos alcalinizados y se realizaron enmiendas con turba acida más un testigo. Se realizaron 4 repeticiones y se tomaron medidas de clorofila, para verificar su contenido en el proceso de la cosecha en el cultivo de referencia, con la aplicación de una enmienda de turba acida. Al mismo tiempo, se verificaron las medidas de la calidad comercial requerida para la exportación del producto. Como resultado, se pudo determinar que existen variaciones en la determinación de

clorofila, con el crecimiento y desarrollo de las plantas. Al nivel crítico de clorofila foliar, se le reconoce utilidad para el manejo de la nutrición de las especies cultivadas y como alternativa de uso de las mediciones de clorofila en unidades SPAD (Ricote, Arozarena, Trujillo, Monzón, & al, 2018).

3.7 Nutrición

Para tener un buen desarrollo en todos los procesos fisiológicos de las plantas, se debe hablar de una nutrición balanceada la cual debe siempre estar acompañada de Nitrógeno, el cual es absorbido por las plantas en forma de Amonio (NH_4^+), donde la luz es uno de los factores más importantes involucrados en la adsorción de Nitrógeno para la síntesis de la molécula de clorofila. Por ejemplo, se ha podido evidenciar que, en los cultivos de rosas a mayor luminosidad, mayores son las cantidades de nitrógeno y de clorofila en las plantas (Corrales, Rada, & Jimenez, 2015).

Los elementos como el N, P, K, como fuente nutricional de las plantas se obtienen del suelo y del aire se obtiene el O y C que son importantes para el desarrollo de las plantas. La nutrición de las plantas es un concepto que se debe ampliar, porque no se trata solamente de los procesos que ocurren en las especies vegetales, sino de todos los recursos necesarios para llegar a la producción de biomasa (formación de tallos, hojas y raíces). Se debe recalcar la importancia de la xilema y el floema, el primero conduce sabia bruta desde la raíz hacia los órganos y el segundo sabia elaborada (Gutierrez, 1997).

El agua es fundamental para las plantas, porque su molécula de Hidrogeno (H) es absorbida en el proceso de la fotosíntesis (Talon, 2008). El agua es considerada un nutriente para las plantas, así mismo es útil en los procesos que son realizados por las sales minerales que tiene la capacidad de establecer procesos en las plantas cuando entran a su metabolismo.

Una de las estrategias que se deben tener en cuenta para la formación de un proceso de nutrición o plan de fertilización en un cultivo, es la realizar un estudio o análisis de suelo. Este análisis indica la cantidad de nutrientes que se deben utilizar en relación con la reserva del suelo y los nutrientes que requiere la planta para su optimo crecimiento (Cerdas & Castro, 2003). Para comprender los procesos involucrados en la nutrición, es necesario conocer cada momento fenológico de la planta, para poder establecer las curvas de crecimiento y determinar los momentos en que las plantas tienen sus picos más altos de absorción. (Castro., 2017).

En Colombia, se ha tenido como referencia para el manejo nutricional de la gulupa el manejo que tradicionalmente se le da al maracuyá. Actualmente, se han realizado diferentes estudios sobre la gulupa, con un manejo nutricional diferente cuyo propósito es de dar firmeza, color y sabor a la fruta, aunque esto depende del manejo de los nutrientes N, P y K. Simultáneamente, se aumenta la rentabilidad y en el caso de los elemento menores como B, Cu, Fe y Zn, su aplicación se enfoca en la calidad del fruto (Guerrero, Potosi, Melgarejo, & Hoyos, 2012).

Las distancias de siembra del cultivo de la gulupa, en algunas ocasiones están totalmente relacionadas con criterios como la fertilidad del suelo y las condiciones climáticas del lugar en donde se establezca; su mal manejo de la nutrición puede llevar a intoxicar o afectar el cultivo (Guerrero, Potosi, Melgarejo, & Hoyos, 2012).

3.8 Enmiendas Cal y Calfos

En el país se promulga la utilización de enmiendas en los procesos agrícolas, como base para los procesos de fertilización, teniendo en cuenta que su uso es importante para la corrección del desequilibrio químico en los diferentes suelos ácidos (Osorno, 2012). En las plantas, la aplicación de estas juega un papel esencial por su aporte de estabilidad y fortalecimiento en las paredes celulares de las especies vegetales aclarando que este es suministrado por la xilema y en las reacciones enzimáticas es un cofactor (Piedrahita, 2012).

Muy importante tener claro que el problema de los suelos ácidos en Colombia es grave porque el 80% de los suelos del país lo presentan por estar ubicados en el trópico, porque los suelos dominantes en Latinoamérica son Oxisoles y Ultisoles y estos son suelos que presentan niveles altos de acidez (Diaz, 2017).

Cal dolomita

Su uso viene de tiempo inmemoriales. Se dice que los Celtas y Galos comenzaron hacer uso en la agricultura, teniendo en cuenta que se utiliza para combatir la deficiencia de Calcio (Ca) en el suelo y el aumento de acidez, la deficiencia de fósforo y por la toxicidad de los iones de manganeso y aluminio (Santaella & Gonzales, 1965); Cuando CaCO_3 como fuente de Calcio (Ca) se encuentra

en los suelos de forma natural ayuda a la producción de microorganismos, pero cuando hay exceso y deficiencia puede traer problemas de nutrición (Andrades & Martinez, 2014)

Calfos

Enmienda rica en Fosforo (P) y Calcio (Ca) este ayuda a estimular la absorción de nutrientes en suelos ácidos a demás favorece las condiciones edafológicas apropiadas, pero este se ve limitados por la baja disponibilidad de agua (Pedroza & Donado, 2006); Este suele utilizarse en suelos ácidos es decir; la acides o suelos con altos valores de esta variable son indicadores que de deficiencia de Fosforo por lo cual indica que se debe realizar aplicaciones de este tipo de enmiendas (Lugo, Ramirez, & Entrena, 2009).

Fosforo

El Fosforo (P), considerado uno de los 19 elementos esenciales para las plantas, este como elemento mayor constituye un componente primario de los sistemas responsable de la capacitación, almacenamiento y transferencia de energía (Fernandez, 2007)

3.9 Crecimiento de las plantas con relación al Calcio y Nitrógeno

Calcio.

El calcio (Ca) suele ser el catión más abundante en el suelo, pero este, es utilizable dependiendo del grado de saturación (Monge, Val, Sanz, & al, 1994). (Ca) es importante para los procesos celulares de las plantas ya que estimula la división y alargamiento de estas, favoreciendo la pared celular; por lo cual resulta imprescindible para el crecimiento de órganos como flor, tallo y hojas. Este elemento es responsable que las plantas hagan uso del nitrógeno para sus diferentes procesos (ARVENSIS, 2017).

El calcio (Ca) es fundamental para los procesos bioquímicos y morfológicos de las especies vegetales; En general las funciones del Ca se basan en ser componente estructural de las macromoléculas y se resalta su capacidad de coordinar; por eso se crean enlaces intermoleculares reversibles y al mismo tiempo estables los cuales se sitúan en la paredes y membranas celulares.

Una de las facultades que tienen este elemento es la capacidad de transducción de señales externas (Villegas, Sanchez, Baca, & al, 2005)

Nitrógeno

El nitrógeno es de gran importancia para el crecimiento de la planta, la limitante de este representa una problemática para la producción agrícola (Barrera & Saenz, 2016).

Como elemento el nitrógeno es absorbido por la planta en forma de NO_3 o de amonio NH_4 , sabiendo que una de las funciones más importantes de este elemento es tener una acción directa sobre el incremento sobre la masa seca ya que aporta al crecimiento de tallo y formación de frutos pero su exceso puede traer un crecimiento desproporcionado al follaje y un atraso al crecimiento radical (Rodriguez & Florez, 2004).

En la nutrición el nitrógeno es importante porque cada compuesto de las células vegetales contiene nitrógeno tales como aminoácidos, nucleidos fosfatos, componentes de fosfolípidos etc., por esto las grandes cantidades que se exigen de este elemento para la nutrición vegetal (Pereyra, 2001).

Es de anotar que algunos estudios han logrado demostrar que la cantidad de clorofila en las plantas está estrechamente relacionada con la concentración de nitrógeno, con lo cual se refleja el estado de la planta nutricionalmente respecto a este importante nutriente (Bedoya & Rendon, 2014).

3.10 Transmitancia y absorbancia

Los fenómenos relacionados con la interacción de la luz a lo largo de la historia han sido estudiados, ya que estos pueden ser en una gran cantidad de campos científicos para dar respuesta a una gran cantidad de interrogantes que van surgiendo en la ciencia; es importante mencionar la espectrofotometría la cual según (Arenas & López, 2004) *estudia los fenómenos de interacción de la luz con la materia. En general, cuando una lámpara ilumina cualquier objeto, pueden suceder algunos fenómenos: La luz puede ser emitida, reflejada, transmitida o absorbida. Desde que sabemos que la energía no puede ser destruida, la cantidad total de luz debe ser igual al 100%; por lo tanto, cuando un objeto es iluminado, se puede medir cuánta radiación ha sido reflejada o transmitida y podemos decir entonces cuánta fue absorbida, cuál es la cantidad que ha*

interactuado con el objeto”. Se debe tener en cuenta que la transmitancia y absorbancia son parte del mismo proceso.

transmitancia

La transmitancia se define como la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en determinado tiempo, es de mencionar que existen diferentes tipos de transmitancia esto dependiendo del tipo de energía que se considere.

La transmitancia óptica se da cuando la cantidad de luz que atraviesa un cuerpo, en una determinada longitud de onda. Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslúcido, una parte de esa luz es absorbida por el mismo, y otra fracción de ese haz de luz atravesará el cuerpo, según su transmitancia (Gonzales, 2010).

La transmitancia térmica se define como la cantidad de energía en forma de calor que atraviesa un cuerpo, en determinada suma de tiempo, como ejemplo se puede decir que si está un cuerpo con caras planas y paralelas, y entre sus caras existe una diferencia térmica, esta diferencia constituye la transmitancia térmica del cuerpo (Gonzales, 2010).

Según (Ibañez, Baez, & Delgado, 2006); *“es la razón de la luz reflejada respecto a la luz incidente, bajo condiciones geométricas específicas”* Para realizar dicha curva de esta variable se utiliza un dispositivo el cual muestra una fracción de luz. Una de las facultades que se obtienen al estudiar las transmitancias es que se puede aprovechar mejor los rangos de longitud de onda que son útiles para las plantas ya que influyen en la actividad fotosintética.

La intensidad o longitud de onda de la radiación que reciben las plantas es muy importante durante todo su ciclo de vida, pero en algunas etapas tiene diferentes requerimientos por lo cual dadas las necesidades actuales en los cultivos bajo invernadero se ha estudiado la transmitancia de las diferentes capas de plástico, para con esto llegar a concluir que la eficiencia de un invernadero puede verse mejorada si se utilizan cubiertas adecuadas que maximicen la radiación recibida por el material vegetal en las bandas en que la actividad fotosintética es más fuerte (Flores, Hernandez, & Lesino, 2003).

Como otro ejemplo de la importancia de la transmitancia se realiza la comparación entre los invernaderos de polietileno y vidrio, en donde por sus componentes estructurales el invernadero realizado con vidrio tendrá más sombra (arcos, largueros, etc.) por tal razón la velocidad de la

fotosíntesis de las plantas disminuye en el mismo porcentaje que la cantidad de luz entrante es bloqueada; por lo tanto, el rendimiento de la producción se puede ver afectado (Chen, 2018).

En la producción agrícola, la transmitancia es esencial para elaboración de cubiertas vegetales que sean capaces de transmitir la energía suficiente para que la planta desarrolle los procesos metabólicos, es decir el calor que necesita el sustrato y los vegetales para su crecimiento (Iñigo, 2017).

Absorbancia

La absorbancia es cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslúcido, una parte de esta luz es absorbida por el cuerpo, y el haz de luz restante atraviesa dicho cuerpo. A mayor cantidad de luz absorbida, mayor será la absorbancia del cuerpo, y menor cantidad de luz será transmitida por dicho cuerpo (Gonzales, 2010).

Desde el punto fisiológico de las plantas el concepto de la absorbancia hace referencia a la cantidad de energía lumínica que es absorbida por un pigmento en este caso la clorofila, por eso se dice que cuando una longitud de onda inciden sobre un pigmento se observa el color que viene del reflejo mientras que algunos rangos son absorbidos (Martin & Castañeda, 2016).

Se puede hablar de *espectroscopia de absorción*, la cual provoca en la sustancia que absorbe la luz, provocando que los electrones “salten” por ende se desarrolle un cambio de energía la cual aumenta (Arena & Lopez, 2004).

3.11 Técnicas para medir clorofila

Para la medición o estimación de la clorofila se puede encontrar una gran cantidad de herramientas dentro de las más comunes usadas para determinar en campo la tasa de fotosíntesis, el estado de los procesos fotoquímicos de la fotosíntesis y el contenido de pigmentos, son el IRGA (analizador de gases en infrarrojo), el fluorómetro y el medidor de clorofila in situ (SPAD) (Solarte, Moreno, & Melgarejo).

Para la estimación de la clorofila en las plantas existen diferentes métodos, modelos matemáticos y procedimientos; los cuales se desarrollaron con el objeto de minimizar errores que pueden ser ocasionados por la aparición de otros pigmentos fotosintéticos y algunos químicos en el agua, los diferentes modelos cromatográficos modernos permite cuantificar la cantidad de la

muestra pero estos aparatos no son aptos para todo público ya que valor en el mercado es muy elevado (Rivera, Zapata, & et al, 2005).

Por ejemplo se menciona que en el estado de Tabasco en México dada la necesidad de conocer otras plantas con altos contenidos de clorofila fuera de las más comunes (espinaca, acelgas y etc.) se estudió otras variedades las cuales puedan tener alto contenido de clorofila para su aprovechamiento tanto en la industria farmacéutica como en la alimentación, en donde se determinó a través del método espectrofotométrico la concentración de clorofila a, b y total de diez hierbas comestibles típicas del estado de Tabasco. Con este estudio lograron determinar que fue posible realizar la extracción y cuantificación de la clorofila existente en las hojas comestibles del estado de Tabasco mediante el método mencionado con anterioridad además que se observó que la intensidad del color verde no solo es debido a la presencia de clorofila sino a otros pigmentos que existen en la hoja y que ayudan a la clorofila en el proceso de fotosíntesis (Ruiz, Ruiz, Hernández, García, & Valadez, 2019)

La utilización de medidores de pigmentos fotosintéticos portátiles para la realización de estudios de clorofila ha sido muy importante porque de estos se han desviado otras conclusiones más allá de saber cuánta clorofila hay por unidad de área; es decir que en base a la cantidad del pigmento encontrado se puede también deducir una buena o mala nutrición, por eso es necesario la introducción de este tipo de implementos (Calderon, Bernal, & Perez., 2011).

El SPAD (SPAD – 502) medidor de clorofila; es una de las herramientas para medir la cantidad del pigmento en la hoja sin causar daño sobre esta. Gracias a diferentes ensayos realizado con este instrumento diferentes autores han llegado a la conclusión que la unidad de clorofila en la hoja está relacionada con la cantidad de N que se encuentra en las misma, por lo cual cuando se habla de una cantidad favorable de pigmentos de clorofilas en los folios de las se puede decir que están bien suplementada por nitratos y amonios. Es decir que estas dos variables son proporcionales (Lopez, Lira, & Mendez., 2016).

Para aprovechar las ventajas características de la clorofila, el SPAD 502 Plus mide las absorbancias de la hoja en el rojo y el cerca de las regiones infrarroja. Con estas dos absorbancias, el medidor SPAD calculará un valor numérico que es proporcional a la cantidad de la clorofila en la hoja.

Actualmente se han generado nuevas tecnologías a bajo costo se realizara el aprovechamiento de estos mismos por qué se puede dar provecho al elementos tan básicos en la vida cotidiana como celulares con diferentes aplicaciones y elementos que conllevaran a generar nuevos avances innovando y además generando nuevos conocimientos y bases para poder optimizar más el manejo de un cultivo por eso, según (Gaviria, Guáqueta, & et al, 2017) utilizando un medidor de clorofila que se adata a celulares inteligentes, el cual fue diseñado en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, estima la clorofila por transmisión de luz, fue impreso en 3D siendo un aparato más pequeño en comparación con los otros que miden clorofila; además es muy económico, y una APP para medir la luminosidad, la cual ha sido diseñada para medir otras variables.

El dispositivo diseñado en la Universidad Nacional de Colombia se utilizó en comparación a un SPAD 502 teniendo en cuenta que lo que hacen este tipo de dispositivos es calcular la cantidad relativa de clorofila; donde se realizó 30 lecturas en cultivo de sorgo y en relación del medidor mencionado se obtuvieron resultado con una buena similitud de correlación.

4. Metodología

4.1 Sitio de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Pacho Cundinamarca vereda el Hatillo finca San Rafael la cual se encuentra a una altura de 1850 m.s.n.m y tiene una temperatura promedio de 19°.

El municipio de Pacho está localizado al Noroccidente del Departamento de Cundinamarca, es cabecera de la Provincia de Rionegro, y se ubica a 88 kilómetros de la ciudad de Bogotá.

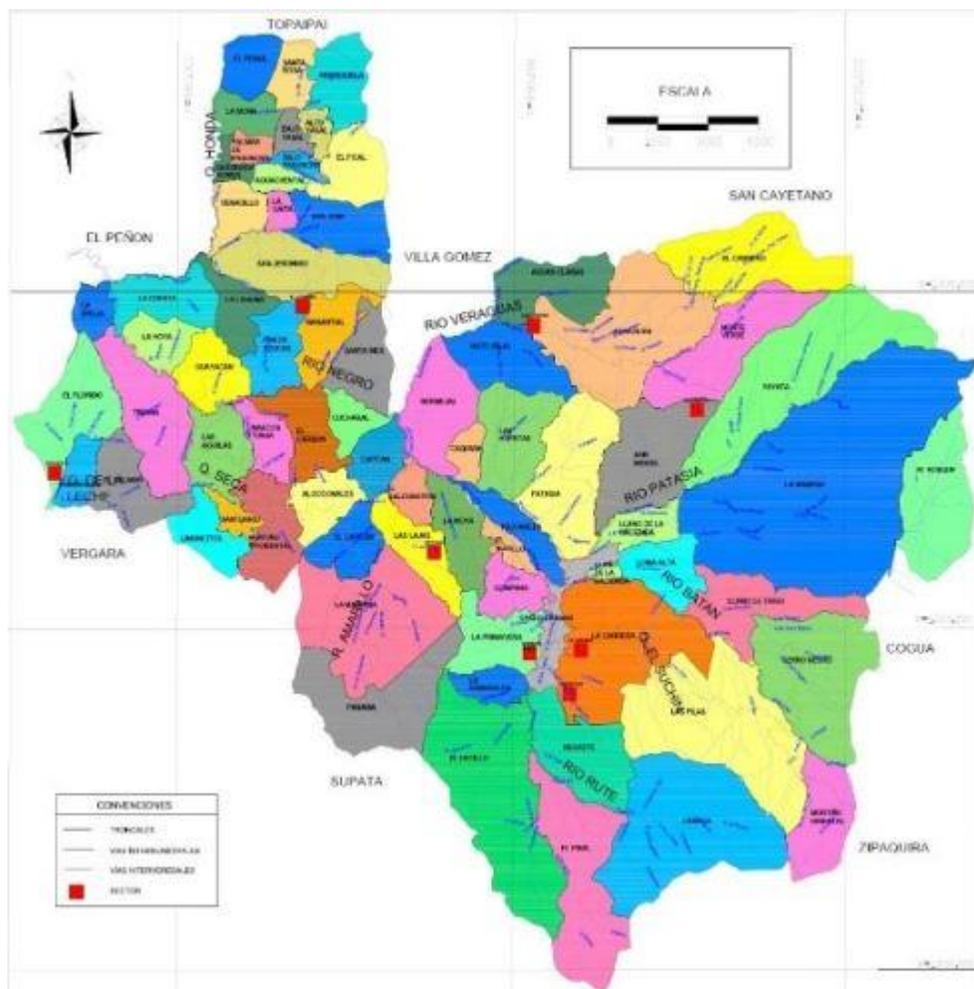


Figura 2. Municipio de Pacho

Nota: Tomado de Plan de Salud Territorial municipio de Pacho Cundinamarca (2008-2011), 2008 p.25

El cultivo en el que se realizó el estudio cuenta con una cantidad de 500 plantas de gulupa en estado vegetativo, en un área de 4600 metros cuadrados, la distancia establecida en el cultivo es: entre plantas de 4 metros y entre surcos de 2 metros de distancia, el terreno tiene una pendiente aproximada de 10%.

Para la realización del presente estudio se tomaron 16 plantas de gulupa de 2 meses de edad.

El estudio fue realizado en época de verano iniciando el 1 de junio hasta el 20 de julio del año 2019.

4.2 Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental, de bloques completos aleatorizados, con medidas repetidas sobre la misma planta: se tomarán 16 plantas de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis. Sims*) este número de plantas a utilizar en este proyecto fueron consultadas con el ingeniero Diego Alberto Deaza Castillo director de consultorio estadístico de la escuela de ciencias agropecuarias y del medio ambiente (ECAPMA) de la UNAD quien recomendó que este es el número adecuado de plantas para utilizar como muestra ya que como se trabajaran dos tratamientos en cuatro bloques da unidad experimental las 16 plantas.

4.3 Muestra de suelo

Al comenzar el ensayo se tomó una muestra de suelo para conocer mejor las condiciones nutricionales del lugar donde se realizó el ensayo: la muestra de suelo fue enviada al laboratorio para su análisis presentando los siguientes resultados: (véase anexo 1).

En el estudio se resalta que el contenido de nitrógeno es medio, el contenido de fosforo es alto, el contenido de magnesio es medio, el contenido de Calcio (Ca) es medio y el pH del suelo es de 5.20 el cual es ácido.

4.4 Tratamientos

El uso de enmiendas es una alternativa nutricional que permite la conservación de los suelos, ya que aumenta la disponibilidad de nutrientes y ayuda a la recuperación de los suelos (Bautista, Chavarro, & Caceres, 2017).

El nitrógeno es uno de los elementos que limita el crecimiento de las pasifloras y ha sido señalado como el nutriente que con mayor absorción; la mayor demanda de este elemento en las plantas de Gulupa ocurre en la etapa vegetativa, mientras que en el K, P Ca se utilizan en la floración y desarrollo del fruto (Marin & Rengifo, 2018)

El contenido de Clorofila se incrementará a medida que el N aumente es decir que proporcional a diferencia de otros elementos (Marin & Rengifo, 2018), en el caso del Calcio (Ca), utilizado en los procesos de fertilización edáfica para la aplicación de nutrientes iniciales, en Colombia se usa en la presentación CAL DOLOMITA; esta aporta Calcio (Ca) y magnesio altos niveles.

El Magnesio (Mg) tiene la facultad de ser importante en los procesos de activación del metabolismo de los carbohidratos y en la respiración de las células, en el llenado de fruto y se constituye uno de los elementos de gran importancia para la clorofila y proceso de fotosintético (Osorno, 2012).

En total se manejaron cuatro tratamientos que se muestran a continuación.

TRATAMIENTOS PARA EVALUAR LAS FUENTES NUTRICIONALES			
TRATAMIENTOS	CAL DOLOMITA	FOSFORO (P) Y CALCIO (Ca)	NITRÓGENO (N)
T1	80 gr	—	—
T2	—	—	40 gr
T3	—	80 gr	—
T4	—	80gr	30gr

Nota: Tratamientos aplicados y evaluados durante la metodología, 2019.

Por cada tratamiento se utilizaron cuatro plantas de gulupa las cuales fueron sembradas para realizar el estudio, por lo tanto, se encontraban en estado vegetativo durante todo el muestreo.



Figura 3. Planta de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis. Sims*) en estado vegetativo

4.5 Toma de datos

Las plantas de gulupa se encontraban en un mismo estado fenológico (vegetativo), y se les dieron los mismos manejos desde las aplicaciones fitosanitarias y labores culturales.

Los datos de clorofila relativa se tomaron utilizando un dispositivo electrónico (medidor de clorofila) el cual fue diseñado en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín este fue creado por un equipo donde se evidenciaron diferentes profesiones como, Magister en Ciencias físicas, Magister en Ingeniería Mecánica, Estudiantes de Ingeniería Agronómica y Estudiante de Doctorado de Ciencias Agrarias liderado por PhD Juan Carlos Perez bajo la línea de investigación de desarrollo y adaptación de instrumentación. Este dispositivo funciona midiendo la hoja que se coloca entre el LED y el sensor del teléfono (el dispositivo cuenta con una banda de luz roja, la cual es la misma que utiliza la clorofila, a medida que exista más clorofila entre la fuente de luz (LED) y el sensor del teléfono pasa menos luz al sensor), de esta manera se obtiene porcentaje relativo de la clorofila por transmisión de luz, adaptado en un teléfono inteligente.

Los datos de clorofila relativa fueron tomados en la tercera hoja verdadera, a partir del brote terminal correspondiente; la lectura se realizó en esta hoja por su ubicación le puede llegar más luz que a las que se encuentran en las partes inferiores de la planta, recordando que el dispositivo electrónico mide la transmitancia de la luz a través de la hoja; probablemente la hoja se encuentra totalmente desarrollada y que en la tercera hoja verdadera en algunos estudios realizados como el de Lima, Mello, Hernández y Caione (2014) al hacer lecturas de clorofila en la tercera hoja

verdadera en un cultivo de papa esta es menos sensible a las variaciones como la reducción de actividad fotosintética lo cual hace que aumente la azúcar y disminución de nitrógeno foliar (Yepes & Silveira Buckeridge, 2011) y cuentan con mayor estabilidad; también se tomó la medida de crecimiento la cual se hizo desde la base de la planta hasta el último brote terminal, en total se tomaron 16 datos de clorofila y 16 de altura por semana, fueron tomado cada 8 días a la misma hora 2 pm durante 8 semanas donde se tomaron un total de 244 datos entre clorofila y crecimiento dado que a partir de la semana 7 murieron 3 plantas (de los tratamientos T4 “dos plantas” y T2 “una planta”) por lo cual no se pudieron tomar 12 datos.



Figura 4. Medidor de Clorofila.

Los datos tomados en campo refrenté a clorofila, por recomendaciones del doctor Juan Carlos Perez de la universidad Nacional de Colombia

sede Medellín parte del equipo encargado de diseñar el dispositivo medidor de clorofila; fueron sometidos a una fórmula matemática en donde se divide 1 sobre el resultado dado en campo por el dispositivo para con esto convertir el dato a clorofila relativa.

Para medir el crecimiento de las plantas, se utilizó un flexómetro con el cual se tomó desde la base de la planta hasta el último brote terminal, y de esta manera logrando determinar el crecimiento que tenían las plantas.

4.6 Análisis de datos

Para realizar el análisis de datos se contó con la colaboración del consultorio estadístico de ECAPMA específicamente el docente Diego Alberto Deaza Castillo quien fue la persona encargada de correr los datos y la información recolectada; los cual se sometió a un procesamiento estadístico en programa R versión3.5.3.

Se remitió datos de registros de altura del tallo principal de la planta y la cuantificación de la clorofila, inicialmente se planteó un diseño de bloques Completos Al azar con medidas repetidas en el tiempo, pero al aplicar análisis de varianza se detectó que la variable de respuesta altura no cumplía el supuesto de varianza constante, se procedió entonces a desarrollar análisis de varianza en tres cortes de medición de las variables de respuesta altura y contenida de clorofila.



Figura 5. Toma de datos de clorofila y altura.

5. Resultados.

Primer momento de evaluación inició

Con esta evaluación se determinó si las unidades experimentales al inicio presentaban diferencia de altura de las plantas para verificar si esta diferencia de altura puede incorporarse como covariable de la variable principal que es clorofila.

Véase anexo 3

Promedios obtenidos de datos

Tratamiento	Promedio	Altura	Clorofila Relativa
CalDol	Promedio	19	0,267
NITROGENO	Promedio	25,4	0,268
Calcio y Fosforo	Promedio	21,6	0,214
Nitrógeno; Calcio y Fosforo	Promedio	22,7	0,307

Se determina que no hay diferencia estadísticamente significativa para la altura de plantas al inicio de las evaluaciones lo cual nos permite concluir que las plantas son homogéneas.

Se validaron los supuestos del modelo

Véase anexo 4

Se constata que los residuales del modelo se ajustan a una distribución normal y presentan una varianza constante.

Segundo momento de evaluación a las 4 semanas de montado el experimento

Véase anexo 5

Se concluye que a la cuarta semana no hay diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos para la variable altura.

Véase anexo 6

Se constata que los residuales de la variable altura a la cuarta semana de montado el experimento se ajusta a una distribución normal y se comportan con una varianza constante.

Variable clorofila

Véase anexo 7

Se concluye que a la cuarta semana como resultado de aplicación de tratamientos de fertilización no hay diferencia estadísticamente significativa en la cuantificación de clorofila entre los tratamientos aplicados al cultivo de gulupa.

Validación de supuestos del modelo

Véase anexo 8

Se constata el cumplimiento del supuesto de normalidad y varianza constante para la variable clorofila a la cuarta semana de montaje del experimento en el cultivo de gulupa.

Tercer momento de evaluación octava lectura

Variable altura

Véase anexo 9

Se concluye que a la octava semana no hay diferencia estadísticamente significativa para la variable altura como resultado de la aplicación de los tratamientos de fertilización en el cultivo de gulupa.

Se validaron los supuestos del modelo

Véase anexo 10

Se constata que los residuales de la variable altura a la octava semana de montado el experimento se comportan acorde a una distribución normal y presentan una varianza constante.

Variable clorofila

Véase anexo 11

Se determina que no existe diferencia estadísticamente significvativa para la cunatificación de la variable clorofila, en la octva semana de mediciones en el experiemto como resultado de aplicación de los tratamientos de fertilización del presente estudio.

Validación de los supuestos del modelo

Véase anexo 12

Se constata que la variable clorofila no cumple con el supuesto de normalidad se procede a transformar la variable, acorde a lo anterior se trabajó una transformación logarítmica

Véase anexo 13

Con una transformación logarítmica \ln de la variable clorofila se determina que no existe diferencia estadísticamente significativa a la octava semana como resultado de la aplicación de tratamientos de fertilización en el cultivo de gulupa.

Verificación de los supuestos del modelo

Véase anexo 14

Se constata que con una transformación de tipo logaritmo natural la variable clorofila se ajusta a una distribución normal y presenta una varianza constante.

Acorde a la solicitud de los investigadores de verificar la eventual correlación de la altura con los contenidos de clorofila en los diferentes tratamientos con el uso de la librería gamlss del programa R se trabajaron varios modelos, pero por el eventual ajuste a la predicción de datos se seleccionó el modelo bajo la distribución Gamma

Family: C ("GA", "Gamma")

Call : gamlss (formula = (Clorofila Relativa) ~ factor (tratamiento) +Altura + factor (Lectura), family =Ga)

Fitting method : RS ()

Mu link function : log

mu coefficients:

	Estimate	Std. Error	T Value	Pr (> t)
(Intercept)	-1.5723	0.25402	-6.19	1.70 e-08 ***
factor (tratamiento) Fosforo calcio	-0.1918	0.14435	-1.329	0.18728
factor (tratamiento) Nitrógeno	0.03205	0.15839	0.202	0.84009
factor (tratamiento) Nitrógeno Fosforo Calcio	0.41109	0.19211	2.14	0.3505*
Altura	-0.2117	0.01031	-2.054	0.04289**
factor (Lectura) 2	0.02919	0.21982	0.133	0.89466
factor (Lectura) 3	1.01418	0.22002	4.609	1.31e-05***
factor (Lectura) 4	1.33653	0.22003	6.074	2.85e-08***
factor (Lectura) 5	0.29927	0.22024	1.359	0.17756
factor (Lectura) 6	0.54874	0.22028	2.491	0.01455*
factor (Lectura) 7	0.4339	0.22228	1.952	0.05401
factor (Lectura) 8	0.60306	0.22189	2.718	0.00787**

Signif. Codes: 0 .***. 0.001 **. 0.01 . *. 0.05 . *. 0.1 . . 1

Sigma link function: log

Sigma coefficients:

Estimate std. Error t value Pr (> |t |)

(Intercept) -0,58054 0,06604 -8,791 8,63e -14 ***

Signif. Codes: 0 .***. 0.001 **. 0.01 . *. 0.05 . *. 0.1 . . 1

No. Of observations in the fit: 104

No. Of observations in the fit: 13

Residual Deg. Of Freedom: 91

Tabla 13. Aplicación de Modelo GAMMA

Por medio del gráfico Worm Plot se la librería gamlss del program R se procedió a desarrollar un diagnóstico del ajuste del modelo

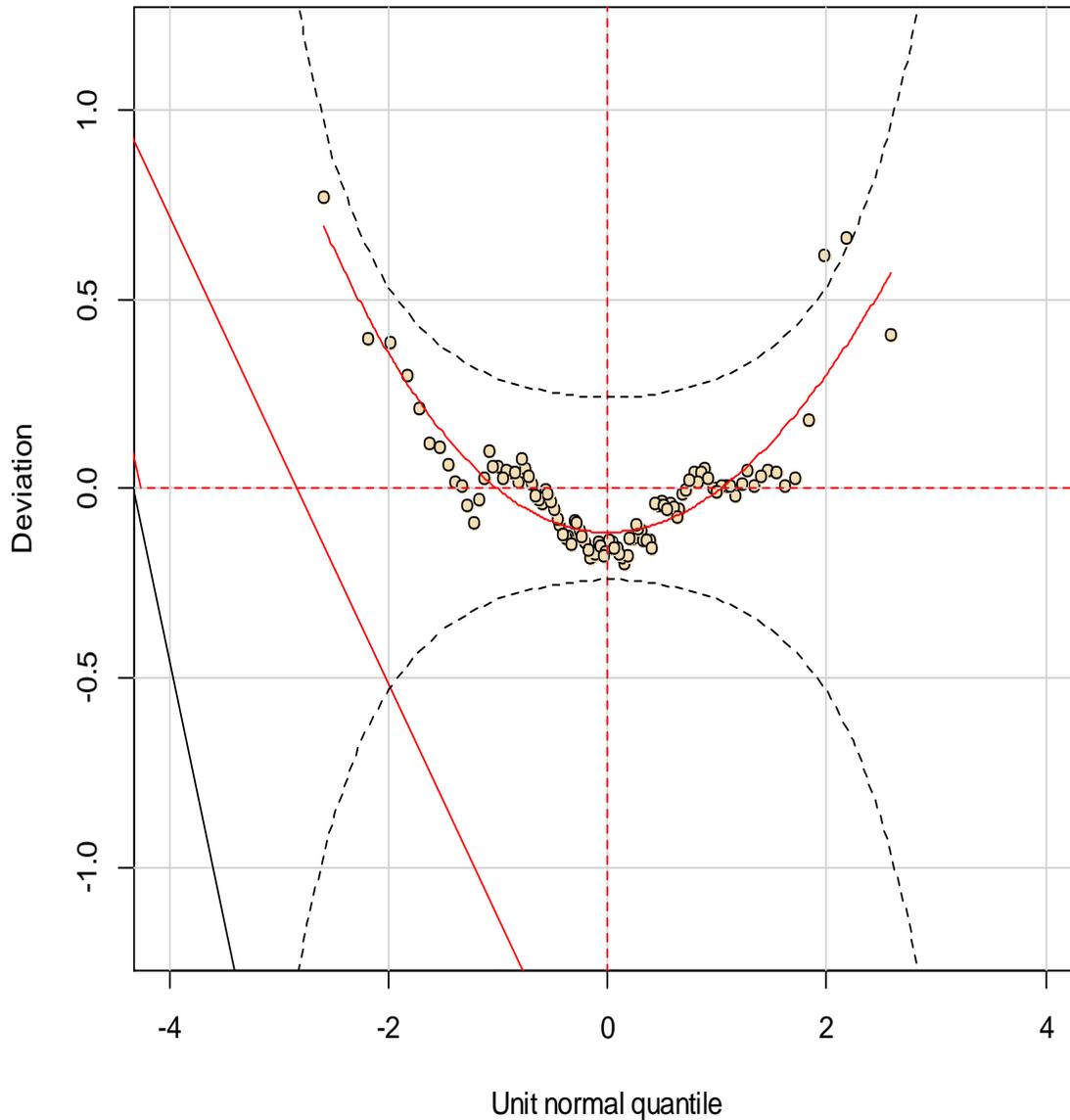


Tabla 14. Gráfico de Gusano

Se logra determinar que la lectura es válida ya que según en el gráfico de gusano el 5 % de los puntos pueden estar por encima de los intervalos de confianza, y para el caso preciso este dato es inferior al porcentaje determinado para que sea validad la lectura.

En este caso se tiene un enlace logarítmico se procedió a desarrollar la exponencial de los coeficientes para luego proceder a su interpretación

(Intercept)	Factor (tratamiento) Fosforo y Calcio
0.2075669	0.8254753
Factor (tratamiento) Nitrógeno	Factor (tratamiento) Nitrógeno; Fosforo y Calcio
1.0325695	1.5084571
Altura	Factor (lectura) 2
0.9790496	1.0296173
Factor (lectura) 3	Factor (lectura) 4
2.7571134	3.8058249
Factor (lectura) 5	Factor (lectura) 6
1.3488671	1.7310774
Factor (lectura) 7	Factor (lectura) 8
1.5432628	1.8276975

Tabla 15. Exponencial de los coeficientes.

Los resultados arrojados mediante el modelo estadístico bajo la distribución Gamma dicen que se logra tomar como intercepto el tratamiento de cal dolomita es decir la base, y para las lecturas se toma la numero uno se toma como intercepto, lo cual dice que el mínimo valor de clorofila es punto dos.

En cuanto a los tratamientos si se parte desde el intercepto el que presenta mayores resultados es Nitrógeno (N) más Calcio (Ca) y Fosforo (P) , dando 1.50 veces mayor rendimiento que el tratamiento base cal dolomita.

Partiendo del intercepto las lecturas que presentan mayores resultados son la cuatro y la tres, presentando los menores resultados la lectura dos.

Según la distribución Gamma existe una probabilidad que si se parte desde el intercepto por cada centímetro que crezca la planta de gulupa aumentara el contenido relativo de clorofila 0.97

6. Discusión

Los datos tomados durante el desarrollo de la investigación, al correrlos en el programa R no se logran ajustar a una distribución normal. Para poder realizar una interpretación más ajustada a lo evidenciado en campo, se dividen en tres momentos las lecturas tomadas, en la primera, cuarta y octava semana, y así realizar el análisis estadístico; utilizando durante la primera y cuarta semana todos los datos, pero en la octava semana solo se tomaron 13 lecturas de las 16 que debían ser registradas, ya que murieron 3 plantas; se trabajó con estos datos por que el programa R para correr tiene que presentarse datos completos.

En el transcurso de las ocho semanas que duro el estudio realizado, se logró determinar que, en cuanto a las aplicaciones realizadas de cada uno de los tratamientos, no se logró encontrar diferencia estadísticamente significativa ni en cuanto a las cantidades de clorofila, ni en el crecimiento de las plantas, el análisis estadístico fue realizado con el análisis de varianza.

Con los datos ya analizados se realizó una correlación entre la altura y los contenidos de clorofila, en donde probablemente por cada centímetro que crezca una planta aumenta un 0.97% la clorofila en la planta con la utilización del dispositivo utilizado; estos resultados se pueden constatar con otros estudios realizados referentes al tema, como por ejemplo un estudio realizado en Cuba en un cultivo de tabaco en donde obtuvieron como resultados que existen variaciones en la determinación de clorofila, con el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ricote, Arozarena, Trujillo, Monzón, & al, 2018) dando a entender con esto que es muy importante la relación que existe entre estas dos variables.

En la determinación de los resultados arrojados estadísticamente mediante el uso del programa R, mediante el modelo GAMMA se puede determinar que en los tratamientos utilizados y tomando como base el tratamiento cal dolomita y la lectura del primer nivel de clorofila base es 0.20 la cual se toma como intercepto, se puede decir que en el tratamiento de Nitrógeno (N) más Calcio (Ca) y Fosforo (P) de la lectura 1, el nivel de clorofila es 1.50 veces a el nivel de clorofila, tomando el tratamiento de la cal dolomita (Calcio, Ca) como base, por lo tanto se logra demostrar que elementos nutricionales como el Nitrógeno (N) y Fosforo (P) tienen relación directa con el contenido relativo de clorofila en la planta, debido a que el Nitrógeno (N) es fundamental en este proceso, como lo menciona (Berrantes, Avila, & Murillo, 2018) el Nitrógeno (N) influye en la

síntesis de moléculas de crecimiento celular en la que está involucrada la clorofila, el Calcio (Ca) y Fosforo (P) es importante para los procesos celulares de las plantas ya que estimula la división y alargamiento de estas, favoreciendo la pared celular; por lo cual resulta imprescindible para el crecimiento de órganos como flor, tallo y hojas (Monge, Val, Sanz, & al, El calcio nutriente para las plantas Bitter pit en manzano, 1994).

Existe una relación estrecha entre la concentración de clorofila en las hojas y las fertilizaciones nitrogenadas, se evidencia que los tratamientos en donde hay nitrógeno presentan datos más elevados de contenido relativo de clorofila comparado con los que no tienen nitrógeno, siendo los resultados obtenidos comparados con el estudio realizado por (Calderón, Bernal, & Pérez, 2011) en el cultivo de orégano en donde se logró demostrar que después de realizar aplicaciones nitrogenadas los valores de clorofila medidos con el SPAD son más altos que antes de realizar la aplicación.

En cuanto al uso de este tipo de dispositivos electrónicos para medir los contenidos relativos de clorofila, se determina que es viable y pertinente, puesto que se encuentran correlaciones en el crecimiento y el contenido relativo de la clorofila, en comparación con otros estudios realizados con este mismo dispositivo como el realizado en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, se encontraron resultados positivos en cuanto a su uso y se puede promover el uso de tecnologías de bajo costo, ya que los datos que se obtienen son confiables, y se podrá masificar su uso para mejorar técnicamente los cultivos.

7. Conclusiones

- Al someter los datos al ANOVA del programa R tomados en campo de contenidos relativos de clorofila y crecimiento de las plantas de gulupa no se lograron encontrar diferencias estadísticamente significativas.
- Con los tratamientos nutricionales utilizados durante el estudio, no se logró determinar diferencias significativas en el crecimiento de las plantas, esto se pudo deber con las condiciones climáticas en el cultivo durante el desarrollo del estudio ya que fue un verano extendido.
- Como no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, pero se logra evidenciar en campo mediante la observación diferencia en los tratamientos, al analizar los datos mediante librería `gamlss` encontrando que la distribución de los datos se asemeja al modelo de gusano donde se presenta una normalidad estadística.
- Con el uso del dispositivo electrónico diseñado en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, bajo la distribución Gamma se encontró relación entre el contenido relativo de la clorofila y el crecimiento de las plantas, ya que se logra observar que es probable estadísticamente que por cada centímetro que crezca una planta de la gulupa aumenta un 0.97% la clorofila relativa en la planta hasta llegar a su máximo fisiológico.
- En la investigación realizada, el efecto de la fuente nutricional Nitrógeno (N); Calcio (Ca) y Fosforo (P) en las plantas de gulupa aumenta los contenidos relativos de clorofila en las hojas, con respecto a los demás tratamientos realizados en donde no se logra evidenciar aumento de este contenido, con esto se logra demostrar la importancia de la utilización de diferentes fuentes nutricionales en la etapa vegetativa del cultivo de gulupa para su óptimo desarrollo.
- El uso del medidor de clorofila puede ser muy beneficioso para los productores del país, debido a que es una tecnología de bajo costo y de confiabilidad ayudando a optimizar procesos como una programación de fertilización y realizando una agricultura más precisa.

8. Recomendaciones

- Se recomienda realizar más estudios de contenido de clorofila en las plantas de gulupa, relacionado con la nutrición y patógenos que puedan afectar la planta; además en donde se puedan evaluar otros estados del cultivo de la gulupa, para lograr conocer un poco mejor las necesidades nutricionales y fitosanitarias del cultivo.
- Se recomienda realizar algunos ajustes al dispositivo electrónico (medidor de clorofila) para que sea más sencillo su uso y los productores puedan tener un acceso más fácil a esta tecnología.
- Se recomienda realizar investigaciones en referencia a la cantidad de hora luz que debe tener la planta de gulupa en su estado vegetativo en relación con la producción de clorofila.

9. Referencias Bibliográficas

- Andrades, M., & Martínez, M. (2014). Fertilidad en el suelo y parámetro que la definen. Recuperado el 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/https://dialnet.unirioja.es/download/libro/267902.pdf>
- Angel, C., Nates, G., Ospina, R., & al, E. (2011). Biología floral y reproductiva de la gulupa *passiflora edulis sims f. edulis*. Recuperado el 2019, de <http://www.scielo.org.co/http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v33n2/v33n2a9.pdf>
- Arenas, S. I., & López, S. J. (2004). Espectrofotometría de absorción. Obtenido de unam.mx: http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/espectrometria_de_absorcion.pdf
- ARVENSIS. (2017). Importancia del Calcio en las plantas. Recuperado el 2019, de <https://www.arvensis.com/https://www.arvensis.com/blog/424-2/>
- Barrera, O., & Saenz, M. (2016). El aprovechamiento del nitrógeno por la planta con tecnología n-hib®. Recuperado el 2019, de revistas.ufps.edu.co/revistas.ufps.edu.co/index.php/ringenio/article/download/306/251
- Bautista, D., Chavarro, C., & Caceres, J. (2017). Efecto de la fertilización edáfica en el crecimiento y Efecto de la fertilización edáfica en el crecimiento y. Recuperado el 2019, de <http://www.scielo.org.co/http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v11n1/2011-2173-rcch-11-01-00122.pdf>
- Bedoya, D. H., & Rendon, V. J. (2014). Modelación del contenido de clorofila basado en la reflectancia medida por espectroradiometría de campo en caña de azúcar. Obtenido de [univalle.edu.co: http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/10074/CB-0519957.pdf?sequence=1](http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/10074/CB-0519957.pdf?sequence=1)
- Berrantes, K., Avila, C., Murillo, R., & al, E. (2018). Relacion de clorofila y el nitrógeno foliar de *Gmelina Arborea Roxb*. En vivero y en Campo. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n46/2007-1132-remcf-9-46-209.pdf>
- Bonilla, M., Aguirre, A., & Agudelo, O. (2015). Morfología de *Passiflora*: una guía para la descripción de sus especies. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*.
- Burés, S., Urrestarazu, M., & Kotiranta, S. (2018). Iluminación artificial en horticultura . Obtenido de [researchgate.net: https://www.researchgate.net/https://www.researchgate.net/publication/322821562_iluminacion_artificial_en_horticultura](https://www.researchgate.net/https://www.researchgate.net/publication/322821562_iluminacion_artificial_en_horticultura)
- Calderon, L., Bernal, A., & Perez., M. (2011). Ensayo preliminar sobre la utilizacion de un medidor portatil de clorofila para estimar el nitrogeno foliar en oregano. Recuperado el 13 de 8 de 2018, de <http://www.unimilitar.edu.co/>

<http://www.unimilitar.edu.co/documents/guest/Biblioteca%20de%20documentos/fciencias/revista/Vol7%20No.2/6.OREGANO.pdf>

- Carvajal, V., Aristazabal, M., & Vallejo, A. (2012). Caracterización del crecimiento del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis f. edulis SIMS.*). Recuperado el 2019, de <http://agronomia.ucaldas.edu.co>:
[http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia20\(1\)_8.pdf](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia20(1)_8.pdf)
- Casiera, F., Avila, O., & Riascos, D. (2012). Cambios Diarios del Contenido de Pigmentos Fotosintéticos en hojas de Caléndula bajo sol y sombra. Recuperado el 8 de 2018, de <http://revistas.unicordoba.edu.co>:
<http://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/697>
- Castro., P. (2017). Determinacion de las curvas y acumulacion de nutrientes en la variedad Abion de Fresa (*Fragaria x Ananassa*) Para establecer los requerimientos nutricioanles de las plantaciones desarrolladas en la zona de Fraijanes, Canton Central de Alajuela. Recuperado el 2019, de repositorio.sibdi.ucr.ac.c:
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4326/1/41647.pdf>
- CATEDU. (2016). Factores que afectan al rendimiento fotosintético. Obtenido de educativa.catedu.es: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3250/3380/html/33_factores_que_afectan_al_rendimiento_fotosinttico.html
- Cerdas, M., & Castro, J. (2003). Manual practico para la produccion, cosecha y manejo poscosecha del cultivo de granadilla (*Pasiflora logularis, juss*). Recuperado el 2019, de <http://www.mag.go.cr>: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-granadilla.pdf
- Chen, L. J. (octubre de 2018). Conceptos básicos de la fotosíntesis. Obtenido de pthorticulture.com: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/conceptos-basicos-de-la-fotosintesis/>
- Corrales, L. C., Antolinez, R. D., Bohórquez, M. J., & Corredor, V. A. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *scielo*, 55-87.
- Corrales, M., Rada, F., & Jimenez, R. (2015). Efecto del nitrógeno en los parámetros fotosintéticos y de producción del cultivo de la gerbera (*Gerbera jamesonii H. Bolus ex Hook. f.*). Recuperado el 2019, de <https://revistas.unal.edu.co>:
https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/49555/56902
- Cortés., V. (26 de junio de 2018). *La Gulupa y la Granadilla: "Pasifloras de Exportación"*. Obtenido de minagricultura.gov.co:
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Noticias/Lists/Posts/Post.aspx?ID=148>
- Cruz, M., Hoyos, L., & Melgarejo, L. (2011). *Respuesta Fisiológica de la Gulupa (Passiflora edulis Sims) frente al ataque por Fusarium spp.* Recuperado el 8 de 2018, de <http://bdigital.unal.edu.co>: http://bdigital.unal.edu.co/8547/13/07_Cap05.pdf

- Diaz, C. (2017). Manejo de la acidez del suelo para la sostenibilidad de la producción de café. Recuperado el 8 de 2019, de <https://www.agrolearning.com/>: https://www.agrolearning.com/educacion/pluginfile.php/8672/mod_label/intro/suelos_acidez.pdf
- FAO. (1986). Los Fertilizantes y su Uso. Recuperado el 2019, de <http://www.fao.org>: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Fernandez, M. (2007). *Fósforo: amigo o enemigo*. Recuperado el 2019, de <https://www.redalyc.org/>: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- Fischer, G., Casierra, F., & Piedrahita, W. (2009). *Ecofisiología de las especies Pasifloráceas cultivadas en Colombia*. Recuperado el 2018, de <https://www.researchgate.net/>: https://www.researchgate.net/publication/215793346_Ecofisiologia_de_las_especies_pasifloraceas_cultivadas_en_Colombia
- Flores, S., Hernades, A., & Lesino, G. (2003). Transmitancia de materiales fotoselectivos para cubiertas de invernaderos1. Recuperado el 2019, de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/>: <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2003/2003-t008-a009.pdf>
- Fortes, D., Herrera, R., & et al., S. G. (2010). *Comportamiento de los pigmentos fotosintéticos, según la edad de rebrote después del pastoreo de Pennisetum purpureum vc. Cuba CT-115 en la estación lluviosa*. Recuperado el 12 de 8 de 2010, de <http://www.redalyc.org/>: <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193017783016.pdf>
- Garrido, L. (2016). *Parámetros de eficiencia fotosintética al final de la maduración como indicadores del potencial Fenológico del Viñedo*. Recuperado el 8 de 2018, de <https://uvadoc.uva.es/>: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/18905/1/TFG-L%201305.pdf>
- Gaviria, D., Guáqueta, J., & al., e. (2017). *Fast Estimation of Chlorophyll Content on Plant Leaves Using the Light Sensor of a Smartphone*. Recuperado el 2018, de <http://www.scielo.org.co/>: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v84n203/0012-7353-dyna-84-203-00234.pdf>
- Gonzales, M. (2010). Transmitancia y absorbancia. Obtenido de quimica.laguia2000.com: <https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/transmitancia-y-absorbancia#targetText=La%20transmitancia%20se%20define%20como,una%20determinada%20longitud%20de%20onda>.
- Gonzales, S., Perales, H., & Salcedo, M. (2008). *La fluorescencia de la clorofila a como herramienta en la investigación de efectos tóxicos en el aparato fotosintético de plantas y algas*. Recuperado el 13 de 8 de 2018, de <https://www.researchgate.net/>: https://www.researchgate.net/profile/Hugo_Perales-Vela/publication/237035517_La_fluorescencia_de_la_clorofila_a_como_herramienta_en

[_la_investigacion_de_efectos_toxicos_en_el_aparato_fotosintetico_de_plantas_y_algas/links/5408a1330cf2187a6a6b3837/La-fluore](https://www.bdigital.unal.edu.co/5408a1330cf2187a6a6b3837/La-fluore)

- Guerrero, E., Potosi, C., Melgarejo, L., & Hoyos, C. L. (2012). Manejo agronómico de gulupa (*passiflora edulis sims*) en el marco de las buenas prácticas agrícolas (BPA). Recuperado el 2019, de <http://www.bdigital.unal.edu.co>:
http://www.bdigital.unal.edu.co/8547/16/09_Cap07.pdf
- Gutierrez, M. (1997). Nutricion mineral de las plantas: avances y aplicaciones. Recuperado el 2019, de <http://www.mag.go.cr>: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n01_127.pdf
- Hernandez, A., & Bernal, R. (2000). Lista de Especies de Passifloraceae de Colombia. Biota Colombiana, 320-335. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/491/49110302.pdf>
- Hurtado, E., González, F., & al, C. R. (2017). Propuesta para la determinación del contenido de clorofila en hojas de tomate. Recuperado el 2019, de <https://scielo.conicyt.cl/>:
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v35n4/0718-3429-idesia-35-04-00129.pdf>
- Ibañez, M., Baez, J., & Delgado, J. (2006). Medicion de transmitancia espectral de filtros de gelatina. Recuperado el 2019, de <http://www.scielo.org.mx/>:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v52n1/v52n1a7.pdf>
- Iñigo, A. (2017). *La cubierta verde como mejora del comportamiento energetico en alicante*. Recuperado el 2019, de <https://rua.ua.es/>:
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/69368/1/La_cubierta_verde_como_mejora_del_comportamiento_energetico__INIGO_CRUZ_ALBA.pdf
- Jiménez, Y., Carlos, C., & Rodríguez, M. (2009). *Manejo integrado del cultivo de Gulupa (Passiflora edulis Sims.)*. Obtenido de Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa:
<file:///C:/Users/sala.biblioteca/Downloads/Cultivopos cosechaycomercializacindelaspasifloraceasenColombia.pdf>
- Lima, V. R., Mello, P. R., Reyes, H. A., & Caione, G. (2014). Efecto del horario de medición, posición y porción de la hoja en los índices de clorofila en la papa. Idesia (Arica), 23-28. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292014000400004
- Lira, S. R. (1994). Fotosíntesis y ambiente. En S. R. Lira, Fisiología vegetal (págs. 146-147). Mexico: Trillas.
- Lopez, G., Lira, R., & Mendez., B. (2016). Medicion de Intercambio Gaseoso, Area Foliar e Indice de Clorofila en Plantas Elicitadas con Nano Particulas. Recuperado el 8 de 2018, de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/>:
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/338/1/Medici%C3%B3n%20de%20Intercambio%20Gaseoso%2C%20%20C3%81rea%20Foliar%20e%20%20C3%8Dndice%20de%20Clorofila%20en%20Plantas%20Elicitadas%20con%20Nanopart%C3%ADculas.pdf>

- Lugo, M., Ramírez, R., & Entrena, I. (2009). Roca fosfórica y superfosfato triple como fuentes de fósforo para *Centrosema* en un suelo ácido. Recuperado el 2019, de http://ve.scielo.org/http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692009000400010
- Manrique, E. (2003). *Los Pigmentos Fotosintéticos, Algo Más que la Captación de Luz para la Fotosíntesis*. Recuperado el 8 de 2018, de <https://www.revistaecosistemas.net/https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/250/246>
- Marín, H. J., & Rengifo, M. P. (2018). Determinación de curvas de extracción en la gulupa (*passiflora edulis f. edulis sims*) en el municipio de Sonsón, Antioquia. Obtenido de [sena.edu.co: http://revistas.sena.edu.co/http://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/viewFile/2056/2304](http://revistas.sena.edu.co/http://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/viewFile/2056/2304)
- Martin, J., & Castañeda, J. (2016). Análisis de la clorofila de spinacia oleracea y cuantificación de albumina de espagueti utilizando espectrofotometría. Obtenido de <http://revistas.ugca.edu.co/http://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/viewFile/391/1066>
- Martínez, S. (2017). Climatología y Fenología Agrícola. Obtenido de http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/34743/mod_resource/content/1/Fenologia%20agricola.pdf
- Melgarejo, L. (2015). *GRANADILLA (Passiflora ligularis Juss): Caracterización Ecofisiológica del Cultivo*. Recuperado el 2018, de <http://www.frutvasf.univasf.edu.br/http://www.frutvasf.univasf.edu.br/images/granadillaCaracterizacinnecofisiolog%C3%AADadelcultivo.pdf>
- Molina, N. C. (2014). *Efecto de Cuatro Biofertilizantes en la Producción de Estolones y Frutos de Fresa*. Obtenido de [unam.mx: https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_molina_nieto.pdf](http://www.unam.mx/https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_molina_nieto.pdf)
- Monge, E., Val, J., Sanz, M., & al, e. (1994). El calcio nutriente para las plantas Bitter pit en manzano. Recuperado el 2019, de http://exa.unne.edu.ar/http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/El_calcio_nutriente.pdf
- Mora, D. (2011). El cultivo de Maracuyá *Passiflora Edulis* en temporada invernal. Recuperado el 2019, de [https://www.ica.gov.co: https://www.ica.gov.co/getattachment/a814b577-c0c0-4369-8ecd-4f01f971cf99/El-cultivo-de-maracuya-en-temporada-invernal.aspx](https://www.ica.gov.co/https://www.ica.gov.co/getattachment/a814b577-c0c0-4369-8ecd-4f01f971cf99/El-cultivo-de-maracuya-en-temporada-invernal.aspx)
- Mota, C., Alcaraz, C., & et al, M. I. (s, f). Investigación sobre la Absorción de CO_2 por los Cultivos Más Representativos de la Región de Murcia. Recuperado el 8 de 2018, de [http://www.lessco2.es: http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf](http://www.lessco2.es/http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf)
- Muñoz, M., Moreira, A., & Moreira, S. (2012). Origen del nombre de los géneros de plantas vasculares nativas de Chile y su representatividad en Chile y el mundo. *Gayana. Botánica*, 309-359. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432012000200011

- Naizaque, J., Garcia, G., & et al, G. F. (2014). Relación entre la Densidad Estomática, la Transpiración y las Condiciones Ambientales en Feijoa (*Acca sellowiana* [O. BERG] BURRET). Recuperado el 8 de 2018, de <http://www.scielo.org.co>:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n1/v17n1a13.pdf>
- Ocampo, j., & Wyckhuys, K. (2012). Tecnología para el Cultivo de la Gulupa en Colombia (*Passiflora edulis f. edulis Sims*) Purple Passion Fruit. Obtenido de Universidad Jorge Tadeo Lozano / Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT:
http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/cultivo_gulupa/files/assets/basic-html/index.html#3
- Osorno, H. (2012). Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia. Recuperado el 8 de 2019, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/>:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/6834/1/70660741.2012.pdf>
- Pedroza, J., & Donado, W. (2006). Efecto de la fertilización con Calfos, malezas acuáticas y gallinaza en la adaptación de seis especies pioneras para la revitalización de zonas erosionadas del municipio de Bojaca Cundinamarca. Recuperado el 2019, de <https://revistas.udistrital.edu.co>:
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/339/505>
- Pereyra, M. (2001). Asimilación del nitrógeno en plantas. Recuperado el 2019, de <http://exa.unne.edu.ar>:
<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Asimilacion%20de%20nitrogeno.pdf>
- Perez, L. (2013). *Evaluación Ecofisiológica de Gulupa Passiflora edulis SIMS, Bajo Tres Condiciones Ambientales*. Recuperado el 8 de 2018, de <https://core.ac.uk>:
<https://core.ac.uk/download/pdf/77273829.pdf>
- Piedrahita, O. (2012). Calcio en las Plantas. Recuperado el 8 de 2019, de <http://www.nuprec.com>:
http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Calcio/Calcio%20en%20Plantas.pdf
- Pinzón, L., & Rodríguez, C. (2015). *La Gulupa: Proceso de Comercialización hacia Alemania desde la Finca San Bernardo Cundinamarca*. Obtenido de lasalle.edu.co:
http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18168/11101198_2015.pdf?sequence=1
- Ravelo, N. (2017). Análisis de condiciones para comercializar gulupa pachuna en el mercado alemán. Recuperado el 2019, de <https://stadium.unad.edu.co/>:
<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/17840/1/1073599165%20%281%29.pdf>
- Reyes, A., Alvarez, J., & Fernandez, J. (2013). *Papel del Calcio en la Apertura y el Cierre Estomático y sus Interacciones con Solutos Compatibles. Una revisión*. Recuperado el 8 de 2018, de <http://www.scielo.org.co/>:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v7n1/v7n1a11.pdf>

- Ricote, J., Arozarena, N., Trujillo, A., Monzón, L., & EALT. (2018). "Criollo 98" tobacco: leaf chlorophyll content and commercial quality, as influenced by soil amendment with acid peat. *Cultivos Tropicales*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000100005
- Rivera, C., Zapata, A., & et al, G. P. (2005). *Comparación de la Estimación de la Clorofila-a mediante los Métodos Espectrofotométrico y Fluorométrico*. Recuperado el 8 de 2018, de <http://www.scielo.org.co>: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v10n2/v10n2a07.pdf>
- Rodriguez, M., & Florez, V. (2004). ELEMENTOS ESENCIALES Y BENEFICIOSOS. Recuperado el 2019, de <http://repositorio.ual.es>: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3133/F13.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodriguez, N. (2017). Evaluación de la Respuesta Ecofisiológica de Plantas de Granadilla (*Passiflora ligularis Juss*) Bajo Dos Condiciones Ambientales en el departamento del Huila (Colombia). Recuperado el 8 de 2018, de <http://www.bdigital.unal.edu.co>: <http://www.bdigital.unal.edu.co/59364/2/1023891504.2017.pdf>
- Romero, J., Torrente, A., & Obregon, N. (2013). *Acople de un Modelo de Conductancia Estomática, Fotosíntesis y Transpiración para el cultivo de Maracuyá (Passiflora edulis Sims)*. Recuperado el 8 de 2018, de <http://www.scielo.org.co>: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n1/v62n1a07.pdf>
- Ruiz, S. F., Ruiz, V. J., Hernández, B. J., García, J. R., & Valadez, V. A. (2019). Extracción y cuantificación de clorofila en hojas comestibles del estado de Tabasco. Obtenido de [fcb.uanl.mx](http://www.fcb.uanl.mx): <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/126.pdf>
- Santaella, G., & Gonzales, A. (1965). Influencia del Carbonato de Calcio en las propiedades químicas de un suelo de la Terraza de Villa Rica (Cauca). Recuperado el 2019, de <https://revistas.unal.edu.co>: https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/viewFile/48927/50013
- Solarte, M. E., Moreno, L., & Melgarejo, L. M. (s.f.). Fotosíntesis y pigmentos. Obtenido de [unal.edu.co](http://bdigital.unal.edu.co): http://bdigital.unal.edu.co/8545/18/08_Cap06.pdf
- Talon, J. A. (2008). *Fundamentos de Fisiología Vegeta* (2 edición ed.). Madrid: UBe. Recuperado el 2019
- Ulmer, T., & MacDougal, J. M. (2004). *Passiflora: Passionflowers of the World*. Oregón: Timber Press.
- UNAL . (17 de abril de 2018). Aumentar consumo de Gulupa, reto para el posacuerdo. Obtenido de [palmira.unal.edu.co](http://www.palmira.unal.edu.co): <http://www.palmira.unal.edu.co/index.php/noticias/palmira/484-aumentar-consumo-de-gulupa-reto-para-el-posacuerdo>
- Vega., S. (2011). Eficiencia fotoquímica en hojas de distintas edades en Naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) Y VID (*Vitis vinifera* L.). Recuperado el 8 de 2018, de <http://repositorio.uchile.cl/>: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148617/Vega->

%20Eficiencia%20fotoqu%C3%ADmica%20en%20hojas%20%282011%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villegas, O., Sanchez, P., Baca, G., & al, E. (2005). Crecimiento y estado nutricional de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. Recuperado el 2019, de [http://www.redalyc.org/](http://www.redalyc.org/http://www.redalyc.org/pdf/573/57323107.pdf): <http://www.redalyc.org/pdf/573/57323107.pdf>

Yepes, A., & Silveira Buckeridge, M. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global. *Colombia Forestal*, 213-232.

10. Anexos

Anexo 1 Estudio de suelos

Información del Cliente						
Remitente	RAUL MELO DUQUE			Responsable	SR. RAUL MELO DUQUE	
Propietario	SR. RAUL MELO DUQUE			email contacto	ramedu100991@hotmail.com	
Fecha Ingreso	05-07-2019			Fecha Emisión	25-07-2019	
Información de la Muestra enviada por el cliente						
Cultivo / Variedad	GULUPA - NO ESPECIFICADO			Lote / Bloque	3 / 15 MESES	
Municipio/Departamento/Finca	PACHO - CUNDINAMARCA	SAN RAFAEL		Nº Contrato	N.A.	
Información adicional	NINGUNA			Condiciones recepción	CONFORME	
ANÁLISIS CONVENCIONAL SUELO CAMPO SIN MENORES						
Variable	Expresión /Sigla	Resultados	Unidades	Rango Medio		Extractante/Técnica/Referencia
pH	pH	5.20	pH_unit	N.R.	N.R.	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA, Balrity Laboratory
Conductividad Eléctrica	CE	0.22	dS/m	N.R.	N.R.	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA, Balrity Laboratory
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	7.11	meq/100g	N.R.	N.R.	Cálculo
Saturación de Humedad Media	Sat. Hum. Media	42.6	%	N.R.	N.R.	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA, Balrity Laboratory
Carbono Orgánico Oxidable	CO _{ox}	5.73	%	N.R.	N.R.	Sin. Dicomato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403 Walkley-Black
Materia Orgánica	MO	9.88	%	N.R.	N.R.	Cálculo
Nitrógeno Total	N Total	0.477	%	N.R.	N.R.	Cálculo
Densidad Aparente	d.a.	0.852	g/cm ³	N.R.	N.R.	Cálculo
Determinación de Textura						
Arcilla	Tex.	20.0	%		Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Arena	Tex.	24.0	%		Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Limo	Tex.	56.0	%		Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Textura	Tex.	Franco Limoso	Adimensional		Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Variable	Expresión	Resultado (mg/kg)	Resultado (meq/100g)	Rango medio		Extractante / Técnica / Referencia
Potasio Intercambiable	K	98.0	0.251	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EEA / NTC 5349
Calcio Intercambiable	Ca	830	4.14	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EAA / NTC 5349
Magnesio Intercambiable	Mg	162	1.33	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EAA / NTC 5349
Sodio Intercambiable	Na	52.0	0.226	N.R.	N.R.	Sin. Acetato de Amonio / EEA / NTC 5349
Acidez Intercambiable	Ac. Inter.	105	1.16	N.R.	N.R.	Sin. KOI 1N / Volumétrica / NTC 5263
Fósforo	P	15.5	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Bray II / Colorimétrica / NTC 5350

Variable	Expresión	Resultado (mg/kg)	Resultado (meq/100g)	Rango medio		Extractante / Técnica / Referencia
Azúfre	S	12.2	N.A.	N.R.	N.R.	Sin. Fosfato Monobásico de Calcio / Turbidimétrico / Método Interno
RELACIONES MATEMÁTICAS						
Variable	Expresión	Resultado	Unidades		Extractante / Técnica / Referencia	
Saturación de Magnesio	Sat. Mg	18.7	%		Cálculo	
Saturación de Sodio	Sat. Na	3.18	%		Cálculo	
Saturación de Aluminio	Sat. Al	16.3	%		Cálculo	
Saturación de Potasio	Sat. K	3.53	%		Cálculo	
Saturación de Calcio	Sat. Ca	58.2	%		Cálculo	
Relación Calcio/Magnesio	Ca/Mg	3.11	Adimensional		Relación matemática	
Relación Calcio/Potasio	Ca/K	16.5	Adimensional		Relación matemática	
Relación Magnesio/Potasio	Mg/K	5.30	Adimensional		Relación matemática	
Relación (Ca+Mg)/K	(Ca+Mg)/K	21.8	Adimensional		Relación matemática	
Observaciones a los resultados:			Convenciones:			
NINGUNO			N.R. No registra / N.A. No aplica / Sin. Solución / N.S. No suministrada / N.D.No Detectado / M.V.H Mineralización Va Húmeda / M.L. Muestra Insuficiente EAA Espectroscopia de Absorción Atómica / EAA Espectroscopia de Emisión Atómica			

Anexo 2 datos obtenidos en campo

Bloque	Tratamiento	Lectura	Parcela	Altura	ClorofilaRelativa
1	CalDol	1	1	14	0,1000
1	Nitrogeno	1	2	12	0,1111
1	Calcio y Fosoforo	1	3	25	0,1667
1	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	1	4	25	0,1111
2	CalDol	1	5	25	0,2500
2	Nitrogeno	1	6	24	0,2500
2	Calcio y Fosoforo	1	7	22	0,1111
2	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	1	8	24,5	0,1111
3	CalDol	1	9	10	0,1250
3	Nitrogeno	1	10	38	0,3333
3	Calcio y Fosoforo	1	11	15,5	0,1429
3	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	1	12	17	0,1429
4	CalDol	1	13	23	0,0625
4	Nitrogeno	1	14	14	0,1250
4	Calcio y Fosoforo	1	15	17	0,0769
4	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	1	16	18	0,0833
1	CalDol	2	1	14	0,1000
1	Nitrogeno	2	2	12	0,1250
1	Calcio y Fosoforo	2	3	25	0,2500
1	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	2	4	25	0,1667
2	CalDol	2	5	25	0,1429
2	Nitrogeno	2	6	24	0,1667

2	Calcio y Fosforo	2	7	22	0,1111
2	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	2	8	24,5	0,2500
3	CalDol	2	9	10	0,1111
3	Nitrogeno	2	10	38	0,1667
3	Calcio y Fosforo	2	11	15,5	0,0833
3	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	2	12	17	0,1429
4	CalDol	2	13	23	0,1250
4	Nitrogeno	2	14	14	0,1429
4	Calcio y Fosforo	2	15	17	0,0667
4	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	2	16	18	0,0769
1	CalDol	3	1	15	0,1250
1	Nitrogeno	3	2	13	0,1667
1	Calcio y Fosforo	3	3	25	0,5000
1	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	3	4	26	0,5000
2	CalDol	3	5	26	1,0000
2	Nitrogeno	3	6	24	0,5000
2	Calcio y Fosforo	3	7	22	0,2500
2	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	3	8	24,5	0,3333
3	CalDol	3	9	10	0,3333
3	Nitrogeno	3	10	41	0,2500
3	Calcio y Fosforo	3	11	16	0,5000
3	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	3	12	17	0,2500
4	CalDol	3	13	23	0,1111
4	Nitrogeno	3	14	14	0,3333

4	Calcio y Fosforo	3	15	20	0,1000
4	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	3	16	18	0,1429
1	CalDol	4	1	15	0,1429
1	Nitrogeno	4	2	16,5	0,3333
1	Calcio y Fosforo	4	3	26	0,5000
1	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	4	4	26	0,5000
2	CalDol	4	5	27	0,5000
2	Nitrogeno	4	6	24	0,5000
2	Calcio y Fosforo	4	7	23	0,1429
2	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	4	8	26	1,0000
3	CalDol	4	9	11	1,0000
3	Nitrogeno	4	10	41	1,0000
3	Calcio y Fosforo	4	11	16	1,0000
3	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	4	12	17,5	1,0000
4	CalDol	4	13	23	0,1667
4	Nitrogeno	4	14	16	0,5000
4	Calcio y Fosforo	4	15	21,5	0,5000
4	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	4	16	18	0,1429
1	CalDol	5	1	15	0,0714
1	Nitrogeno	5	2	23	0,1667
1	Calcio y Fosforo	5	3	26	0,1111
1	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	5	4	27,5	0,3333
2	CalDol	5	5	27,5	0,1000
2	Nitrogeno	5	6	26	0,3333

2	Calcio y Fosforo	5	7	24	0,1250
2	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	5	8	26,5	0,2500
3	CalDol	5	9	11	0,3333
3	Nitrogeno	5	10	41	
3	Calcio y Fosforo	5	11	17,5	0,2500
3	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	5	12	17,5	
4	CalDol	5	13	23,5	0,1000
4	Nitrogeno	5	14	17	0,1429
4	Calcio y Fosforo	5	15	21,5	0,0769
4	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	5	16	18,5	
1	CalDol	6	1	15	0,0667
1	Nitrogeno	6	2	24	0,3333
1	Calcio y Fosforo	6	3	26	0,1000
1	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	6	4	28	0,1429
2	CalDol	6	5	28,5	0,1250
2	Nitrogeno	6	6	26	0,2500
2	Calcio y Fosforo	6	7	24	0,0667
2	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	6	8	27	0,5000
3	CalDol	6	9	11	1,0000
3	Nitrogeno	6	10	41	
3	Calcio y Fosforo	6	11	17,5	0,2500
3	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	6	12	17,5	
4	CalDol	6	13	24	0,1111
4	Nitrogeno	6	14	20	0,1429
4	Calcio y Fosforo	6	15	22	0,1000
4	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	6	16	18,5	

1	CalDol	7	1	15,5	0,1667
1	Nitrogeno	7	2	32	0,1667
1	Calcio y Fosforo	7	3	26	0,1111
1	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	7	4	28	0,5000
2	CalDol	7	5	29	0,1000
2	Nitrogeno	7	6	27	0,3333
2	Calcio y Fosforo	7	7	25	0,0769
2	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	7	8	27	0,3333
3	CalDol	7	9	11	0,2500
3	Nitrogeno	7	10		
3	Calcio y Fosforo	7	11	17,5	0,2500
3	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	7	12		
4	CalDol	7	13	24	0,1667
4	Nitrogeno	7	14	24	0,1429
4	Calcio y Fosforo	7	15	22	0,1111
4	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	7	16		
1	CalDol	8	1	15,5	0,1111
1	Nitrogeno	8	2	38	0,0833
1	Calcio y Fosforo	8	3	26	0,1429
1	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	8	4	29	0,2500
2	CalDol	8	5	31,5	0,3333
2	Nitrogeno	8	6	27,5	0,3333
2	Calcio y Fosforo	8	7	26	0,1429
2	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	8	8	29	0,1000
3	CalDol	8	9	11	1,0000

3	Nitrogeno	8	10		
3	Calcio y Fosforo	8	11	18,5	0,2500
3	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	8	12		
4	CalDol	8	13	24	0,1000
4	Nitrogeno	8	14	30	0,0769
4	Calcio y Fosforo	8	15	22	0,1667
4	Nitrogeno; Calcio y Fosforo	8	16		

Anexo 3

```
> summary(fit1)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento  3   36.1   12.04  0.195  0.898
Bloque       1    9.1    9.11  0.147  0.708
Residuals   11 680.3   61.84
```

Tabla 1. Evaluación de unidades experimentales, primer momento

Anexo 4

```
> shapiro.test(fit1$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  fit1$residuals
W = 0.96191, p-value = 0.6966

> print(var)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group 3  2.0292 0.1635
      12
```

Tabla 2. Test de SHAPIRO, primer momento

Anexo 5

```
> summary(fit3)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tes$Tratamiento  3   57.9   19.31   0.313  0.816
Tes$Bloque       1   10.9   10.88   0.176  0.683
Residuals       11  678.7   61.70
```

Tabla 3. Evaluación de unidades experimentales, segundo momento

Anexo 6

```
> shapiro.test(fit3$residuals)
      Shapiro-Wilk normality test

data:  fit3$residuals
W = 0.93557, p-value = 0.2982

> print(var1)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  3  1.0065 0.4235
      12
```

Tabla 4. Test de SHAPIRO, primer momento.

Anexo 7

```
> summary(fit33)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tes$Tratamiento  3 0.0914 0.03046   0.209  0.888
Tes$Bloque       1 0.0230 0.02303   0.158  0.699
Residuals       11 1.6031 0.14574
```

Tabla 5. Evaluación de unidad experimental clorofila, Segundo momento

Anexo 8

```

shapiro-wilk normality test

data: fit33$residuals
W = 0.95097, p-value = 0.5052

> library(car)
> var11 <- leveneTest(Tes$ClorofilaRelativa,Tes$Tratamiento,"median")
> print(var11)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group 3  0.4607 0.7148
      12

```

Tabla 6. Validación de supuestos del modelo, Segundo momento

Anexo 9

```

> summary(fit4)

```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tes1\$Tratamiento	3	266.5	88.82	2.162	0.170
Tes1\$Bloque	1	19.2	19.24	0.468	0.513
Residuals	8	328.6	41.08		

Tabla 7. Evaluación de unidad experimental Altura, Tercer momento

Anexo 10

```

> shapiro.test(fit4$residuals)

shapiro-wilk normality test

data: fit4$residuals
W = 0.975, p-value = 0.9459

> print(va)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group 3  2.8845 0.09506 .
      9
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Tabla 8. Test de SHAPIRO, tercer momento.

Anexo 11

```
> summary(fit5)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tes1\$Tratamiento	3	0.1274	0.04248	0.571	0.650
Tes1\$Bloque	1	0.0037	0.00370	0.050	0.829
Residuals	8	0.5952	0.07440		

Tabla 9. Evaluación de unidad experimental clorofila, tercer momento

Anexo 12

```
> shapiro.test(fit5$residuals)
```

shapiro-wilk normality test

```
data: fit5$residuals  
W = 0.85103, p-value = 0.0294
```

```
> print(var111)
```

```
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")  
      Df F value Pr(>F)  
group 3  1.1217 0.3906  
      9  
.
```

Tabla 10. Validación de supuestos del modelo, tercer momento

Anexo 13

```
> summary(fitlog)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Te\$Tratamiento	3	0.775	0.2583	0.377	0.773
Te\$Bloque	1	0.002	0.0015	0.002	0.964

Tabla 11. Transformación logarítmica ln.

Anexo 14

```
> shapiro.test(fitlog$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  fitlog$residuals
W = 0.94596, p-value = 0.5386

> print(varlog)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group 3  1.1217 0.3906
      9
. |
```

Tabla 12. Test de SHAPIRO con Transformación logarítmica ln; tercer momento.