

UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD- 2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao**

**Jennifer López Montoya**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Palmira, Colombia

2016



# **Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD-2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao**

**Jennifer López Montoya**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título  
de:

**Magister en Ciencias Agrarias**

Director (a):

Magister Herney Darío Vásquez

Línea de Investigación:

Fisiología de cultivos

Grupo de Investigación:

Frutales tropicales

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Palmira, Colombia  
2016



## Resumen

La piña es una de las frutas tropicales más producidas y consumidas a nivel mundial, en Colombia se encuentra entre las principales líneas productivas hortifrutícolas con más o menos 800 mil Ton, producción distribuida en diferentes departamentos del país siendo Santander, Valle del Cauca, Cauca y Meta los mayores productores. El cultivo de piña requiere de grandes cantidades de fertilizantes y como cualquier cultivo las extracciones de nutrientes están condicionadas por diferentes variables que se deben tener en cuenta en el momento del establecimiento de un sistema productivo, generalmente en nuestro país los agricultores basan sus planes de fertilización por recomendación de otros países o por costumbres propias lo que genera que del cultivo no se obtengan los mayores rendimientos ni la mayor producción.

Una alternativa importante para mejorar la productividad de los cultivos es determinar los requerimientos nutricionales en las condiciones medioambientales donde se establezcan, realizar análisis de crecimiento, análisis foliares entre otros para determinar las necesidades de la planta.

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la necesidad de nutrientes de la piña variedad MD-2 en diferentes etapas fenológicas y su efecto en el rendimiento y la calidad en condiciones del Municipio de Santander de Quilichao, se evaluaron 6 tratamientos y cuatro repeticiones en bloques completos al azar, los tratamientos consistieron en la variación de fuentes de N, P, K, T0 (Testigo), T1(Finca modelo), T2(Frupasa), T3(Unal1), T4(Unal2), T5(Unal3), sobre el nivel de fertilidad natural del suelo.

Se realizaron para cada uno de los tratamientos 4 análisis foliares en diferentes etapas del cultivo, análisis de nutrientes en fruto, análisis de crecimiento para realizar curvas de crecimiento, acumulación de materia seca y fresca e índices de crecimiento, se determinó el uso eficiente de nutrientes y el efecto de los tratamientos en la productividad y la calidad.

## II Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD-2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao

---

Los resultados obtenidos mostraron que el cultivo absorbe grandes cantidades de N y P las primeras etapas y van disminuyendo hasta la inducción floral comportamiento contrario del K que absorbió bajas cantidades los primeros meses y fue aumentando con el tiempo. El comportamiento de los tratamientos en cuanto a distribución y absorción de nutrientes fue parecido, siendo el T2 y el T5 los que presentaron mayores valores de absorción de igual manera fue el comportamiento en el análisis de crecimiento, por el contrario el T3 fue quien mayores valores de Uso eficiente de nutrientes presentó, en cuanto a productividad el T2 y el T5 presentaron los mayores valores.

El efecto de la nutrición en la calidad se ve influenciado fuertemente tanto por las dosis bajas y altas de N, K como de elementos menores, mientras que el P no presenta características marcadas.

**Palabras clave:** Uso eficiente de nutrientes, Ananas comosus, Fertilización.

## Abstract

The pineapple is one of the tropical fruits produced and consumed worldwide, in Colombia is among the main horticultural production lines with more or less 800 thousand Ton, production distributed in different departments of the country being Santander, Valle del Cauca, Cauca and Target the largest producers. Pineapple cultivation requires large amounts of fertilizers and like any crop the nutrient withdrawals are conditioned by different variables that must be taken into account when establishing a production system, generally in our country farmers base their fertilization plans On the recommendation of other countries or by their own customs, which means that the highest yields and the highest production are not obtained from the crop.

An important alternative to improve crop productivity is to determine the nutritional requirements in the environmental conditions where they are established, to perform growth analyzes, to analyze foliar, among others to determine the needs of the plant.

The objective of this research was to determine the need for nutrients of the pineapple variety MD-2 in different phenological epochs and its effect on yield and quality in conditions of the Municipality of Santander de Quilichao. Six treatments and four replicates were evaluated in complete blocks Random, the treatments consisted in the variation of sources of N, P, K, T0 (Witness), T1 (Model farm), T2 (Frupasa), T3 (Unal1), T4 (Unal2), T5 (Unal3), on the Level of natural soil fertility.

For each of the treatments, 4 foliar analyzes were carried out at different stages of the crop, nutrient analysis on fruit, growth analysis for growth curves, accumulation of dry and fresh matter and growth indexes, efficient use of nutrients And the effect of treatments on productivity and quality.

#### IV Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD-2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao

---

The results showed that the crop absorbs large amounts of N and P the first stages and decreasing until the floral induction the opposite behavior of the K that absorbed low quantities in the first months and was increasing over time.

The behavior of the treatments in terms of nutrient distribution and absorption was similar, with T2 and T5 being the ones with the highest absorption values in the same way was the behavior in the growth analysis, on the contrary, T3 was the highest values Of nutrient use presented, in terms of productivity T2 and T5 presented the highest values.

The effect of nutrition on quality is strongly influenced by both the low and high doses of N, K and minor elements, while the P does not show marked characteristics.

**Keywords:** Efficient use of nutrients, Ananas comosus, Fertilization.



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>I</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Lista de Tablas .....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de Gráficos .....</b>	<b>X</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Capítulo 1 Problema de Investigación, Justificación y Objetivos.....</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Justificación .....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo general .....	6
1.3.2 Objetivos específicos .....	6
1.4 Hipótesis.....	7
<b>2. Capítulo 2 Marco Teórico.....</b>	<b>9</b>
2.1 Clasificación taxonómica .....	9
2.2 Origen.....	9
2.3 Características morfológicas y desarrollo.....	10
2.3.1 Hojas.....	10
2.3.2 Tallo .....	11
2.3.3 Raíces.....	12
2.3.4 Inflorescencia y fruto .....	13
2.3.5 Fisiología.....	14
2.3.6 Fases fenológicas .....	15
2.4 Clima .....	16
2.4.1 Temperatura .....	16
2.4.2 Precipitación .....	17
2.4.3 Luminosidad.....	17
2.4.4 Suelos.....	18
2.5 Fertilidad y nutrición.....	19
2.6 Síntomas de deficiencia o exceso de algunos elementos .....	23
2.6.1 Nitrógeno .....	23
2.6.2 Fósforo.....	24
2.7 Variedades .....	24
2.7.1 Híbrido MD-2.....	25
2.8 Manejo de plagas y enfermedades .....	25

2.8.1	Cochinilla ( <i>Dysmicoccus neobrevipes</i> ).....	25
2.8.2	La broca del fruto ( <i>Thecla basilides</i> ) .....	26
2.8.3	Sinfilidos ( <i>Hanseniella unguiculata</i> Hans) .....	26
2.8.4	Gallina ciega, gusano blanco ( <i>Phyllophaga portoricensis</i> ) .....	27
2.8.5	Podredumbre de cogollo, pudrición del corazón ( <i>Erwinia</i> spp, <i>Phytophthora</i> spp.).....	27
2.8.6	Gomosis ( <i>Fusarium moniliforme</i> Sheld) .....	27
2.8.7	Pudrición negra ( <i>Thielaviopsis paradoxa</i> Hoehn).....	28
2.9	Producción .....	28
2.10	Calidad de piña .....	31
2.10.1	Composición Química.....	33
<b>3.</b>	<b>Capítulo 3 Materiales y Métodos.....</b>	<b>35</b>
3.1	Localización y caracterización de la zona.....	35
3.2	Diseño Experimental .....	35
3.2.1	Descripción de los tratamientos .....	35
3.2.2	Descripción de las unidades experimentales .....	36
3.2.3	Variables de respuesta evaluadas .....	39
3.2.4	Análisis estadístico de los resultados.....	40
3.3	Técnicas de laboratorio utilizadas para determinar variables de respuesta ...	40
3.3.1	Análisis de crecimiento .....	41
3.3.2	Área Foliar .....	42
3.3.3	Contenido de materia seca .....	42
3.3.4	Porcentaje de humedad.....	43
3.3.5	Eficiencia agronómica (EA) NPK .....	43
3.3.6	Eficiencia de recuperación del fertilizante (ERF) NPK:.....	43
3.3.7	Calidad en fruto .....	44
3.3.8	Análisis químico.....	44
3.4	Conducción del experimento .....	45
3.4.1	Caracterización inicial del lote experimental .....	45
3.4.2	Corrección del pH del suelo .....	45
3.4.3	Encalado.....	45
3.4.4	Determinación de las dosis en gramos por planta aplicada en cada tratamiento.....	46
3.4.5	Marcación y distribución de las parcelas.....	47
3.4.6	Selección de semillas .....	47
3.4.7	Siembra .....	47
3.4.8	Desinfección de la semilla .....	48
3.4.9	Manejo de arvenses .....	48
3.4.10	Fertilización .....	48
3.4.11	Monitoreo de plagas y enfermedades .....	48
3.4.12	Muestras.....	49
3.4.13	Inducción floral.....	50
3.4.14	Cosecha .....	50
<b>4.</b>	<b>Capítulo 4 Resultados y Discusiones.....</b>	<b>51</b>
4.1	Resultados .....	51
4.1.1	Caracterización inicial del suelo.....	51
4.1.2	Efecto de la enmienda sobre las propiedades químicas del suelo .....	51
4.1.3	Absorción y distribución de nutrientes.....	53

---

4.1.4	Análisis de crecimiento.....	61
4.1.5	Uso eficiente de nutrientes.....	69
4.1.6	Eficiencia de Recuperación de NPK.....	70
4.1.7	Calidad.....	72
4.1.8	Producción.....	75
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>77</b>
5.1	Conclusiones.....	77
5.2	Recomendaciones.....	78
<b>A.</b>	<b>Anexo: Nombrar el anexo A de acuerdo con su contenido.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: Nombrar el anexo B de acuerdo con su contenido.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>79</b>

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 2-1 Caracterización de Zonas por Producción de Piña.....	31
Figura 3-1 Descripción de las Unidades Experimentales .....	37
Figura 3-2 Unidades de Muestreo .....	38

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 2-1 Reporte de extracciones de nutrientes por algunos autores .....	22
Tabla 2-2 Características de algunos cultivares .....	24
Tabla 2-3 Área, Producción y Rendimiento Nacional 2012-2016.....	29
Tabla 3-1 Descripción de los tratamientos en Kg N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O .....	36
Tabla 3-2 Variables Evaluadas.....	39
Tabla 3-3 Técnicas de Laboratorio utilizadas para determinar las variables de respuesta .....	40
Tabla 3-4 Descripción de los tratamientos, dosis y productos utilizados.....	46
Tabla 4-1 Resultado Análisis de suelo 1.....	51
Tabla 4-2 Efecto del encalado sobre las propiedades químicas del suelo .....	52
Tabla 4-3 % absorción de nutrientes de mayor a menor en 5 diferentes épocas de muestreo .....	60
Tabla 4-4 Prueba de comparación de medias por Duncan para Uso eficiente de NPK por tratamiento en kg/kg .....	69
Tabla 4-5 Valores de Prueba de comparación de medias por Duncan para ER de NPK 70	
Tabla 4-6 Valores de prueba de comparación de medias por Duncan para la concentración de elementos en fruto.....	72
Tabla 4-7 Cantidades necesarias de elementos en Kg para producir 1Ton de piña. ....	73
Tabla 4-8 Valores de prueba de comparación de medias por Duncan para el análisis químico en fruto.....	74

## Lista de Gráficos

	Pág.
Gráfico 2-1 Producción/Rendimiento de Piña tropical en el mundo 2011-2014 .....	28
Gráfico 2-2 Principales países productores en el mundo .....	29
Gráfico 2-3 Participación de producción de Piña por Departamento, 2015.....	30
Gráfico 4-1 Absorción de N en kg/kg a nivel foliar por tratamiento .....	54
Gráfico 4-2 Distribución porcentual de N en diferentes épocas de muestreo a nivel foliar .....	55
Gráfico 4-3 Absorción de P en kg/kg a nivel foliar por tratamiento .....	56
Gráfico 4-4 Distribución porcentual de Fósforo en diferentes épocas de muestreo .....	57
Gráfico 4-5 Absorción de Potasio Kg/Kg a nivel foliar en los tratamientos evaluados.....	58
Gráfico 4-6 Porcentaje de Absorción de K .....	59
Gráfico 4-7 Altura (cm) por Semana.....	61
Gráfico 4-8 Diámetro de tallo (cm). .....	62
Gráfico 4-9 Biomasa fresca total a lo largo del ciclo de cultivo para cada tratamiento.....	63
Gráfico 4-10 Biomasa seca total a lo largo del ciclo de cultivo para cada tratamiento.....	64
Gráfico 4-11 Comportamiento de la Relación de Área Foliar en plantas de piña a través del tiempo para los diferentes tratamientos.....	65
Gráfico 4-12 Comportamiento de la Tasa Relativa del Crecimiento en plantas de piña a través del tiempo para los diferentes tratamientos. *T0= Testigo, T2= Finca San Rafael, T4= Unal 2 y T5= Unal 3 .....	66
Gráfico 4-13 Comportamiento de la Tasa de Crecimiento del Cultivo en plantas de piña a través del tiempo para los diferentes tratamientos. *T0= Testigo, T2= Finca San Rafael, T4= Unal 2 y T5= Unal 3 .....	67
Gráfico 4-14 Comportamiento de la Tasa de Asimilación Neta en plantas de piña a través del tiempo para los diferentes tratamientos. *T0, T2, T4 y T5 .....	68
Gráfico 4-15 Eficiencia de recuperación para Nitrógeno, fosforo y Potasio .....	71
Gráfico 4-16 Producción en Ton/Ha de cada uno de los tratamientos.....	75

# Introducción

La piña es una de las frutas tropicales más populares del mundo, se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales para consumo local y exportación (Uriza A., Rebolledo M., & Rebolledo M., 2002), las principales frutas tropicales producidas a nivel mundial son el mango, la piña, la papaya y el aguacate respectivamente. (FAO , 2004).

Según Agronet (2016) y (Asohofrucol, 2016), en nuestro país el cultivo de piña se encuentra entre las principales líneas productivas hortifrutícolas ocupando el cuarto lugar en producción, 801.081 Ton (Ministerio de Agricultura , 2016) siendo Santander el mayor productor seguido por Valle del Cauca y Cauca.

Uno de los factores que inciden en la productividad del cultivo es la fertilidad y nutrición, temas a los que se les ha dedicado poco esfuerzo en el país, de hecho los productores hacen sus recomendaciones basados en trabajos realizados en países como Brasil, Costa Rica y México (Pereira, A .L. et. al., 20; Gambin, J., Herrera, D. 2012; Sánchez, M. A. et. al., 2015).

El cultivo de piña requiere de altos suministros de nutrientes entre los más importantes están los elementos mayores N, P y K, el K es el nutriente requerido en mayor cantidad, entre cuatro y cinco veces más que el N, elementos que en su mayor parte van a parar al follaje y al tallo (Sánchez Peña & Caraveo López, 1996; Betancourt Y., Montilla, Hernández , & Gallardo , 2005). Adicionalmente la mayoría de las plantas responden fisiológicamente diferente cuando crecen en diferentes ambientes, esto quiere decir que cuando se inician sistemas productivos en una región se deben determinar los requerimientos nutricionales para la especie considerando los análisis de suelos, las condiciones medioambientales y la variedad. (Baligar , Fageria , & He, 2001).

La determinación del uso eficiente de nutrientes para cada cultivo es útil para obtener rendimientos máximos de los cultivos, evitar la pérdida de fertilizantes y establecer la capacidad de absorción de nutrientes de la planta; está estrechamente relacionado con la genética, la fisiología y las buenas prácticas agrícolas. (Baligar , Fageria , & He, 2001).

La curva de crecimiento es una variable que representa gráficamente cuanto extrae el cultivo de cada nutriente según la etapa fenológica, esto se logra correlacionando la medición de variables como altura, diámetro, biomasa respecto a cada etapa del ciclo de cultivo. (Sancho, H., s. f.), así mismo el área foliar es una variable que involucra procesos como el crecimiento vegetal, captación de luz, eficiencia fotosintética, respiración, transpiración, respuesta al riego y a la fertilización (Casierra-Posada, F., 2008). Las medidas comunes como longitud de hoja, ancho de hoja o combinaciones entre estas, puede llevar al desarrollo de un modelo matemático simple, fácil y preciso para medir la eficiencia por ejemplo de la aplicación de diferentes niveles de fertilización en crecimiento y desarrollo de especies vegetales de interés (Jerez, M. et al., 2014).

Es importante contar con estudios que relacionen la absorción de nutrientes con el crecimiento vegetal, el contenido de biomasa seca y fresca, su distribución en los diferentes órganos de la planta y así determinar el UEN, ERF. Todos estos indicadores de la productividad primaria del cultivo (Acosta et al. 2013).

Por tal motivo, es necesario realizar adecuados planes de fertilización para restituir al suelo los nutrientes extraídos y mantener su fertilidad, adicionalmente un plan de fertilización inadecuado afecta directamente la productividad del cultivo, su rendimiento y la economía del agricultor. (Betancourt Y., Montilla, Hernández, & Gallardo, 2005). Esta investigación corresponde a la evaluación de diferentes dosis de fertilización para así determinar los requerimientos nutricionales del cultivo de Piña en suelos ácidos y su efecto en la calidad de la piña, midiendo variables como contenido de nutrientes a nivel foliar y en fruto, se realizó un análisis de crecimiento con la acumulación de materia seca y curvas de crecimiento, se determinaron los índices de crecimiento, se determinó el uso eficiente de nutrientes y con esto los requerimientos nutricionales del cultivo para las condiciones de Santander de Quilichao, con estos datos se hicieron recomendaciones para los agricultores de la Asociación Frupasa de la Vereda Alegrías, quienes colaboraron con el trabajo en campo de esta investigación.



# **1. Capítulo 1 Problema de Investigación, Justificación y Objetivos**

## **1.1 Planteamiento del problema**

Según (FAO , 2004) el mercado de las frutas tropicales ha incrementado en los últimos años tanto en fruta fresca como procesada y los países en desarrollo representan el 98% de la producción total mientras tanto el 80% de los países desarrollados están consumiendo esta producción, este crecimiento se puede atribuir a la tendencia de consumo debido a la valoración científica de la propiedades de las frutas (Concha, 2015). Sin embargo, la agricultura tropical carece de investigación técnica que respalde el desarrollo de la horticultura en las regiones que permitan alcanzar productividades altas (Popeone, s/f).

En nuestro país la producción frutícola se realiza en predios sin selección, sin criterios comerciales y ambientales lo que trae como consecuencia baja producción, altos costos y deterioro de los recursos naturales, que implican que el sector hortifrutícola tenga limitantes en una oferta estable continua y de alta calidad que responda a las necesidades de los consumidores tanto nacionales como internacionales (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2009).

La fertilización es una de las actividades más costosas que realiza el agricultor cuando establece un sistema productivo, los insumos agrícolas representan entre el 30-40 % de los costos de producción (Domínguez, 2014) (Baligar , Fageria , & He, 2001). Hoy en día a nivel mundial se utilizan alrededor de 187 millones de toneladas de fertilizantes, la demanda para N en el 2016 estuvo prevista en 116 millones de Ton, 45 millones para P y

#### 4 Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD-2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao

---

33 millones de toneladas para K, (Félix B., 2013), se estima que la eficiencia en el uso de N se encuentra entre 50% o menos, menos del 10% para P y cerca del 40% para el K (Baligar , Fageria , & He, 2001) (Gavi R., 2013).

Las bajas eficiencias en el uso de nutrientes en las plantas se atribuyen a la lixiviación de estos, escorrentía, emisiones gaseosas y fijación por el suelo, ahora todos estos factores contribuyen a la degradación del suelo, disminución en la calidad del agua y una amenaza que conduciría al daño del medio ambiente en general. (Baligar , Fageria , & He, 2001)

## 1.2 Justificación

Debido a que la mayoría de los suelos agrícolas en el mundo son deficientes en uno o más nutrientes necesarios para el buen desarrollo y crecimiento de las plantas se hace necesario para cada tipo de suelo y para sus determinadas condiciones climáticas y ambientales se establezcan planes de fertilización para cada cultivo.

Para el 2025 se espera que la población mundial este alrededor 8.5 mil millones lo que directamente influye en la producción de alimentos, siendo la piña una de las frutas tropicales más importantes y valoradas por su sabor y características nutricionales, se hace necesario estudiar los requerimientos nutricionales de la planta en diferentes condiciones de suelo clima y con diferentes tratamientos, de esta manera conocer cuáles son sus requerimientos nutricionales en determinada zona.

La planta de la piña para pasar a diferentes etapas fenológicas, emplea períodos que varían mucho de una región a otra para alcanzar un nivel determinado de crecimiento. Este lapso de tiempo depende de varios factores, como las condiciones climáticas, del lugar donde se cultive, las características de las variedades, la fecha de la siembra y el manejo agronómico. (Pohlan, Gamboa , Salazar, & Collazos, 2001)

La idea principal de esta propuesta es establecer un plan de fertilización para el cultivo de piña variedad MD-2 en suelos ácidos del Municipio de Santander de Quilichao, probando diferentes niveles de N,P,K sobre el rendimiento de la planta así poder conocer con cuanta cantidad de estos nutrientes se puede producir un fruto de piña de determinado peso, también se estudiaran los diferentes estados fenológicos de la planta en respuesta a la aplicación de los nutrientes.

Adicionalmente este trabajo permitirá que los agricultores de la zona tengan un plan de fertilización establecido que incremente la productividad del cultivo de la piña variedad MD-2.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar los requerimientos nutricionales N, P, K en diferentes estados fenológicos y condiciones edafoclimáticas del Municipio de Santander de Quilichao.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar la extracción de nutrientes en diferentes estados fenológicos de la Piña variedad MD-2 en condiciones de Santander de Quilichao.
- Evaluar el uso eficiente de N, P, K para el cultivo de piña en términos de la eficiencia agronómica y eficiencia de recuperación en condiciones de suelos ácidos de Santander de Quilichao.
- Determinar la cantidad de nutrientes necesarios para producir una tonelada de piña en función de la eficiencia de recuperación de nutrientes del cultivo
- Correlacionar el nivel de fertilización del suelo, contenido de nutrientes a nivel foliar, en fruto y el rendimiento del cultivo.

## **1.4 Hipótesis**

H0: Los requerimientos nutricionales para la Piña variedad MD-2 en cualquier tipo de suelos son iguales.

H1: Los requerimientos nutricionales para la Piña variedad MD-2 no son los mismos para cualquier clase de suelos.



## 2. Capítulo 2 Marco Teórico

### 2.1 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Bromeliaceae

Subfamilia: Bromelioideae

Género: Ananas

Especie: A. comosus

Fuente: (Betancur, Hernandez, & García, 2006)

### 2.2 Origen

Pertenece a la familia de las bromeliáceas (subclase de las monocotiledóneas) y al género de Ananas, se compone de aproximadamente 2794 especies y 56 géneros que se han adaptado a diferentes hábitats. (Bartholomew, Paull, & Rohrbach, 2003).

La Anana comosus es originaria de América del Sur (Sur de Brasil y Noroeste de Argentina y Paraguay). En el siglo XIV fue encontrada en Filipinas y en 1809 ya estaba establecida

en Hawai. En la actualidad se cultiva en todas las regiones tropicales del mundo entre las latitudes 30° Norte y 30° Sur (Hassan & Othman , 2011). En el mundo los países de mayor producción son Tailandia, Costa Rica, Brasil entre otros.

Algunas variedades botánicas son:

*Ananas bracteatus* (LINDL) Schultes

*Ananas ananassoides* (Bak) L. B. Smith que comprende:

*Ananas comosus* (L) Merr, comprende todas las variedades que se cultivan. (Py, 1968).

## 2.3 Características morfológicas y desarrollo

La piña es una planta herbácea perenne después de la cosecha las yemas axilares del tallo prosiguen su desarrollo y forman una nueva planta semejante a la primera que da un segundo fruto generalmente de tamaño inferior al primero, la planta adulta mide entre 1-1.20 m de altura y 1.30-1.50 m de diámetro. (Py, 1968)

### 2.3.1 Hojas

Posee hojas alargadas, estrechas, duras algunas, pueden contener espinas y varían en color, pueden ser verdes con un tono rojo a púrpura que va desde el haz hasta el ápice. La planta adulta presenta de 70 a 80 hojas, las más jóvenes en el centro y las más viejas en el exterior. (García Suárez & Serrano, 2005) Las hojas de la piña son nombradas, de acuerdo a su posición en el tallo. La planta usa sus hojas para la captación de nutrientes para su desarrollo y crecimiento ya que carecen de raíces especializadas, estas encierran al tallo son anchas en esta parte y forman una roseta alrededor de este, característica que hace que la planta recoja y absorba agua por las raíces aéreas o a través de la epidermis, (D'Eeckenbrugge & Leal, 2003) (Malézieux & Bartholomew, 2003), y que estén expuestas



al sol, esto ayuda a reducir la temperatura y la pérdida de humedad. (Krauss, 1949) , ambos lados de las hojas están cubiertos de tricomas (apéndices en forma de sombrilla), especialmente el envés, el cual está rodeado de una serosidad. Los tricomas de la base de las hojas absorben agua y soluciones nutritivas, mientras que los que cubren el lado inferior retienen un espacio de aire en el fondo en el que están los estomas que facilitan la economía del agua. (Vásquez Amariles, Saavedra, & Saavedra, 2012).

Las hojas se han clasificado de acuerdo a su edad y su conocimiento es importante ya que traducen el estado fisiológico de la planta y son útiles para estimar las necesidades de la planta. (Py, 1968). El primer grupo se divide en:

Hojas A: hojas que en el momento de separar el retoño están totalmente desarrolladas.

Hojas B: son las que en determinado momento no han terminado su crecimiento.

Hojas C: hojas viejas producidas después de la plantación del retoño.

Hojas D: son las hojas adultas más jóvenes lo que quiere decir que ha terminado su crecimiento, están fijadas en la parte más ancha del tallo.

Hojas E: tienen forma lanceolada típica pero con una base en los bordes ligeramente convergente.

Hojas F: son las hojas jóvenes de la roseta visibles exteriormente.

La masa foliar representa más del 85% de su peso total (Py, 1968) la planta puede florecer después de producir 70-80 hojas. (D'Eeckenbrugge & Leal, 2003).

### **2.3.2 Tallo**

Su tallo es vertical, robusto y corto de 30 a 40 centímetros de alto, este se prolonga en la parte superior de la planta hasta formar el eje central de la inflorescencia o pedúnculo, donde posteriormente forma el fruto. Presenta entrenudos de 1-10 mm, yemas aplanadas

en las axilas de las hojas y raíces adventicias alrededor. (Vásquez Amariles, Saavedra, & Saavedra, 2012). Contiene una estructura carnosa, que almacena nutrientes para la planta, los carbohidratos procesados por las hojas son transportados y almacenados en el tallo para la conversión a almidón. Después de la producción del fruto el tallo muere y es sustituido por un brote lateral, el que asume el papel de la planta madre. (Pohlan, Gamboa, Salazar, & Collazos, 2001).

### **2.3.3 Raíces**

Las raíces en la planta de la piña son superficiales su distribución depende de las características físicas del suelo y del estado nutricional de la planta; ésta extrae nutrientes alrededor de 30 cm de profundidad (Dirección General de Técnicas Agropecuarias, 1983) (Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc, 1992).

La piña tiene dos tipos de raíces:

- Raíces primarias: se encuentran en plantas de piña originadas de semillas son de vida corta y se desprenden a los dos meses de edad.
  
- Raíces adventicias: se dividen en raíces del suelo y raíces axilares.

Estas raíces forman sistemas radiculares que ayudan a capturar y distribuir el agua en la piña junto con las hojas permitiendo a la planta de la piña tener características especiales para resistir sequias. (Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc, 1992)

En general el sistema radical es muy superficial y deben tenerse en cuenta la elevada necesidad de oxigenación del suelo, su poca distribución vertical y horizontal, en su mayoría las raíces están ubicadas en las cercanías de la superficie del suelo y su alta susceptibilidad a plagas y enfermedades. (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996)

### **2.3.4 Inflorescencia y fruto**

La inflorescencia contiene alrededor de 100 a 200 flores. Las variedades de la piña son marcadamente autoesteriles y los frutos son partenocárpicos aunque no por eso deja de encontrarse semillas en los frutos. La inflorescencia es una espiga cuyo eje es la continuación del pedúnculo conteniendo muchos haces vasculares, posee en su extremo superior un racimo de hojas denominado corona. (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996)

El fruto está formado por un conjunto de frutos individuales consta de: eje de la inflorescencia denominado corazón, la corona o racimo de hojas, la cáscara, el ovario, la base de los sépalos y las brácteas. (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996)

El fruto es un sincarpio: la parte comestible del mismo está formado por los tejidos externos del eje floral, los ovarios de las flores, las bases de los sépalos unidos y las bases de las brácteas, las cuales rodean cada flor. Con excepción del estilo, estambres y pétalos, marchitos, todo el resto de las partes de la flor y brácteas se transforman en un frutillo en otras palabras cada flor se convierte en uno de los ojos o secciones en que se divide exteriormente el fruto de piña. (Morin , 1967)

### 2.3.5 Fisiología

Los procesos fisiológicos en el cultivo de la piña dependen esencialmente de la actividad fotosintética por determinadas condiciones climáticas, la piña tiene la facultad de adoptar dos tipos de metabolismo cuyo rendimiento fotosintético es diferente y el crecimiento puede ser más rápido, la tasa máxima de asimilación de  $\text{CO}_2$  varían entre 11- 30 g de  $\text{CO}_2/\text{cm}^2$  de hoja/día valores altos comparados con otras plantas que poseen esta vía metabólica. La piña realiza fijación primaria esencialmente en la noche y el malato acumulado es descarboxilado en la fase diurna siguiente, metabolismo característico de las plantas en condiciones desérticas, los estomas abren de noche y se cierran de día lo que permite la absorción de  $\text{CO}_2$ , se acumula malato en el tejido succulento acidificándolos.

Fases de fijación de  $\text{CO}_2$  para piña (Metabolismo CAM).

- Fase nocturna: absorción del  $\text{CO}_2$  – almacenaje de malato.
- Principio de la fase diurna en función del cierre estomático, descarboxilación del malato.
- Medio día: estomas cerrados con la descarboxilación del malat
- Fin del día: metabolismo del tipo  $\text{C}_3$  en función de la apertura de estomas.

(Bartholomew & Malézieux , 1994).

Estas fases son cruciales por el movimiento estomático y dependen de los factores climáticos entre los más importantes están el termoperíodo, la irradiación, el fotoperíodo, el suministro de agua y potasio.

En un estudio realizado por (Rebolledo M. , y otros, 2002) compararon algunas características fisiológicas de diferentes cultivares, encontraron que la variedad MD-2 es más eficiente para fijar ácido málico durante las primeras etapas de desarrollo durante las horas más frescas y es mayor el contenido de clorofila, adicionalmente la hoja de esta

variedad tiene menor cantidad de estomas pero mejor distribuidos comparado con otras variedades, concluyeron que la variedad MD-2 presenta mejores y diferentes características fisiológicas siempre y cuando tenga buenas condiciones de suelo y de humedad lo que conlleva a expresar mayormente su potencial.

Debido a su metabolismo la planta se adapta a diversas condiciones climáticas, pero sus ritmos de crecimiento también varían, y aunque la planta sobreviva a condiciones hídricas desfavorables su crecimiento y producción no serán los óptimos. (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996)

### **2.3.6 Fases fenológicas**

El crecimiento de la piña puede dividirse en tres fases:

- Crecimiento vegetativo (raíces, tallos y hojas) a partir del vástago separado de la planta madre.
- La iniciación de la flor con su anterior inducción floral (fase de floración) y el crecimiento del fruto y corona y eventualmente de los vástagos basales (fase de fructificación).
- El crecimiento de los hijos, esta fase parece conducir a un nuevo fruto (segunda y tercera cosecha) si los hijos no son separados.

(Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996).

Según Morin (1967) el ciclo vegetativo de la piña se produce así: hay una emisión simultánea de raíces y de hojas tanto por la sección basal y la sección apical respectivamente este proceso es lento e incrementa la formación de nutrientes por absorción radical y síntesis foliar base para el crecimiento vegetativo; después se inicia la formación de reservas disminuyendo el desarrollo vegetativo para iniciar cambios fisiológicos que estimulen la emisión del brote floral (Inducción floral), en este momento se detiene la formación de hojas nuevas mientras la floración y luego la fructificación absorben

los nutrimentos y reservas. En esta etapa en la planta predomina la fase productiva sobre la fase vegetativa, la planta comienza a decaer notablemente hasta morir; pero conforme progresa el desarrollo y la maduración de la fruta simultáneamente inicia la formación y desarrollo de hijuelos que aparecen en distintas secciones de la planta.

La acumulación de materia seca y fresca siguen una tendencia sigmoidea, la materia fresca puede duplicarse cada dos meses, antes la de iniciación floral el crecimiento es la suma de las raíces, las hojas y el tallo, después de la iniciación este crecimiento decrece, luego de la formación del fruto vuelve a incrementar la acumulación de materia seca por la formación de los hijos. (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996).

## **2.4 Clima**

El crecimiento y desarrollo de la planta están estrechamente determinados por factores ambientales siendo la producción la variable más afectada, entre los factores ambientales que más afectan el desarrollo la planta está la temperatura y la luminosidad que influyen de manera especial en la calidad del fruto. La piña puede cultivarse en variadas condiciones climáticas sin embargo su potencial de producción depende en gran medida de los factores ambientales. (Py, 1968), (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996), (Vásquez Amariles, Saavedra, & Saavedra, 2012).

### **2.4.1 Temperatura**

El factor climático que determina la proporción de crecimiento de todas las partes de la planta es la temperatura adicionalmente es determinante en la calidad del fruto, en mayores altitudes el crecimiento es lento y el ciclo de la planta se alarga (Sánchez P. & Salinas J., 2008), algunos autores indican que la temperatura óptima para el cultivo oscila

entre 24 – 32 °C, las temperaturas bajas alteran el crecimiento de las raíces presentan menor emisión de hojas, en zonas con mayor precipitación los frutos tienen bajo contenido de azúcares y mayor acidez mientras que a temperaturas altas (>32°C) se obtienen frutos de mayor peso pero de menor calidad además, en zonas cálidas el desarrollo foliar es mayor (Py, 1968), (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996), (Pohlan, Gamboa, Salazar, & Collazos, 2001).

Sanchez & Salinas (2008), reportan que en algunas investigaciones realizadas en zonas donde prevalecen las temperaturas bajas y niveles bajos de radiación los frutos presentaron bajo contenido de °Brix y alta acidez en comparación con frutos cosechados en zonas de clima cálido como Cuba, Filipinas y Costa Rica. Los autores indican que fluctuaciones drásticas de temperatura pueden causar deformaciones del fruto, trastornos fisiológicos y producen golpe del sol en fruto.

### **2.4.2 Precipitación**

La morfología de la planta hace que esta sea poco exigente en agua, resiste a la sequía ya que retiene cerca del 7% del agua en los tejidos mientras que la mayoría de las especies vegetales solo retienen 0.5%, de igual forma la piña necesita solo 30 litros de agua para producir 1kg de materia seca, otras plantas requieren 300 litros para producir la misma cantidad de materia seca. Sin embargo la falta de humedad en el suelo y de bajas precipitaciones que no suplan las necesidades mínimas de la planta se convierten en una limitante para el desarrollo de la planta en las etapas de siembra, floración y fructificación, contrario la piña es altamente susceptible a encharcamiento por la aparición de hongos. (Py, 1968; Sánchez Peña & Caraveo López, 1996).

### **2.4.3 Luminosidad**

Este factor es determinante en la calidad del fruto y el rendimiento, algunos autores afirman que una disminución en la radiación solar bajan el rendimiento y afectan el color del fruto, (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996), una disminución de radiación solar del 20% significa una disminución media de 10% en el rendimiento. (Py, 1968), afirman también que la piña cultivada en mayores altitudes acumulan menor masa foliar mientras que en alturas bajas esta acumulación se multiplicaba por 2,5, atribuyen estas diferencias no solo a la luminosidad sino a la relación de esta con la temperatura.

Los días cortos influyen en el rendimiento y la coloración de la fruta. Cuando existe iluminación intensa provoca quemaduras en la superficie. La duración del ciclo de la piña está regulado por la duración del día, en cultivares como la Cayenna lisa se induce floración temprana por largos periodos oscuros.

#### **2.4.4 Suelos**

En cuanto al suelo los factores más determinantes para establecer el cultivo son el pH la aireación y la textura; la piña puede crecer en un amplio rango de tipo de suelo algunas investigaciones reportan que han establecido sus cultivos con pHs que varían entre 4,5-5,8; pHs altos producen deficiencias de hierro en la planta y suelos ácidos inciden en el desequilibrio de calcio y de potasio.

La planta de piña requiere suelos sueltos con alto contenido de arena como baja cantidad de limo y arcilla, francos y con buen drenaje. No requiere de suelos profundos por su sistema radical superficial y frágil pero si de buena aireación. (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996) (Sánchez Peña & Caraveo López, 1996) (Pohlan, Gamboa , Salazar, & Collazos, 2001)



## 2.5 Fertilidad y nutrición

El cultivo demanda altas cantidades de nutrientes en comparación con otros cultivos, entre los elementos más importantes se encuentran el N, P y el K seguidos por Ca, Mg, Fe; gran parte de los fertilizantes aplicados no forman parte del fruto sino del área foliar (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996) (Sánchez Peña & Caraveo López, 1996), los nutrientes son fácilmente absorbidos en solución vía foliar y a través de las raíces aéreas y subterráneas... (Bartholomew, Paull, & Rohrbach, 2003). El cultivo de piña esta generalmente relacionado con la acidez de los suelos, característica muy importante ya que esto puede ser un indicador de carencia nutricional en el suelo, lo que explicaría porque el cultivo requiere dosis altas de N y K (Herrera, 2001).

La fertilización influye directamente sobre el desarrollo de la planta el rendimiento y la calidad del fruto además contribuyen a incrementar la producción (Morales Granados & López González, 2003) sin embargo Peña(1996) y otros autores indican que “la asimilación de los nutrientes depende del cultivar y otros factores como el suelo, el clima, la densidad de siembra, el tipo de fertilización entre otros. (Pohlan, Gamboa , Salazar, & Collazos, 2001).

Cuando las aplicaciones se realizan con una adecuada relación N/K el desarrollo de la planta se ve favorecido, según (Sánchez Peña & Caraveo López, 1996) las mejores fuentes para la planta son los sulfatos y en cuanto a N responde mejor a fuentes amoniacales a pesar de que este disminuya el pH ya que en suelos donde constantemente se cultiva piña el proceso de nitrificación se reduce, suplir la planta de cantidades adecuadas de N es importante para el crecimiento y desarrollo vegetativo ya que cumple funciones como constituyente de la clorofila, las proteínas, ácidos nucleicos y auxinas, adicionalmente favorece la formación y el peso del fruto (Py, 1968).

El N es el que conduce el crecimiento de la planta y es factor determinante del rendimiento ya que la planta utiliza el N para la síntesis de las proteínas y esta depende de la cantidad

de carbohidratos disponibles, este proceso está en función de la temperatura, la intensidad luminosa y la concentración de CO<sub>2</sub>, un buen indicador de la concentración de N en la planta es la coloración de las hojas, las hojas amarillo verdosas y consistencia rígida presentan mayor concentración de carbohidratos con relación a las proteínas mientras que las hojas oscuras y de consistencia blanda tienen menores concentraciones. (Py, 1968).

De acuerdo con algunas investigaciones (Betancourt, Montilla, Hernández, & Gallardo, 2005) estudiaron diferentes dosis de N, baja, media y alta siendo la dosis media la que mejor resultados en rendimiento presentó pero la dosis baja presentó mayor número de semillas, (Treto, 1991) estudió el efecto de diferentes dosis de N sobre el número de hojas emitidas, masa foliar, semilla, rendimiento y calidad, los resultados mostraron que la dosis más alta favoreció todas las variables, los autores sugieren que es importante conocer la fase fenológica de la planta, que a medida que avanza en edad incrementa la demanda de N, asegurarse de suplir muy bien a la planta antes de la diferenciación para una buena producción y disminuir cuando se acerca el momento de la diferenciación floral. (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996).

El P es el macronutriente que se acumula en menor cantidad y el requerimiento de este por la planta es bajo aunque importante para el desarrollo de todos los órganos (Gambin & Herrera, 2012), es esencial para el metabolismo de forma inorgánica especialmente en el momento de diferenciación de inflorescencia a floración, (Py, 1968) indica que las aplicaciones de P a una planta con deficiencia de N agrava la deficiencia y baja el rendimiento, el P forma parte de numerosas combinaciones enzimáticas y proteínas, (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996), las plantas normalmente extraen las cantidades necesarias de este elemento del suelo, cuando el suelo no supe las necesidades se hacen aplicaciones antes de la siembra o se fracciona durante todo el ciclo (Da Silva & Reinhardt, 2008).

En la investigación realizada por (García, 1980) sobre la fertilización fosfórica y sus efectos en el cultivo de Piña variedad Española roja reporta que diferentes dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no

tuvieron diferencias significativas sobre el rendimiento, el peso, el largo y ancho del fruto ni tampoco sobre la calidad de este.

El macronutriente que más requiere el cultivo es el K, influye en la producción, características y calidad del fruto como aumento del peso y producción de azúcares y ácidos (ácido ascórbico) (Morales Granados & López González, 2003), esto puede deberse a lo reportado por (Py, 1968) (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996) indican que este elemento “influye en la síntesis de carbohidratos y ácidos orgánicos en la absorción y reducción de los nitratos y la síntesis de proteínas”, asimilación de la clorofila y transporte por la planta, le atribuyen las características fisicoquímicas de la producción al K y el rendimiento al N; en consecuencia el potasio aumenta el peso del fruto igual que el Ca, algunos autores afirman que las relaciones N/K afectan la calidad de la piña mientras el N incrementa la dulzura el exceso de K incrementa la acidez, igualmente la relación entre el K con el Mg y el Ca debe ser mayor en el suelo que en la planta para que las raíces puedan absorberlos fácilmente (Py, 1968).

El K se encuentra acumulado en casi todas los órganos de la planta y en mayor concentración en comparación con todos los elementos, en los órganos donde mayor concentración hay de K es en las hojas y el fruto; la aplicación de este se puede realizar a nivel foliar o al suelo y fraccionadas durante todo el ciclo del cultivo. (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996). La fertilización con K juega un papel importante en la calidad y rendimiento y según lo reportado por algunos autores el cloruro puede afectar negativamente algunas características del fruto si es comparado con el sulfato adicionalmente el cloruro es más vulnerable a ser lixiviado que el sulfato (Junqueira , Quaggio, Cantarella, & Vicari , 2011) los mismos autores en su investigación encontraron que cuando aumentaban las dosis de K la concentración de N, Ca y Mg en la hoja D disminuyeron y que la planta absorbe buena cantidad de K si este está disponible en el suelo independiente de las dosis aplicadas.

(Treto, 1991) Reporta en su investigación sobre el efecto de diferentes dosis de K sobre el rendimiento y la calidad de Piña variedad Española roja que las dosis medias altas presentaron los mayores resultados para rendimiento y la calidad.

Los elementos menores Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, S, B, son requeridos en pequeñas cantidades y su acumulación es menor sin embargo cumplen un papel muy importante en la planta, el Ca por ejemplo regula el régimen hídrico de la planta favoreciendo la pérdida de turgencia y la transpiración, además es esencial en la diferenciación floral y el desarrollo del fruto; a pHs > de 8 el Ca es inmóvil por tal motivo cuando se aplica vía foliar no se transloca vía floema y no llega a los tejidos donde se requiere (Azcón Bieto & Talón, 2008), sin embargo (Bartholomew, Paull, & Rohrbach, 2003) indica que el Ca puede aplicarse vía foliar en forma de nitratos o cloruros contribuyendo a la formación de paredes celulares más gruesas y mayor tolerancia a bacterias.

El Mg debe suministrarse iniciando el desarrollo del cultivo y en la fase de desarrollo vegetativo ya que este elemento es importante cuando la tasa fotosintética es mayor, éste es componente elemental de la clorofila y activador de algunas enzimas (Gambin & Herrera, 2012).

En la Tabla 2-1 se presentan las extracciones de nutrientes por el cultivo de acuerdo a diferentes autores.

Tabla 2-1 Reporte de extracciones de nutrientes por algunos autores

<b>Fuente</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
	kg/ha					
<b>Stewart, Thomas &amp; Horner</b>	67	8	198			
<b>Krauss</b>	350	53	939	175		
<b>Follet-Smith &amp; Bourne</b>	107	38	346	81	45	
<b>Boname</b>	83	12	363			

<b>Cowie</b>	123	15	256			
<b>Choudhury</b>	308	30	730			
<b>Menon &amp; Pandalai</b>	139	20	243			
	110	13	229			
	74	30	325			
<b>Hiroce et al</b>	355	32	509	236	115	40
<b>Fraca</b>	106	10	243			
	60	8	151			
<b>Paula et al</b>	315	14	1257	252	157	17
	300	14	444	161	33	35

Tomado de Silva & Haroldo...

## 2.6 Síntomas de deficiencia o exceso de algunos elementos

### 2.6.1 Nitrógeno

La deficiencia de Nitrógeno ocasiona clorosis en las hojas, hojas angostas y en menor cantidad, plantas raquílicas y de lento crecimiento y baja producción, el fruto es pequeño y produce pocas semillas. (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996) (Morales Granados & López González, 2003). El exceso de este elemento, se relaciona con la deficiencia de K y Ca produciendo “abotellamiento” del fruto atrasando el proceso de floración debido a que la planta no responde a los estimuladores de la inducción, una característica del exceso de N es que las plantas son muy frondosas y su corona es de mayor tamaño. El N genera mayor necesidad de K y Mg. (Py, 1968), (Sánchez Peña & Caraveo López, 1996).

## 2.6.2 Fósforo

El exceso de K produce frutos muy ácidos y de pulpa pálida su deficiencia, ocasiona que las hojas se angosten, mueran las hojas nuevas y puede desarrollar dobles coronas o un excesivo crecimiento, pues la planta es capaz de absorber cantidades de K superiores a las que necesita. La deficiencia de K tiene efectos en la maduración del fruto ya que presenta maduración tardía o incompleta. (Py, 1968) (Morales Granados & López González, 2003)

## 2.7 Variedades

En Colombia las principales variedades que se cultivan son: Cayena lisa, Perolera, Queen, Manzana, Pernambuco; la Tabla 2-2 presenta características de algunos cultivares.

Tabla 2-2 Características de algunos cultivares

Características	Cayena lisa	Perolera	Queen	Manzana	Pernambuco
<b>Cultivo</b>	Alturas hasta de 1200msnm, las mas cultivada a nivel mundial y ahora reemplazada por la MD-2	Originaria de Norte de S/der, Alturas hasta 1200 msnm		Altura hasta 1400 msnm	
<b>Hojas</b>	Lisas con algunas espinas	Lisas y anchas de color verde claro intenso	Espinosas, delgadas y cortas	Bordes lisos, ápice agudo y de color verde claro	Espinas curvadas, delgadas y largas con una banda roja.
<b>Flores</b>	Color azul claro	Color azul	Color lila	Color malva oscuro	Color azul intenso
<b>Retoños</b>	6-13 entre basales y axilares			Numerosos hijos axilares	8-15 entre basales y axilares.
<b>Enfermedades</b>	Muy sensible	Poco sensible	Menos sensible		Resistente
<b>Peso de fruta (kg) y forma</b>	2-2,5 Cilíndrico	0,8-2,5 Cilíndrico	0,5-1,1 Cónico	1,5-2,5 Cilíndrico	1,5-5 Piramidal
<b>Calidad de la fruta</b>	Color amarillo-anaranjado Buenas características de aroma 13-19°Brix 0,94% Acidez 2,2 mg/100g VC.	Color amarillo-anaranjado 12-13°Brix 0,52% Acidez	Color Amarillo intenso Dulce, poca acidez	Color rojo intenso 13-14°Brix 0,56% de acidez 2,5mg/100g VC	Color amarillo Dulce y muy jugoso
<b>Comercialización</b>	Industria y comercio en fresco	Consumo en fresco		Consumo en fresco	Consumo en fresco y procesada

Tomado y modificado de. (Pohlan, Gamboa , Salazar, & Collazos, 2001) (Vásquez Amariles, Saavedra, & Saavedra, 2012).

### **2.7.1 Híbrido MD-2**

El cultivar híbrido MD-2, desarrollado por Del Monte Fresh Produce International Inc.; en Hawai producido de un cruce entre los híbridos del Instituto de investigación en Piña 58-1184 y 59443, MD-2 en honor a Mary Dillard esposa de un ejecutivo de Del monte (Vásquez Amariles, Saavedra, & Saavedra, 2012). Este cultivar ha ganado cuota de mercado en los últimos años, especialmente en el mercado internacional de frutas frescas, posee una alta capacidad de producción fruta y buenas características de calidad en comparación con el cultivar 'Cayena Lisa'. (Van de Poel, Ceusters, & De Proft, 2009). Plantas de crecimiento rápido, esta nueva variedad de piña es de color amarillo, que crece sin espinas y sobre todo tiene tolerancia a ciertas plagas y enfermedades. Sus flores son de color amarillo con peso promedio de 1.8 a 2.5 kg por fruto, tiene de 15-17°Brix, 0,48% acidez, 8,5mg/100g de Vitamina C. (Vásquez Amariles, Saavedra, & Saavedra, 2012)El MD-2 es más susceptible a la pudrición del tallo y raíces, causadas por phytophthora parasítica y phytophthora cinnamoni, que otros tipos de piña y es más exigente en potasio.

## **2.8 Manejo de plagas y enfermedades**

Las plagas que causan daño a la piña son muy variadas y afectan los diferentes órganos de la planta, las elevadas poblaciones de insectos irremediablemente disminuyen el crecimiento y rendimiento del cultivo, especialmente aquellas plagas que se alimentan directamente del fruto. (Pohlan, Gamboa , Salazar, & Collazos, 2001) (Betancur, Hernandez, & García, 2006)

### **2.8.1 Cochinilla (*Dysmicoccus neobrevipes*)**

Es un insecto pequeño de forma ovalada y plana que tiene el cuerpo recubierto por un polvo ceroso y blanquecino, se alimenta chupando la savia en la base de la planta y en las

raíces provocando marchitez de las hojas, produce en la planta los síntomas llamados “wilt” que se caracteriza por el enrojecimiento progresivo de las hojas, las hormigas bravas (*Solenopsis geminata*) viven asociadas con las cochinillas por alimentándose de las mieles y transportándolas de planta a planta. Es difícil controlar esta plaga por eso es importante prevenirla, utilizando hijos libres de insectos o desinfectados, no tener residuos de piña de la cosecha anterior en el terreno, hacer buen control de malezas, destruir hormigueros, hacer rotación de cultivo. (Morales Granados & López González, 2003).

### **2.8.2 La broca del fruto (*Thecla basilides*)**

Las larvas de este lepidóptero, perforan el fruto de la piña ocasionando deformaciones. Por el orificio de entrada se exuda una sustancia gomosa, por el cual entran bacterias y hongos que causan pudrición, el daño producido en la fruta permite la entrada de una enfermedad por hongos denominada “clavo”. Cuando la población de esta plaga alcanza el 15% se deben hacer aplicaciones de insecticidas durante la etapa comprendida entre la apertura de las primeras flores hasta el final de la floración con intervalos de 8 a 10 días. (Pohlan, Gamboa, Salazar, & Collazos, 2001).

### **2.8.3 Sinfilidos (*Hanseniella unguiculata* Hans)**

Estos antropodos se alimentan de las raíces causando una reducción del sistema radicular de la piña el cual es fácilmente atacado por hongos y afectando el crecimiento de la planta. Su control es bastante difícil por la forma de desplazamiento que tienen en el suelo, una forma de prevenirlos es aplicando nematicidas granulados. (Vásquez Amariles, Saavedra, & Saavedra, 2012)



#### **2.8.4 Gallina ciega, gusano blanco (*Phyllophaga portoricensis*)**

Es un gusano de coleóptero que se nutre de las raíces de la piña y puede penetrar en la base de la planta donde forma galerías, las hojas presentan como síntoma un marcado enrojecimiento. Sembrar abonos verdes de leguminosas antes del trasplante de la piña y no asociar con maíz son medidas preventivas. (Pohlan, Gamboa , Salazar, & Collazos, 2001)

#### **2.8.5 Podredumbre de cogollo, pudrición del corazón (*Erwinia* spp, *Phytophthora* spp.)**

Se caracteriza por producir doblamiento de cogollo y pudrición de la base, es apestosa y su color es café, las hojas comienzan a marchitarse y se desprenden fácilmente ya que la hoja está podrida, algunas recomendaciones para manejar esta enfermedad: sembrar el cultivo en suelos bien drenados, evitar heridas en la planta, utilizar hijos sanos, prevenir la caída de tierra por dentro del cogollo, eliminar residuos de la cosecha anterior. (Vásquez Amariles, Saavedra, & Saavedra, 2012)

#### **2.8.6 Gomosis (*Fusarium moniliforme* Sheld)**

Este patógeno produce una pudrición basal que afecta las hojas, las cuales se vuelven marchitas, amarillentas y pálidas, la parte afectada se va encogiéndose y momificándose tornándose color pardo, también puede producir pudrición de raíz. Para disminuir la probabilidad del ataque de esta enfermedad se debe: Sembrar en suelos drenados y aireados, usar material de siembra sano y previamente desinfectado, no transportar material enfermo por la plantación y evitar el paso de personas, no provocar heridas en las plantas, desinfectar las plantas enfermas y sus alrededores, realizar un combate adecuado de insectos . (Pohlan, Gamboa , Salazar, & Collazos, 2001).

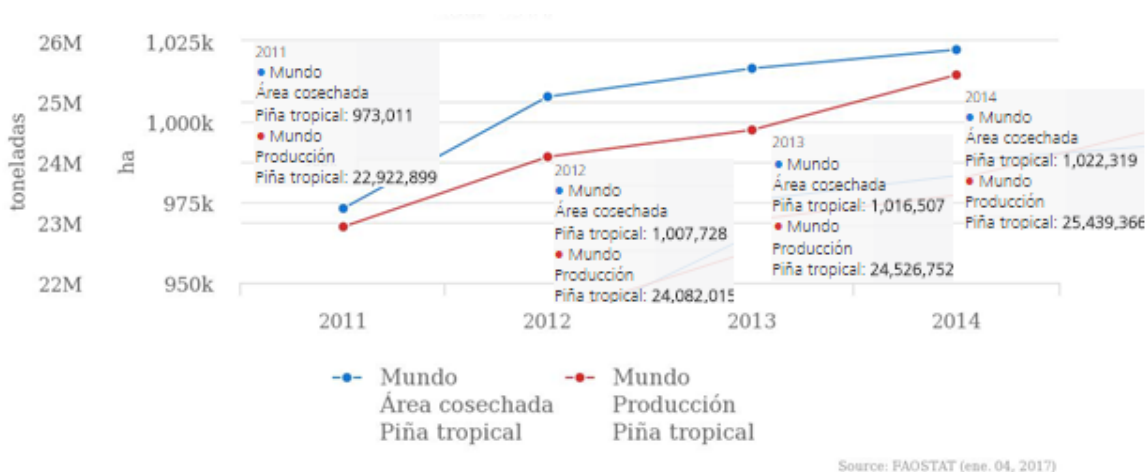
### 2.8.7 Pudrición negra (*Thielaviopsis paradoxa* Hoehn)

Esta enfermedad es la de mayor importancia económica en el cultivo de piña afecta únicamente los frutos maduros o apunto de madurar, estos se descomponen totalmente los tejidos se suavizan adquiriendo una consistencia acuosa y el corazón del fruto se ennegrece. Un buen drenaje del terreno y la aplicación de un fungicida son medidas recomendables contra enfermedad. (Pohlan, Gamboa , Salazar, & Collazos, 2001)

## 2.9 Producción

Según lo reportado por la (FAO, 2017) para el año 2014 se produjeron 25.439.366 Ton de Piña tropical presentando un aumento en los últimos tres años, también estimaron que en el 2014 hubo 1.022.319 Ha cultivadas alrededor del mundo.

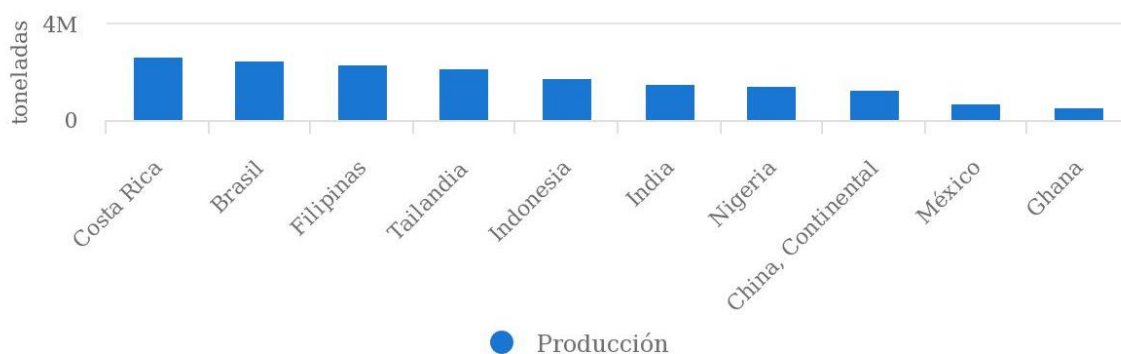
Gráfico 2-1 Producción/Rendimiento de Piña tropical en el mundo 2011-2014



Tomado de (FAO , 2017)

Los países con mayor producción de piña a nivel mundial son: Costa Rica con 2.671.562 Ton seguido por Brasil con 2.510.532 Ton, Filipinas con 2.402.544, Tailandia con 2.244.033 y por último Ghana con 612.010 Ton. Los datos se presentan el Gráfico 2-2.

Gráfico 2-2 Principales países productores en el mundo



Source: FAOSTAT (ene. 04, 2017)

Tomado de (FAO, 2017)

Según lo reportado por el Ministerio de Agricultura 2016 el cultivo de piña cuenta con 16.800 Ha, concentrando su mayor área en los departamentos de Santander, Meta, Valle del Cauca con más del 50% entre Cayena Lisa, Perolera, Manzana, MD-2, Champaca, Queen y Pernambuco. Se estimó que en los últimos 4 años el área cosechada, la producción y el rendimiento han presentado un incremento como lo muestra la Tabla 2-3.

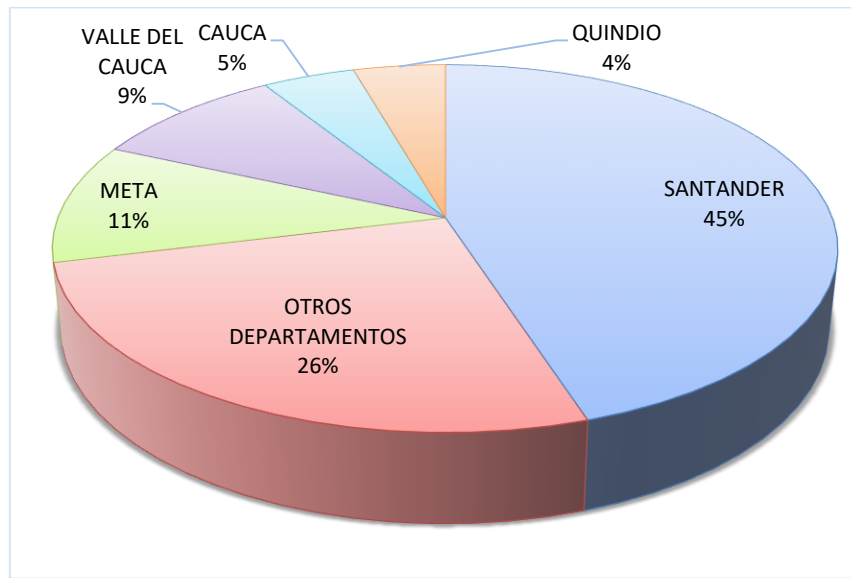
Tabla 2-3 Área, Producción y Rendimiento Nacional 2012-2016

Variable	2012	2013	2014	2015*	2016**
Área	12.851	14.424	15.111	16.800	18.378
Cosechada (ha)					
Producción (Ton)	486.791	644.553	663.004	708.400	801.081
Rendimiento (Ton/ha)	37,9	44,7	43,9	42,17	43,59

Fuente: (Ministerio de Agricultura , 2016)

En el Gráfico 2-3 se puede observar que la mayor producción de Piña a nivel nacional se presenta en el departamento de Santander con un 45% de la participación, seguido de los departamentos de Meta 11%, Valle del Cauca y Cauca con 9% y 5% respectivamente.

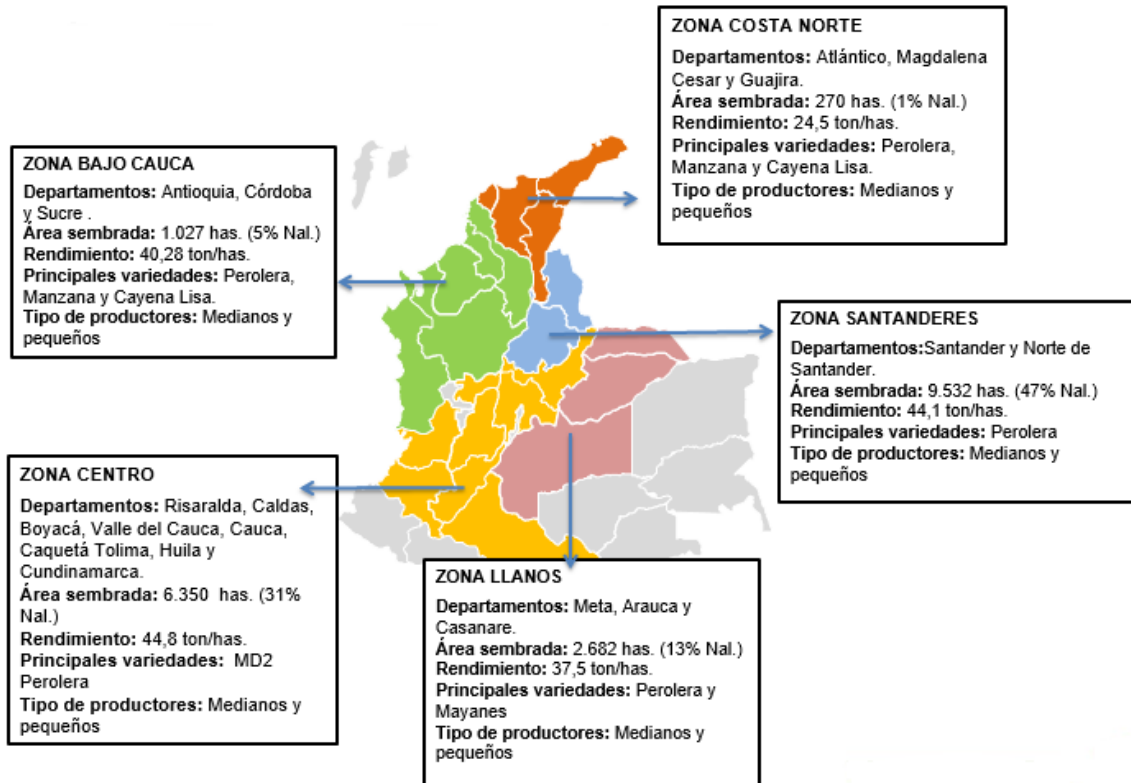
Gráfico 2-3 Participación de producción de Piña por Departamento, 2015



Fuente: (Ministerio de Agricultura , 2016)

En la Figura 2-1 se puede observar a nivel nacional la producción y caracterización de las zonas donde se cultiva piña, la zona de Santander y Norte de Santander son los Departamentos que en mayor porcentaje aportan a la producción sin embargo el rendimiento es mayor en la zona centro con menor área sembrada igual comportamiento presentan la Zona del Bajo Cauca y la Zona de los Llanos

Figura 2-1 Caracterización de Zonas por Producción de Piña



Fuente: (Ministerio de Agricultura , 2016)

## 2.10 Calidad de piña

Una buena calidad de la piña se consigue con buenas practicas desde la etapa de producción en el campo las practicas que se realizan después de la cosecha son para conservar las características que se obtienen en toda la etapa productiva desde la siembra hasta la cosecha.

Hay diversos factores que intervienen y afectan o mejoran la calidad de la fruta entre ellos se encuentran: la variedad, el clima, la fertilización, las plagas y las enfermedades. Los principales atributos de la calidad de la piña fresca son: la forma y tamaño uniforme, aspecto fresco, fruta firme sin deformaciones con una sola corona recta, verde y longitud

media; frutas sanas libres de magulladuras heridas, grietas, quemaduras por el sol, daños por insectos y microorganismos, limpias sin sabores extraños sin humedad externa. (Montero & Cerdas , 2005).

Forma y tamaño: la fruta debe tener forma cilíndrica o ligeramente cónica, con tamaño y forma uniformes. La corona debe estar derecha en dirección del eje de la fruta con longitud media de 1 a 1,5 veces el largo de la fruta de color verde y apariencia fresca.

El color depende de la variedad y del mercado al que irá dirigida la fruta, esta característica inicia en la base de la fruta y se determina generalmente por escalas de 1-5, 1-6 o de 0-7. De 0-1 se refiere a la fruta verde y los números mayores se refieren a frutas 100% de coloración amarilla. (Montero & Cerdas , 2005), según las normas internacionales de los alimentos Codex 1993 las piñas se clasifican en:

Categoría “Extra”: estas piñas de esta categoría deberán ser de calidad superior característicos de variedad y tipo comercial.

Categoría I: las piñas de esta categoría podrán permitirse defectos leves que no afecten su calidad y estado de conservación.

Categoría II: en esta categoría entran las piñas que no pueden clasificarse en las anteriores pero que cumplen con las características generales para el mercado.

Las características anteriormente nombradas son atributos que se pueden evaluar usando las manos, el olfato y la vista no siendo necesario cortar el fruto mientras que para evaluar las propiedades internas del fruto si es necesario hacerlo, las principales evaluaciones internas que se realizan en la piña son: °Brix, acidez, pH y vitamina C.

### 2.10.1 Composición Química

El perfil de nutrientes de la piña es, en general, similar a muchas otras frutas, que contiene altos niveles de carbohidratos y bajos niveles de grasa y proteína. Algunas variedades como la Champaka presentan sólidos solubles totales 12-15, color intenso de la pulpa, en relación con la variedad MD-2 esta presenta un color amarillo más intenso concentraciones altas de vitamina C, alto contenido de fibra, °Brix de 12-17. (Rebolledo, del Andel Pérez, Rebolledo, Becerril, & Uriza, 2006), (Código alimentario CODEX, 1991).

Los principales componentes de la piña en fruta fresca son: agua 85,8%, proteínas 0,4%, lípidos 0,2%, azúcares 9,24% fibras 1,52%; K 170, Ca 20,3, Mg 19,8, P 11, Na 5, Mn 2, Zn 0,66, Fe 0,22, Cu 0,076 en (mg/100g), vitaminas y betacaroteno. Tomado de INFOCOMM, 2011.

El potasio beneficia las características organolépticas del fruto en exceso el K y N afecta el color de la fruta de color blanco poco firme ácido y con un corazón de diámetro grande. (Py, 1968).

La calidad o el sabor de la piña es casi totalmente dependiente el porcentaje de azúcar en la pulpa y no el grado de madurez visual. El contenido de azúcar está fuertemente afectada por la intensidad de la temperatura y la luz durante los últimos 3-4 semanas de crecimiento, y, como consecuencia, el contenido de azúcar en la fruta fresca se ve muy afectada por la temporada, el clima, el grado de madurez a la cosecha y a los métodos de producción agrícola. (Hajar, y otros, 2012)





## **3. Capítulo 3 Materiales y Métodos**

### **3.1 Localización y caracterización de la zona**

La investigación se realizó en el Municipio de Santander de Quilichao, vereda alegrías ubicado en el Departamento del Cauca, Colombia con coordenadas N 03° 30' 53.2" W 076° 18' 02.2'. Cuenta con precipitación anual de 1992 mm al año, temperatura promedio de 27°C y altitud de 1030 m.s.n.m.

### **3.2 Diseño Experimental**

El ensayo se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de veinticuatro unidades experimentales.

#### **3.2.1 Descripción de los tratamientos**

Los tratamientos propuestos por la Universidad fueron establecidos a partir del que establecieron los productores de la región (T2) basado en combinaciones de diferentes niveles de elementos mayores N P K<sup>+</sup>, también, se tuvo en cuenta las relaciones N/K, de la siguiente manera: T3: 50% menos del T2, T4 y T5: 25 y 50% más del T3 respectivamente. El Fósforo se dosificó teniendo en cuenta la finca modelo (T1) T3:20% menos del T1, T4: 10% más del T1 y el T5: 20% más del T1.

Las dosis establecidas para potasio se hicieron en base a la relación N/K entre 0.5 -1.0 ya que relaciones mayores afectan el rendimiento (Puentes, et. Al, 2016.). Los elementos menores  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ , B,  $\text{Cu}^{2+}$ , S se aplicaron de acuerdo a las dosis establecidas por los agricultores.

Tabla 3-1 Descripción de los tratamientos en Kg N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$

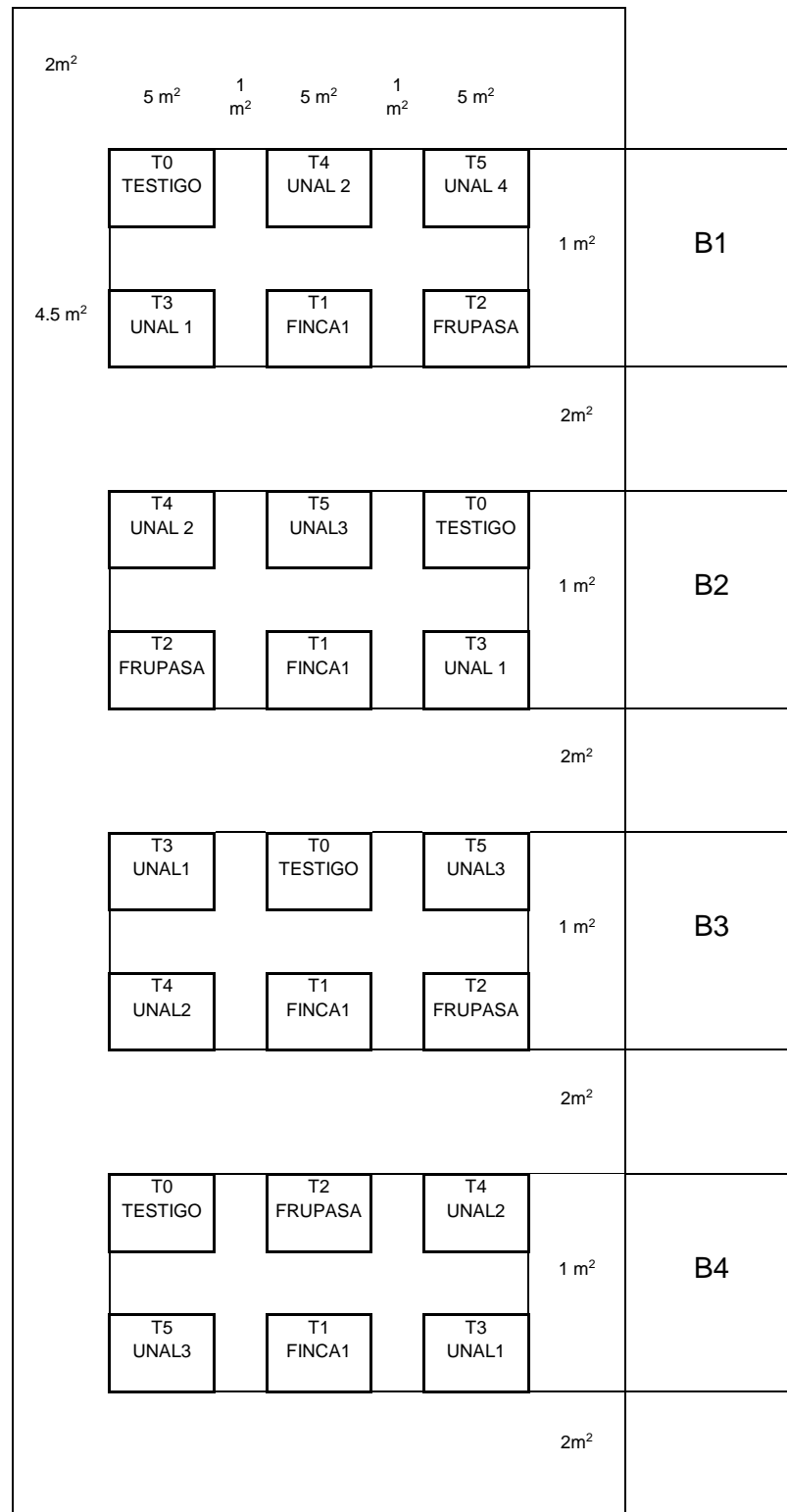
<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b><math>\text{P}_2\text{O}_5</math></b>	<b><math>\text{K}_2\text{O}</math></b>
<b>T0</b>	45	10	75
<b>T1</b>	1980	780	2815
<b>T2</b>	2797	358	3180
<b>T3</b>	1400	624	2000
<b>T4</b>	1760	858	2300
<b>T5</b>	2100	936	2600

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Descripción de las unidades experimentales

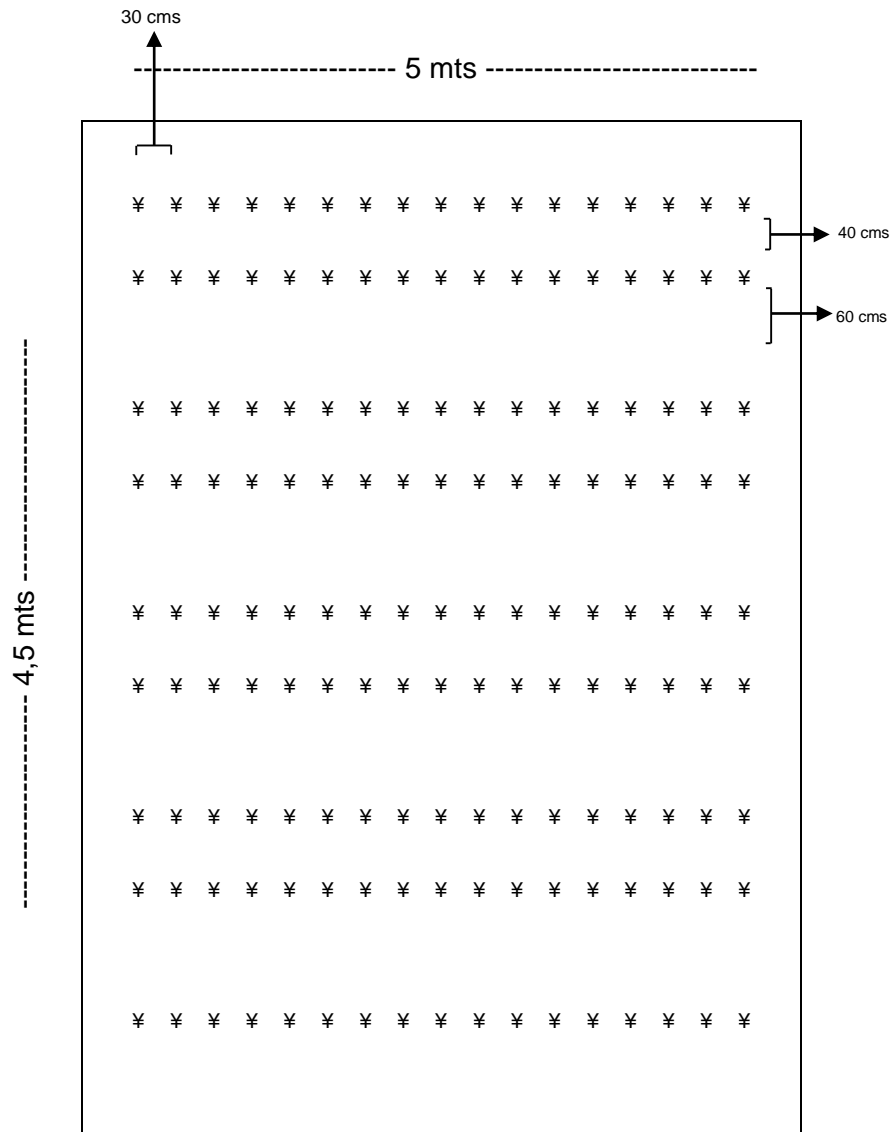
Las UE fueron divididas en parcelas de 4.5 m \* 5 m para un área de 22.5 m<sup>2</sup>, seis parcelas por cada bloque, con una separación de parcelas de 1 m<sup>2</sup> y la separación entre bloques de 2 m<sup>2</sup>, el área total tenía 50 m<sup>2</sup> largo por 20 m<sup>2</sup> ancho.

Figura 3-1 Descripción de las Unidades Experimentales



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-2 Unidades de Muestreo



Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.3 Variables de respuesta evaluadas

Tabla 3-2 Variables Evaluadas

Variables	En suelos	En planta	En fruto
pH	*		
M.O	*		
CIC	*		
Al	*		
Ca	*	*	*
K	*	*	*
Mg	*	*	*
P	*	*	*
N		*	*
B	*	*	*
S	*	*	*
Cu	*	*	*
Zn	*	*	*
Mn	*	*	*
Fe	*	*	*
Na		*	*

Fuente: Elaboración Propia

Las variables evaluadas relacionadas con las características de la planta son las siguientes:

- Análisis de crecimiento
  - Índices de crecimiento
  - Biomasa fresca
  - Biomasa seca
  - Porcentaje de humedad
  - Porcentaje de materia seca
- Curva de crecimiento
  - Diámetro de tallo
  - Altura de la hoja
  - Eficiencia del uso de nutrientes
- Eficiencia de recuperación del fertilizante
- Eficiencia agronómica
- Calidad en fruto

- °Brix
- Vitamina C
- Solidos Totales
- Acidez
- Producción y Rendimiento

### 3.2.4 Análisis estadístico de los resultados

Los resultados fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS con un análisis de varianza (ANOVA), en aquellas variables que presentaron diferencias significativas, se les aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan, además de correlaciones y regresiones.

### 3.3 Técnicas de laboratorio utilizadas para determinar variables de respuesta

Tabla 3-3 Técnicas de Laboratorio utilizadas para determinar las variables de respuesta

Variable	Método	Unidades		Suelos	Planta	Fruto
		Suelos	Planta			
pH	Agua 1:1			*		
M.O	Walkley Black	g/kg		*		
CIC	Acetato de Amonio pH 7 1N	cmol/kg		*		
Al	KCl 1M			*		
Ca			g/kg	*	*	*
K	Ab. At.			*	*	*
Mg			mg/kg	*	*	*
P		mg/kg	g/kg	*	*	*
N	Espectometría		g/kg		*	*
B			mg/kg	*	*	*
S	Turbidimetría			*	*	*
Cu				*	*	*
Zn	Ab. At			*	*	*
Mn				*	*	*
Fe				*	*	*
Na	Em. Atómica				*	*

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.1 Análisis de crecimiento

La estimación de los índices de crecimiento se determinó por medio de los mejores tratamientos comparados con el comportamiento del testigo. Mediante los parámetros de crecimiento, se logra describir cuantitativamente y cualitativamente el crecimiento de la planta, según las formulas usadas por (Hunt , Causton , Shipley , & Askew, 2002)), como:

**Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC):** Incremento en peso seco o de uno de sus órganos por unidad de tiempo.

$$TAC = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}$$

**Tasa Relativa de Crecimiento (TRC):** Eficiencia de la planta como productos de material vegetal.

$$TRC_{1-2} = \frac{\log_e W_2 - \log_e W_1}{T_2 - T_1}$$

**Tasa de Asimilación Neta (TAN):** Indicador de la eficiencia fotosintética promedio, también es denominada tasa foliar unitaria.

$$TAN_{1-2} = \frac{W_2 - W_1 * \log_e Af_2 - \log_e Af_1}{T_2 - T_1 * Af_2 - Af_1}$$

**Relación de Área Foliar (RAF):** Es una medida de balance entre la capacidad fotosintética potencial y el costo respiratorio potencial.

$$RAF_{1-2} = \frac{Af_1/W_1 + Af_2/W_2}{2}$$

**Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC):** Mide los incrementos del parámetro de crecimiento en función del tiempo.

$$TCC_{1-2} = \frac{1}{As} * \frac{(W_2 - W_1)}{T_2 - T_1}$$

### 3.3.2 Área Foliar

Para el área foliar se utilizó un método de referencia, este consistió en seleccionar 15 hojas al azar de diferentes tamaños y edades fenológicas, se copió la silueta en hojas de papel Kraft y después cada una se pasó por el lector de área foliar. Se evaluaron dos métodos para estimar esta variable: a) Se pesó un cuadro de 25 cm<sup>2</sup> de papel kraft y luego de las hojas copiadas anteriormente, con los datos obtenidos se calculó el área foliar de cada hoja según la relación de peso y área para estimar el total de cada una, b) Se hizo la medición del ancho por el largo de la hoja, asumiendo el área de la misma como un rectángulo, para cuantificar el área real de la hoja se determinó un porcentaje de precisión. Para área foliar, en los métodos se utilizó el programa Microsoft Excel 2010, a partir de los datos tomados se realizó una regresión lineal, donde se obtuvo una ecuación y coeficiente de correlación.

### 3.3.3 Contenido de materia seca

Para la determinación de la materia seca se utilizó la fórmula según (Cerdas et al, 2002)

$$\%CMS = \frac{M1}{M0} * 100$$

Donde:

%CMS= Porcentaje contenido de materia seca

M1= Peso final de la muestra



M0=Peso inicial de la muestra

### 3.3.4 Porcentaje de humedad

Para la determinación del porcentaje de materia seca se utilizó la fórmula:

$$\%humedad = 100 - \%CMS$$

### 3.3.5 Eficiencia agronómica (EA) NPK

Indica la cantidad de biomasa cosechable (cantidad de frutos en peso) producida por cada Kg de N, P, K<sup>+</sup> aplicado (Stewart, 2007):

$$EA = \frac{R(f) - R(t)}{NAF} * 100$$

Dónde:

E.A= Eficiencia Agronómica

R (f)= Rendimiento del tratamiento evaluado

R (t)= Rendimiento del tratamiento testigo

NAF= Cantidad del nutriente aplicado del fertilizante

### 3.3.6 Eficiencia de recuperación del fertilizante (ERF) NPK:

Indica la capacidad de la planta para absorber el fertilizante aplicado y asimilarlo hacia el fruto. (Baligar , Fageria , & He, 2001)

$$ERF(\%) = \frac{CN(f) - CN(t)}{NA} * 100$$

Donde:

CN (f)= Cantidad del nutriente recuperado en Txi.

CN (t)= Cantidad de nutriente en el fruto del tratamiento testigo.

NA= Cantidad de nutrimento aplicado con el fertilizante.

### **3.3.7 Calidad en fruto**

Se utilizaron piñas cosechadas 180 días después de la inducción floral, teniendo en cuenta su peso con calidad de primera: 2Kg en adelante y segunda: 1.2 Kg-1.9 Kg, se colectaron 3 frutos por tratamiento para un total de 18 frutos, se cosecharon y fueron transportados hasta el laboratorio de Tecnología de frutas y hortalizas de la Universidad Nacional, Sede Palmira.

### **3.3.8 Análisis químico**

Las características químicas se determinaron en la pulpa de cada una de las submuestras, el pH, la acidez total y los sólidos solubles se determinaron de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 4592 (1999a), NTC 4623 (1999b) y NTC (1999c), los resultados fueron expresados en gramos de ácido cítrico/100 g de pulpa fresca y grados Brix respectivamente. El contenido de Vitamina C se determinó de acuerdo con el protocolo de Oboh (2006), mezclando 5 gramos de pulpa con 100ml de agua destilada y tomando 10 ml de esta mezcla para agregarle 25 ml de ácido acético glacial al 20% para titulación con 2.6 diclorofenol-indofenol; los resultados se expresaron en mg de ácido ascórbico/ 100 g de pulpa fresca, a partir de una concentración estándar de ácido ascórbico. Todas las determinaciones se realizaron por duplicado. Metodología tomada de (Gonzalez , Ordoñez , Vanegas, & Vásquez , 2014) ( Instituto Colombiano de Normas Técnicas. , 1999).

## 3.4 Conducción del experimento

### 3.4.1 Caracterización inicial del lote experimental

Se tomaron muestras de suelo en los primeros 20 cm de profundidad, 2 meses antes de la siembra; cada muestreo estaba compuesto de varias submuestras escogidas al azar de diferentes partes del lote.

### 3.4.2 Corrección del pH del suelo

Considerando que el suelo tenía un pH muy ácido y una concentración elevada de Al intercambiable se tomó la decisión de adicionar una enmienda.

### 3.4.3 Encalado

La necesidad de la cal para aplicar al suelo se determinó mediante la ecuación propuesta por Cochran, et al (1980). Esta se basa en el Al extraído con KCl 1N y en la tolerancia del cultivo al aluminio expresado como porcentaje de saturación de aluminio (PSA) (Zapata, 2004).

$$Rc = 1,8 \frac{[AlKCl - PSA(Al + Ca + Mg)]}{100}$$

Donde

Rc: es el requerimientos de cal en t/ha de suelo.

$Al_{KCl}$ : es el Al intercambiable extraído con KCl 1M expresado en meq/100g de suelo.

PSA: es el porcentaje de Al intercambiable que tolera el cultivo.

Al, Ca y Mg son los cationes extraídos con KCl 1N.

El factor de 1.8 asume que el suelo tiene una densidad de 1.2 y la profundidad a la cual se incorpora la cal es de 20 cm.

Dos meses después del encalado se tomó nuevamente muestras para un análisis de suelo.

### 3.4.4 Determinación de las dosis en gramos por planta aplicada en cada tratamiento

Las dosis de fertilización se obtuvieron a partir de tratamientos asignados en el diseño experimental. El cuadro 1 y 2 muestran las dosis de elementos mayores y menores que se aplicaron durante el ciclo del cultivo respectivamente.

Tabla 3-4 Descripción de los tratamientos, dosis y productos utilizados

Tratamiento	Fertilizante aplicado por planta (g)/UE					
	Urea	Fosfato Diamónico	Cloruro de Potasio [KCl]	Sulfato de Potasio [K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ]	Sulfato de Amonio [(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ]	Fosfato Monoamónico [NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ]
	[CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ]	[(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ]				
<b>T1</b>	8125	2250	6000	4750	750	1500
<b>T2</b>	13000	1750	8125	4500		
<b>T3</b>	5068	4656	3792	4500		
<b>T4</b>	6464	4884	4872	4500		
<b>T5</b>	7528	7444	6264	4500		

Tratamiento	Fertilizante aplicado por planta (g)/UE						
	Sulfato de Magnesio [Mg SO <sub>4</sub> ]	Sulfato de Zinc [ZnSO <sub>4</sub> ]	Sulfato de Hierro [FeSO <sub>4</sub> ]	Sulfato de Cobre [CuSO <sub>4</sub> ]	Ácido Cítrico [C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> ]	Borax [Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ]	Quelato de Calcio
T1	1900	700	350			350	300
T2	800	525	187,5	400	75		
T3	750	500	187,5	375	75		
T4	750	500	187,5	375	75		
T5	750	500	187,5	375	75		

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.5 Marcación y distribución de las parcelas

La marcación y distribución de parcelas el método del teorema de Pitágoras de ángulo recto de medidas 3, 4, 5 para

### 3.4.6 Selección de semillas

Se seleccionaron semillas axilares de peso entre 250 g y 300g.

### 3.4.7 Siembra

Se estableció a una densidad de siembra de 66.600 por hectárea , 15 cm de profundidad en el suelo, la siembra de la semilla se realizó en un sistema de surcos dobles hileras la distancia entre plantas fue de 30 cm, distancia entre hileras fue de 40 cm y la distancia entre pachas de 60 cm.

### **3.4.8 Desinfección de la semilla**

Se realizó desinfección de todas las semillas in situ aplicando inmediatamente después de la siembra con aspersora de espalda una mezcla de 50 gr de Fosetyl de Aluminio + 30 cc de Clorpirifos + 200 gr de sulfato de zinc en 20 litros de agua.

### **3.4.9 Manejo de arvenses**

Se aplicó 20 días después de la siembra una mezcla de Karmex 200 gr + Gesapax 200 cc + Fosetyl de aluminio 40cc + 200 gr de Urea en 20 lts de agua, se realizó una sola aplicación durante todo el ciclo del cultivo, las malezas más frecuentes fueron gramíneas y malezas de hoja ancha, el control posterior se realizó manualmente, para controlar algunos focos de gramíneas se aplicó un herbicida selectivo como Fusilade.

### **3.4.10 Fertilización**

Las aplicaciones de los niveles de fertilización se realizaron dividiendo el total de nutrientes entre 16 aplicaciones, las cuales se iniciaron a las tres semanas después de la siembra y se continuó cada 15 días, hasta el noveno mes. Las cantidades de nutrientes se disolvieron en 50 litros por cada aplicación y se distribuyeron en forma homogénea en cada tratamiento

### **3.4.11 Monitoreo de plagas y enfermedades**

Se evaluaron plantas de Piña variedad MD-2 (6 tratamientos \* 3 repeticiones= 18 plantas) evaluadas durante 5 épocas del cultivo para un total de 90 plantas para analizar absorción de nutrientes. Para el análisis de crecimiento se colectaron 144 plantas completas.

### 3.4.12 Muestreos

Se realizaron los monitoreos en campo para prevenir la incidencia de plagas y enfermedades que afectan la piña desde temprana edad. Se llevaron registros durante todo el ciclo del cultivo. Se utilizó metodologías convencionales como la toma de muestras de plantas al azar tres plantas por parcela con frecuencia de 30-60 y 90 días, se calificó en porcentaje de daño y aparición de la plaga según la siguiente fórmula:

$$\%Daño = \frac{N_{total\ de\ plantas\ afectadas}}{N_{total\ de\ plantas\ muestreadas}} * 100$$

La misma fórmula se consideró para evaluar y monitorear enfermedades como Phythophtora. Las plagas encontradas fueron: Cochinillas Dismicocus brevinpes y sinfilidos Hanceniella ivorencis. Se encontraron niveles muy bajos de incidencia de Phythophtora, su control se realizó con fungicidas sistémicos como el Aliette (Fosetil- Al) y en los focos se aplicó Ridomil.

El control se realizó cada mes mezclando 1.5 cc y 2 g de fosetyl de aluminio con la solución de fertilizante.

### **3.4.13 Inducción floral**

El tiempo de inducción floral (TIF) se determinó por los siguientes parámetros como peso de la planta (3.3-3.5 kg) se inició la inducción a los 240-270 días, se aplicó inductor floral comercial cuya molécula corresponde a la acción de  $C_2H_4$ , las dosis aplicadas fueron las recomendadas 140-160 cc/ 200 2 kilos de urea litros de agua, no se realizó reinducción.

A los 45 días inicio la aparición de los escapos florales con una efectividad del 95%.

Después de la inducción floral a los 45-50 días se realizó una aplicación de insecticida para controlar thecla Tecla Basiliades

### **3.4.14 Cosecha**

La cosecha se realizó por separado cada tratamiento de forma manual a los frutos que hayan alcanzado la madurez fisiológica más o menos a los 170-180 días después de la inducción floral, luego se clasificaron, se pesaron y se registraron los pesos por tratamiento.



## 4. Capítulo 4 Resultados y Discusiones

### 4.1 Resultados

#### 4.1.1 Caracterización inicial del suelo

De acuerdo a los resultados del análisis que aparecen en la Tabla 4-1, muestra que este suelo presenta problemas de acidez, tiene un pH bajo con respecto al rango normal establecido por (Zapata H., 2004) (Ramírez R., 2002), esta acidez coincide con los valores altos de aluminio intercambiable, M.O normal, contenido bajo para Ca, Mg, K, Fe, S, Mn, Medio para Cu, Zn, P normal y CIC bajo.

Tabla 4-1 Resultado Análisis de suelo 1

Ph	M.O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	AL	CIC	P	B	S	Cu	Zn	Mn	Fe
		cmol/kg					mg/kg						
3,6	7,83	1,01	0,18	0,16	4,29	5,66	12,14	0,63	65,16	1,18	2,48	3,34	19,7

#### 4.1.2 Efecto de la enmienda sobre las propiedades químicas del suelo

Considerando los resultados del análisis de suelo, y luego de aplicar una enmienda se realizó nuevamente un análisis de suelo.

52 Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD-2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao

Al comparar los dos análisis de suelos se puede evidenciar que después de haberse aplicado la enmienda al suelo no hubo cambio en el pH como se presenta en los resultados de la Tabla .3-2 (Ramírez R., 2002), afirma que esto se debe a la alta capacidad tampón o buffer que tiene el suelo es decir a la capacidad del suelo para resistir el cambio de pH cuando se agregan ácidos o bases. Por lo tanto mientras mayor es la capacidad buffer del suelo mayor es la necesidad de base o ácido para producir un cambio en el valor del pH (Tan , 1993)

Tabla 4-2 Efecto del encalado sobre las propiedades químicas del suelo

pH	M.O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	AL	CIC	P	B	S	Cu	Zn	Mn	Fe
		cmol/kg					mg/kg						
3,6	8,38	1,25	0,43	0,26	2,78	4,72	18,92	0,77	137,57	1,14	3,01	7,29	50,44

\* Resultado posterior a la aplicación de la enmienda, Octubre 6 de 2015.

Como se puede observar en la tabla 4-2 después de haberse encalado disminuyó el contenido de aluminio. (Zapata H., 2004), afirma que cuando al suelo se le aplican carbonatos disminuye la actividad del Al<sup>3+</sup> y se forman especies hidrolizadas como Al(OH)<sub>3</sub> insolubles, eliminando así la toxicidad del aluminio. Sin embargo se debe destacar que se disminuyó cierta cantidad de aluminio pero no la cantidad suficiente para contrarrestar la extrema acidez presente en el suelo.

Con base en los análisis de suelos se observó un incremento en el contenido del fosforo (P) disponible. Según (Luzuriaga T., 1970), estos efectos beneficiosos de P pueden resultar de la inactivación del Al.

Los efectos de la cal en la disponibilidad del fosforo, pueden depender del grado en que el fosforo sea fijado por las superficies absorbentes o por reacciones con aluminio intercambiable (Smyth & Sánchez , 1980) (Sánchez P. & Salinas J., 2008).

(Sánchez P. & Salinas J., 2008) (Serpa & González , 1979) Afirman que varios estudios con suelos ácidos en América Latina han mostrado que al neutralizar el aluminio intercambiable mediante el encalado disminuye la fijación de fósforo y por ende aumenta su disponibilidad en la solución del suelo.

El contenido de las bases de cambio (Ca, Mg y K) aumentó con la aplicación de cal. (Serpa & González , 1979), manifiestan que este aumento ocurre en función a la disminución del contenido de aluminio. Ellos encontraron una correlación negativa ( $r = -0,38$ ) entre el contenido de las bases y el contenido de aluminio.

Se determinó que la Capacidad de intercambio Catiónico Efectiva disminuyó con la aplicación de cal. Esto se debe a que la CICe está estrechamente relacionada con el contenido de pH del suelo y con el contenido de materia orgánica del mismo. Los mayores aumentos en el número de cargas negativas se encuentran en suelos con carga variable, es decir en suelos altos en materia orgánica (Sadzawka R. , 1988); esto explica la razón por la que no se dio un aumento la CIC ya que este suelo presenta un bajo contenido de materia orgánica y sumado a esto el pH bajo del suelo que no presentó ningún cambio.

### **4.1.3 Absorción y distribución de nutrientes**

El análisis de varianza muestra que existen diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos en el contenido foliar de: N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn, Fe, S, B, además no se presentan diferencias en S por efecto de los tratamientos.

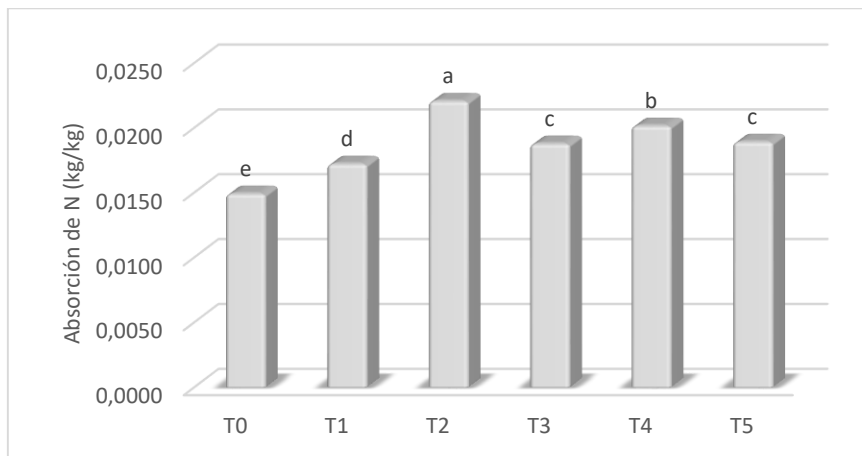
En relación a la época de muestreo, los nutrientes presentaron las mismas diferencias que por efecto de los tratamientos a excepción de S que presentó diferencias significativas Por efecto de la época de muestreo y no hay diferencias significativas en los muestreos para Mg.

#### 54 Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD-2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao

---

Como se observa en el Gráfico 4-1, generada a partir de la prueba de comparación de medias de Duncan, los mayores valores de absorción de N se presentaron en los tratamientos T2 y T4 seguidos por T5, T3, T1 y T0.

Gráfico 4-1 Absorción de N en kg/kg a nivel foliar por tratamiento



Fuente: Elaboración Propia

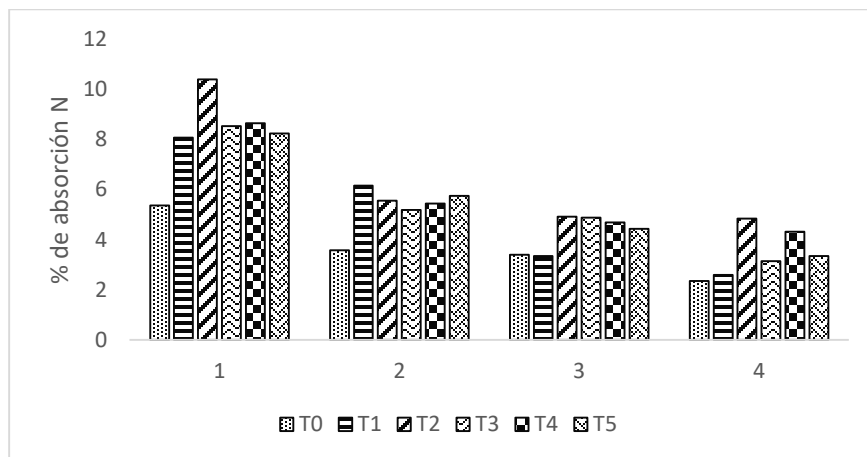
El contenido de N en el total de peso seco varía entre 1.5 - 5% (Azcón Bieto & Talón, 2008) en el mismo sentido (Rodríguez Gómez , 2010) indica que la concentración media foliar en piña está entre 1.5% a 2.7%. De acuerdo al Gráfico 4-1 el T2 acumuló 0,02 kg de N, eso es similar a expresar el 2% N del total de la materia seca durante el ciclo del cultivo en el área foliar, valores que concuerdan con los autores antes mencionados, los tratamientos T4, T3, T5, T1, presentaron concentraciones consideradas entre los valores normales, mientras que el T0 presenta valores bajos.

En relación a la distribución porcentual del nitrógeno por época de muestreo, para todos los tratamientos el mayor porcentaje de acumulación de N se presentó en el etapa inicial o sea los primeros tres meses después de la siembra y fue disminuyendo a los 6,9 y 12 meses después de la siembra, comportamiento que coincide con lo reportado por (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodriguez, 1996) quienes afirman que de acuerdo a varias investigaciones en general observaron que disminuye la concentración de N en las hojas

con el aumento de la edad del cultivo atribuyendo esto al efecto de dilución provocado por el gran aumento del tejido vegetal, sin embargo este comportamiento no coincide con la investigación realizada por (Malézieux & Bartholomew, 2003) que reportan que durante los cuatro primeros meses el requerimiento de N es bajo y (Gambin & Herrera, 2012) que en su investigación reportan que entre los tres primeros meses después de la siembra hasta los doce meses el contenido de N aumentó drásticamente; igualmente (Sánchez Peña & Caraveo López, 1996) asegura que la absorción de nutrientes durante los seis primeros meses es baja y que a partir del mes siete hay mayor demanda hasta el mes doce.

De acuerdo a (Py, 1968) no se deben establecer relaciones entre el contenido de N en las hojas y la reacción de las plantas debido a que sobre esta influyen diversos factores que intervienen en como la planta utiliza el N para realizar síntesis de proteínas, este proceso está en función de la temperatura, de la intensidad luminosa y el suministro de CO<sub>2</sub>. Además hace énfasis en que la planta varía las necesidades de N dependiendo de la localidad y las características del clima.

Gráfico 4-2 Distribución porcentual de N en diferentes épocas de muestreo a nivel foliar

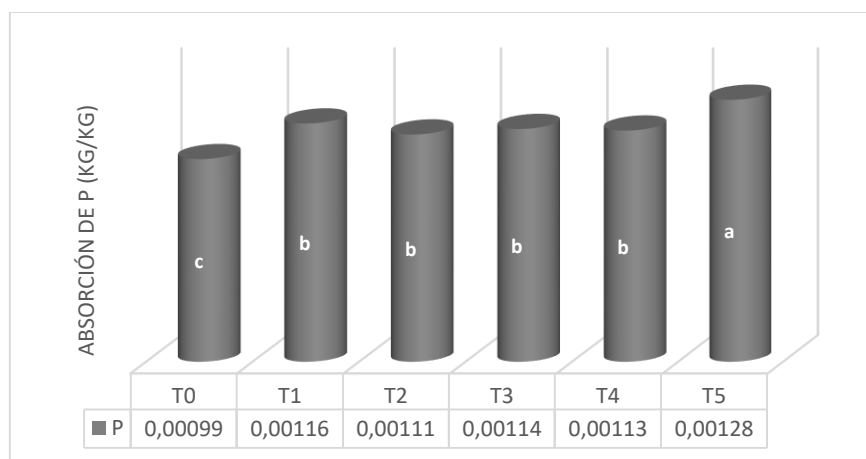


Fuente: Elaboración Propia

En relación al Gráfico 4-2 podemos decir que el cultivo en condiciones de Santander de Quilichao absorbe mayor cantidad de nutriente los primeros tres meses o que las concentraciones del colino sembrado tenían alto contenido de N, además se debe tener en cuenta que las primeras dosis de fertilización fueron más altas, en cuanto a los tratamientos comparado con la absorción total de nutriente

En el Gráfico 4-3 se presentan los valores absorbidos de P, los tratamientos T5 y T1 presentaron los mayores valores de concentración de P seguidos por T4, T3, T2 y T0. El tratamiento T5 presentó una concentración de 0,013% del peso total en materia seca valores considerados normal-bajo por (Taiz & Zeiger, 2006) y (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996). Para el laboratorio de servicios agrícolas y ambientales de la Universidad de Georgia (2011) el contenido de P varía considerablemente entre cultivos y depende del ciclo en que se encuentre, adicionalmente cuando se presentan bajos contenidos de P se podría atribuir entre otros a insuficiencias altas de P en el suelo o a un sistema de raíces limitado, caso que se presenta en los suelos donde se desarrolló el experimento, el cual posee bajos contenidos de fósforo y altos valores de aluminio, lo que limita la disponibilidad para la planta.

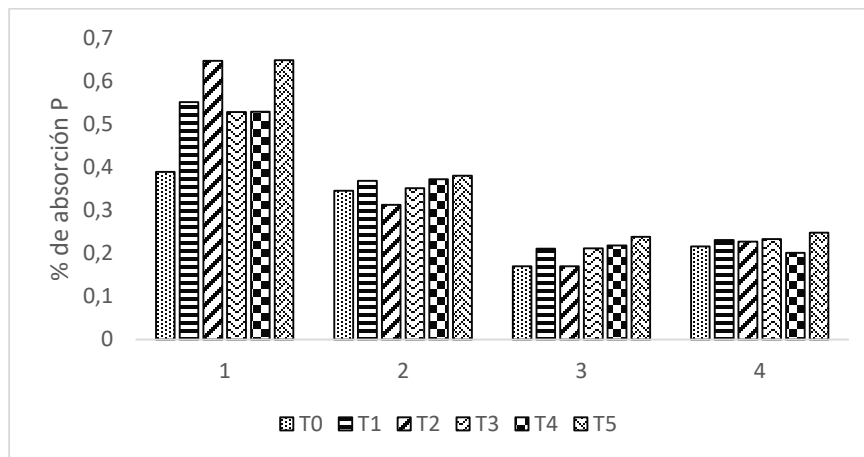
Gráfico 4-3 Absorción de P en kg/kg a nivel foliar por tratamiento



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en el Gráfico 4-4, **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la acumulación de P fue mayor los primeros seis meses después de la siembra para los 9 y 12 la acumulación disminuyó y se comportó similar en casi todos los tratamientos, el tratamiento que tuvo un comportamiento relativamente mayor fue el T5.

Gráfico 4-4 Distribución porcentual de Fósforo en diferentes épocas de muestreo

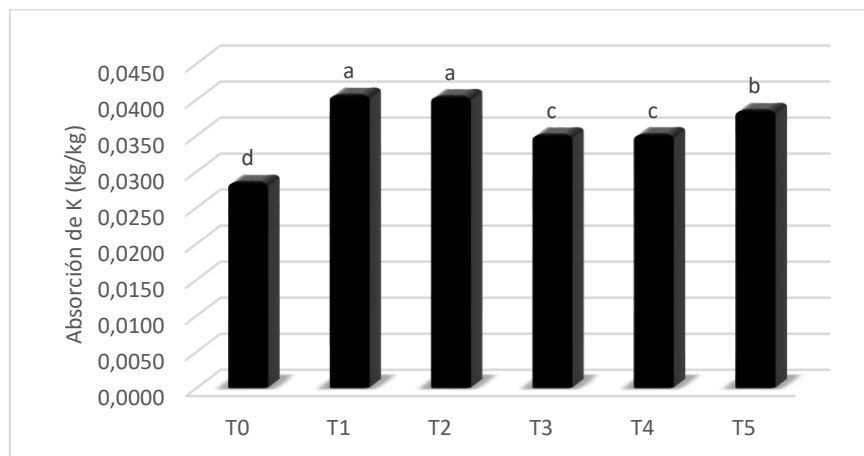


Fuente: Elaboración Propia

Según (Cruz, Herrera, & Murillo, 2013) los valores de P absorbidos por el cultivo de piña son 70 kg/Ha., lo reportado por (Py, 1968) es entre 13-75 kg/Ha de acumulación de P. en cuanto al contenido de P en las hojas (Py, 1968) reporta 0,09%P/MS total, afirma que este contenido debe aumentar con la edad de las plantas y que la mayor absorción de P es en la diferenciación floral; además añade que es importante basarse en la relación K/P y que esta debería mantenerse en 12/1. Según (Gambin & Herrera, 2012) las primeras 14 semanas del ciclo la disponibilidad de P es esencial para estimular el sistema radical de la planta. Para otros autores durante las fases iniciales del crecimiento las necesidades de P son moderadas y cuando el cultivo entra en la etapa de fructificación la planta empieza a demandar mayores cantidades de P (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996), de esta manera podríamos deducir que el cultivo acumula P para luego ser utilizado durante todo el ciclo ya que el porcentaje de absorción disminuye conforme avanza la edad de la planta. (Marschner, 1995) Afirma que en condiciones de suministro adecuado de P las vacuolas de las células almacenan entre el 85 – 95% de P.

Los valores presentados en el Gráfico 4-5, muestran que la mayor acumulación de K la presentaron los tratamientos T1, T2, seguidos por T5, T3, T4 y T0 respectivamente.

Gráfico 4-5 Absorción de Potasio Kg/Kg a nivel foliar en los tratamientos evaluados



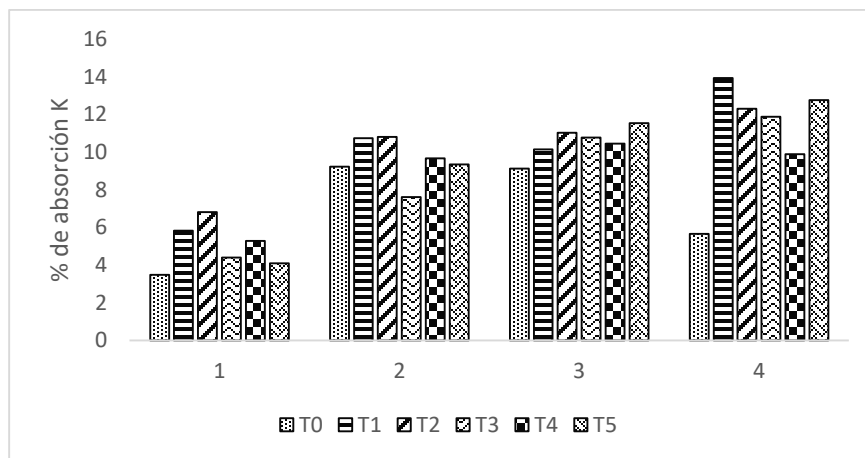
Fuente: Elaboración Propia

Para (Taiz & Zeiger, 2006) las concentraciones adecuadas de elementos necesarios para las plantas es del 1% K/MS total; en relación a la piña específicamente para (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996) la concentración adecuada de K/ MS total esta entre 3,9-5,7%, manifiestan que la piña demanda grandes cantidades de este elemento comparado con otros cultivos y además es el que en mayor concentración se presenta en los distintos órganos de la planta, según el Gráfico 4-6 la absorción K para el T1, T2 y T5 fue de 0,0406, 0,0404 y 0,0385 valores que concuerdan con lo reportado por (Peña Arderi, Díaz Álvarez, & Martínez Rodríguez, 1996), este comportamiento de absorción de K es normal, ya que es un elemento muy móvil en la planta y no hace parte de ninguna estructura.

La acumulación del K se comportó como lo muestra el Gráfico 4-6, durante los tres primeros meses después de la siembra tuvo una baja acumulación, después de los seis meses fue incrementando la acumulación en la mayoría de los tratamientos.



Gráfico 4-6 Porcentaje de Absorción de K



Fuente: Elaboración Propia

El comportamiento del cultivo en % de absorción de K en esta investigación concuerda con lo reportado por (Malézieux & Bartholomew, 2003) reportan que las necesidades K las primeras etapas del cultivo son bajas, afirman que cuando se presentan tasas altas de acumulación de K los primeros meses después de la siembra se puede atribuir este comportamiento a que la semilla sembrada acumuló grandes cantidades del elemento durante su ciclo productivo ya que la planta es eficiente en la extracción de K, este comportamiento coincide con la investigación realizada por (Gambin & Herrera, 2012) que reportan demanda alta de K desde la semana 0.

En la Tabla 4-3, se presenta el comportamiento de los nutrientes en los diferentes nutrientes a nivel foliar y en fruto, según lo reportado por (Vásquez Amariles, Saavedra, & Saavedra, 2012) el orden de extracción de elementos es el siguiente: K>N>Ca>Mg>S>P>Fe>Mn>Zn>B>Cu, datos que concuerdan con lo reportado por (Morales Granados & López González, 2003).

Tabla 4-3 % absorción de nutrientes de mayor a menor en 5 diferentes épocas de muestreo

<b>T0</b>	<b>M1</b>	N	K	Ca	Mg	S	P	Mn	Fe	Na	Zn	Cu	B
	<b>M2</b>	K	N	Ca	Mg	S	P	Mn	Na	B	Zn	Cu	Fe
	<b>M3</b>	K	N	Ca	Mg	S	P	Mn	Na	Zn	Cu	B	Fe
	<b>M4</b>	K	N	Ca	Mg	S	P	Mn	Na	Zn	B	Cu	Fe
	<b>M5</b>	K	N	P	Ca	Mg	S	Na	B	Fe	Mn	Zn	Cu
<b>T1</b>	<b>M1</b>	N	K	Ca	Mg	S	P	Fe	Mn	Na	Zn	B	Cu
	<b>M2</b>	K	N	Mg	S	Ca	P	Mn	Na	Zn	B	Cu	Fe
	<b>M3</b>	K	N	Ca	Mg	S	P	Mn	Na	B	Zn	Cu	Fe
	<b>M4</b>	K	N	Ca	S	Mg	P	Mn	Na	Zn	B	Cu	Fe
	<b>M5</b>	K	N	P	Ca	Mg	S	Na	B	Fe	Mn	Zn	Cu
<b>T2</b>	<b>M1</b>	N	K	Ca	Mg	S	P	Mn	Fe	Na	Zn	Cu	B
	<b>M2</b>	K	N	Ca	S	Mg	P	Mn	Na	Zn	Cu	B	Fe
	<b>M3</b>	K	N	S	Mg	Ca	P	Mn	Na	Zn	Cu	B	Fe
	<b>M4</b>	K	N	S	Ca	Mg	P	Mn	Na	Zn	B	Cu	Fe
	<b>M5</b>	K	N	P	Ca	Mg	S	Na	B	Fe	Mn	Zn	Cu
<b>T3</b>	<b>M1</b>	N	K	Ca	Mg	S	P	Fe	Mn	Na	Zn	Cu	B
	<b>M2</b>	K	N	S	Mg	Ca	P	Mn	Zn	Na	Cu	B	Fe
	<b>M3</b>	K	N	S	Ca	Mg	P	Mn	Na	Zn	Cu	B	Fe
	<b>M4</b>	K	N	Ca	S	Mg	P	Mn	Na	Zn	B	Cu	Fe
	<b>M5</b>	K	N	P	Ca	Mg	S	Na	B	Fe	Mn	Zn	Cu
<b>T4</b>	<b>M1</b>	N	K	Ca	Mg	S	P	Fe	Mn	Na	Zn	Cu	B
	<b>M2</b>	K	N	Ca	Mg	S	P	Mn	Na	Zn	Cu	B	Fe
	<b>M3</b>	K	N	Ca	Mg	S	P	Mn	Na	Zn	Cu	B	Fe
	<b>M4</b>	K	N	Ca	Mg	S	P	Mn	Na	Zn	B	Cu	Fe
	<b>M5</b>	K	N	P	Ca	Mg	S	Na	B	Fe	Mn	Zn	Cu
<b>T5</b>	<b>M1</b>	N	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	Zn	Na	Cu	B
	<b>M2</b>	K	N	S	Mg	P	Ca	Mn	Na	Zn	Cu	B	Fe
	<b>M3</b>	K	N	Ca	S	Mg	P	Mn	Na	Zn	Cu	B	Fe
	<b>M4</b>	K	N	Ca	Mg	S	P	Mn	Na	Zn	B	Cu	Fe
	<b>M5</b>	K	N	P	Ca	Mg	S	Na	B	Fe	Mn	Zn	Cu

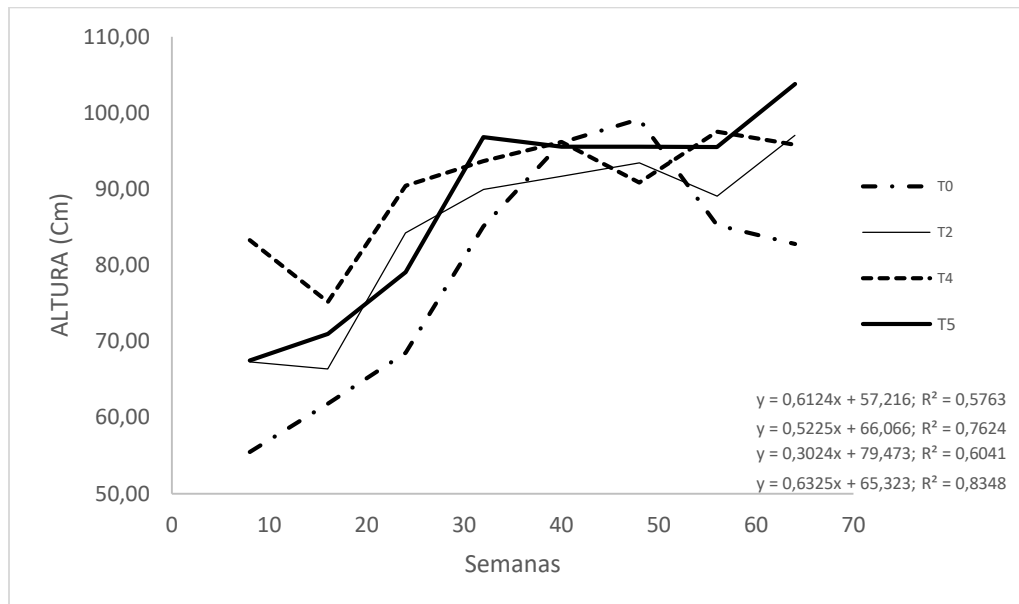
Fuente: Elaboración Propia

### 4.1.4 Análisis de crecimiento

El Gráfico 4-7 muestra el efecto de los tratamientos en la altura (cm) de la planta semanas después de la siembra, el tratamiento con mejor comportamiento fue el T5 con una media de 103,8 cm, mientras que, el T2 obtuvo el comportamiento más bajo respecto al T0 con una media de 97,05 cm.

En el inicio del cultivo el T5 indica una curva sigmoidea que se muestra de forma exponencial en la etapa vegetativa, este crecimiento drástico se da porque la planta se encuentra en etapa vegetativa y los tejidos meristemáticos se dividen intensamente para formar hojas (Morales Granados & López González, 2003), en la etapa reproductiva se establece de forma lineal, durante la etapa vegetativa a la de transición de la diferenciación floral la planta experimenta una serie de cambios especialmente en el tamaño. (Morales Granados & López González, 2003)

Gráfico 4-7 Altura (cm) por Semana

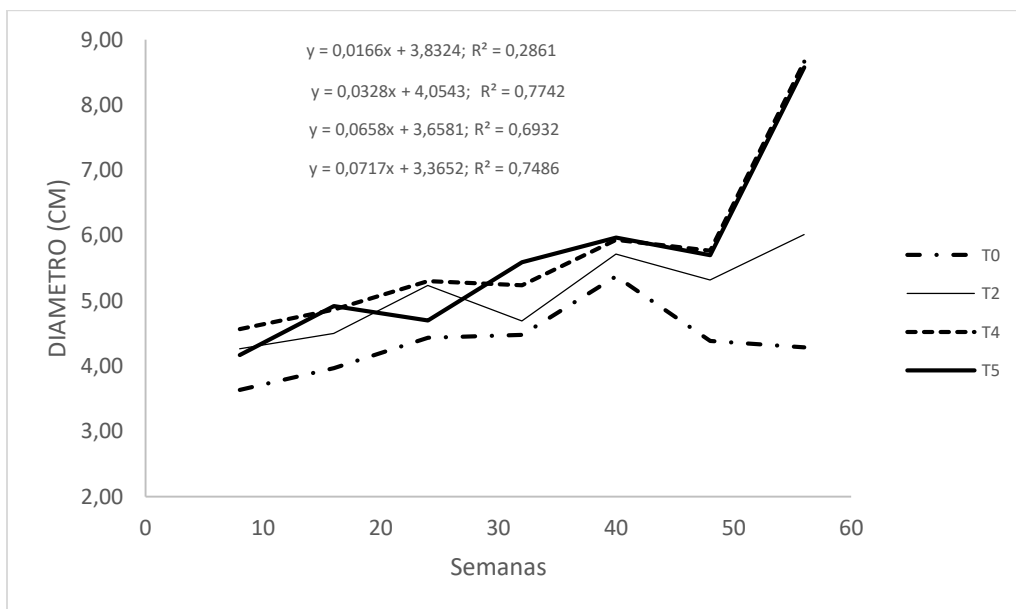


Fuente: Elaboración Propia

Todos los tratamientos presentaron un comportamiento parecido, incremento de la altura durante las primeras semanas, el pico más alto ocurrió en el momento de la diferenciación, y luego de esta etapa hubo una tendencia lineal, pero algunos tratamientos presentaron retardo en el crecimiento o crecimiento negativo. Los tratamientos donde se presentó la menor altura fueron T0 y T2. Los retrasos en la altura de la planta pueden deberse a que las relaciones entre los nutrientes no estén equilibradas en estos tratamientos.

En cuanto al efecto de los tratamientos en el diámetro de tallo, en el Gráfico 4-8 se establecen crecimientos similares a la altura en todas las etapas del cultivo, con excepción del T4 que a partir de la semana 50 su comportamiento es igual al T5.

Gráfico 4-8 Diámetro de tallo (cm).



Fuente: Elaboración Propia

En los Gráficos 3-9 y 3-10 se presentan la acumulación de la biomasa fresca y seca total de la planta (hoja, tallo, pedúnculo, raíz y fruto) se realizó la sumatoria total de la biomasa de la piña que muestra un aumento significativo, es decir, que el crecimiento fue relativamente constante en cada uno de los órganos de la planta.

El T4 presentó mayor acumulación en materia fresca, lo que se traduce en el aumento del tamaño de los órganos de la planta, afirmación que coincide con los datos reportados por Jiménez (1999) quien menciona que en esta fase de desarrollo, las plantas de piña alcanzan un peso promedio de 1800 g (MF). Por su parte en la materia seca el T5 presentó mayor acumulación de esta.

De acuerdo al Gráfico 4-9 sobre biomasa fresca, el comportamiento de las curvas fue exponencial, pero al inicio se notó una acumulación lenta debido al estrés por trasplante, manipulación, adaptación al suelo y las fuertes temperaturas que se presentaron por el fenómeno del niño. Después de la semana 20 se presentó mayor acumulación debido a un desarrollo precipitado de los procesos fisiológicos en la planta.

Gráfico 4-9 Biomasa fresca total a lo largo del ciclo de cultivo para cada tratamiento

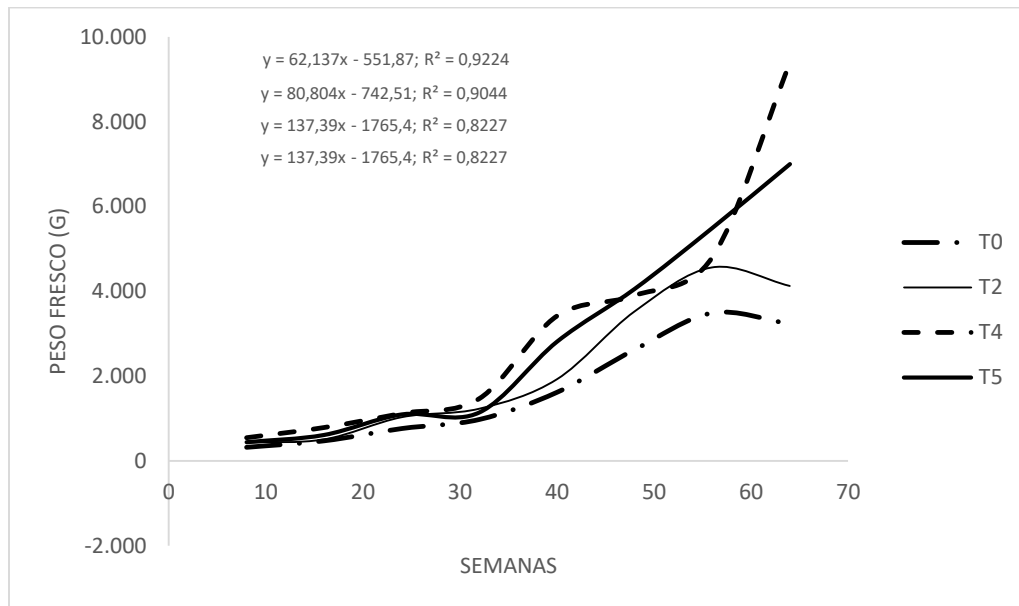
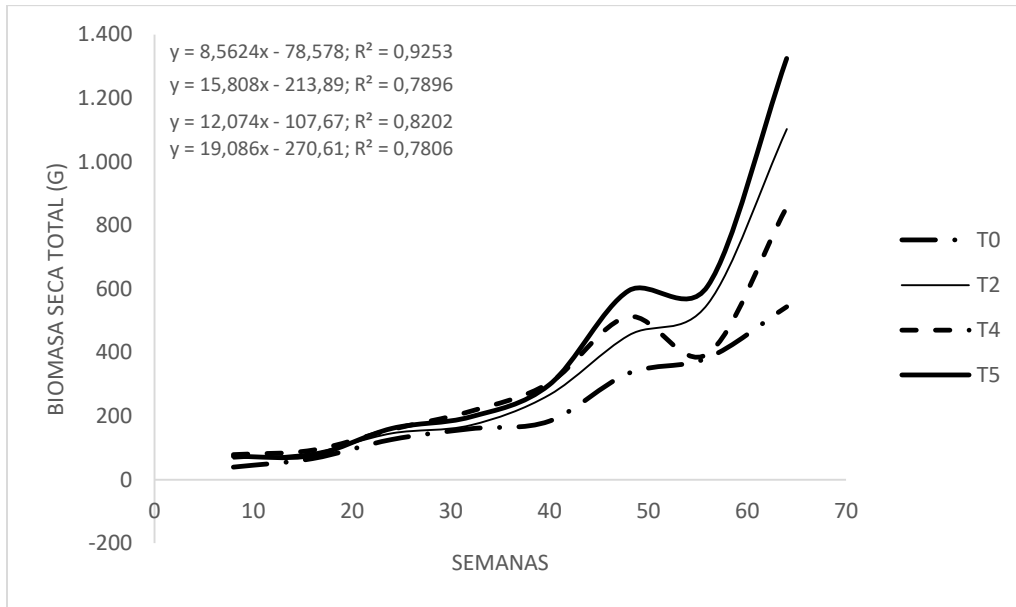


Gráfico 4-10 Biomasa seca total a lo largo del ciclo de cultivo para cada tratamiento

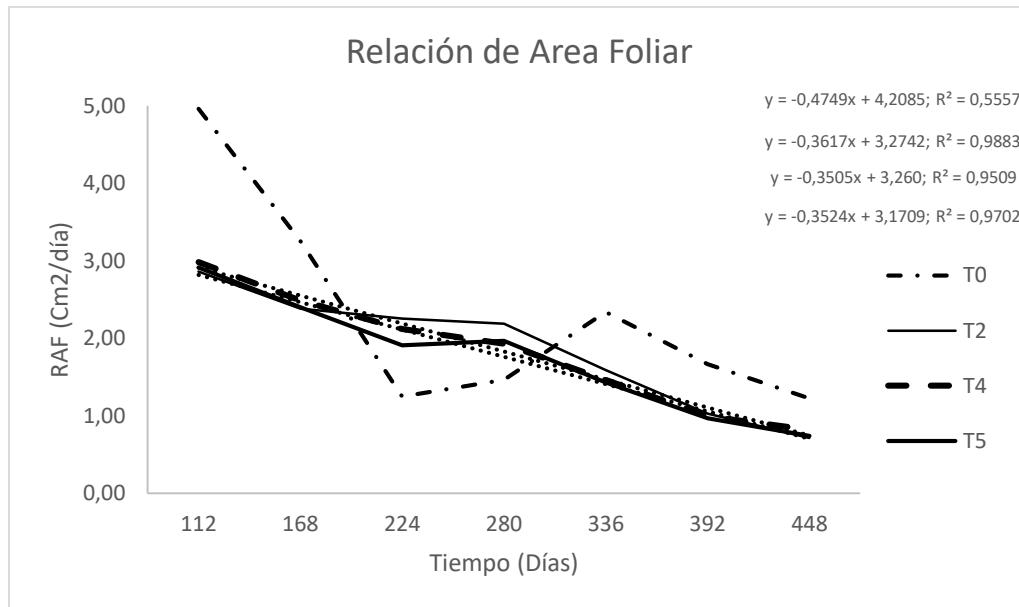


Fuente: Elaboración Propia

- Índices de Crecimiento

La RAF en este caso es moderadamente decreciente desde los días 112 hasta los 448 días, según Santos, M. et. al. (2010), esta reducción progresiva de la RAF se debe al incremento de la relación biomasa total y costo respiratorio.

Gráfico 4-11 Comportamiento de la Relación de Área Foliar en plantas de piña a través del tiempo para los diferentes tratamientos



Fuente: Elaboración Propia

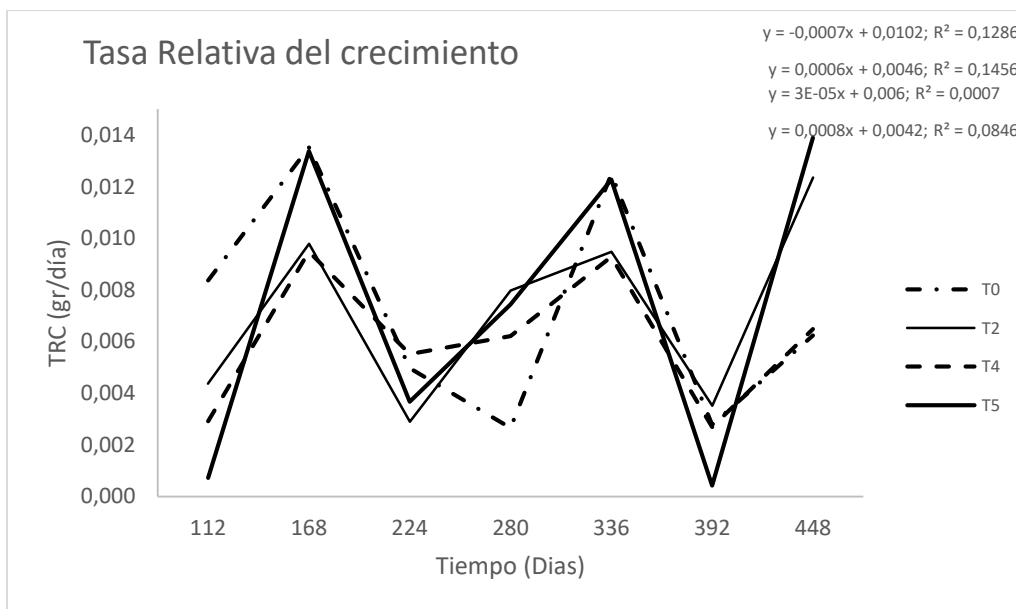
En las primeras semanas de crecimiento del cultivo, la relación de área foliar fue alta, presentándose el mayor valor para el T0, sin embargo su comportamiento a los días siguientes fue irregular, debido a la deficiencia nutricional, esto por ser el tratamiento testigo y por ende no se suministraba las necesidades nutricionales adecuadas; para los otros tratamientos su comportamiento es similar a lo largo del ciclo del cultivo; Según lo citado por Santos, M. et. al. 2010, tomado de Clavijo en 1989, se presentan valores altos en las etapas iniciales porque hay una mayor capacidad fotosintética potencial y un bajo costo respiratorio potencial, también las hojas están expuestas a la RAF.

▪ **Tasa de Relativa del Crecimiento**

En TRC, el comportamiento general para todos los tratamientos fue para los 168, 336 y 448 días se presentaron picos altos, indicando la acumulación de biomasa de la planta; para los 112, 224 y 392 días se muestran picos bajos. Estas acumulaciones irregulares se presentan porque en el caso de los picos bajos, las plantas no eran fisiológicamente

eficientes en la elaboración de biomasa y en los picos altos, la etapa inicial de desarrollo del cultivo indicó que las plantas fueron más eficientes en la elaboración del nuevo material. (Barrera, J. et. al. 2010), según el estudio por Gil, A. I. Miranda, D. (2007), tomado de Mazorra et al. 2003, el parámetro de crecimiento TCR es muy sensible a las condiciones climáticas donde se estableció el cultivo, aparte de esto Gil, A. I. Miranda, D. (2007). Tomado de Barranza et al 2004, indicó que la correlación que hay entre el crecimiento y desarrollo de algunas partes de la planta, se manifiesta en términos de suministro y demanda, es decir, entre más activo este el crecimiento de una parte de la planta, más demanda del material disponible requiere y restringirá el desarrollo en otras partes.

Gráfico 4-12 Comportamiento de la Tasa Relativa del Crecimiento en plantas de piña a través del tiempo para los diferentes tratamientos. \*T0= Testigo, T2= Finca San Rafael, T4= Unal 2 y T5= Unal 3



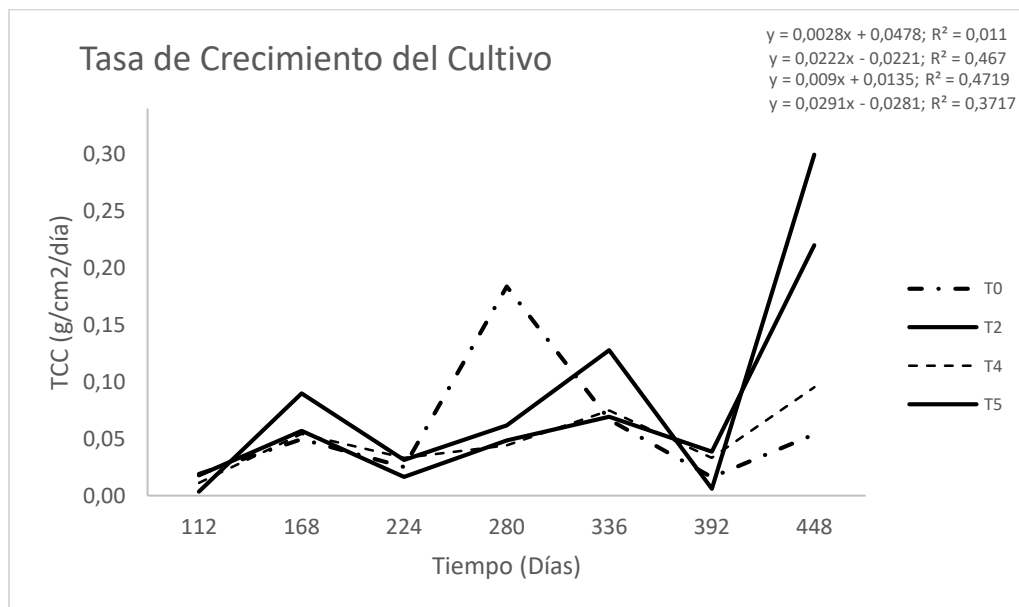
Fuente: Elaboración Propia



**Tasa de Crecimiento del Cultivo**

Para la TCC, los tratamientos obtuvieron un crecimiento lineal hasta los 168 días, después se presentó un decrecimiento hasta los 224 días, esto es debido a un estrés hídrico que coincide con la falta de riego que no se administró en el cultivo de manera óptima y oportuna, posterior a esto los tratamientos muestran un crecimiento de TCC. Luego hubo un decrecimiento hasta los 392 días y por último, la TCC incremento hasta los 448 días, esto se da porque el cultivo fisiológicamente presenta la máxima acumulación de biomasa, es decir, llega a su punto máximo de llenado del fruto. No obstante, Gil, A. I. et. al. (2007), reporta que la mayor ganancia en peso de materia seca se puede manifestar en los altos valores de TCC por unidad de superficie de suelo y de tiempo. Pero el decrecimiento se puede presentar según Barrera, J. et. al. (2010), tomado de Rodríguez et al. (2003) puede afectar la velocidad del crecimiento y desarrollo vegetal por el potencial genético de las plantas y las condiciones ambientales donde este establecido el cultivo. El mejor tratamiento que acumulo biomasa fue el T5, indicado que los frutos tienen mayor ganancia en peso en comparación a los otros tratamientos, con una TCC de 0,30 g/día.

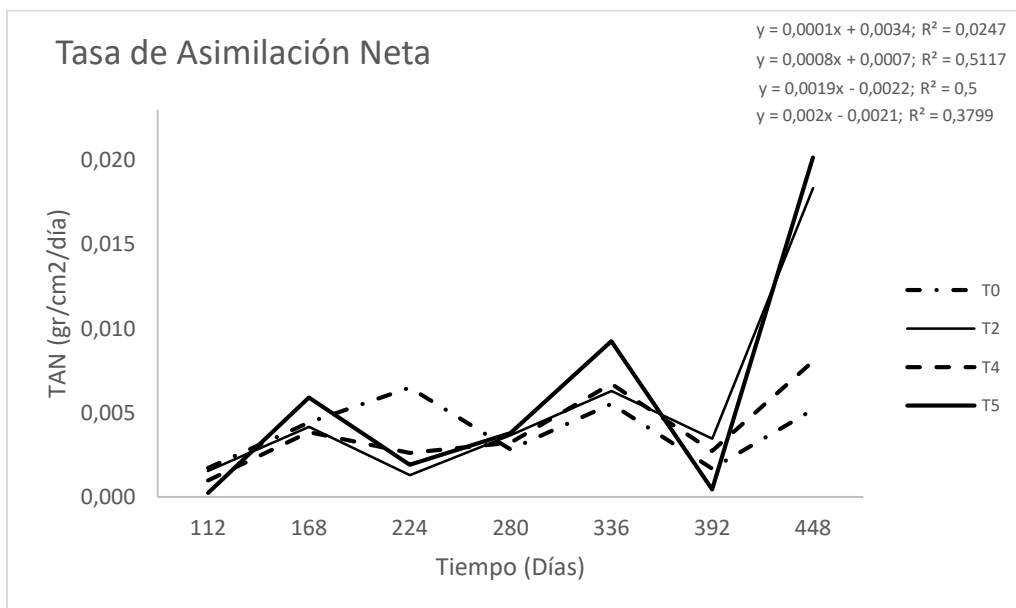
Gráfico 4-13 Comportamiento de la Tasa de Crecimiento del Cultivo en plantas de piña a través del tiempo para los diferentes tratamientos. \*T0= Testigo, T2= Finca San Rafael, T4= Unal 2 y T5= Unal 3



Fuente: Elaboración Propia

### Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Desde los 112 hasta los días 392, la TAN presenta valores fluctuantes, los puntos altos se mostraron en los días 168, 336 y 448, esto quiere decir que la planta es más eficiente en el proceso de fotosíntesis, sin embargo el punto máximo se encontró en el día 448, a demás este punto indica la mayor acumulación de materia seca en la planta; en los puntos bajos se presentaron en los días 112, 224 y 392. Al principio la piña su desarrollo vegetativo es lento, y el área foliar por ende es pequeña, a medida que el crecimiento aumenta, el área fotosintética es mayor, es decir, se aumenta la actividad fotosintética de la planta, debido que al final la planta tiene un tamaño óptimo, su fotosíntesis es más eficiente, facilitando el transporte de fotoasimilados para así llevar a cabo el llenado del fruto; para Azofeifa, A. Moreira, M. (2004), tomado de Bertsch en 1995, se debe determinar las épocas óptimas para el suministro del fertilizante, estas deben coincidir con el momento de la máxima capacidad fotosintética, así garantizar un mejor uso del potencial genético del cultivo. La radiación solar es un factor que predomina en la fotosíntesis y que afecta directamente en la producción de materia seca de la planta según Azofeifa, A. Moreira, M. (2004) tomado de Shibles 1987; a lo largo del ciclo del cultivo el T5 obtuvo mejor tan, este tratamiento está relacionado con la TCC y TRC en comparación de los otros tratamientos. Gráfico 4-14 Comportamiento de la Tasa de Asimilación Neta en plantas de piña a través del tiempo para los diferentes tratamientos. \*T0, T2, T4 y T5



Fuente: Elaboración Propia

### 4.1.5 Uso eficiente de nutrientes

El análisis de varianza muestra que existen diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos en la EAN, EAP, EAK como lo muestra la Tabla 4-4, la mayor EAN la presentó el T1:28 kg kg seguidos por T3: 27 kg kg y T5: 26 kg kg estos valores comparados con lo reportado por (Stewart, 2007), el autor indica que en sistemas bien manejados EAN >25 kg kg son considerados eficientes.

En cuanto a la EAP el T2:92 kg kg y T1: 70 kg kg presentaron las mayores eficiencias según lo reportado por (Baligar , Fageria , & He, 2001) en arroz la EAP vario entre 79 kg kg y 67 kg kg valores superados por esta investigación.

Tabla 4-4 Prueba de comparación de medias por Duncan para Uso eficiente de NPK por tratamiento en kg/kg

EAN					UEN					EAK				
EAN					EAP					EAK				
T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
28	13	27a	20	26	70	92	60	38	59	19	10	19	14	21
a	d	b	c	b	b	a	c	d	c	a	b	a	b	a

La mayor EAK la presentó el T5 19 kg kg seguida por T1, T3, T4, T2, los valores de T1 son bajos comparados con los valores reportados por (Baligar , Fageria , & He, 2001) en un estudio realizado en arroz, sin embargo estos valores superan los reportados en la investigación realizada con diferentes clones de cacao (Puentes Páramo , Menjivar Flores , & Aranzazu Hernández , 2014).

#### 4.1.6 Eficiencia de Recuperación de NPK

El análisis de varianza muestra que existen diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos en la ERN, ERP, ERK como lo muestra la Tabla 4-5, la mayor ERN la presentó el T3 seguidos por T5 y T1. Los tratamientos que presentaron la mayor ERP fueron T1 seguido por el T3. Para la ERK los tratamientos con los mayores valores fueron T5 seguido por T1 y T3 respectivamente.

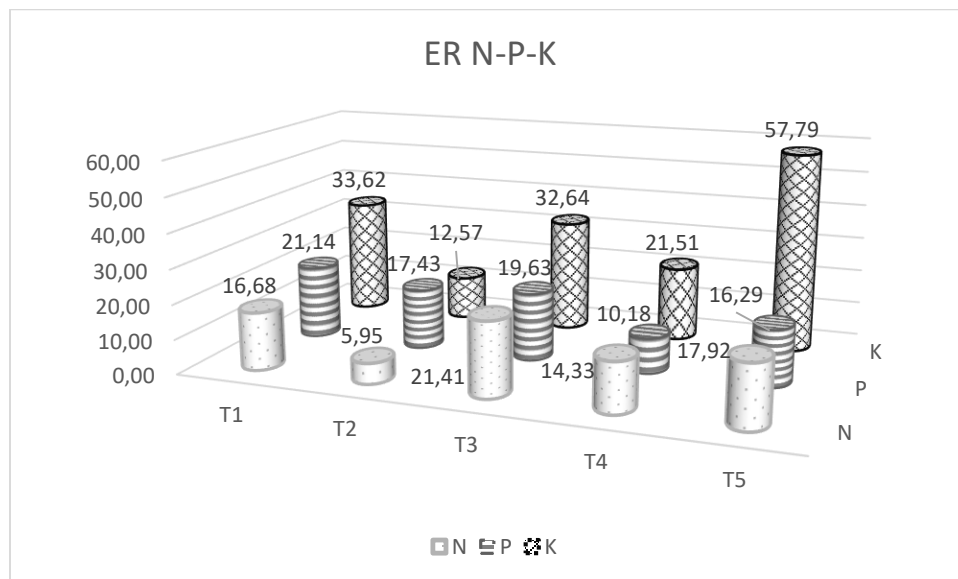
Tabla 4-5 Valores de Prueba de comparación de medias por Duncan para ER de NPK

ER														
ERN					ERP					ERK				
T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
c	e	a	d	b	a	c	b	e	d	b	d	b	c	a

Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 4-15 se presentan los valores de ER para NPK en %, la mayor ERN la presentó el tratamiento T3 con 21,41 % seguida por T5, T1, T4 y T2 valores que se encuentran dentro los rangos reportados por (Baligar , Fageria , & He, 2001) en investigaciones con genotipos de arroz sin embargo la ER del arroz es superior al de la piña con un 70% ERN igualmente superado por el cultivo de cacao con una ERN del 35,9% reportado por (Puentes Páramo , Menjivar Flores , & Aranzazu Hernández , 2014). Según (Baligar , Fageria , & He, 2001) sostiene que en condiciones tropicales la ERN no supera el 50%.

Gráfico 4-15 Eficiencia de recuperación para Nitrógeno, fosforo y Potasio



Fuente: Elaboración Propia

La ERP presenta el mayor valor en el T1 con 21,14% seguida por T3, T2, T5 y T4 valores parecidos al cultivo de cacao 19%ERP (Puentes Páramo , Menjivar Flores , & Aranzazu Hernández , 2014) y superados por los obtenidos por genotipos de arroz que reportan ERP de 33% (Baligar , Fageria , & He, 2001). Estos valores ERP para el cultivo de piña pueden atribuirse a que el requerimiento de P por el cultivo es bajo y las plantas pueden extraerlo fácilmente así el suelo tenga niveles bajos (Malézieux & Bartholomew, 2003).

En cuanto a la ERK el tratamiento que presentó el mayor valor fue el T5 con 57,79% seguido por T1, T3, T4, T2, comportamiento que superó lo reportado por los autores (Puentes Páramo , Menjivar Flores , & Aranzazu Hernández , 2014) en su investigación en cacao respectivamente, mientras que los valores concuerdan con la ERK en genotipos de arroz reportado por (Baligar , Fageria , & He, 2001) . Estos porcentajes altos de K pueden deberse a que la planta es muy eficiente en la extracción de K y si se encuentra fácilmente disponible la planta lo acumula en cantidades superiores a su necesidad. (Malézieux & Bartholomew, 2003).

## 4.1.7 Calidad

### 4.1.7.1 Concentración de nutrientes en fruto

El análisis de varianza muestra que existen diferencias altamente significativas en la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn y vitamina C en el fruto por efecto de los tratamientos, mientras que la concentración de Fe, B, pH, Acidez, y °Brix no presentaron diferencias. En la Tabla 4-6 se presentan los valores de concentración en fruto de elementos mayores y menores más importantes; y en la tabla x se presentan los valores de análisis químico en el fruto.

Tabla 4-6 Valores de prueba de comparación de medias por Duncan para la concentración de elementos en fruto

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	Na
<b>0</b>	0,0040 c	0,0012 d	0,0070 e	0,0010 c	0,0009 d	0,00053 c
<b>1</b>	0,0051 ab	0,0021 a	0,0124 b	0,0015 b	0,0017 a	0,00050 d
<b>2</b>	0,0044 c	0,0015 c	0,0090 d	0,0012 ab	0,0012 c	0,00056 cb
<b>3</b>	0,0057 a	0,0021 a	0,0114 bc	0,0016 a	0,0015 b	0,00060 b
<b>4</b>	0,0055 ab	0,0018 b	0,0102 cd	0,0016 a	0,0014 b	0,00070 a
<b>5</b>	0,0055 ab	0,0020 ab	0,0176 a	0,0016 a	0,0016 a	0,00060 b

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la concentración de nutrientes en el fruto podemos concluir que los nutrientes que en mayor concentración se acumulan en el fruto son K>N>P>Mg>Ca>Na un comportamiento parecido a la absorción de nutrientes durante el ciclo vegetativo. El

tratamiento que presentó la mayor concentración de N en el fruto fue el T3 para P fue el T3 y T1 y la concentración de K fue el T5, el comportamiento de estos elementos en fruto es similar al comportamiento de los porcentajes de recuperación en la planta durante los ciclos de desarrollo ya que estos mismos tratamientos tuvieron los mejores valores de ER. En la Tabla 4-7 se presentan las cantidades necesarias elementos mayores y menores en Kg para producir 1 Ton de piña en condiciones edafoclimaticas del Municipio de Santander de Quilichao.

Tabla 4-7 Cantidades necesarias de elementos en Kg para producir 1Ton de piña.

TTO	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Mn	Fe	B
1	11,40	8,93	30,47	3,73	2,97	1,10	0,02	0,04	0,19	0,17	0,27
2	11,33	8,50	25,37	3,07	2,40	1,07	0,02	0,04	0,11	0,17	0,24
3	12,80	9,37	30,33	3,70	2,83	1,27	0,03	0,05	0,09	0,24	0,25
4	11,90	8,63	26,43	3,63	2,60	1,23	0,03	0,05	0,11	0,18	0,27
5	11,87	8,87	37,07	3,30	2,73	1,13	0,03	0,05	0,13	0,15	0,26

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta los valores presentados en la Tabla 4-6 y los valores de ER presentados en la Tabla 4-7 podemos concluir que los tratamientos con las dosis adecuadas para: el N es el T3, para P el T2 y para K el T5.

#### 4.1.7.2 Propiedades químicas

En la Tabla 4-8 se puede observar que las propiedades químicas variaron por efecto de los tratamientos, el pH está influenciado por dosis altas de N y K. De acuerdo al estudio realizado por (Morales , Hernández , Cabezas, Barrera, & Martínez, 2001) en la variedad de Piña nativa encontraron que la acidez variaba de 0,46% a 0,70% con el pasar de los días y que el comportamiento de esta variable era inversamente proporcional al pH, teniendo en cuenta estos resultados el comportamiento de nuestros tratamientos

presentaron el mismo comportamiento sin embargo entre ellos no hubo diferencias altamente significativas, en cuanto los azúcares y los °Brix obtuvieron que estos disminuyen con el pasar de los días de 14,6%-10,57% y la vitamina C se encuentra entre 8-30 mg/100g.

Según (Treto, 1991) las dosis medias de N influyen sobre los °Brix la Acidez aumentándolos, mientras las dosis altas aumentan la VitaminaC, según el mismo autor reporta que las dosis medias de P generan el mismo comportamiento en estas características mientras que para el K las dosis altas son las que aumentan también los valores en las propiedades químicas; datos que coinciden con el estudio de (Spironello , Quaggio, Junqueira, Furlani, & Monteiro, 2004) sobre los efectos de diferentes dosis de NPK sobre la calidad de la piña encontró que las dosis altas de N influyen negativamente los sólidos totales y el % de acidez contrario al efecto de las dosis altas de K que aumentaron también la vitamina C mientras el P no tuvo ningún efecto.

Tabla 4-8 Valores de prueba de comparación de medias por Duncan para el análisis químico en fruto

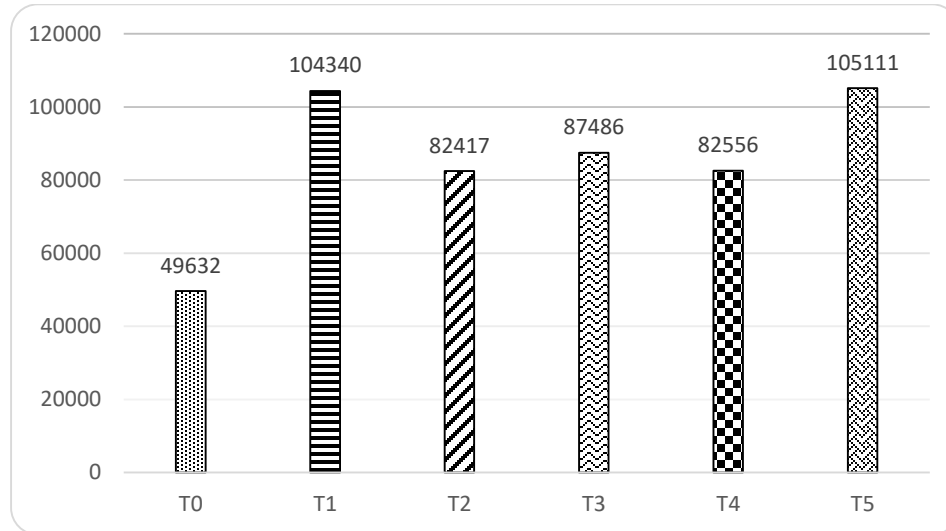
<b>Tratamiento</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez</b>	<b>°Brix</b>	<b>VitaminaC</b>
<b>0</b>	3,73	0,48	15,8	26,08
	a	c	a	c
<b>1</b>	3,72	0,62	15,4	62,10
	a	ab	ab	a
<b>2</b>	3,65	0,75	15,3	36,46
	ab	a	ab	b
<b>3</b>	3,53	0,64	15,3	24,52
	b	ab	ab	c
<b>4</b>	3,65	0,54	14,2	40,25
	ab	bc	c	b
<b>5</b>	3,72	0,53	14,3	34,91
	a	bc	bc	b

Fuente: Elaboración Propia



### 4.1.8 Producción

Gráfico 4-16 Producción en Ton/Ha de cada uno de los tratamientos



Fuente: Elaboración Propia

Se presentaron diferencias altamente significativas en los tratamientos de fertilización por efecto del rendimiento. El tratamiento que mayor rendimiento presentó fue T5 con 105111 Ton/Ha seguido por T1 con 104340 Ton/Ha, T3 87486 Ton/Ha, T4, T2 y T0 presentó el menor rendimiento con 49632 Ton/Ha.

Los valores de rendimiento para T5 y T1 son considerados altos porque pasan la media de lo reportado para el Ministerio de agricultura, 2015 que fue 42.17 Ton/Ha para el 2015 y 43.59 Ton/Ha para el 2016, de igual manera los valores de producción y rendimientos presentados en este estudio superan los valores del primer productor a nivel mundial, Costa Rica con una producción de 2741 Ton, Área 47mil Ha y rendimiento de 58,28Ton/Ha. (FAO, 2017).



## **5. Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

La mayor absorción de N se presentó en el T2 durante los doce meses después de la siembra, este tratamiento tenía la mayor dosis de N, el comportamiento de este elemento durante la etapa vegetativa en la mayoría de los tratamientos fue similar, presentado la mayor concentración los primeros 6 meses después de la siembra y disminuyendo con el paso del tiempo, las concentraciones estuvieron dentro de los rangos considerados normales según otras investigaciones en piña, a pesar de que el T2 presentó la mayor concentración de N y la mejor EAN no tuvo la mejor ERN ya que el T3 supero todos los tratamientos con un 21%. Por su parte el fosforo en general presenta una concentración media-baja en todos los tratamientos, este resultado puede deberse al bajo contenido de P en el suelo; el tratamiento que mayor concentración de P presentó fue el tratamiento T5 que de igual manera fue el tratamiento que mayor dosis de P contenía, el comportamiento de este elemento durante la etapa vegetativa fue similar al del N, sin embargo este tratamiento no tuvo la mejor EAP ni ERP superado por el T1. Para el K la mayor concentración la presentó el T1 y su comportamiento durante la etapa vegetativa fue menor durante los 6 primeros meses después de la siembra y aumento en el momento de la inducción floral, la mejor EAK y ERK la presentó el T5 y su dosis en las aplicaciones son consideradas medias.

Se determinaron las dosis de elementos mayores y menores para producir una tonelada de piña, con estos valores se deben tener en cuenta las ER de cada elemento.

La correlación entre los elementos mostró que los tratamientos con las producciones más altas presentaron una relación entre los nutrientes equilibrada, el P fue el elemento más equilibrado y no presentó efectos desfavorables para la calidad del fruto, mientras que las deficiencias o el exceso de N y K alteran la calidad del fruto.

## **5.2 Recomendaciones**

Es un buen inicio para hacer un ensayo en óptimas condiciones del cultivo, como hacer camas altas, acolchar (emplasticar) y usar riego cuando sea necesario.

Se recomienda validar esta investigación con los tratamientos que presentaron mejores resultados.

Se recomienda realizar un análisis de comparativo de costo-beneficio para todos los tratamientos, con el fin de identificar que tratamiento es más beneficioso en terminos económicos para los agricultores

# Bibliografía

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas. . (1999). *NTC 4623 1999b. Productos de Frutas y Verduras. Determinación de la acidez titulable* . Bogotá: Icontec.
- Asohofrucol. (2016). *Perspectivas del sector hortifrutícola para el 2016*. Bogotá: Legis.
- Azcón Bieto, J., & Talón, M. (2008). *Fundamentos de Fisiología vegetal* . Madrid: McGraw-Hill.
- Baligar , V. C., Fageria , N. K., & He, Z. L. (2001). Nutrient use efficiency in plants . *Commun soil sci plant anal* , 31.
- Baligar , V., Fageria , N. K., & He, Z. L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 921-950.
- Bartholomew , D., & Malézieux , E. (1994). Handbook of environmental Physiology of fruit crops. En *Pineapple* (págs. 243-291). Florida: CRC Press.
- Bartholomew, D. P., Paull, K. G., & Rohrbach, K. G. (2003). *The pineapple. Botany, production and uses* . Honolulu: CABI Publishing.
- Betancourt, P., Montilla, I., Hernández, C., & Gallardo, E. (2005). Fertilización nitrogenada en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr) en el sector Páramo Negro, municipio Iribarren estado Lara. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 382-393.
- Betancur, B., Hernandez, A., & García, N. (2006). *Libro Rojo de las Plantas de Colombia*. Bogotá: García y Galeano.
- Cruz, H., Herrera, D., & Murillo, A. (2013). CRECIMIENTO Y ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN PIÑA (*Ananas comosus*, VAR. MD-2) EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE COSTA RICA. *Tierra Tropical* , 11-18.
- D´Eeckenbrugge, G., & Leal, F. (2003). *Morphology, anatomy and taxonomy En: The Pineapple, botany, production and uses*. Edited by Bartholomew, D.P., Paull R.E. and Rohrbach, K.G. 13-32.
- Da Silva , L. F., & Reinhardt, D. H. (2008). *Pineapple*.

- Dirección General de Técnicas Agropecuarias, I.-C. R. (1983). *La piña. Guía técnica para el cultivo de la piña*. Nicaragua : Agris food.
- Domínguez, J. (11 de diciembre de 2014). Portafolio. *Úrea baja en el exterior 13% y en Colombia solo 5%*. Bogotá D.C, Cundinamarca , Colombia: El Tiempo.
- FAO . (2004). *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas* . Roma: Fao.
- FAO . (Enero de 2017). *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura*. Obtenido de FAOSTAT : <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FAO. (2017). *Faostat*.
- Félix B., E. (2013). *Tendencias Actuales de los Fertilizantes y Perspectivas para 2016*. Juárez .
- Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. (1992). *Cultivo de Piña*. Santo Domingo.
- Gambin , J. S., & Herrera, D. (2012). Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de la piña (Ananas comosus VAR. MD-2). *Tierra Tropical* , 169-178.
- García , M. (1980). Influencia de la fertilización fosfórica sobre el cultivo de la Piña Ananas Comosus (L)., variedad Española Roja. *Cultivos Tropicales* , 47-57.
- García Suárez, M. D., & Serrano, H. (2005). La piña, Ananas comosus (L.) Merr. (Bromeliaceae), algo más que un fruto dulce y jugoso.
- Gavi R., F. (2013). *Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación*. Obtenido de Sagarpa : <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Uso%20de%20Fertilizantes.pdf>
- Gonzalez , D., Ordoñez , L., Vanegas, P., & Vásquez , H. (2014). Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (Solanum quitoense Lam.) cosechados en tres grados de madurez. *Acta agronómica* , 1-9.
- Hajar, N., Zainal, S., Nadsirah, K., Siti Roha, A., Atikah, O., & Tengku, T. (2012). Physicochemical Properties Analysis of Three Indexes Pineapple (Ananas Comosus) Peel Extract Variety N36 . *APCBEE Procedia*, 115-121.
- Hassan, A., & Othman , Z. (2011). Pineapple (Ananas comosus L. Merr.). En E. Yahia , *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Mangosteen to White Sapote* (págs. 194-217). Elsevier.
- Herrera, W. (2001). Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos en Costa Rica. *Manejo de suelos y fertilización del cultivo de piña* (pág. 102). San Pedro de Montes de Oca: Universidad de Costa Rica.

- Hunt , R., Causton , D. R., Shipley , B., & Askew, P. (2002). A modern tool for classical plant growth analysis . *Annals of botany* , 485-488.
- INFOCOMM. (2011). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio Y Desarrollo Piña*. Ginebra, Suiza: Fondo de la UNCTAD para la información sobre los mercados de productos básicos agrícolas.
- Junqueira , L., Quaggio, J., Cantarella, H., & Vicari , E. (2011). Potassium fertilization for pineapple: effects on soil chemical properties and plant nutrition. *Brasileira de fruticultura*, 627-636.
- Krauss, B. (1949). Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr. En B. Krauss, *Botanical Gazette* (págs. 333-404). Chicago .
- Luzuriaga T., C. (1970). Importancia del aluminio en suelos derivados de cenizas volcánicas . En I. I. Agrícolas, *Revisiones bibliográficas sobre química de suelos* (pág. 104). Turrialba, Costa Rica.
- Malézieux, E., & Bartholomew, D. (2003). *The pineapple: botany, production and uses*. CABI Publishing.
- Marschner, P. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants* . Orlando: Academic Press.
- Ministerio de Agricultura . (2016). *Cadena de piña. Indicadores e instrumentos* . Ministerio de Agricultura .
- Montero, M., & Cerdas , M. (2005). *GUIAS TECNICAS DEL MANEJO POSCOSECHA PARA EL MERCADO FRESCO PIÑA ANANAS COMOSUS* . San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y ganadería, Costa Rica.
- Morales , M., Hernández , M., Cabezas, M., Barrera, J., & Martínez, O. (2001). CARACTERIZACION DE LA MADURACION DEL FRUTO DE PINA NATIVA (*Ananas comosus* L. Merrill) CV. INDIA. *Agronomía Colombiana*, 7-13.
- Morales Granados, J., & López González, J. (2003). *El cultivo de la Piña Perolera*. Bucaramanga: Corpoica.
- Morin , C. (1967). *Cultivo de frutas tropicales* . Lima, Perú : Librerías A.B.C. S.A.
- OMS Organización mundial de la salud- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1993). *NORMA DEL CODEX PARA LA PIÑA* .
- Peña Arderi, H., Díaz Álvarez, J., & Martínez Rodríguez, T. (1996). *Fruticultura tropical- Primera parte*. Santafé de Bogotá D.C: Félix Varela.
- Pohlan, J., Gamboa , W., Salazar, D., & Collazos, M. (2001). El cultivo orgánico de la Piña. *La fruticultura Orgánica en el Cauca, Colombia- Un manual para el campesinado*, 155-174.

- Puentes Páramo , Y., Menjivar Flores , J. C., & Aranzazu Hernández , F. (2014). Eficiencias en el uso de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro*, 99-106.
- Py, C. (1968). *La Piña tropical* . Madrid: Blume.
- Ramírez R., F. (2002). Variación de la capacidad tampón en suelos derivados de cenizas volcánicas del sur de Chile. Tesis de maestría. Valdivia, Chile .
- Rebolledo M. , A., Ruíz P., L., Becerril , A., Mosquera V., R., Castillo M., A., & Uriza Á ., D. (2002). Algunas características fisiológicas de tres cultivos de piña en dos sistemas de producción. *Chapingo Serie Horticultura* , 235-249.
- Rebolledo, A., del Andel Pérez, A., Rebolledo, L., Becerril , R., & Uriza, D. (2006). Rendimiento y calidad de fruto de cultivos de piña en densidades de plantación. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 55-62.
- Rodríguez Gómez , J. A. (2010). *Efecto de fuentes de nitrógeno de origen orgánico a diferentes dosis en el cultivo de Piña (Ananas comosus) (L) Merr. Híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas*. Cartago, Costa Rica.
- Sadzawka R. , a. (1988). *Efecto de las enmiendas y de los fertilizantes sobre las características de los suelos*.
- Sánchez P., A., & Salinas J., G. (2008). Suelos ácidos . En S. C. suelo, *Estrategias para su manejo con bajos insumos en América tropical* (págs. 67-68). Bogotá.
- Sánchez Peña, V., & Caraveo López, F. (1996). *El sistema-producto Piña en México*. Chapingo: Departamento de publicaciones de la Dirección de Difusión cultural de UACH.
- Serpa, R., & González , M. (1979). Necesidad de cal en tres suelos ácidos de Costa Rica. *Agronomía Costarr*, 101-108.
- Smyth , J., & Sánchez , P. (1980). Effects of Lime, Silicate, and Phosphorus Applications to an Oxisol on Phosphorus Sorption and Ion Retention. *Soil Science Society of America* . , 500-505.
- Spironello , A., Quaggio, J., Junqueira, L., Furlani, P., & Monteiro, J. (2004). Pineapple yield and fruit quality effected by npk fertilization in a tropical soil. *Brasileira de fruticultura*, 155-159.
- Stewart, W. (Octubre de 2007). Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. *Informaciones agronómicas*, págs. 1-16.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* . Los Angeles: Universitat Jaume.
- Tan , K. (1993). *Principles of Soil Chemistry*. New York : CRC Press.



- Treto, E. (1991). *Nutrición y fertilización de la Piña* . La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas .
- Uriza A., D., Rebolledo M., A., & Rebolledo M., L. (2002). Cuarto Simposio Internacional de Piña. *Diagnóstico y perspectivas de la actividad piñera en México*, (pág. 9). México.
- Van de Poel, B., Ceusters, J., & De Proft, M. (2009). Determination of pineapple (*Ananas comosus*, MD-2 hybrid cultivar) plant maturity, the efficiency of flowering induction agents and the use of activated carbon. *Scientia Horticulturae*, 58-63.
- Vásquez Amariles, H. D., Saavedra, R., & Saavedra, S. H. (2012). Piña (*Ananas comosus* L. Merr. En G. Fischer, *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (págs. 776-801). Bogotá D.C: Produmedios.
- Zapata H., R. (2004). *Química de la acidez del suelo* . Medellín: Unal .