



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**USO DE BACTERIAS CON
POTENCIAL FERTILIZANTE Y SU
RELACION CON EL CRECIMIENTO Y
DESARROLLO DEL CULTIVO DE
AGUACATE (*Persea americana* Mill)**

OLGA LUCIA CARDONA PEREZ

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia
2019

**USO DE BACTERIAS CON POTENCIAL FERTILIZANTE
Y SU RELACION CON EL CRECIMIENTO Y
DESARROLLO DEL CULTIVO DE AGUACATE(Persea
americana Mill)**

OLGA LUCIA CARDONA PEREZ

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencias Agrarias

Director (a):

I.A. M.Sc. PhD JUAN CARLOS MENJIVAR FLORES

Línea de Investigación:

SUELOS

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia

2019

Dedicatoria

En la naturaleza, nada sucede de forma aislada. Cada fenómeno se afecta entre sí y se ve afectado a su vez. Suele ser el olvido de este movimiento y esta interacción universal lo que impide a nuestros naturalistas reconocer claramente las cosas más simples.

Friedrich Engels,

Declaración de obra original

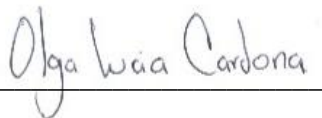
Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Nombre: Olga Lucia Cardona Pérez

Fecha 10/04/2019

Agradecimientos

Cada momento vivido durante estos años, son simplemente únicos, cada oportunidad de corregir un error, la oportunidad de que cada mañana puedo empezar de nuevo, puedo sonreír ante mis logros que son resultado de un esfuerzo que día a día se ha ido forjando, haciendo que mejore y crezca como ser humano.

Por tanto, agradezco a mi familia, amigos y a todas las personas especiales en mi vida, que han confiado en mí, me han apoyado incondicionalmente sin importar las circunstancias.

Agradezco enormemente a la Universidad, por ofrecer sus instalaciones y me dio la bienvenida a un mundo de aprendizajes y oportunidades, a los docentes, a mis compañeros y a todos los que de alguna u otra forma influyeron en este trabajo.

Resumen

USO DE BACTERIAS CON POTENCIAL FERTILIZANTE Y SU RELACION CON EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE AGUACATE (*Persea americana Mill*)

El actual trabajo estuvo enmarcado en evaluar el efecto de la aplicación de dos biofertilizantes sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de aguacate (*Persea americana Mill*) variedad Trapica recién establecidas en la hacienda Altamira municipio de Caicedonia - Valle del Cauca. Al experimentar en los cultivos de aguacate, se hizo un análisis de suelos y un análisis foliar. En el análisis de suelos se destaca el tratamiento con nutribacter que incrementa el 27% de los nutrientes del suelo en los cultivos de aguacate. La combinación de bacter y nutribacter el 72% de los nutrientes están por debajo de los rangos óptimos. Por lo que se deduce que no presenta una significativa incidencia de acuerdo a los tratamientos realizados y los crecimientos en altura se destacan el bacter y el testigo. En cuanto el análisis foliar del aguacate en el Valle de Cauca, se observa que los nutrientes de mayor regularidad son hierro y el boro. Dentro de su alta irregularidad se destacan magnesio, azufre y zinc. Dentro de los macronutrientes se observaron solo el calcio y potasio se encuentran en los rangos óptimos; mientras que para los micronutrientes para el testigo, los tratamientos con bacter y nutribacter el 66% de los nutrientes solamente se encuentran dentro de los niveles óptimos y un 50% para la combinación de bacter y nutribacter. Por lo que, se concluyó que no hay un tratamiento que influya significativamente en el crecimiento foliar de las plantas de un cultivo de aguacate

Palabras clave: *Persea americana Mill*, Lauraceae, Bacter, Nutribacter, Testigo

Abstract

USE OF BACTERIA WITH FERTILIZING POTENTIAL AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE AVOCADO CULTIVATION (*Persea americana* Mill)

The current work was framed to evaluate the effect of the application of two biofertilizers on the growth and development of avocado plants (*Persea americana* Mill) plants in the Altamira hacienda municipality of Caicedonia - Valle del Cauca. When experimenting on the avocado crops, a soil analysis and a foliar analysis were done. In soil analysis, the treatment with nutribacter that increases 27% of soil nutrients in avocado crops stands out. The combination of bacter and nutribacter 72% of the nutrients are below the optimal ranges. Therefore it is deduced that it does not present a significant incidence according to the treatments carried out and the growths in height, the bacterium and the witness stand out. Regarding the foliar analysis of the avocado in the Cauca Valley, it is observed that the most regular nutrients are iron and boron. Magnesium, sulfur and zinc stand out among its high irregularity. Within the macronutrients only calcium and potassium were found in the optimal ranges; while for the micronutrients for the control, the bacterial and nutribacter treatments, 66% of the nutrients are only found within the optimum levels and 50% for the combination of bacterium and nutribacter. It was concluded that there is no treatment that significantly influences the leaf growth of the plants of an avocado crop

Key words: *Persea Americana* Mill, Lauraceae, Bacter, Nutribacter, Testing

Contenido

	Pág.
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas	XIV
1. Capítulo 1. Objetivos.....	3
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	4
2. Capítulo 2. Revisión de la literatura	5
2.1. Contexto General	5
2.1.1. Fenología de la parte aérea.....	5
2.1.2. Características de la floración y Fructificación	6
2.1.3. Características del sistema radical	8
2.2. Funciones de los Nutrimientos en el Árbol	13
2.2.1. Clasificación de los Nutrimientos.....	13
2.3. Absorción de nutrimentos por las raíces del aguacate.....	14
2.4. Remoción de Nutrimentos por el Fruto	15
2.5. Nutrición y Calidad Interna del Fruto.....	17
2.5.1. Deformación del fruto de aguacate 'Hass'.....	19
2.5.2. Daño por Frío (Chilling Injury).....	19
2.6. Nutrimento y su efecto sobre algunas características del fruto de aguacate 22	22
2.7. Análisis Foliar y la Nutrición del Aguacate	27
2.8. Utilidad del Análisis Foliar.....	28
2.9. Biofertilización	28
2.9.1. Bacterias fijadoras de Nitrógeno	30
2.9.2. Bacterias de vida libre.....	31
2.9.3. Bacterias solubilizadoras de nutrientes del suelo.....	32
2.9.4. Bacterias solubilizadoras de fosforo	33
3. Capítulo 3. Materiales y métodos.....	37
3.1. Localización y caracterización de la zona estudiada.....	37
3.2. Diseño estadístico.....	38
3.2.1. Diseño Experimental	38
3.2.2. Descripción de los Tratamientos.....	38
3.2.3. Descripción de la unidad experimental.....	39
3.2.4. Distribución de tratamientos y unidades experimentales en campo	39
3.2.5. Variables de respuesta de materia seca y área foliar evaluadas.....	40

3.2.6. Análisis estadístico	41
3.3. Métodos y técnicas de laboratorio utilizadas en la determinación de variables de respuesta.....	41
3.3.1. Toma de muestras foliares y su correspondiente determinación nutrimental, de materia seca en laboratorio y área foliar.	41
3.3.1.1. Muestreo foliar	41
3.3.1.2. Determinación de materia seca.....	42
3.3.1.3. Concentración de nutrimentos en tejido vegetal	42
3.3.1.4. Determinación de área foliar por el método de relación peso: área.	42
3.3.2. Caracterización química del suelo	42
3.4. Conducción del experimento	43
4. Capítulo 4. Resultados y discusión	45
4.1. Variables químicas del suelo	45
4.1.1. Caracterización inicial del suelo	45
4.1.2. Análisis de suelo final por tratamiento	49
4.2. Variables químicas foliares	57
4.2.1. Caracterización foliar del cultivo.....	57
4.2.2. Análisis foliar final	61
4.3. Variables fisiológicas	70
4.3.1. Área foliar	71
4.3.2. Materia seca.....	71
4.3.3. MODELO DE REGRESIÓN	72
4.3.4. Altura y diámetro de plantas	73
5. Conclusiones y recomendaciones	77
5.1. Conclusiones	77
Bibliografía	79

Lista de figuras y graficas

	Pág.
Figura 3- 1. Localización geográfica del área estudiada	38
Figura 3- 2. Esquema de localización de tratamientos y repeticiones	40
Gráfica 4- 1. Nivel de elementos	46
Gráfica 4- 2. Elementos mayores	47
Gráfica 4- 3. Elementos menores	48
Gráfica 4- 4. Nivel de nutrientes en el Testigo T0	51
Gráfica 4- 5. Nivel de elementos Baxter Crecimiento T1	52
Gráfica 4- 6. Nivel de elementos Nutribacter Suelo T2	53
Gráfica 4- 7. Nivel de elementos Bacter crecimiento +Nutribacter Suelo T3	54
Gráfica 4- 8. Elementos mayores	55
Gráfica 4- 9. Elementos menores	56
Gráfica 4- 10. Distribución porcentual de nutrientes a nivel foliar	58
Gráfica 4- 11. Elementos menores	60
Gráfica 4- 12. Distribución porcentual de nutrientes mayores	65
Gráfica 4- 13. Distribución porcentual de nutrientes elementos menores	66
Gráfica 4- 14. Análisis foliar del cultivo en el Valle del Cauca - sinergismo y Antagonismo	68
Gráfica 4- 15. Análisis del área foliar promedio por tratamiento	71
Gráfica 4- 16. Promedio de materia seca por tratamiento	72
Gráfica 4- 17. Altura y diámetro de plantas	74
Gráfica 4- 18. Diámetro del tallo	75

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2- 1. Funciones de macro y micronutrientes en el cultivo de aguacate	13
Tabla 2- 2. Nutrimientos en los cultivares Choquette, Booth 8 y Hall	17
Tabla 2-3. Contenido de nutrimentos y otros elementos minerales en diferentes partes del fruto de cuatro cultivares de aguacate.....	22
Tabla 2- 4.Principales géneros bacterianos (BSF)	34
Tabla 3- 1. Descripción de los tratamientos del experimento	39
Tabla 4- 1. Resultado de análisis de suelo inicial.....	45
Tabla 4- 3. Resultados de las propiedades analizadas después ensayo	50
Tabla 4- 4. Caracterización foliar del cultivo.....	57
Tabla 4- 5. Niveles críticos de nutrientes foliares para el cultivo de aguacate	62
Tabla 4- 6.Experimental	62
Tabla 4- 7. Matriz de correlación del análisis foliar por tratamiento.	69

Introducción

El aguacate es una fruta tropical, que ha recibido cada vez más aceptación internacional por sus propiedades nutricionales, amplio abanico de posibilidades comestibles y su naturaleza como materia prima para la extracción de aceite en la industria cosmética.

La plantación de aguacate (*Persea americana* Mill) es una de las labores más significativas en la cadena productiva de árboles frutales en América Latina, considerando que Colombia es un productor que aumenta el área de siembra de plantaciones, el cultivo de aguacate criollo en este país ha aumentado en el pasado. Alrededor del 38% de las personas fue protagonista en los 5 años, y el aguacate Hass fue protagonista del 126%. En resumen, para establecer y mantener el sistema de producción, es muy importante considerar el manejo adecuado de la nutrición y el paquete tecnológico definido a partir de la investigación de cada región o región para lograr las metas de desempeño determinadas por el productor (Cadena de aguacate Indicadores e Instrumentos. Abril 2016)

Sus requisitos de clima, suelo y nutrientes se han descubierto gradualmente, y todavía existen limitaciones en estas áreas, lo que lleva a la gente a inferir con frecuencia información de las regiones de aguacate en otras latitudes y a utilizar información de otras especies de plantas, como los cítricos.

La aplicación de fertilizantes biológicos tiene como finalidad mejorar la calidad y productividad de los cultivos eliminando total o parcialmente los fertilizantes de síntesis química y utilizándolos junto con fertilizantes orgánicos como tecnologías para la producción de una agricultura ecológica y sostenible. El trabajo actual estuvo enmarcado en evaluar el efecto de la aplicación de dos biofertilizantes sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de aguacate (*Persea americana Mill*) variedad Trapica recién establecidas en la hacienda Altamira municipio de Caicedonia Valle del Cauca.

1. Capítulo 1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de biofertilizantes sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de aguacate (*Persea americana Mill*) Variedad Trapica en zona norte del Valle del Cauca.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar los cambios en algunas de las propiedades físico – químicas del suelo en función de los tratamientos aplicados
- Evaluar el efecto de la aplicación de los diferentes tratamientos sobre el desarrollo de área foliar del cultivo de aguacate en tres épocas de crecimiento del mismo.
- Determinar el efecto de la aplicación de diferentes niveles de biofertilización en la absorción y distribución diferencial de nutrientes a nivel foliar del cultivo de aguacate en tres épocas.
- Correlacionar los diferentes niveles de biofertilización con la concentración de nutrientes a nivel foliar y su relación con el área foliar y materia seca del cultivo.

1.3 Hipótesis

- Ho: La aplicación de biofertilizantes si tiene efecto sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de aguacate (*Persea Americana Mill*) Variedad Trapica en zona norte del Valle del Cauca.
- Ha: La aplicación de biofertilizantes no tiene efecto sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill) Variedad Trapica en zona norte del Valle del Cauca.

2. Capítulo 2. Revisión de la literatura

2.1. Contexto General

Según Bernal y Díaz (2005), el aguacate (*Persea americana* Miller) pertenece a la familia Laurel y tiene diferentes nombres comunes: cura, aguacate, pagua, etc. Es originaria de las montañas y bosques tropicales y subtropicales de México y América Central. Debido a la distribución geográfica de los aguacates, actualmente existen tres grupos étnicos o ecológicos: México, Guatemala y Antillana (Alvarado, Burbano y Rosero, 2005), los cuales tienen características únicas, ya sean árboles o frutos.

2.1.1. Fenología de la parte aérea

Debido a las condiciones climáticas, manejo y alta variabilidad genética, floración, formación, madurez del fruto, brotes vegetativos y latencia, los aguacates exhiben comportamientos fenológicos únicos, y los estadios superpuestos pueden acortarse o extenderse (Téliz, 2000). Aporta la principal información fenológica de algunas variedades recomendadas, como floración y cosecha de frutos maduros, fertilización, reguladores de crecimiento, poda, campanas, etc., en zonas de media y gran altitud (1500 a 2400 metros sobre el nivel del mar) y clima. Tienen una influencia decisiva en la cantidad e intensidad de la corriente de crecimiento vegetativo. Sin embargo, el vigor de la porta injerto y la variedad y el número de frutos del árbol también son importantes. La cosecha

temprana generalmente tiene como resultado una floración temprana e intensa, cuando el fruto ha superado su madurez fisiológica durante varios meses en el árbol, suele ocurrir lo contrario. A veces, cuando la cosecha se retrasa, la cosecha no solo retrasa la temporada de floración, sino que también suprime por completo la temporada de floración (Salazar, Lord & Lovatt., 1998). Los aguacates suelen florecer una vez al año, aunque las fechas de los aguacates suelen variar mucho, dependiendo de las características genéticas del árbol y del entorno de crecimiento (Salazar & Lovatt, 2000).

2.1.2. Características de la floración y Fructificación

Los árboles adultos de aguacate producirán demasiadas flores (1-2 millones de flores por planta); no obstante, presentan desarrollo de una a tres frutas por inflorescencia, aunque es común obtener grandes cantidades de fruta en un huerto de aguacate bien manejado, la gran cantidad de fruta cosechada de cada árbol puede ser desde 200 y 300 frutos (Bergh, 1985; Whiley et al., 1988). En la mayoría de los países productores de aguacate, la producción de frutos puede representar del 0,002 al 0,02% de la formación de flores y existe un problema de bajo rendimiento.

En California, el nivel de cosecha de aguacates "Fuerte" puede estar entre 5,6 toneladas / ha y 11,2 toneladas / ha, y el nivel de cosecha de aguacates "Haas" puede estar entre 7,8 y 13,4 toneladas / ha (Gustafson & Rock, 1976). Aunque Salazar y Lovatt (2000) mencionaron que el rendimiento del árbol "Hass" a 10 años fue de 27 toneladas / ha. Las razones del rendimiento relativamente bajo de gran cantidad de los huertos comerciales de aguacate incluyen la historia

evolutiva de los aguacates (bosques subtropicales), las bajas tasas de domesticación y la competencia continua entre el crecimiento vegetativo y el crecimiento reproductivo durante el período crítico del desarrollo del aguacate, participación en la producción de frutas y frutas, altos costos de energía (Wolstenholme y Whiley, 1992)

Conforme a lo anterior, esta es rica en grasas (aceites) mono insaturadas y poliinsaturadas, lo que representa el "costo energético" necesario para producir un peso similar al de las frutas azucaradas (como manzanas y cítricos), por lo que se pueden esperar mayores rendimientos bajo por hectárea (Wolstenholme, 1992). Mientras que el rendimiento estándar de un huerto intensivo de manzanas es de 100 toneladas / ha, el costo equivalente de los aguacates será de 32,5 toneladas / ha.

Según Wolstenholme (1992), este es el rendimiento viable actual de las variedades de aguacate, aunque en algunas zonas de producción esto significa que la fruta cosechada tiene bajo contenido de aceite y el manejo del huerto ha aumentado significativamente, el aporte de nutrientes (principalmente nitrógeno y potasio) puede hacer una contribución importante a la realización regular de este rendimiento potencial; los frutos sin semillas son raros por naturaleza, generalmente el producto de una mutación o manipulación genética.

En este caso, según Esquivel (2002), la producción de aguacates sin semillas no se debe a mutaciones somáticas, sino a un defecto de polinización llamado apomixis. Agregó que, el polen causará irritación química en ginecología, pero no se producirá polinización. Sin embargo, aunque no hay semillas, porque

no hay polinización, la estimulación química es suficiente para hacer que el fruto se desarrolle. Se puede producir artificialmente con hormonas durante la floración (Universidad Católica Universidad de Santa María, USMA; 2002).

Estos frutos son lo suficientemente grandes para ser consumidos normalmente, y la calidad de la pulpa es muy buena, en este sentido, Esquivel, (2002) señaló que el área Arco Seco se ubica entre Chame y Río Hato, y por el suelo es seco y arenoso, hay aguacates, con características especiales de plantación (USMA, 2000).

En cuanto a las mutaciones somáticas, estas reducen el rendimiento del fruto del aguacate, lo cual se observa debido a la disminución en el número de frutos del árbol producidos por dichas mutaciones, que son de origen vegetal y ocurren de manera impredecible. Sin embargo, se dice que entre los árboles con pocas ramas que dan fruto, la mejor infertilidad es elegir un nudo o árbol o rama con mayor rendimiento de fruto, aunque en ocasiones hay que quitar el fruto o podarlo, el árbol estimula la producción de ramas en ciernes de alta calidad.

2.1.3. Características del sistema radical

El sistema de raíces, es una parte importante para la absorción de nutrientes de las plantas, ya que no solo permite el agarre de la misma sino que también hace posible absorber y transportar agua y nutrientes.

En una planta de aguacate, estas se hallan de diversas formas, de acuerdo al suelo que lo sustenta y de lo fácil que sea obtener agua. Entre los árboles espontáneos que se encuentran en condiciones naturales y en los bosques tropicales y subtropicales de Guatemala, México y Colombia, hay árboles

enormes con raíces profundas y rotativas, y sus raíces tienen más de 2 metros de profundidad. No obstante, en plantas sembradas de una forma artificial, la altura de la raíz principal alcanza un poco más de un metro, y el sistema radicular lateral es muy bifurcado, vidrioso o no curvado, y en todos los casos no hay pelo absorbente, lo cual es muy importante; al plantar, es importante elegir un buen lugar para plantar. La profundidad del sistema de raíces depende del número y lugar en que el agua se traslada por la superficie, de la contextura y disposición del suelo.

En cultivos comunes, el 80% de las raíces del aguacate se encuentra en el principio de los 60 cm del sustrato, en el campo, los árboles plantados a partir de semillas sexuales se injertan posteriormente y los árboles hechos de plantas enraizadas se utilizan como enrejados. Asexual Todos los trasplantes mostraron un comportamiento radical similar, en todos los casos las raíces laterales sobresalieron 40% del área de goteo” (Mejía, 2011, p. 10). El desarrollo horizontal y vertical de las raíces del aguacate se ve afectado por la profundidad del suelo, la humedad o el nivel del agua subterránea, la fertilidad del suelo y otras características físicas (textura, compacidad, aireación, etc.).

En los árboles adultos de aguacate, “si la superficie del suelo está cubierta con una capa gruesa de materia orgánica (fertilizantes, residuos de plantas, etc.), pueden tener sistemas radiculares anchos tanto en dirección horizontal como vertical, aunque los sistemas radiculares poco profundos son abundantes” (Mejía, 2011, p. 10).

Las raíces de aguacate carecen de pelos radicales, y los pelos radicales son raíces unicelulares con altas tasas de absorción de agua y nutrientes, y se encuentran en otros tipos de frutas, como los cítricos. Esta falta puede deberse a la abundancia de agua y materia orgánica en la cáscara. El bosque tropical donde crecen los aguacates. De esta forma, esta característica puede explicar la sensibilidad de los aguacates a la falta de tierra y al exceso de humedad. Por otro lado, "los aguacates pueden regenerar rápidamente su sistema de raíces finas (menos de 2 mm de diámetro) con una aireación adecuada y una humedad suficiente. En general, las raíces de los aguacates parecen más grandes y uniformes en suelos más livianos" (Salazar & Cortes, 1988, p.229-235).

Vale la pena determinar cómo está dispuesto el sistema radicular del aguacate en los principales perfiles del suelo y los diversos factores de crecimiento en áreas específicas, lo cual incide de una forma positiva y efectiva en la irrigación e implementación de abonos biológicos. Además, también se puede utilizar el análisis y el establecimiento cultura, la conveniencia de intercalar y labrar el suelo minimizará el daño a las raíces (Mata, 1978).

Aunque las raíces de aguacate derivadas de semillas se usan comúnmente en México, el tamaño del sistema de raíces se ve afectado por la variedad injertada, y el número y distribución (horizontal y vertical) del sistema de raíces también se ven afectados. La variedad de aguacate de ocho años crece en suelo arenoso, seguida de Fuerte> Hass> Corona> Edranol. La relación fundamental: la parte aérea es según, Edranol 1.45, Fuerte 1.2, Hass 1.1 y Corona 1.0 (Mata, 1978). En el área de aguacate de California, que se ubica en el límite de la zona

climática subtropical, el invierno es frío y lluvioso, y el verano es caluroso y seco. Se ha observado que el crecimiento de la parte aérea está estrechamente relacionado con la actividad del sistema radicular (Mata (1978)).

Aunque los aguacates son sensibles a las heladas, no es el mayor obstáculo para la producción de aguacates en invierno en el estado el calor, pero las hojas de las plantas tienen agujeros que permiten que el vapor de agua escape del árbol. La planta enfría la superficie de la planta; su función es similar al sudor humano, la humedad se drena de los poros, rejuveneciendo la piel.

Cuando la temperatura supera los 90 ° C, las estomas de las hojas de aguacate Hass (la variedad favorita de los consumidores de California) se cierran. Los estomas cerrados y el sobrecalentamiento de las plantas no liberarán agua (Warnert, 2015). En gran parte del área de siembra de aguacate en México, se han encontrado dos tendencias importantes en el crecimiento de las raíces: primavera, la primavera comienza cuando las plantas dejan de crecer en primavera; comienza la primavera. Otoño, verano y verano después de que la planta crezca. La temperatura del suelo rara vez desciende por debajo de los 17°C, sin embargo, el flujo de crecimiento de las raíces depende principalmente del suministro de agua en el suelo y del crecimiento vegetativo de las partes aéreas (Curzel et al., 2015).

En condiciones de riego, el crecimiento de las raíces puede ocurrir durante todo el año, aunque esta actividad puede tener un descenso fuerte o moderado en invierno, principalmente en regiones frías con climas subtropicales, como California, Israel y Australia. Evidentemente, el agua disponible es el sistema

radicular. En este sentido, el factor decisivo para el crecimiento son las condiciones de lluvia intensa, como la mayoría de los huertos comerciales en México, y la humedad disponible en el suelo puede ser el factor que determina el crecimiento de las raíces. Exhibe la mayor actividad en la temporada de lluvias en verano y disminuye en intensidad a fines de otoño, pero rara vez es en invierno (Curzel et al., 2015).

La familia antillana *Persea americana* var-*americana* es un arbusto procedente de los bosques bajos, cálidos y húmedos de Centroamérica, donde la temporada de lluvias es corta. Esta especie tiene una mejor adaptabilidad a las condiciones climáticas de Colombia, lo que indica que puede haberse originado en América del Sur, o más precisamente, se originó en la costa norte de Colombia.

Por su parte, entre los principales rasgos de esta variedad es el crecimiento significativo de su fruto, que puede pesar de 250 a 2500 gramos y es ovalado, redondo o en forma de pera. Sus cáscaras son de color verde, amarillo-verde, verde brillante, amarillo-rojo, rojo, violeta o negro brillante, lisas o correosas, blandas, finas, sin granos y con poca grasa (5% a 15%). El contenido de azúcar es muy alto (5%). La semilla es demasiado grande para llenar normalmente el espacio que la contiene, las hojas de los árboles no son aromáticas, en los trópicos, cuando la altitud sea inferior a los 1.000 metros, se adaptará a una temperatura de 18 a 26 ° C. De la misma forma, los arbustos de esta especie no pueden soportar climas fríos por lo que morirán cuando estos tengan un aumento de temperatura entre 2,2 a 4 ° C (DANE, 2015).

Un suelo bien ventilado puede promover el establecimiento de un sistema de raíces fuerte, uniforme y bien bifurcado con una gran cantidad de raíces finas. Cuando los poros del suelo se encogen, las raíces pequeñas mueren rápidamente o no se desarrollan. Esto da como resultado que el sistema de raíces tenga menos ramas y las raíces sean más cortas y gruesas. En el suelo de alta textura de Sudáfrica, se encontró que cuando la densidad aparente del suelo es superior a $1,7 \text{ g / cm}^3$, el sistema de raíces rara vez crece. (Salazar, 2002).

2.2. Funciones de los Nutrimentos en el Árbol

2.2.1. Clasificación de los Nutrimentos

Los nutrientes se clasifican de acuerdo con el contenido de nutrientes en la materia seca, no obstante, es fundamental mostrar que esta distribución no refleja la relevancia de cada nutriente para el mejor crecimiento y productividad de las plantas. Tomando el aguacate como ejemplo, se han descubierto componentes macronutrientes como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre. Los elementos traza incluyen Hierro, Cobre, Manganeso, Zinc, Boro y Molibdeno (ACESCO, etc.). Con base en lo anterior, una tabla muestra las funciones de abundancia y micronutrientes.

Tabla 2- 1. Funciones de macro y micronutrientes en el cultivo de aguacate

<i>Macronutriente</i>	<i>Función en el desarrollo de las Plantas</i>
<i>Nitrógeno (N)</i>	Se considera el elemento del crecimiento. Contribuye a la formación de tallo, frutos, granos, aumenta el vigor de la planta, da color verde a las hojas y parte aéreas.
<i>Fósforo (P)</i>	Estimula el crecimiento de la raíz, formación de órganos reproductores en plantas.
<i>Potasio (K)</i>	Estimula el vigor de las plantas, interviene en la formación de clorofila y regula el contenido de agua en las hojas. Incrementa el llenado y peso de frutos .
<i>Calcio (Ca)</i>	Produce una mejor resistencia en los frutos para su transporte y manejo
<i>Magnesio (Mg)</i>	Participa en la síntesis carbohidratos, favorece el transporte del fosforo en la planta.
<i>Azufre (S)</i>	Forma parte fundamental de los procesos que ayudan al color y sabor de los frutos.
<i>Micronutriente</i>	<i>Función en el desarrollo de las Plantas</i>
<i>Hierro (Fe)</i>	Asociado con cobre, manganeso, y boro, aumentan la lignina en la planta, proporcionando a la planta protección contra enfermedades.
<i>Cobre (Cu)</i>	Induce formación de polen viable, ayuda junto con el manganeso y zinc a la utilización de otros nutrientes.
<i>Manganeso (Mn)</i>	Controla en la raíz la producción de la microflora, reduciendo la disponibilidad de nutrimentos para los organismos causantes de enfermedades.
<i>Boro (B)</i>	Disminuye la pérdida de flores y aumenta la producción de frutos
<i>Zinc (Zn)</i>	Regula el crecimiento de los meristemos en la raíz .

Fuente: ACESCO (s.f). Aguacate: Ficha técnica para el manejo de la plantación de aguacate en el oriente de la región de Caldas. Colombia: Unidad Administrativa para consolidación territorial.

2.3. Absorción de nutrimentos por las raíces del aguacate

Según Velasco (2001), la capacidad de los árboles para la absorción de agua y nutrientes del suelo, tienen relación con su amplitud para formar un amplio sistema radicular, la cantidad de sustrato en interacción con los rizomas de las

plantas que hacen posible la absorción de las plantas y la nutrición mineral. Un factor de gran relevancia para el incremento y formación de las raíces es que es activo y muy dependiente del entorno del suelo, el sistema de rizomas continúa creciendo, pero el sistema de raíces depende del suministro de agua y minerales dentro de su ámbito que contribuye con su desarrollo continuo.

En suelos ricos en nutrientes minerales y agua, el sistema de raíces crece y se reproduce extensamente, si los nutrientes en el suelo son insuficientes, se inhibirá la proliferación de nuevas células, e incluso la muerte de raíces. El incremento de las raíces obedece a las acciones de los tejidos radiculares y de la fabricación de tejidos adyacentes que son diferentes a otros tipos de frutas, como cítricos y mango, cocodrilo, las raíces de la pera carecen de pelos radicales (Ginsbuig y Avozohar-Hershensen, 1965).

Esta característica parece ser inherente al género *Persea*, porque no se observan pelos radiculares en los diferentes genotipos *P. americana* y *P. schiedeana* (Velasco, 2001).

2.4. Remoción de Nutrientes por el Fruto

En cuanto a requerimientos nutricionales, los aguacates son controvertidos por el alto contenido de aceite (3-20%) en los frutos del aguacate, se requiere que la fabricación de frutos necesita muchos nutrientes (Oficina Nacional de Estadísticas, DANE, 2015). Por otro lado, algunas personas creen que debido a que los aguacates evolucionaron en suelos de fertilidad baja o media, pero su materia orgánica superficial (generalmente desarrollada por ellos), el árbol es muy

"capaz" de satisfacer la mayor parte de su materia orgánica, los requerimientos nutricionales del sustrato para la producción de frutos de alta calidad.

Sin embargo, también se reconoce que en condiciones de campo, la "tarea biológica" de los aguacates es producir frutos con semillas grandes y vigorosas, aptas para plántulas, lo cual es diferente al propósito de los productores, porque en huertos comerciales la energía del fruto del árbol se utiliza para la producción masiva de frutos con semillas pequeñas y pulpa de alta calidad, que pueden ser utilizados con fines alimentarios humanos e industriales (DANE, 2015).

En un estudio, para calcular el contenido de nutrientes que se debe aplicar al huerto de aguacate de manera biológica, por lo que resulta favorable determinar el contenido de nutrientes extraídos del fruto, el cual debe ser removido del suelo del huerto en Nayarit (López et al. (1989, etc.), el contenido de macronutrientes del aguacate de secano "Haas" es mayor que el de Choquette, Hall y Booth. El rendimiento de aguacate es de 20 toneladas / ha. "Ha" extrae 52 kg, 21 kg y 94 kg respectivamente El N, P₂O₅ y K₂O Cabe señalar que todos los frutos del aguacate "Haas" (incluidos la testa, semillas, pulpa y piel) tienen altas tasas de eliminación de Mg, S, Zn, B y Mo.

Los cultivares Choquette, Stand 8 y Hall son muy similares en la remoción de nutrientes de la fruta, pero el valor de varios nutrientes que muestra "Hall" es menor que el de Choquette y Booth 8; de acuerdo a lo anterior, se muestra la tabla 2 concerniente a los cultivos de Choquette, Booth 8 y Hall.

Tabla 2- 2. Nutrimientos en los cultivares Choquette, Booth 8 y Hall

Nutrimiento	Hass	Choquette	Hall	Booth 8
	----- kg / 20 t de frutos frescos -----			
N	51.5	30.1	29.1	36.9
P ₂ O ₅	20.6	13.0	10.0	11.6
K ₂ O	93.8	60.5	59.2	54.3
Ca	1.7	1.7	1.3	2.1
Mg	5.9	3.3	3.3	4.5
S	6.9	3.8	3.7	4.5
Cl	2.4	1.5	0.04	1.5
Fe	0.12	0.2	0.08	0.14
Cu	0.04	0.02	0.04	0.04
Mn	0.02	0.02	0.002	0.014
Zn	0.08	0.06	0.06	0.04
B	0.08	0.04	0.04	0.06
Mo	0.004	0.002	0.002	0.002
Na	0.2	0.12	0.16	0.2
Al	0.06	0.06	0.04	0.08

Fuente: Salazar- García (2002).

2.5. Nutrición y Calidad Interna del Fruto

El estado nutricional de los árboles y frutos es el aspecto clave de los frutos cosechados para la máxima calidad comercial, obviamente la calidad de los frutos obedece a los factores del clima, elaboración del huerto, variedad, etc. No obstante, es difícil mejorar la condición de los frutos en la cosecha y durante el almacenamiento, siendo más rentable y necesario la producción de un fruto de calidad que pensar en procesarla para su mejoramiento después de la cosecha (DANE, 2015).

Aunque la forma de la fruta no es un parámetro de calidad muy importante, los consumidores están acostumbrados a la forma de una determinada fruta, lo que les hace resistirse a que la fruta se compre de diferentes formas, pero la forma de la fruta es el resultado de la interacción con la fruta, medio ambiente y, por tanto, no controlado por el productor (DANE, 2015).

Sin embargo, el departamento señaló en 2015 que la nutrición de los árboles afectará la forma de la fruta en la cosecha en algunos aspectos, los árboles que son deficientes en boro o zinc durante mucho tiempo, especialmente en la etapa temprana de crecimiento de la fruta, causarán deformación de la fruta y pueden dar lugar a fruta durante la cosecha, la tasa de rechazo es alta.

Por lo tanto, los aguacates comunes o criollos ingresan al mercado interior de marzo a junio, y ciertos tipos de este aguacate tienen un extraordinario rendimiento, apariencia y gusto; en términos generales, la condición de los aguacates ordinarios es muy irregular, por lo general contienen alto contenido de fibra, semillas grandes, rendimiento tardío y árboles muy altos, lo que dificulta su recolección. Sin embargo, se debe hacer una selección y reproducción de los más calificados para proteger esta riqueza natural, porque están siendo reemplazados por variedades mejoradas e híbridos (Amórtegui, 2001, Bernal, et al., 2014).

Por su parte, debido a que la variedad criolla "Curumaní" generada en la entidad de Kurumani (César) estuvo bien abastecida en el país en abril y mayo, ha ganado una posición importante (DANE, 2015).

2.5.1. Deformación del fruto de aguacate 'Hass'.

De acuerdo con Salazar, (2002) citado en (Infoagro, s.f.) Los niveles insuficientes de boro en el suelo y las hojas. El boro generalmente es deficiente en suelos arenosos, hay pocos datos experimentales sobre la mayoría de las enfermedades fisiológicas causados por los nutrientes que generalmente ocurren en las frutas y nueces de aguacate. Aún no se ha determinado que los nutrientes en la fruta sean suficientes y que conduce a la mejor calidad y reduce la incidencia de enfermedades fisiológicas.

2.5.2. Daño por Frio (Chilling Injury).

Las señales que se pueden observar en los aguacates verdes- maduros son el óxido, las quemaduras y el oscurecimiento de la piel después de ser transferidos a un ambiente con una temperatura de 0-2 ° C (32-36 ° F) durante más de 7 días. Maduración para el consumo; la exposición de los aguacates a 3-5 ° C (37-41 ° F) durante más de dos semanas puede causar un pardeamiento en el interior del fruto (pulpa gris, pulpa manchada, pardeamiento vascular), problemas de maduración e incremento de la susceptibilidad, el periodo en que comienza la lesión por baja temperatura y la gravedad de su aparición depende de la variedad, el lugar de producción y la etapa de desarrollo (madurez fisiológica- madurez de consumo) (Infoagro, s.f.)

En cuanto al contenido y balance nutrimental, Poovaiah et al., (1988) señalan que, el calcio (Ca) es el nutriente más común relacionado con los trastornos fisiológicos de las frutas, y hay una gran cantidad de informes

publicados de que el calcio mejora la nutrición y reduce una serie de enfermedades fisiológicas de las frutas.

Por su parte, estudios de Cutting y Bower (1992) encontraron que frutos de aguacate 'Hass' cuya pulpa tuvo una mayor relación Ca+ Mg/K presentaron un contenido más elevado de la enzima polifenol oxidasa, causante del oscurecimiento (oxidación) de la pulpa de aguacate. También ha sido observado que los frutos con baja concentración de calcio maduran más rápido que aquellos con más alta concentración (Witney et al., 1990; Salazar García 2002).

Donde, la relación (o su relación) entre los trastornos fisiológicos y el potasio (K), calcio y magnesio (Mg) no es de extrañar, porque aunque el manejo del calcio puede optimizar la interacción de estos tres minerales, estos son absorbidos por las raíces. La concentración de estos tres elementos en frutas es ideal y difícil de obtener. El calcio se absorbe a través del sistema de raíces de la planta y transportado a toda la planta mediante el xilema (tejido conductor de agua), mientras que las hojas con más agua acumulan más calcio que otros órganos. Los aspectos que influyen de una forma directa en el depósito de calcio en los frutos incluyen la cantidad de calcio en la superficie, la aglomeración de otros cationes (los cuales compiten con el calcio para absorber los rizomas) y la vitalidad del incremento de los árboles (Witney et al.), Etc. (1990), el manejo del agua y los porta injertos.

Hacer frente a todos los elementos que participan en la aglomeración de calcio en la fruta es fundamental para obtener los mejores resultados, ya que demasiado calcio en el suelo reduce la absorción de otros nutrientes como

potasio, magnesio y boro. Ventajas en la calidad de la fruta (Witney et al., 1990). En comparación con la fruta, el crecimiento vegetativo excesivo aumentará el contenido de calcio que ingresa a las hojas. Por ello, la insuficiencia de agua en la superficie tendrá el mismo efecto, por lo que se debe adoptar un enfoque holístico (integral) para manejar la nutrición de calcio. En la Tabla 2-3, se resumen algunos nutrientes relacionados con los atributos de calidad de la fruta.

Tabla 2-3. Contenido de nutrimentos y otros elementos minerales en diferentes partes del fruto de cuatro cultivares de aguacate.

Cultivar y parte del fruto	Elementos minerales y concentración en la materia seca														
	%							ppm							
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Na	Al	Mo
Booth 8															
Epidermis	0.59	0.0823	0.77	0.059	0.087	0.0612	0.04	15.2	4.45	2.9	6.6	14.4	27.0	15.9	0.78
Pulpa	1.14	0.1488	1.38	0.064	0.150	0.1411	0.04	46.2	6.11	4.2	16.9	18.7	82.2	23.9	0.5
Semilla	0.83	0.1331	1.04	0.019	0.050	0.1081	0.03	36.6	26.2	2.8	9.51	10.1	7.5	11.3	1.07
Testa	1.82	0.2388	1.65	0.179	0.305	0.2587	0.09	67.1	10.4	34.2	40.5	35.1	175.8	ND	ND
Choquette															
Epidermis	0.64	0.1168	1.16	0.065	0.077	0.0677	0.04	32.2	6.98	8.9	9.48	12.9	20.2	21.3	0.99
Pulpa	0.97	0.2042	1.70	0.05	0.102	0.1243	0.05	65.1	6.09	8.2	18.4	14.2	47.6	21.3	0.78
Semilla	0.93	0.1958	1.43	0.034	0.097	0.1266	0.03	67.9	6.75	6.0	9.75	8.9	0.02	16.4	1.04
Testa	1.87	0.1653	1.26	0.168	0.241	0.2612	0.03	58.9	10.3	43.9	40.9	30.5	105.8	32.9	1.06
Hass															
Epidermis	0.76	0.134	1.16	0.036	0.097	0.0777	0.09	18.4	6.68	3.9	9.06	19.1	32.8	20.6	0.96
Pulpa	1.37	0.2408	2.14	0.041	0.137	0.1921	0.04	34.7		6.6	22.8	19.9	69.3	14	0.63
Semilla	0.84	0.1477	1.21	0.022	0.121	0.1184	0.03	21.1		4.4	9.24	12.3	4.8	10.5	1.14
Testa	1.81	0.1618	1.04	0.216	0.422	0.1451	0.03	50.8	33.8	75.6	32.4	42.3	111.4	ND	ND
Hall															
Epidermis	0.59	0.0985	1.21	0.063	0.093	0.0750	0.02	7.9	4.25	1.6	11.4	13.5	43.9	13.6	0.92
Pulpa	0.80	0.1166	1.38	0.031	0.078	0.1018	0.02	16.6	5.51	0.07	13.6	12.4	54.9	12.3	0.67
Semilla	0.73	0.1103	1.10	0.019	0.079	0.0889	0.02	41.4	17.3	0.81	16.3	11.8	7.9	ND	ND
Testa	1.72	0.2362	2.48	0.079	0.396	0.2731	0.03	44.4	3.71	11.3	25.0	56.3	95.2	52.7	1.38

Fuente: Salazar, (2002).

2.6. Nutrimento y su efecto sobre algunas características del fruto de aguacate

- **Nitrógeno:** de acuerdo con Salazar, (2002) este aporta en el Nivel arriba y abajo de lo esperado:
 - a) Redujo el traslado de Ca a la fruta,
 - b) Aumentar el volumen de los frutos con piel de tono verde oscuro, pero el fruto era reducido en firmeza y la capacidad de aceite es menor,
 - c) Incrementar la potencia del otoño (junio) antes de la cosecha de la fruta.

-
- **Por debajo del nivel normal:** frutos pequeños con piel verde claro
 - **Fósforo: niveles inferiores a los normales:** acelera el envejecimiento al perder la integridad de las membranas celulares (Salazar, 2002).
 - **Potasio:** nivel superior al normal: por su relación con el calcio y el magnesio, aumenta la sensibilidad a las enfermedades fisiológicas (principalmente pulpa).
 - **Por debajo de lo normal:** frutos pequeños, fáciles de deshidratar, alteraciones fisiológicas (Salazar, 2002).
 - **Calcio: nivel normal:**
 - a) Mantener la estructura de la pared celular y la integridad de la membrana,
 - b) Reducir la frecuencia respiratoria y retrasar el envejecimiento, c) Mayor resistencia a la pudrición por hongos y al ablandamiento. Por debajo del nivel normal: aumenta el enturbiamiento de los haces vasculares (pardeamiento vascular) y fruto gris (pulpa gris) (Salazar, 2002)
 - **Magnesio: nivel normal:**
 - a) Casi no hay evidencia de que afecte directamente la calidad de la fruta,
 - b) tienen una interacción con los elementos Su relación con los Calcio y Potasio es muy importante, superior al nivel normal: en ausencia de Calcio, el Magnesio puede sustituirlo en el sitio de cambio del tejido, aumentando así las barreras fisiológicas (Salazar, 2002).

- **Zinc: Niveles por debajo de lo normal:** cambian la forma del fruto, pequeño y redondo (Salazar-García, 2002).
- **Boro: nivel superior al normal:**
 - a) Acelerar la maduración de los frutos,
 - b) Aumentar la aparición de trastornos físicos,
 - c) Incrementar la incidencia de caries.

Por debajo del nivel normal:

- a) La interacción de la deficiencia de boro y la deficiencia de calcio puede agravar los trastornos físicos.
- b) Provocará el tejido blando y la deformación de la parte interna (pulpa) y externa (epidermis) del fruto (Salazar, 2002)

Cabe mencionar que el contenido de nitrógeno del aguacate es sorprendentemente bajo, mientras que el contenido de fósforo y potasio es muy alto. El (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O) sacados por tonelada de aguacate, el contenido es de 0,83, 2,40 kg y 3,62 kg respectivamente. Los rizomas de aguacate presentan una mayor sensibilidad a las altas concentraciones de fertilizantes. Por lo tanto, se recomienda aplicar la mayor cantidad de fertilizante posible, especialmente fertilizante nitrogenado, para reducir los daños causados por la quema y reducir las pérdidas causadas por el lavado. Tradicionalmente se recomienda aplicar todo el fósforo y oligoelementos y 25% a 70% N y K₂O en la zona anular de la proyección de la copa al comienzo del periodo de precipitaciones (junio). El resto (1 / 3N) y K₂O se aplican sobre la otra mitad de N (Chirinos, 2017) en octubre y marzo, respectivamente.

Se recomienda aplicar N en forma orgánica durante los primeros años de plantación y mineralizar lentamente. El exceso de nitrógeno puede provocar una alta concentración de sal y presión osmótica, lo que puede dañar la raíz del aguacate, que es muy sensible. El uso de compost orgánico (fertilizante o compost) es muy adecuado para los aguacates. El contenido nutricional del compost biológico puede tener gran interacción, de acuerdo al tipo de fuente animal, el alimento que recibe el animal y el método del método proporcionado. Se puede calcular el contenido medio de 0,3 a 1,2% de N, 0,1 a 0,3% de P₂O₅ y 0,3 a 0,8% de K₂O, por lo que resulta necesario la tabulación e interpretación de los nutrientes (Chirinos, 2017).

Si agrega de 3 a 5 kg de (N), 6 kg de fósforo (P₂O₅), 9 kg de potasio (K₂O), 30 a 40 kg de dolomita o 10 a 20 kg de cal agrícola + 2 a 4 kg de SulphoMag / Kmag por tonelada de materia seca. Para árboles jóvenes (de 1 a 4 años), use de 20 a 40. En comparación con otros árboles frutales (como los cítricos), los aguacates tienen menores requerimientos de nitrógeno y calcio, pero mayores requerimientos de fósforo, potasio y magnesio. La cantidad de Ca en el folio de aguacate es un tercio del de los cítricos, por su parte el Mg es tres veces más alto; existe una mayor cantidad de Mg en las hojas del aguacate muestra que es muy necesario incluirlo en el plan de fertilización (Chirinos, 2017).

Para el muestreo foliar, se deben tomar hojas de las partes apropiadas de la planta de cada árbol (norte, sur, este, oeste y oeste) debe tomar cuatro hojas del tercio medio del dosel, y deben germinar al final, en las ramas hay hojas maduras que han completado su desarrollo fisiológico, preferiblemente en verano.

Se deben muestrear al azar de 10 a 15 árboles que crezcan de manera uniforme. Coloque estas tablas en una bolsa de papel perforada para asegurar una ventilación adecuada, adjunte las tablas de información de datos y envíelas al laboratorio de inmediato.

La fertilización equilibrada contrarresta la producción alterna de árboles, aunque es bien sabido que la rotación no depende de la falta de minerales, sino que está relacionada con las reservas de hojas y tejido de la madera, especialmente el desequilibrio de almidón y hormonas, y para la producción de plantas, mediante el análisis foliar determina el suficiente contenido de nutrientes o rango del aguacate de la siguiente manera: (Analizar una muestra compuesta por 50 hojas maduras de nuevas ramas en verano).

La producción media aceptable de frutos en un sembradío de aguacate es de 250 a 350 kg / árbol. En los huertos suele haber árboles con un rendimiento por planta de hasta 600 kg / planta, y árboles con un rendimiento por planta muy bajo. Según el objetivo de producción recomendado de la planta, los años del mismo, el nivel de fecundidad de la superficie, la existencia de agua, etc., la valoración de fertilidad recomendada puede cambiar dentro de un amplio rango.

Para el muestreo foliar, las hojas deben tomarse de la parte apropiada de la planta. Cada árbol (dirección norte, sur, este y oeste) debe tomar cuatro hojas del tercio medio del dosel, en la rama donde deben florecer por última vez. La copa es la hoja madura que ha completado su desarrollo fisiológico, preferiblemente en verano. Se deben tomar muestras al azar de 10 a 15 árboles que crecen uniformemente. Coloque estas tablas en una bolsa de papel perforada

para asegurar una ventilación adecuada, adjunte las tablas de información de datos y envíelas al laboratorio de inmediato. La fertilización equilibrada compensa la producción alterna de árboles, aunque es bien sabido que la rotación no depende de la falta de minerales, sino que está relacionada con las reservas de hojas y tejido de la madera, especialmente el desequilibrio de almidón y hormonas, y para la producción de plantas, Determinar el contenido o rango de nutrientes suficientes en aguacates mediante análisis foliar (Chirinos, 2017).

La producción media aceptable de frutos en un sembradío de aguacate es de 250 a 350 kg / árbol. En los huertos suele haber árboles con un rendimiento por planta de hasta 600 kg / planta, y árboles con un rendimiento por planta muy bajo. Según el objetivo de producción recomendado de la planta, los años del mismo, el nivel de fecundidad de la superficie, la existencia de agua, etc., la valoración de fertilidad recomendada puede cambiar dentro de un amplio rango (Chirinos, 2017).

2.7. Análisis Foliar y la Nutrición del Aguacate

Para el estudio del suelo, es necesario obtener una muestra representativa del huerto cuya tierra se va a evaluar: Para cada árbol uniforme (0,5 a 10 hectáreas), tomar una pequeña parte de la muestra compuesta de la superficie (10 a 20 perforaciones: cada Árbol), tomado con una barrena o pala a una profundidad de 0,30 cm. En el lugar que abarca el dosel, se debe hacer una mezcla uniforme de estos materiales en un balde de plástico, luego tome de 0.5 a 1.0 kg de tierra, colóquelo en una bolsa de papel especial, adjunte una hoja de

información y envíela al laboratorio de inmediato, no es apropiado muestrear áreas fertilizadas o pintadas recientemente (Chirinos, 2017).

2.8. Utilidad del Análisis Foliar

El análisis químico de hojas se puede utilizar para muchos propósitos, en donde la información del estudio de la planta son pocos y se requiere datos adicionales (Chirinos, 2017). Los estudios de las plantas más usados son;

- Diagnosticar deficiencia de nutrientes, toxicidad o desequilibrio en plantas y / o suelo.
- Pronostico de imperfecciones nutricionales.
- Sugerencias para la fecundación.
- Monitorear la respuesta a la implementación de abonos.
- Diagnóstico del estado nutricional de cultivos por región y tipo de suelo.

2.9. Biofertilización

Considerando la relevancia del N, su poca tasa de utilización en la superficie y el enorme impacto económico y ecológico del uso de fertilizantes químicos sintéticos, el BNF se ha propuesto como un modelo para problemas de bajo nitrógeno y una alternativa limpia y eficaz, la disponibilidad de nitrógeno en el suelo aumenta la productividad de los sistemas ganaderos (Sylvia et al., 2005).

El uso de fertilizantes biológicos hace que el sistema de producción sea sostenible, reduce el impacto del abuso en el uso de fertilizantes sintéticos, aumenta el secuestro de carbono y reduce las emisiones de gases producto del cambio climático. De manera similar, los fertilizantes orgánicos aumentan la

posibilidad de utilizar la diversidad microbiana en la rizosfera del suelo de producción para reducir los costos de producción, evitar transacciones de divisas y hacer que los sistemas de producción intensiva sean más competitivos y sostenibles (Tovar et al., 1999).

En la mayoría de los sistemas de producción, generalmente se considera que el nitrógeno es el nutriente más restrictivo para el crecimiento de las plantas en el entorno natural, por lo que la forma molecular (N_2) del nitrógeno en la atmósfera terrestre es el nitrógeno. El área protegida más grande de la naturaleza. Aunque existe una gran cantidad de esta fuente, las plantas no la utilizan directamente (Soto & Pardo, 2000).

La asimilación de nitrógeno en forma molecular requiere un proceso de reducción, que solo lo llevan a cabo elementos vinculados a los dominios de Archaea y Eubacteria. Estos pueden realizar la fijación biológica de nitrógeno (BNF), que es un procedimiento relevante del ciclo del N en la biosfera, Por tanto, el nitrógeno molecular puede incorporarse a las moléculas básicas de todos los organismos, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, etc., (Baca et al., 2000).

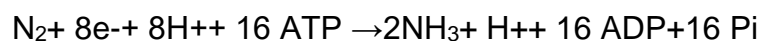
La fuente más importante de nitrógeno fijo proviene de ciertas actividades microbianas en el suelo, los microbios adquieren el nitrógeno atmosférico del suelo y lo transforman en amoníaco. Algunos de estos microorganismos se disocian en la superficie y se nutren de materia biológica muerta, otros crecen en los rizomas de plantas más grandes y otros microorganismos tienen la capacidad de establecer relaciones simbióticas con otras plantas, las bacterias tienen la

capacidad de crecer (compuestos de carbonato) y las bacterias proporcionan nitrógeno fijo a las plantas. Estos procesos biológicos aportan el 65% de la producción anual total de nitrógeno fijo (Newton y Fisher, 2002).

2.9.1. Bacterias fijadoras de Nitrógeno

Según los informes, varios microorganismos tienen la capacidad de introducir nitrógeno atmosférico. Winogradsky aisló la bacteria anaeróbica que fija nitrógeno *Clostridium pastoris* en 1890, y en 1901, Beijerinck aisló bacterias aeróbicas fijadoras de nitrógeno de las cianobacterias del suelo, como Algunos cultivos bacterianos más nuevos pueden convertir el nitrógeno atmosférico (N₂) en amoníaco (NH₃).

La fijación biológica de nitrógeno (FBN) solo se encuentra en procariontas y tiene ciertos tipos de cianobacterias (*Anabaena* y *Aphanizomenon*), bacterias del suelo heterótrofas aeróbicas (*Azotobacter*, *Azospirillum*, *Klebsiella*, *Bella* y *Bacterias Frankii*), bacterias anaerobias (clostridios y desulfuración).), Bacterias simbióticas que crecen en las raíces de leguminosas (*Rhizobium*, *Rhizobium* y *Brachyrhizobium*) y ciertas arqueas (*Methanobacter* y *Methanococcus*). La reacción general de fijación de nitrógeno es (Barton, 2005):



Estos microorganismos se denominan bacterias fijadoras de nitrógeno o bacterias diazotróficas, porque tienen un complejo enzimático llamado nitrogenasa, que les permite fijar el nitrógeno atmosférico (Newton y Fisher, 2002).

2.9.2. Bacterias de vida libre

Gran cantidad de las bacterias fijadoras de nitrógeno no tienen nada que ver con material vegetal o animal, se encuentran libremente en la superficie y participan en la fijación de nitrógeno que beneficia su crecimiento y desarrollo. Entre estas bacterias de vida libre, las cianobacterias son las bacterias más relevantes en el campo productivo. Las bacterias de vida libre más estudiadas son *Azotobacter* vid (aeróbica obligada), *Klebsiella pneumoniae* (anaeróbica facultativa), *Clostridium pasteurii* (anaeróbica obligada), *Rhodobacter capsularis* (bacteria fotosintética) y *Anabaena* y *Cándida* (bacterias híbridas).

Este nitrógeno fijado biológicamente solo se puede utilizar en el ecosistema circundante cuando las bacterias mueren (Newton y Fisher, 2002).

Dado que el principal factor que limita el FBN es la energía del carbono, se puede predecir razonablemente que, en determinadas condiciones del suelo, los diazótrofos fotosintéticos que se mueven libremente pueden fijar una gran cantidad de N_2 en lugar de los heterótrofos que se mueven libremente. Las cantidades mensurables solo se pueden medir en presencia de derivados de carbono utilizables producidos por plantas, como el carbono inestable en la rizosfera de plantas en crecimiento activo, o mientras se descomponen los restos de plantas o árboles con altas proporciones de C: N.

Las bacterias diazótropas anaerobias libres y responsables, se encuentran generalmente en la madera en descomposición. Se especula que la celulitis y los hongos que descomponen la madera descompondrán los azúcares y los compuestos fenólicos necesarios para mantener la nutrición del diazonio. Hay

muchas rizobacterias fijadoras de nitrógeno libres, asentando el nitrógeno de la del ambiente a las plantas (incluidos los cultivos agrícolas). Aunque se informa que muchas otras bacterias están relacionadas con los pastos tropicales y el arroz, las bacterias diazotróficas de la rizosfera pertenecen a muchos géneros, de los cuales *Azotobacter* y *Azospirillum* son los más estudiados (Camelo, 2010).

2.9.3. Bacterias solubilizadoras de nutrientes del suelo.

Además del nitrógeno, el fósforo es el elemento más crítico en la producción agrícola. Sin embargo, debido a su continua escasez de recursos naturales, escasez relativa, alta retención del sustrato de la superficie, carece de sustitutos naturales y poco movimiento en comparación con otros nutrientes, su disponibilidad es cada vez más restringida (Rubio, 2002).

Beltrán (2014) señaló que en comparación con otros nutrientes, la movilidad y concentración de fósforo en el suelo son muy bajas. El coeficiente de transmisión del fósforo en la superficie es de $0.3-3.3 \times 10^{-13} \text{m}^2 / \text{s}$, y su densidad dentro de la superficie es de 0.02 ppm.

Por eso, para proporcionar a las plantas una alta demanda de este nutriente, es necesario aplicar en exceso fertilizante fosfatado en el suelo. Sin embargo, la aplicación excesiva de fosfato aumenta la pérdida potencial debido a la escorrentía superficial, lo que acelera el proceso de eutrofización en los cuerpos de agua. Además, se entiende que alrededor del 90% de estos insumos se precipitan como forma insoluble de fosfato tricálcico (Ca_3PO_4) en suelo alcalino, y como fosfato de hierro (FePO_4) o fosfato de aluminio (AlPO_4) en suelo

ácido (Achal et al., 2007; Banerjee et al., 2010), no se pueden utilizar plantas, lo que favorece la acumulación de plantas.

Este fosfato inutilizable en el suelo es suficiente para mantener la productividad de los cultivos durante unos 100 años (Khan et al., 2007).

2.9.4. Bacterias solubilizadoras de fosforo

Las bacterias solubilizadoras de fosfato dan un mejor aprovechamiento sobre la utilización de este nutriente en la superficie y juegan un papel importante en la alimentación de las plantas. Las bacterias con mayor potencial de uso son *Pseudomonas* y *Bacillus*. (Restrepo et al., 2015) Su principal mecanismo de acción incluye la producción de ácidos orgánicos, que conducen a la quelación de elementos insolubles en fosfato y a la asimilación directa de fosfatos insolubles, que están relacionados con la fuente de fósforo disponible.

Los inoculantes cultivados por estas bacterias reducirán el uso de productos químicos en la agricultura durante mucho tiempo y formularán estrategias agronómicas para proteger el medio ambiente. (Restrepo et al., 2014).

Desde el año 2000, el estudio sobre microorganismos solubilizadores de fosfato ha crecido rápidamente, dentro de estos equipos funcionales se ubican las bacterias solubilizadoras de fosfato (BSF), que incluye ciertos géneros de actinomicetos. (Restrepo et al., 2014).

Los BSF pueden vivir libremente en el suelo o establecer una relación simbiótica con determinadas plantas. Pueden acoplarse, desarrollarse y perpetuarse en la rizosfera de las plantas y disolver diferentes compuestos (por

ejemplo, fosfato dicálcico, fosfato tricálcico y fósforo) (Patiño, 2010) En la tabla se enumeran varias bacterias solubilizantes reconocidas.

Tabla 2- 4.Principales géneros bacterianos (BSF)

Géneros de bacterias solubilizadoras de fosfato (BSF)		
<i>Achromobacter</i>	<i>Erwinia</i>	<i>Rahnella</i>
<i>Acinetobacter</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Ralstonia</i>
<i>Aereobacter</i>	<i>Gordonia</i>	<i>Rhodobacter</i>
<i>Agrobacterium</i>	<i>Kitasatospora</i>	<i>Rhodococcus</i>
<i>Arthrobacter</i>	<i>Klebsiella</i>	<i>Serratia</i>
<i>Bacillus</i>	<i>Mesorhizobium</i>	<i>Sinorhizobium</i>
<i>Bradyrhizobium</i>	<i>Micrococcus</i>	<i>Streptomyces</i>
<i>Burkholderia</i>	<i>Mycobacterium</i>	<i>Streptosporangium</i>
<i>Chryseobacterium</i>	<i>Pantoea</i>	<i>Thiobacillus</i>
<i>Delftia</i>	<i>Phyllobacterium</i>	<i>Yarrowia</i>
<i>Enterobacter</i>	<i>Pseudomonas</i>	

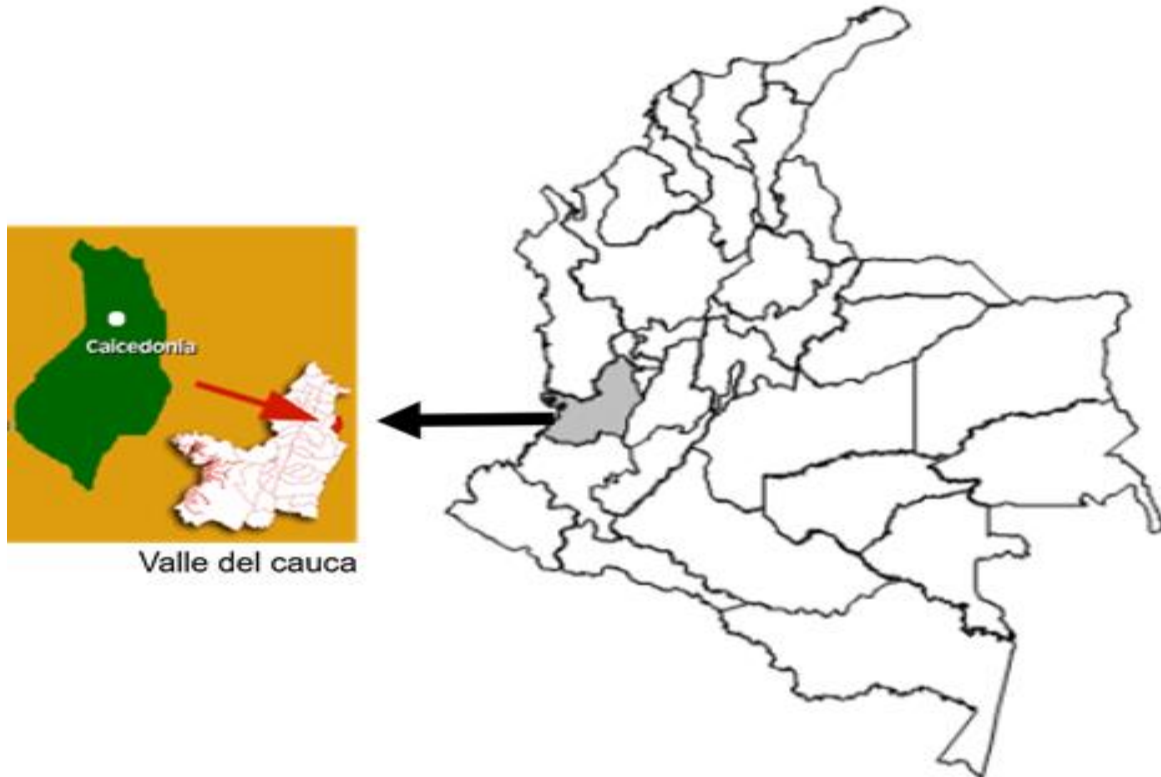
Fuente: Urbanek, 1987; Rodríguez et al., 1999; Rosas et al., 2006; Naik et al., 2008; Chen et al., 2006; Oviedo et al., 2005; Moratto et al., 2005; Oliviera et al., 2008; Patiño, 2010; Paredes et al., 2010; Chakraborty et al., 2010; Scervino et al., 2010; Coutinho et al., 2011; Pérez et al., 2012; Muleta et al., 2013).

3. Capítulo 3. Materiales y métodos

3.1. Localización y caracterización de la zona estudiada

El estudio se llevó a cabo en la Hacienda Altamira en la ciudad de Cauca, Valle de Cauca, el cultivo está ubicado sobre suelo franco arenoso, a una altitud de 1250 metros, con una humedad relativa promedio de 76%, una temperatura promedio anual de 23°C y una precipitación anual promedio de 1872 mm, ubicado sobre el piso templado cálido, el clima es húmedo y templado. La frecuencia de las lluvias es bimodal, con dos estaciones lluviosas desde marzo y mayo y de noviembre a diciembre; con base en lo anterior, el mapa muestra la ubicación donde puede ver la ubicación geográfica del área de estudio.

Figura 3- 1. Localización geográfica del área estudiada



Fuente: Google mapas, (2020).

3.2. Diseño estadístico

3.2.1. Diseño Experimental

Se realizó un estudio en bloques completos al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

3.2.2. Descripción de los Tratamientos

Tabla 3- 1. Descripción de los tratamientos del experimento

Trat.	Producto	Observaciones	Cantidad	Und	Cantidad de agua	Frecuencia de aplicación
TO	Testigo	Fertilización convencional de la finca (triple 15)	200	Gr/árbol		Mensual
T1	Bacter crecimiento	Bacterias fijadoras de nitrógeno	235	MI	47 litros	
T2	Nutribacter suelo	Bacterias solubilizadoras de nutrientes	235	MI	47 litros	
T3	Bacter crecimiento + Nutribacter suelo		235+235	MI	47 litros	

Fuente: elaboración propia

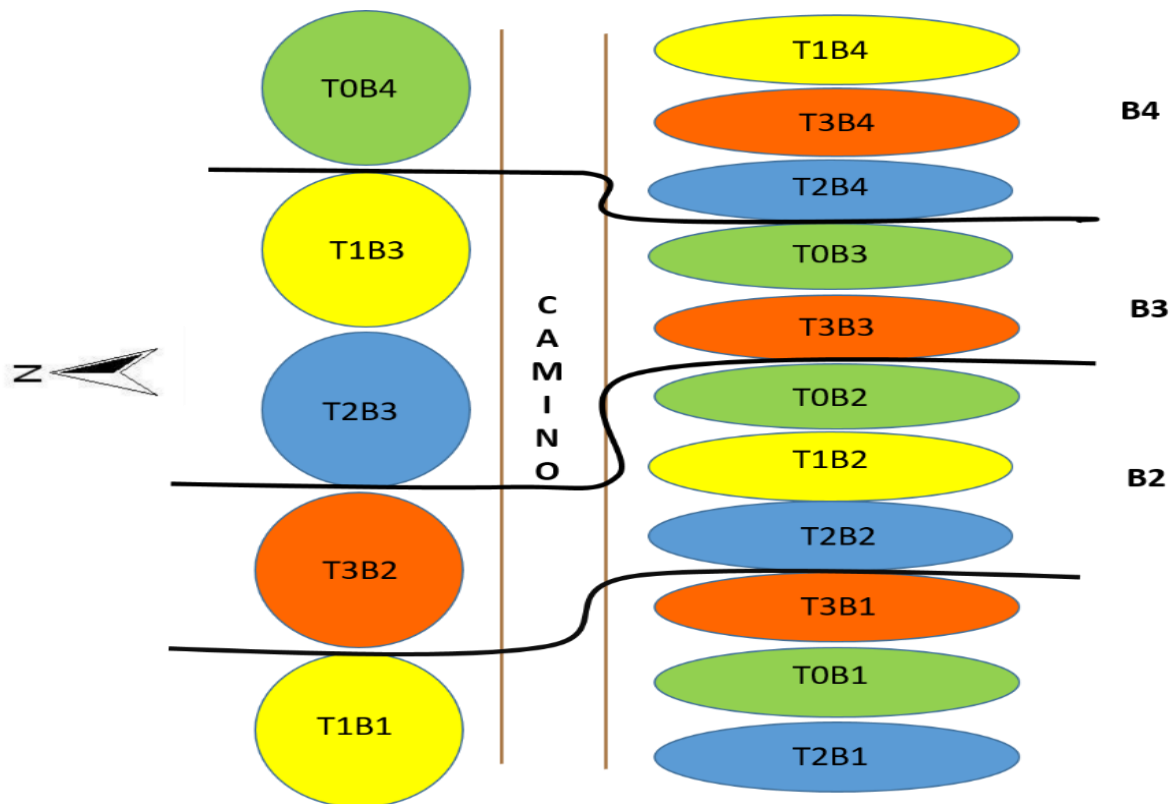
Los tratamientos se aplicaron mensualmente durante siete meses.

3.2.3. Descripción de la unidad experimental

La unidad experimental correspondió a 12 árboles de la variedad “Trapica” recién establecida, coinciden con la unidad de muestreo

3.2.4. Distribución de tratamientos y unidades experimentales en campo

Figura 3- 2. Esquema de localización de tratamientos y repeticiones



Fuente: elaboración propia

3.2.5. Variables de respuesta de materia seca y área foliar evaluadas

- Determinación de características químicas del suelo: “pH, fósforo, potasio, calcio, Magnesio, hierro, cobre, manganeso, zinc, carbono orgánico, nitrógeno y textura que cambian de unas variedades a otra. Los suelos más recomendados son los de textura ligera, profundos, bien drenados con un pH neutro o ligeramente ácido (5.5 a 7)” (Sacarta, 2017, p.8)

- Concentración de nutrimentos mayores (potasio, calcio, azufre, magnesio) y menores (Cloro, manganeso, hierro, cobre, zinc, boro, molibdeno) en tejido foliar.
- Relación entre nutrientes Nitrógeno/Fosforo, Cobre/Magnesio, potasio/Magnesio +Calcio + Magnesio/ Potasio en tejido foliar.

3.2.6. Análisis estadístico

La interpretación de varianza se desarrolló a través de un programa SAS, aplicándose la prueba de comparación de medias de Duncan ($P = 0.05$), correlación y regresión a las variables que encontraron diferencias significativas.

3.3. Métodos y técnicas de laboratorio utilizadas en la determinación de variables de respuesta.

3.3.1. Toma de muestras foliares y su correspondiente determinación nutrimental, de materia seca en laboratorio y área foliar.

3.3.1.1. Muestreo foliar

La selección de la muestra se realizó recogiendo un árbol de cada tratamiento en cada bloque, colocando la hoja muestreada en la posición 6 o 7 en todos los lados de la copa, desde la punta de la rama hasta la rama sin fruto. De cada árbol se toman cuatro hojas de cada árbol, el número normal de hojas que constituyen la muestra es de 100 a 200, aunque el número de estas hojas puede variar ligeramente según las características de la muestra (Serpa, 1969; Legaz et al., 1995). En el laboratorio, las hojas se pesan y lavan, luego de lavarlas, se colocan en una bolsa de papel perforada y se secan en un horno eléctrico con

viento fuerte a una temperatura de 60 a 65°C durante al menos 48 horas. Luego se molieron en un molino de acero inoxidable con un tamiz No. 40, listos para el análisis químico.

3.3.1.2. Determinación de materia seca

Luego, con base en los datos de peso inicial (húmedo) y peso final (seco) obtenidos por Salazar, Cossio y González (2006), se puede determinar el porcentaje de materia seca.

$$\% \text{ MATERIA SECA} = 1 - \left[\frac{(\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final})}{\text{Peso Inicial}} \right]$$

3.3.1.3. Concentración de nutrimentos en tejido vegetal

- Análisis de N mediante el procedimiento kjeldahl.
- Determinación de Fósforo, Azufre y boro se aplicó por colorimetría a través del procedimiento de Molibdato-Vanadato de amonio.
- Determinación de Potasio, Calcio Magnesio, Zinc, Cobre, Hierro y manganeso se realizó por espectrofotometría de absorción atómica.

3.3.1.4. Determinación de área foliar por el método de relación peso: área

- Se dibujó y corto el contorno de las hojas en papel milimetrado.
También se dibujó una superficie conocida (1 x 1 cm), se pesó en balanza de precisión 0,001g. por relación de peso de la superficie conocida se calcula el área de las láminas.

3.3.2. Caracterización química del suelo

La caracterización química de las muestras de suelo comprendió determinación de pH con potenciómetro relación suelo- agua (1:2,5), fósforo utilizable extractor Bray-II, Cationes de cambio Calcio, Magnesio, Potasio y sodio por el método de acetato de amonio 1N pH7y determinación por absorción atómica, Materia Orgánica fue por Walkey-Black, azufre NTC 5404, Conductividad eléctrica NTC 5596, elementos menores cobre, hierro, manganeso y zinc por el método de Olsen modificado, boro NTC 5404 y textura por el método de bouyucos.

3.4. Conducción del experimento

El trabajo se desarrolló dentro un huerto recién diseñado de aguacate tipo “Trapica”, el cual cuenta con 156 árboles sembrados, en donde se aplicaron las siguientes fases:

- a) Caracterización química del suelo (Noviembre de 2012 Inicial) (Septiembre de 2013 Final),
- b) Toma de muestras y análisis de tejidos foliares (Febrero de 2013 Inicio) (Agosto de 2013 Final),
- c) Aplicación de las diferentes tratamientos (mensual desde febrero 2013 hasta agosto 2013),
- d) Análisis de variables fisiológicas (área foliar, materia seca, diámetro y altura de planta) (cada dos meses Febrero, abril, junio y agosto),
- e) Análisis estadístico (agosto de 2011).

También se tomó muestras para análisis de suelos al inicio y al final del experimento, la extracción de muestra se hizo con tres (3) de anticipación e

implementación de los tratamientos (Noviembre de 2012), las muestras fueron secadas y estabilizadas, tamizadas a <2mm y homogeneizadas.

4. Capítulo 4. Resultados y discusión

4.1. Variables químicas del suelo

4.1.1. Caracterización inicial del suelo

Los resultados del análisis del suelo se interpretan según el ICA (1992) y se presentan en la tabla 4, el cual muestra que los valores y su interpretación, en términos generales no hay problemas de aluminio intercambiable, como tampoco rasgos que muestren que el suelo es salino o sódico, condiciones no aptas para el desarrollo del cultivo.

Tabla 4- 1. Resultado de análisis de suelo inicial

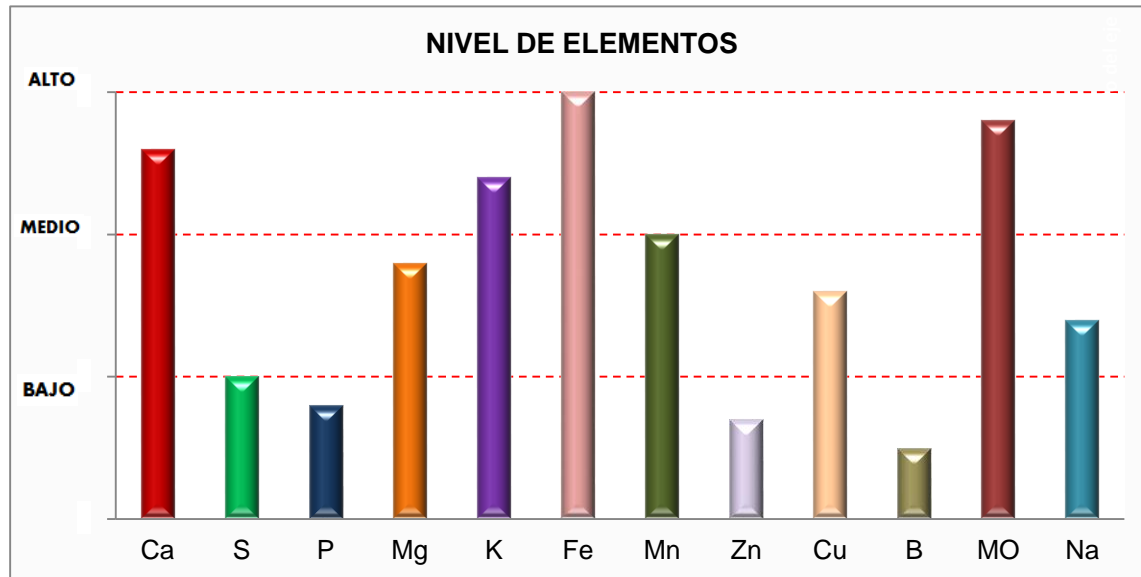
Textura	pH	CE	Acidez			MO	P	S	Cationes extractables				CICE	Elementos menores				
			Al + H	Al	Sat de Al				Ca	Mg	K	Na		B	Cu	Fe	Mn	Zn
			ds/m	Cmol*kg	%				Cmol*kg					mg*kg				
FA	5,72	0,17	0	0	8,45	4,5	5,7	6,48	2,1	1,13	0,09	9,8	0,2	1	143	7,7	1,3	
	Moderadamente ácido					Alto	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Alto	Normal	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Medio	Bajo

Relaciones cationicas	Valor	Interpretación General	Saturación Cationica	Valor	Interpretación
Ca/Mg	3	Adecuado	sat. Ca (%)	66,10%	Alto
Ca/K	6	Deficiencia de Calcio	sat. Mg (%)	21,40%	Medio
Mg/K	2	Deficiencia de Magnesio	sat. K (%)	11,60%	Alto
(Ca+Mg)/K	8	Deficiencia de Ca o Mg	sat. Na (%)	0,90%	Normal

De acuerdo con este orden de pensamiento, se puede observar que el contenido de otros elementos es el mejor excepto por el bajo contenido de fósforo, azufre, boro y zinc. La capacidad efectiva de intercambio catiónico que se presenta es baja, lo que evidentemente indica una pobre retención de nutrientes,

lo que se puede mejorar agregando materia orgánica con alta salinidad, la cual debe estar claramente caracterizada antes de la aplicación.

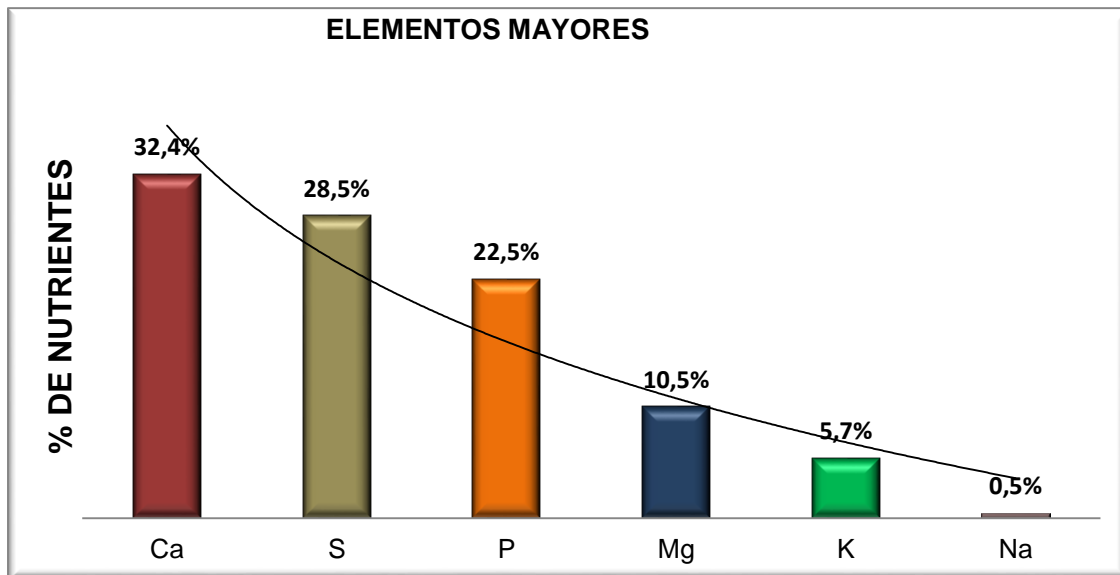
Gráfica 4- 1. Nivel de elementos



Fuente: elaboración propia

En la gráfica 4-1, se puede observar que el Fe presenta un nivel alto, Ca, K, MO, están entre medio a alto, Mn presenta nivel medio, Mg, Cu, Na son elementos que se encuentran entre nivel medio y bajo, S esta en nivel medio y los elementos que se encuentran en concentraciones muy bajas es P, Zn y B, estos elementos es importante monitorearlos a nivel foliar para que no sean limitantes en el rendimiento del cultivo.

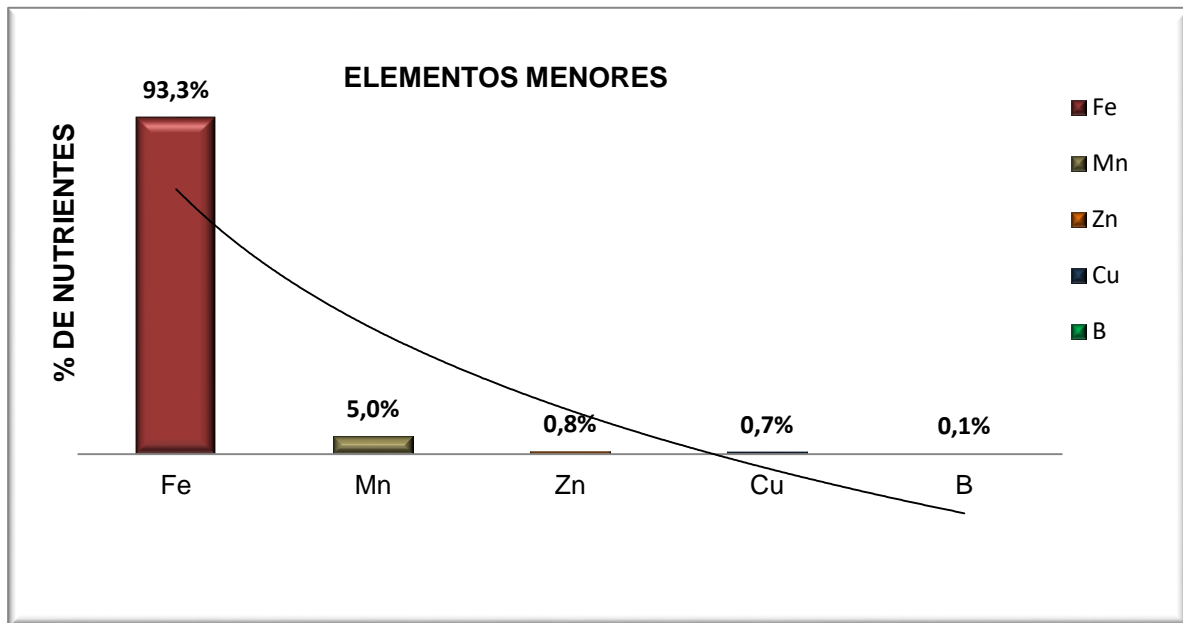
Gráfica 4- 2. Elementos mayores



Fuente: elaboración propia

Se observa en la gráfica 4-2, presenta las siguientes concentraciones de mayor a menor porcentaje Ca, S, P y Mg. El Calcio (Ca) vigoriza el follaje, da consistencia y calidad a las frutas. El Fósforo (P), estimula el desarrollo de los árboles, aceleran la maduración de las frutas y fortalece raíces y tallos.

Gráfica 4- 3. Elementos menores



Fuente: elaboración propia

Entre todos los oligoelementos, hay un 93,3% de hierro (Fe) en el suelo. La falta de hierro en los cultivos se manifiesta por el amarillamiento de las hojas jóvenes provocado por la alcalinidad del suelo. El pH del suelo determina la disponibilidad de hierro y otros oligoelementos al afectar su solubilidad. El hierro es el micronutriente más gravemente afectado, porque cada aumento de pH (entre 4 y 9) reduce la eficacia del hierro en 1000 veces, mientras que la disponibilidad de manganeso, zinc y cobre disminuye en 100 veces el valor de pH.

Se recomienda sustentar la siembra con una fecundación de factores mayores y menores muy equilibrada.

4.1.2. Análisis de suelo final por tratamiento

- Evaluación de los niveles críticos de nutrientes del suelo en los cultivos de aguacate

En la tabla 4-2, se presentan las condiciones ideales que debería de presentar un suelo para el normal desarrollo del cultivo, como se puede ver el valor deseable de pH del suelo para los cultivos de aguacate esta entre el 5.5 y 6.8, y en la tabla 4-3 se presentan las características finales del suelo por cada tratamiento.

Tabla 4- 2. Características adecuadas del suelo para el cultivo del aguacate

CARACTERISTICA	BAJO	MEDIO	OPTIMO	ALTO
B (ppm)	> 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0
S (ppm)	< 12	12,0 - 20,0	20,0 - 50,0	> 50,0
Ca (meq/100 ml)	< 4,0	4,0 - 6,0	6,0 - 15,0	> 15
Mg (meq/100 ml)	< 1,0	1,0 - 3,0	3,0 - 6,0	> 6,0
K (meq/100 ml)	< 0,20	0,20 - 0,50	0,5 - 0,8	> 0,8
M, O (%)		< 2	2 - 4	> 4
P (ug/ml)	< 12	12,0 - 20,0	20 - 50	> 50
Cu (ug/ml)	< 0,50	0,5 - 1,0	1,0 - 20,0	> 20,0
Zn (ug/ml)	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 10,0	> 10
Fe (ug/ml)	< 5,0	5,0 - 10,0	10,0 - 50,0	> 50,0
Mn (ug/ml)	< 5,0	5,0 - 10,0	10,0 - 50,0	> 50,0
	DESBALANCE			BALANCE
Ca/Mg		< 2	2,0 - 5,0	> 5
Mg/K		< 2,5	2,5 - 15	> 15
(Ca + Mg)/K		< 10	10 - 40	> 40
Ca/K		< 5	5 - 25	> 25
pH	< 5,0	5 - 6	6 - 7	> 7,0
CICE		< 5,0	5,0 - 25,0	> 25

Mo	< 2,0	2,0 - 5,0	5,0 - 10,0	> 10
Al		< 50.0	50.0 – 200.0	> 200.00
Na		< 50.0	50.0 – 200.0	> 200.00

Fuente: Salazar, (2002).

Tabla 4- 3. Resultados de las propiedades analizadas después ensayo

NUTRIENTES	TESTIGO	BACTER	NUTRIBACTER	BACTER + NUTRIBACTER
pH	5.72	5.81	5.64	5.65
Al	0.13	0.00	0.18	0.11
Ca	3.81	4.56	3.82	3.00
Mg	1.30	1.61	1.27	1.27
K	0.51	0.83	0.51	0.47
CICE	5.88	7.07	5.91	4.95
P	4.87	3.64	3.59	3.54
S	7.62	6.64	6.08	6.31
Zn	2.97	1.87	1.31	1.24
Fe	191.61	138.51	152.09	149.01
Cu	2.47	1.70	1.37	1.67
Mn	7.99	6.30	5.79	5.64
B	0.21	0.18	0.14	0.15
M,O,	28.59	30.49	28.80	33.17
C.E.	0.26	0.22	0.18	0.18
Mo	9.24	9.00	9.24	9.34
Ca/Mg	3.56	3.36	3.16	2.51
(Ca + Mg)/K	9.47	6.65	8.94	9.29
Na	0.14	0.08	0.08	0.09

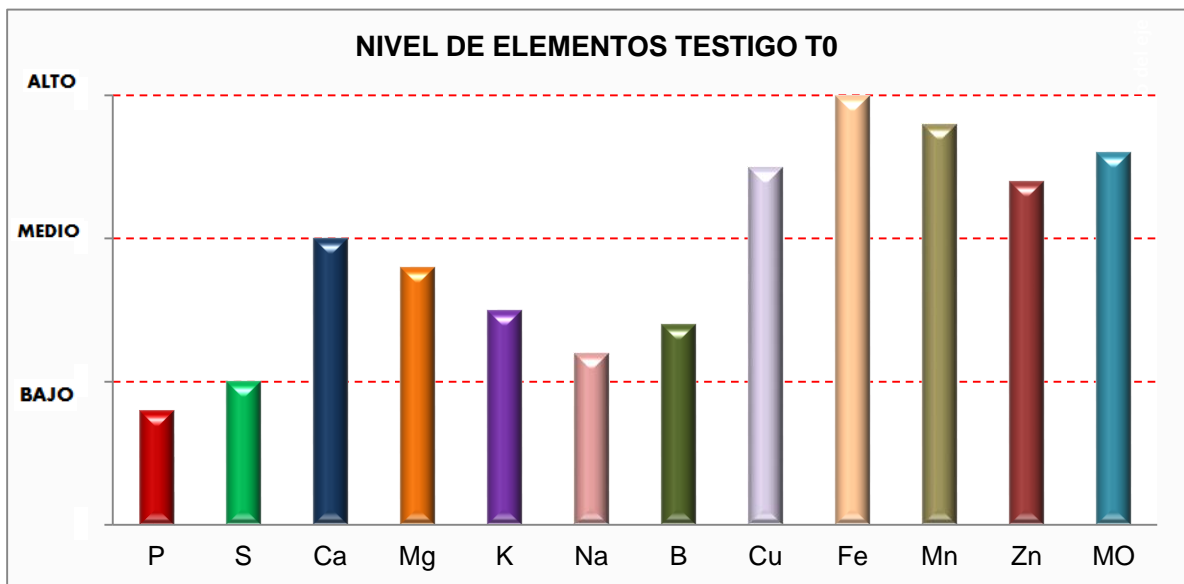
Bajo
 Optimo
 Alto

Con base a la información de la tabla 4-3 es de destacar:

- **Para el testigo:** el 61.1% de los nutrientes se encuentran por debajo de los niveles óptimos, el 27.8% se encuentran en los niveles óptimos y el 11.1% por encima de los niveles óptimos.

- **Para el bacter:** el 61.1% de los nutrientes se encuentran por debajo de los niveles óptimos, el 22.2% se encuentran en los niveles óptimos y el 11.1% por encima de los niveles óptimos.
- **Para el nutribacter:** el 61.1% de los nutrientes se encuentran por debajo de los niveles óptimos, el 27.8% se encuentran en los niveles óptimos y el 11.1% por encima de los niveles óptimos.
- **Para la combinación de bacter + nutribacter:** el 72.2% de los nutrientes se encuentran por debajo de los niveles óptimos, el 16.7% se encuentran en los niveles óptimos y el 11.1% por encima de los niveles óptimos.

Gráfica 4- 4.Nivel de nutrientes en el Testigo T0

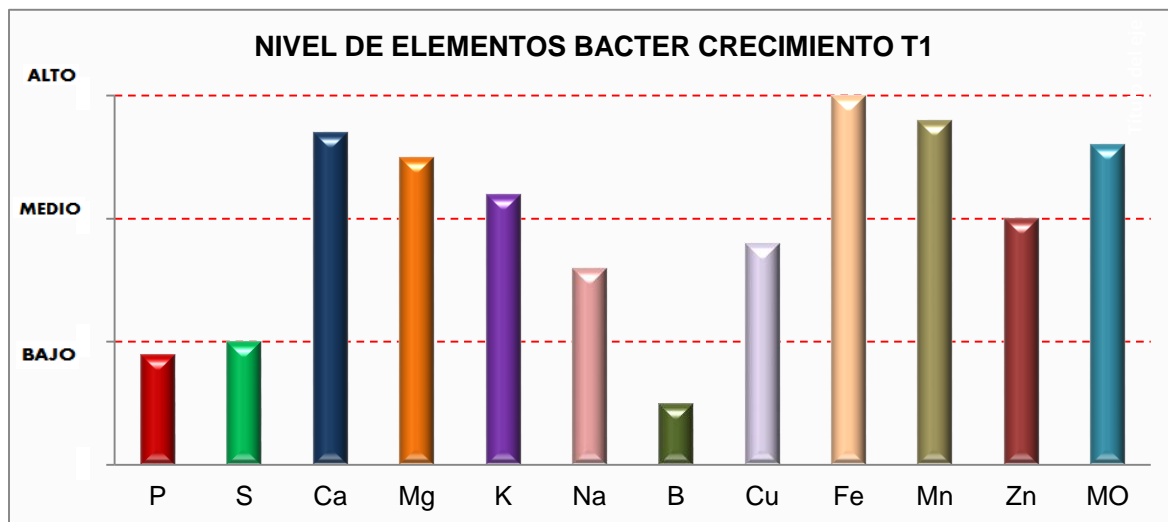


Fuente: elaboración propia

En la gráfica 4-4, se observa que con Testigo T0, en el nivel de medio –alto, están Cu, Fe, Mn Zn, MO. En el nivel medio se encuentra Ca, En el nivel bajo a medio,

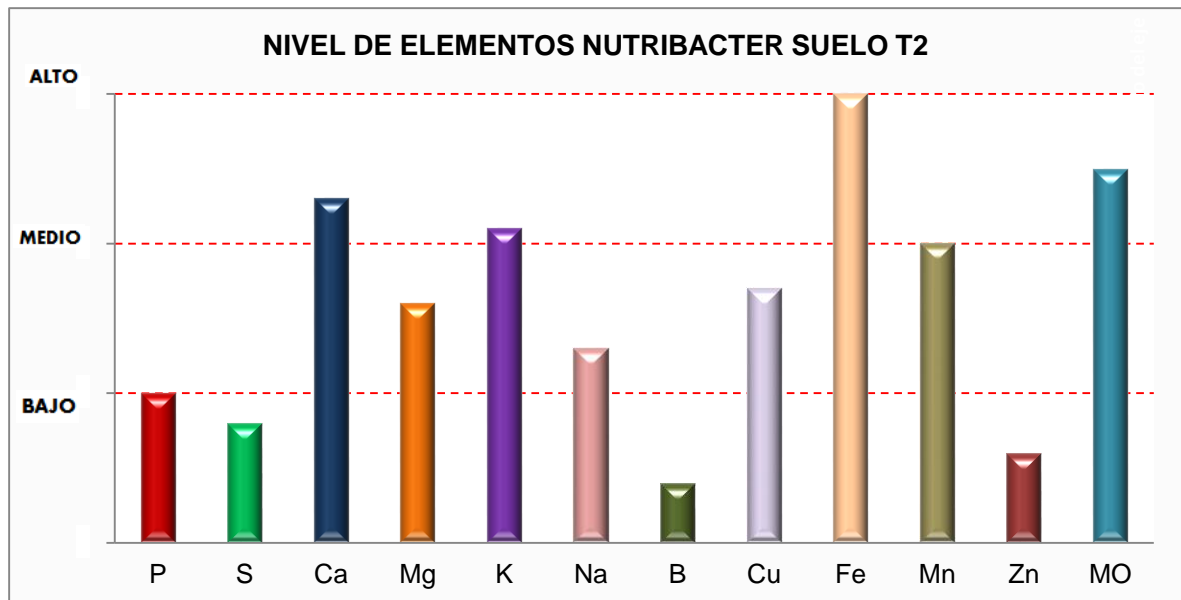
están Mg, K, Na, B. En el nivel bajo, esta S. y el nivel menos que bajo esta P. Las carencias y aumento de nutrimentos de los compuestos químicos N, P, K y Ca se denominan en El tamaño, cantidad y apariencia del fruto. El nitrógeno insuficiente producirá frutos pequeños y el nitrógeno excesivo destruirá el medio ambiente y el crecimiento vegetativo El fósforo está relacionado con la calidad y consistencia de la fruta y el potasio está relacionado con la apariencia y salud de la fruta.

Gráfica 4- 5. Nivel de elementos Baxter Crecimiento T1



Fuente: elaboración propia

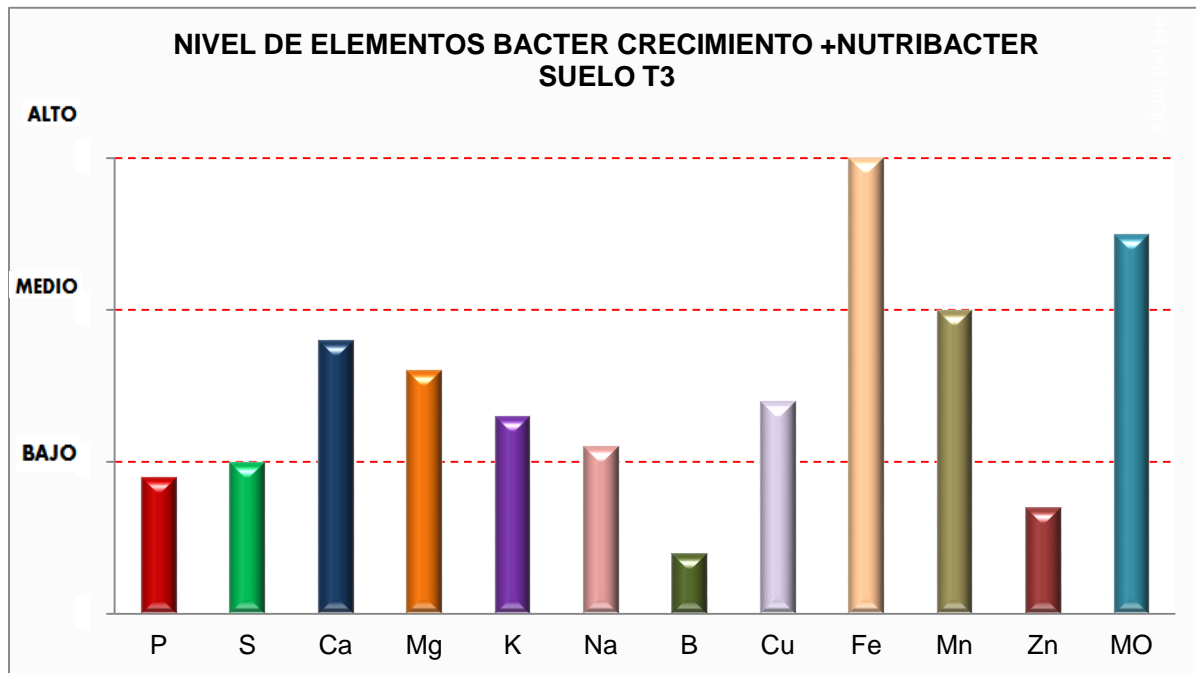
En la Gráfica 4-5, se aprecia que con Bacter T1, en el nivel alto esta Fe, en el medio –alto, está Ca, Mg, K, Mn, MO. En el nivel medio se encuentra Zn, En el nivel medio a bajo, están Na, Cu. En el nivel bajo, esta S. y el nivel menos que bajo esta P, B.

Gráfica 4- 6. Nivel de elementos Nutribacter Suelo T2

Fuente: elaboración propia

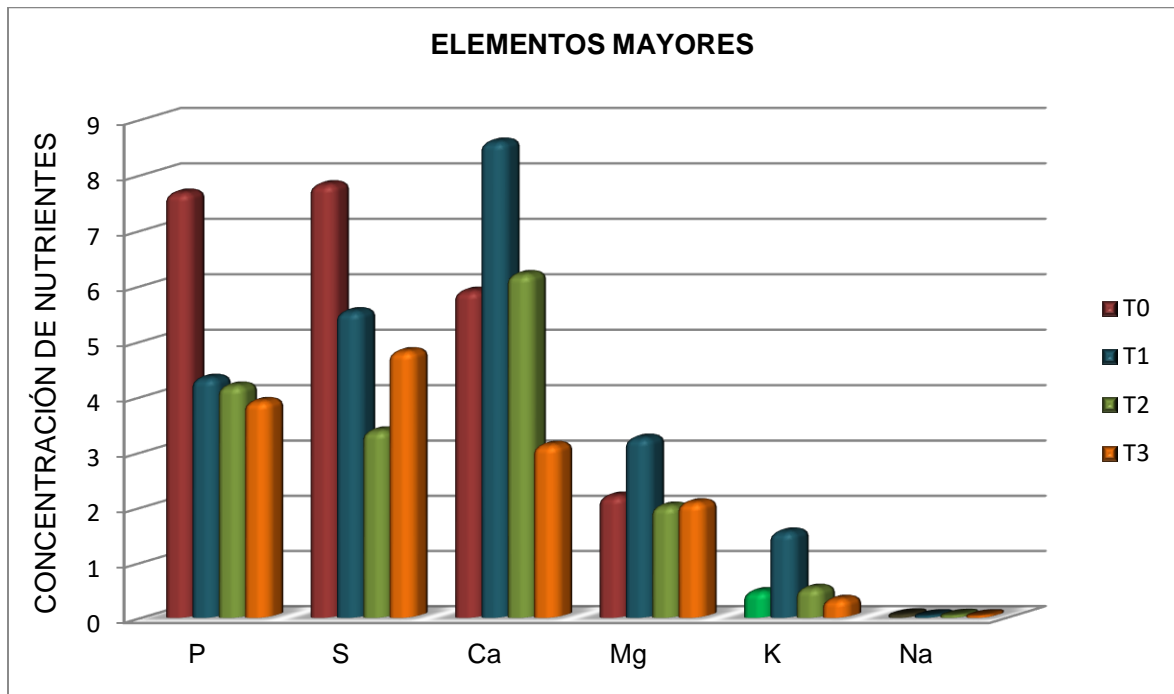
En la Gráfica 4-6, se aprecia que con Nutribacter T2, en el nivel alto esta Fe, en el medio –alto, está Ca, K, MO. En el nivel medio se encuentra Mn, En el nivel medio a bajo, están Mg, Na, Cu. En el nivel bajo, esta P. y el nivel menos que bajo esta S, B, Zn.

Gráfica 4- 7.Nivel de elementos Bacter crecimiento +Nutribacter Suelo T3



Fuente: elaboración propia

En la Gráfica 4-7, se muestra que el nivel de elementos Bacter crecimiento + Nutribacter suelo T3, en el nivel alto se encuentra Fe, en el medio –alto, está MO. En el nivel medio se encuentra Mn, En el nivel medio a bajo, están Ca, Mg, K, Na, Cu. En el nivel menos que bajo esta R, S, B, Zn.

Gráfica 4- 8. Elementos mayores

Fuente: elaboración propia

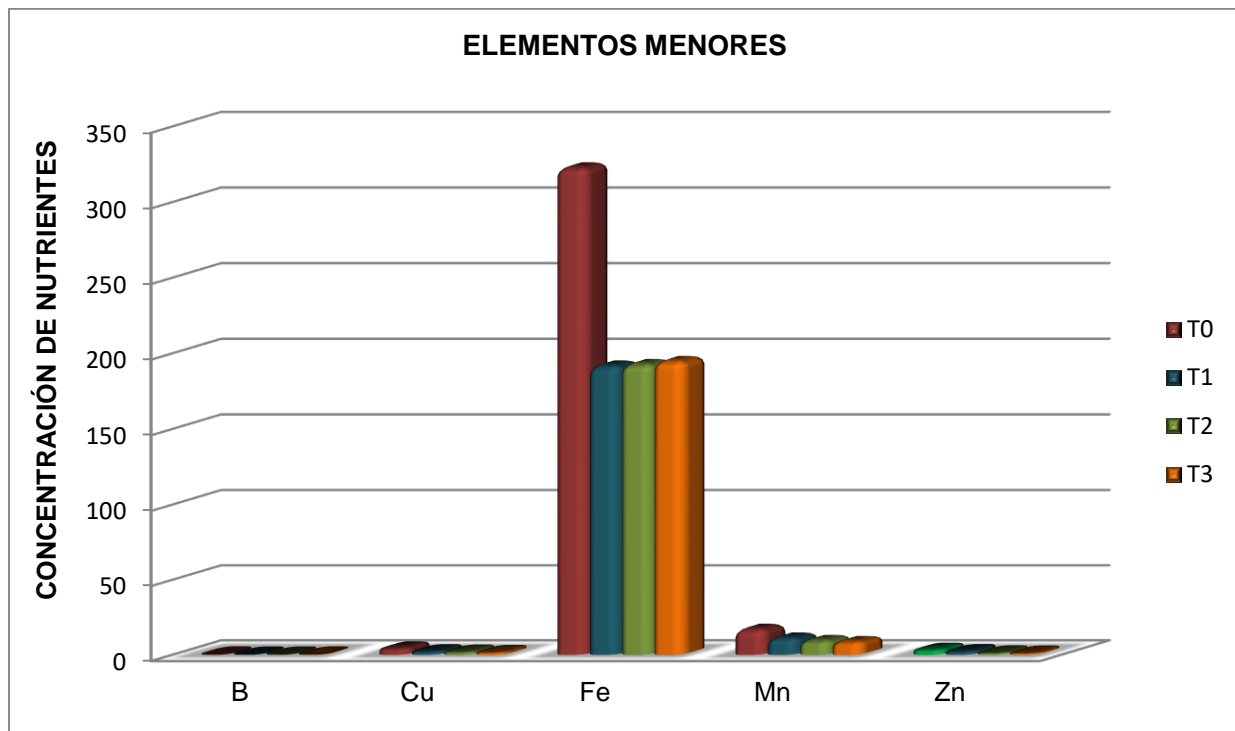
Con Testigo –T0, en cuanto a los elementos mayores tienen alta concentración de nutrientes P, S, Ca y empieza a bajar en Mg, hasta que no hay concentración en K y Na.

Con Bacter –T1, solo hay una alta concentración con Ca, mediana concentración en P, S, baja concentración Mg, K. y no hay concentración en Na.

Se observa que con Nutribacter suelo –T2, hay una mediana concentración de Ca, y bajas concentraciones de nutrientes de P, S, Mg, demasiado bajas concentraciones de K y no hay concentración de Na.

En cuanto a Bacter crecimiento +Nutribacter Suelo - T3, hay medias concentraciones de P, S, Ca, Mg, hay muy poca concentración de K, y ninguna concentración de Na.

Gráfica 4- 9. Elementos menores



Fuente: elaboración propia

En la Gráfica 4-9, solo se muestran concentraciones de hierro (Fe), en más alta concentración con Testigo-T0, y medianamente se concentra el hierro en Bacter crecimiento T1, Nutribacter suelo T2 y Bacter crecimiento +Nutribacter Suelo T3 y muy poca concentración de Mn en T0.

4.2. Variables químicas foliares

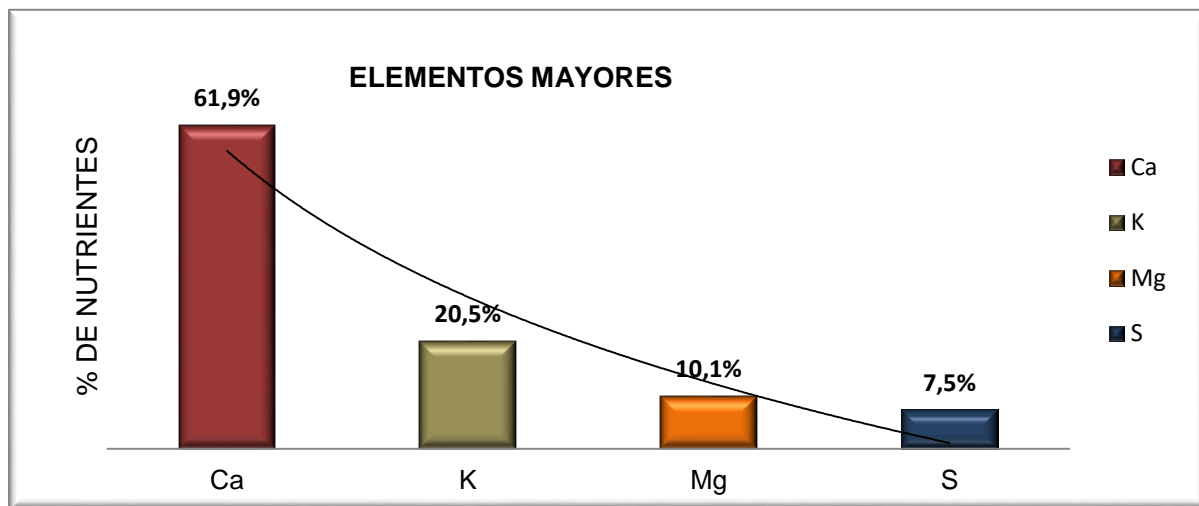
4.2.1. Caracterización foliar del cultivo

La información mostrada por los datos foliares se muestran en la tabla 4-4, en donde se observa que los elementos mayores están en porcentaje y los menores en miligramos por kilo, con estos resultados se genera la figura 4-10 que muestra la distribución porcentual de los mismos.

Tabla 4- 4. Caracterización foliar del cultivo.

Muestra	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Lote Experimental	%				mg/Kg				
	0,63	1,9	0,31	0,23	123	10	152	11	5,55

Gráfica 4- 10. Distribución porcentual de nutrientes a nivel foliar



Fuente: elaboración propia

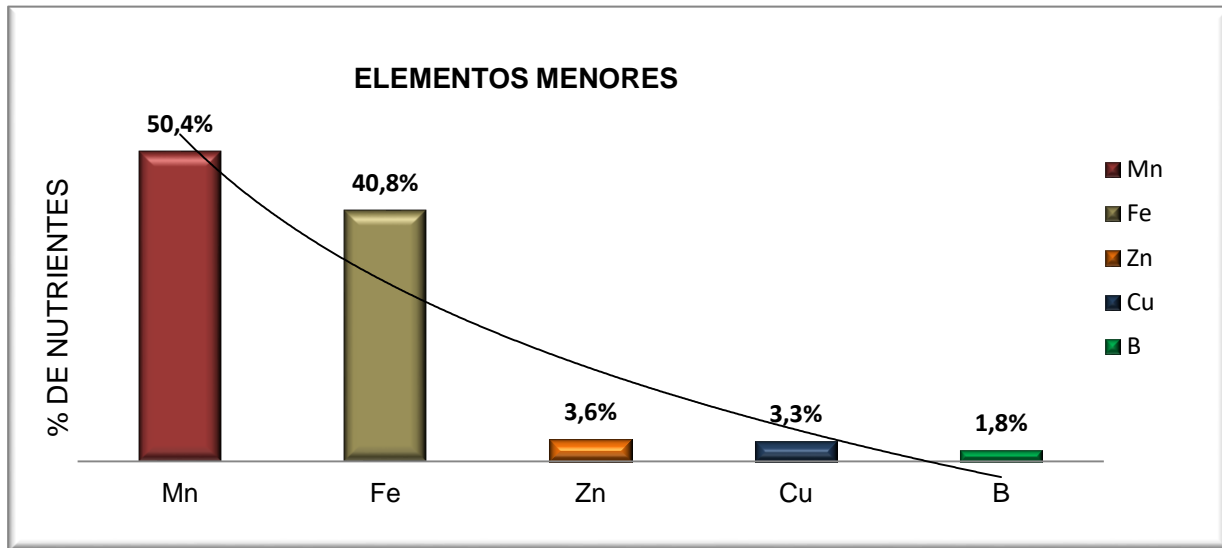
En la Gráfica 4-10, se observa que la distribución de elementos mayores, el nutriente que más se acumula en hojas es Calcio (Ca) con un 61.9%, seguido de Potasio (K) con un 20,5%, posteriormente Magnesio (Mg) 10.1% y en menor porcentaje azufre con 7,5%

Según el trabajo de investigación de Granados (2013): "Los factores nutricionales que determinan el comportamiento productivo del aguacate (Persea americana Mill)", se observó la mayor concentración de calcio (Ca), una disminución del calcio, y un pequeño aumento se encontró en la etapa madura. El valor de K es 1.74% En la etapa inicial de desarrollo del fruto, el potasio (K) disminuye, alcanza el punto más bajo (0.42%) y luego aumenta al valor máximo de 0.69%. "La concentración de magnesio (Mg) aumentó bruscamente en un 1.31%, luego disminuyó de manera representativa y se mantuvo casi constante

en 1.74%. Para el azufre (S), tiene un comportamiento irregular con valores máximos de 0.23% y 0.22%, respectivamente. (Granados, 2013, p. 72).

Según el índice de equilibrio, S, que se encuentra en un estado maduro y de crecimiento lento, es el único elemento que falta. Se encontró que el índice de equilibrio de la mayoría de los proyectos era bajo. A niveles normales, se encontró calcio en todos los estados excepto en el período de cosecha. A excepción de la madurez, el P es normal en todos los estados; el N maduro y de crecimiento lento también es normal, no se encuentran elementos en niveles altos y, en niveles excesivos, el Mg se encuentra en el crecimiento lineal y en niveles altos de maduración.

Gráfica 4- 11. Elementos menores



Fuente: elaboración propia

En la Gráfica 4-11, se muestra que en relación a los elementos menores, quien ocupa el mayor porcentaje es el nutriente Mn con 50.4%, seguido de Fe con 40.8%, posteriormente Zn con 3.6%, Cu con 3.3% y B con un 1.8%.

Según Granados (2013), en su trabajo de investigación: “Factores nutricionales que determinan el comportamiento productivo del aguacate (Persea americana Mill)”, ningún artículo está en mal estado. La mayoría de los elementos se encuentran en niveles bajos o normales, mientras que el hierro y el cobre están en niveles altos durante el crecimiento lento y existen en forma de elementos en exceso: cobre en la floración, crecimiento lineal y hierro maduro, boro durante el crecimiento lineal.

4.2.2. Análisis foliar final

El contenido de manganeso y boro es bajo durante todo el proceso de desarrollo, y el contenido de zinc también es bajo durante las etapas madura, cosecha y vegetativa. Desde la etapa de crecimiento normal hasta el final del estudio, el Cu se encontraba en un nivel normal, el Zn en el estado antera y 216 dda, y el Fe en el estado antera y la nutrición. El zinc en estado lineal (71 dda) y el Fe maduro son más altos, mientras que el Cu en el polen y el Fe en otros estadios se consideran intensos.

Los datos arrojados por el análisis foliar final se enumeran en la Tabla 4-6 y se explican con los valores mostrados en la Tabla 4-5.

Tabla 4- 5. Niveles críticos de nutrientes foliares para el cultivo de aguacate

NUTRIENTE	BAJO	OPTIMO	ALTO
MACRONUTRIENTES (%)			
N	< 1,6	1,6 - 2,0	> 2,0
P	< 0,08	0,08 - 0,25	> 0,25
K	< 0,75	0,75 - 2,0	> 2,0
Ca	< 1,0	1,0 - 3,0	> 3,0
Mg	< 0,3	0,3 - 0,8	> 0,8
S	< 0,2	0,2 - 0,6	> 0,6
MICRONUTRIENTES (%)			
B	< 50	50 - 100	> 100
Cu	< 5,0	5,0 - 50,0	> 50
Fe	< 50	50 - 200	> 200
Mn	< 30	30 - 500	> 500
Mo	< 0,1	0,1 - 1,0	> 1,0
Zn	< 30	30 - 150	> 150

Bajo
 Optimo
 Alto

Fuente: Tapia, 2012.

Tabla 4- 6.Experimental

EXPERIMENTAL

TESTIGO	N	K	S	Ca	Mg	P	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	%							µg kg ⁻¹				
		1.25	0.49	1.35	0.29			105.43	176.31	12.67	24.27	25.37
BACTER	N	K	S	Ca	Mg	P	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	%							µg kg ⁻¹				
		1.24	0.52	1.36	0.31			106.81	151.68	10.15	21.27	25.31
NUTRIBACTER	N	K	S	Ca	Mg	P	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	%							µg kg ⁻¹				
		1.28	0.49	1.41	0.39			113.41	161.36	10.05	23.43	24.34
BACTER + NUTRIBACTER	N	K	S	Ca	Mg	P	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	%							µg kg ⁻¹				
		1.21	0.74	1.31	0.29			112.41	134.20	9.62	21.98	21.96
GENERAL	N	K	S	Ca	Mg	P	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	%							µg kg ⁻¹				
		1.25	0.56	1.36	0.32			109.52	158.36	10.62	22.74	24.24

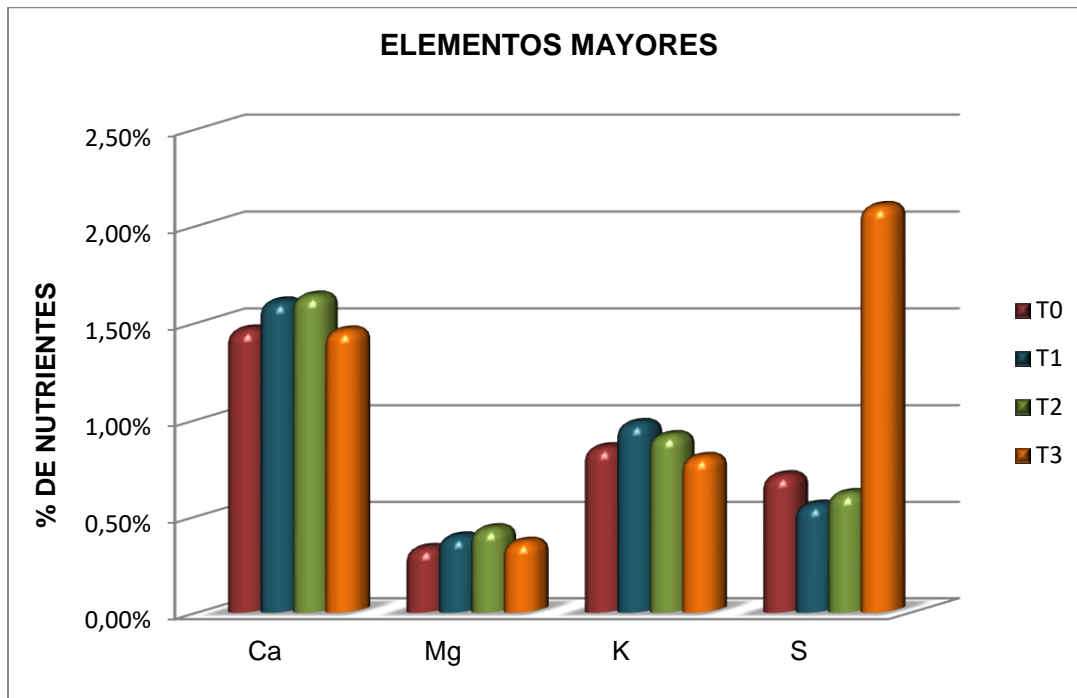
NUTRIENTE	TESTIGO	BACTER	NUTRIBACTER	BACTER + NUTRIBACTER	RESUMEN
MACRONUTRIENTES (%)					
K	1.25	1.24	1.28	1.21	
Ca	1.35	1.36	1.41	1.31	
Mg	0.29	0.31	0.39	0.29	
MICRONUTRIENTES (%)					
S	0.49	0.52	0.49	0.74	
Fe	105.43	106.81	113.41	112.41	
Cu	12.67	10.15	10.05	9.62	
Zn	24.27	21.27	23.43	21.98	
Mn	176.31	151.68	161.36	134.20	
B	25.37	25.31	24.34	21.96	

Los datos mostrados sobre la varianza indican que existen valores concluyentes en los resultados foliares finales por causa de los tratamientos, lo cual puede observarse en la tabla 4-6 los mayores valores de potasio (K) los presenta el tratamiento T2 y los menores valores el tratamiento T3, los mayores valores de Calcio (C) los presenta el tratamiento T2 y los menores valores el tratamiento T3, los mayores valores de magnesio (Mg) los presenta el tratamiento T3 y los menores valores el tratamiento T0 y T3, los mayores valores de azufre (S) los presenta el tratamiento T3 y los menores valores el tratamiento T0 y T2, los mayores valores de hierro (Fe) los presenta el tratamiento T2 y los menores valores el tratamiento T0, los mayores valores de cobre (Cu) los presenta el tratamiento T0 y los menores valores el tratamiento T3, los mayores valores de zinc (Zn) los presenta el tratamiento T0 y los menores el tratamiento T1, los mayores valores de manganeso (Mn) los presenta el tratamiento T0 y los menores valores el tratamiento T3 y los mayores valores de boro (B) los presenta el tratamiento T0 y los menores valores los presenta el tratamiento T3.

Cabe destacar que, los macronutrientes se mantuvieron dentro de los rangos óptimos solamente el calcio y el potasio ya que el magnesio solamente se ubicó en los rangos óptimos para el bacter y por debajo de estos en los demás y al observar los micronutrientes que se ubicaron dentro de los rangos óptimos el hierro , el cobre y el manganeso dentro de todos los tratamientos, en el azufre conservo los rangos óptimos a excepción de la combinación de bacter y nutribacter que presento niveles altos y en el zinc y boro sus niveles fueron por debajo del rango óptimo para todos los tratamiento.

Al evaluar los tratamientos se destaca que para los bacter y el nutribacter el 78% de los nutrientes se ubicaron dentro de los rangos óptimos y para el testigo y la combinación de bacter y nutribacter el 66% estuvieron dentro de los rangos óptimos.

Los datos sobre la varianza evidencian que existen datos concluyentes en el contenido de calcio, potasio, magnesio y azufre por causa de los métodos y como se muestra en la figura 4-12, Ca tiene presenta comportamiento similar en todos los tratamientos T0 (1,35%), T1 (1.36%), T2 (1.41%) y T3 (1.31%). Magnesio tiende a presentar un comportamiento muy bajo con todos los tratamientos T0 (1.29%), T1 (0.31%), T2 (0.39%) y T3 (0.29%). En cuanto a K, el comportamiento es medio con todos los tratamientos T0 (1.25%), T1 (1.24%), T2 1.28%) y T3 (1.21%). El Mg tuvo muy bajo % de nutrientes en T0 y T3 ambas con 0.29%.

Gráfica 4- 12. Distribución porcentual de nutrientes mayores

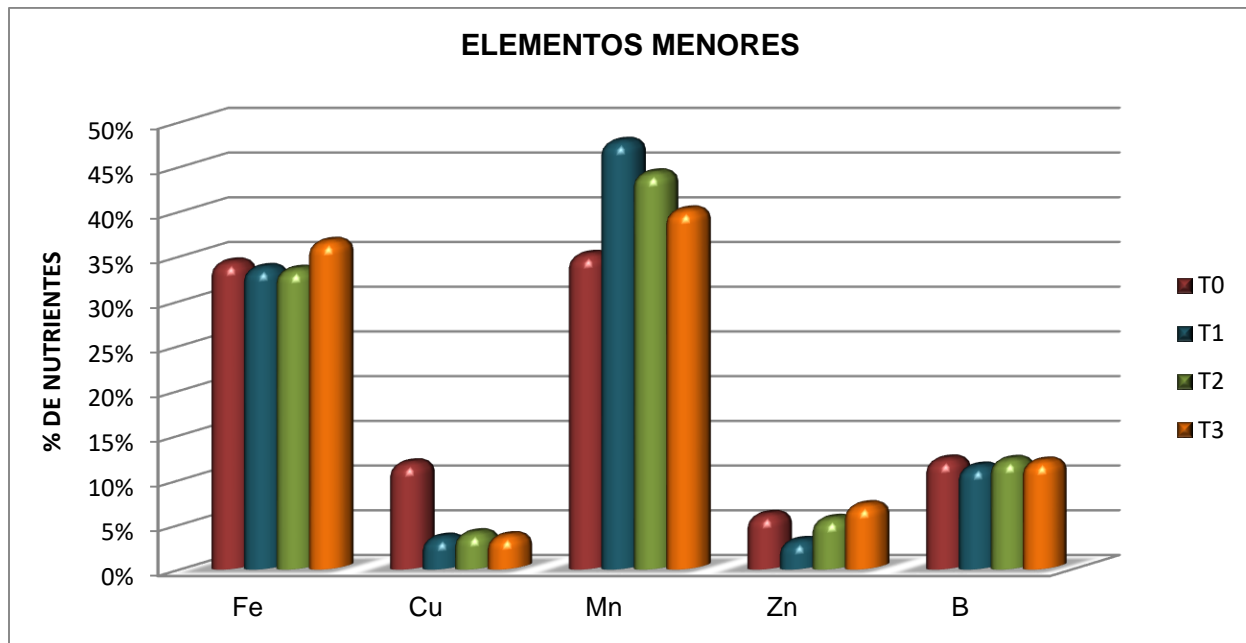
Fuente: elaboración propia

Por otra parte se observa que los mayores valores de azufre se presentan en el T3 y los menores valores en el T1, no presentando diferencias estadística entre T0, T1 y T32, si con T3.

En la tabla 4-13 se presentan el comportamiento de los elementos considerado menores, los datos de varianza muestran que existen diferencias estadísticas en los contenidos de cobre, manganeso y cinc por efecto de los tratamientos, los demás no presentan diferencias.

En la misma Gráfica 4-13, se observa que la distribución porcentual de los elementos menores, en donde Fe presenta los mayores valores y tiene un comportamiento estable en todos los tratamientos T0 (105.3%), T1 (106.81%), T2 (113.41%), T3 (112.41%).

Gráfica 4- 13. Distribución porcentual de nutrientes elementos menores



Fuente: elaboración propia

La distribución porcentual de Cu tiene un comportamiento muy bajo en los tratamientos T1 (10.15%), T2 (10.05%) y T3 (9.62%), solo en T0 obtiene un poco más de concentración (12.67%) de Cu.

En Mn es el elemento que mayor porcentaje presenta en todos los tratamientos, es de los elementos menores con mayor porcentaje de nutrientes, donde en orden sería T1 (151.68%), T2 (161.36%), T3 (134.20%) y en menor porcentaje está el tratamiento T0 (176.31%). El Zn tuvo muy bajo porcentaje en todos los tratamientos T0 (24.27%), T1 (21.27%), T2 (23.43%) y T3 (21.98%).

En cuanto B, el comportamiento en los cuatro tratamientos tiene porcentajes muy similares T0 (25.17%), T1 (25.31%), T2 (24.34%) y T3 (21.96%).

En los tratamientos se destaca que para los bacter y el nutribacter el 78% de los nutrientes se ubicaron dentro de los rangos óptimos y para el testigo y la combinación de bacter y nutribacter el 66% estuvieron dentro de los rangos óptimos

- **SINERGIA Y ANTAGONISMO EN LOS RESULTADOS PRESENTADOS**

- **Relación de los minerales en la planta y el suelo (Mulder*)**

- **Antagonismo (inhibición mutua):** Es bien sabido que la aplicación de fósforo reducirá el contenido de zinc en las hojas y la aplicación de potasio reducirá el contenido de calcio y magnesio.

- **Sinergismo (ayuda mutua):** En otras palabras, en ausencia de fósforo y potasio, el contenido de nitrógeno es menor que en su presencia.

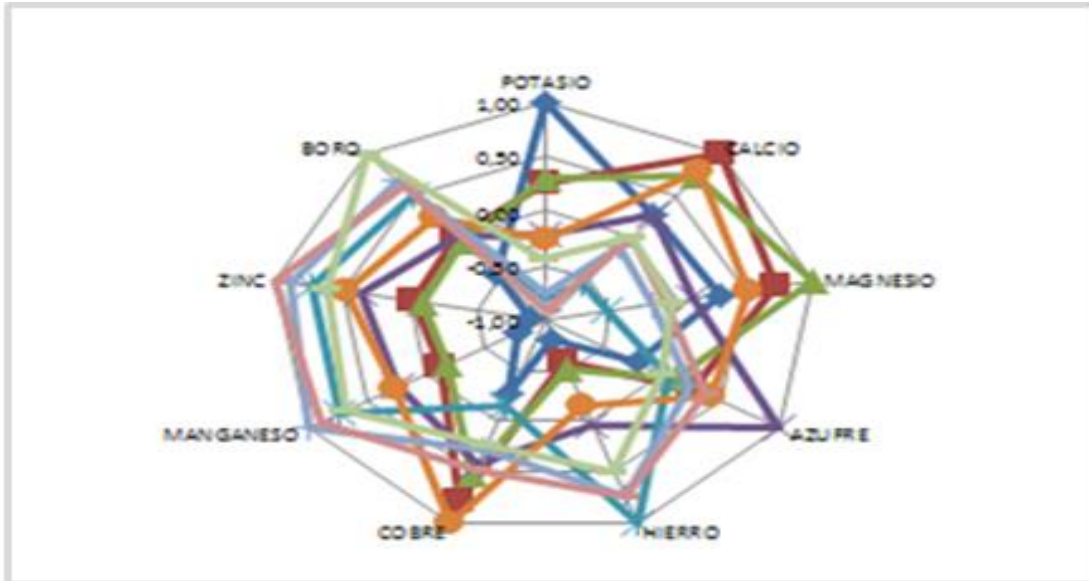
- **Correlaciones positivas ⇒ Sinergia**

- **Correlaciones cero ⇒ Neutras**

- **Correlaciones negativas ⇒ Antagónicas**

Con Base a la información encontrada es de destacar que el potasio, calcio, magnesio, azufre y cobre aumentan el contenido foliar en las plantas de aguacate; También se observa que el hierro, manganeso, zinc y boro disminuyen el contenido foliar de las plantas de aguacate

Gráfica 4- 14. Análisis foliar del cultivo en el Valle del Cauca - sinergismo y Antagonismo



De la gráfica se puede observar sinergia en zinc, hierro, manganeso y calcio. Un antagonismo en potasio principalmente.

Por otra parte también se realizó una matriz de correlación entre nutrientes y tratamiento como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4- 7. Matriz de correlación del análisis foliar por tratamiento.

TRATAMIENTO		ANALISIS FOLIAR	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	AZUFRE	HIERRO	COBRE	MANGANESO	ZINC	BORO
BACTER	ANALISIS FOLIAR	658,31	9,20	5,48	0,82	-4,69	-625,68	-5,48	-1441,72	-362,21	-43,01
	POTASIO	9,20	0,14	0,09	0,02	-0,06	-9,02	-0,07	-19,16	-5,19	-0,45
	CALCIO	5,48	0,09	0,06	0,01	-0,03	-5,43	-0,05	-11,47	-3,11	-0,21
	MAGNESIO	0,82	0,02	0,01	0,00	-0,01	-0,88	-0,01	-1,56	-0,49	-0,01
	AZUFRE	-4,69	-0,06	-0,03	-0,01	0,05	4,53	0,02	8,46	2,53	0,57
	HIERRO	-625,68	-9,02	-5,43	-0,88	4,53	607,61	5,03	1335,92	348,66	38,10
	COBRE	-5,48	-0,07	-0,05	-0,01	0,02	5,03	0,18	16,35	2,56	0,39
	MANGANESO	-1441,72	-19,16	-11,47	-1,56	8,46	1335,92	16,35	3442,63	776,92	89,64
	ZINC	-362,21	-5,19	-3,11	-0,49	2,53	348,66	2,56	776,92	203,68	19,87
	BORO	-43,01	-0,45	-0,21	-0,01	0,57	38,10	0,39	89,64	19,87	8,77
NUTIBACTER	ANALISIS FOLIAR	434,34	7,50	4,09	2,64	-2,59	-590,93	-19,31	-1289,42	-297,15	-42,64
	POTASIO	7,50	0,14	0,08	0,04	-0,05	-10,19	-0,31	-22,51	-5,30	-0,74
	CALCIO	4,09	0,08	0,05	0,02	-0,02	-5,66	-0,19	-11,88	-2,95	-0,38
	MAGNESIO	2,64	0,04	0,02	0,02	-0,02	-3,80	-0,20	-8,25	-1,78	-0,26
	AZUFRE	-2,59	-0,05	-0,02	-0,02	0,02	3,21	0,13	7,65	1,75	0,20
	HIERRO	-590,93	-10,19	-5,66	-3,80	3,21	841,54	31,24	1680,52	401,94	50,32
	COBRE	-19,31	-0,31	-0,19	-0,20	0,13	31,24	2,47	40,63	12,55	0,05
	MANGANESO	-1289,42	-22,51	-11,88	-8,25	7,65	1680,52	40,63	4591,95	889,69	178,87
	ZINC	-297,15	-5,30	-2,95	-1,78	1,75	401,94	12,55	889,69	208,12	31,63
	BORO	-42,64	-0,74	-0,38	-0,26	0,20	50,32	0,05	178,87	31,63	9,82
NUTRIBACTER + BACTER	ANALISIS FOLIAR	275,18	5,35	3,17	0,64	3,10	-425,67	-18,83	-644,66	-182,01	-62,46
	POTASIO	5,35	0,11	0,06	0,01	0,08	-8,25	-0,39	-12,47	-3,55	-1,23
	CALCIO	3,17	0,06	0,05	0,01	0,06	-4,25	-0,18	-5,03	-2,00	-0,53
	MAGNESIO	0,64	0,01	0,01	0,00	0,01	-0,97	-0,03	-1,63	-0,42	-0,21
	AZUFRE	3,10	0,08	0,06	0,01	0,22	-4,61	-0,41	-7,01	-1,95	-0,53
	HIERRO	-425,67	-8,25	-4,25	-0,97	-4,61	712,88	37,04	1155,28	290,76	102,26
	COBRE	-18,83	-0,39	-0,18	-0,03	-0,41	37,04	3,01	62,50	13,98	3,93
	MANGANESO	-644,66	-12,47	-5,03	-1,63	-7,01	1155,28	62,50	2053,01	449,50	180,10
	ZINC	-182,01	-3,55	-2,00	-0,42	-1,95	290,76	13,98	449,50	122,30	41,92
	BORO	-62,46	-1,23	-0,53	-0,21	-0,53	102,26	3,93	180,10	41,92	19,49
TESTIGO	ANALISIS FOLIAR	205,57	3,82	2,00	0,22	-1,46	-342,20	22,23	-1349,68	-215,46	-74,78
	POTASIO	3,82	0,08	0,04	0,00	-0,02	-6,38	0,12	-25,49	-4,13	-1,31
	CALCIO	2,00	0,04	0,02	0,00	-0,01	-3,36	0,04	-13,35	-2,18	-0,64
	MAGNESIO	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,36	-0,01	-1,55	-0,25	-0,08
	AZUFRE	-1,46	-0,02	-0,01	0,00	0,02	2,69	-0,43	8,53	1,43	0,46
	HIERRO	-342,20	-6,38	-3,36	-0,36	2,69	580,60	-41,95	2225,96	358,39	122,11
	COBRE	22,23	0,12	0,04	-0,01	-0,43	-41,95	51,77	-102,96	-9,78	-8,57
	MANGANESO	-1349,68	-25,49	-13,35	-1,55	8,53	2225,96	-102,96	9032,25	1435,30	503,14
	ZINC	-215,46	-4,13	-2,18	-0,25	1,43	358,39	-9,78	1435,30	230,73	78,58
	BORO	-74,78	-1,31	-0,64	-0,08	0,46	122,11	-8,57	503,14	78,58	30,09
Total	ANALISIS FOLIAR	357,81	5,74	3,24	0,89	-1,37	-449,88	-1,47	-1020,53	-233,20	-47,28
	POTASIO	5,74	0,11	0,06	0,02	-0,01	-7,51	-0,14	-17,45	-4,02	-0,81
	CALCIO	3,24	0,06	0,04	0,01	-0,01	-4,13	-0,08	-8,98	-2,26	-0,37
	MAGNESIO	0,89	0,02	0,01	0,01	-0,01	-1,25	-0,07	-2,79	-0,64	-0,12
	AZUFRE	-1,37	-0,01	-0,01	-0,01	0,08	1,47	-0,23	2,34	0,77	0,01
	HIERRO	-449,88	-7,51	-4,13	-1,25	1,47	621,79	3,81	1385,34	310,60	65,95
	COBRE	-1,47	-0,14	-0,08	-0,07	-0,23	3,81	14,25	18,64	5,38	0,12
	MANGANESO	-1020,53	-17,45	-8,98	-2,79	2,34	1385,34	18,64	4488,83	800,39	232,06
	ZINC	-233,20	-4,02	-2,26	-0,64	0,77	310,60	5,38	800,39	171,41	38,73
	BORO	-47,28	-0,81	-0,37	-0,12	0,01	65,95	0,12	232,06	38,73	17,13

- **Para el tratamiento bacter** a través del análisis foliar del cultivo del aguacate se puede observar que se presenta sinergia en los nutrientes potasio, calcio y magnesio; antagonismo en todos los demás nutrientes.
- **Para el tratamiento nutribacter** a través del análisis foliar del cultivo del aguacate se puede observar que se presenta sinergia en los nutrientes potasio, calcio y magnesio; antagonismo en todos los demás nutrientes.
- **Para el tratamiento de la combinación de bacter y nutribacter** a través del análisis foliar del cultivo del aguacate se puede observar que se presenta sinergia en los nutrientes potasio, magnesio, azufre y calcio; antagonismo en los nutrientes hierro, cobre, manganeso, zinc y boro.
- **Para el tratamiento el testigo** a través del análisis foliar del cultivo del aguacate se puede observar que se presenta sinergia en los nutrientes potasio, calcio, magnesio y cobre; antagonismo en los demás nutrientes hierro, azufre, manganeso, zinc y boro.
- **Para todos los tratamientos en general** a través del análisis foliar del cultivo del aguacate se puede observar que se presenta sinergia en los nutrientes potasio, calcio y magnesio; antagonismo en todos los demás nutrientes

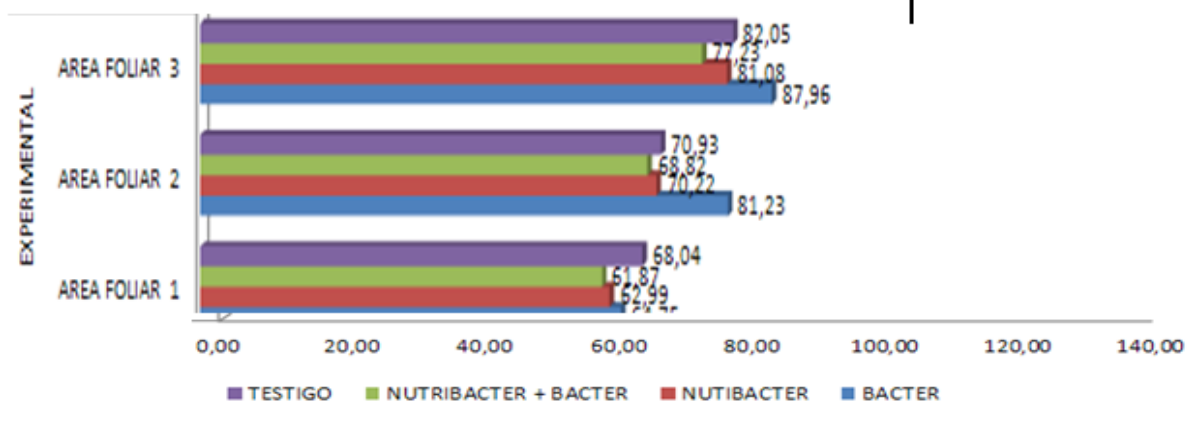
4.3. Variables fisiológicas

Los datos sobre la interpretación de varianza muestran que existen valores concluyentes y altamente significativas en el área foliar por causa del método

usado y siendo esto mostrado en la figura 4-15, que refleja la gráfica se destaca que Bacter fue el de mayor incidencia en el crecimiento de área foliar de las plantas de aguacate y el de menos incidencia fue el Nutribacter + Bacter en la zona del Valle del Cauca.

4.3.1. Área foliar

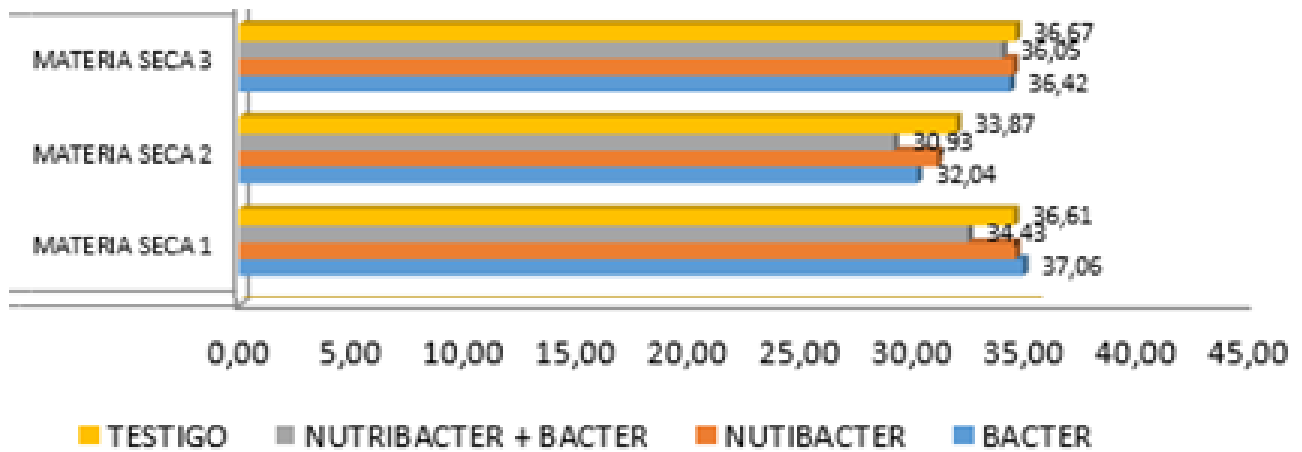
Gráfica 4- 15. Análisis del área foliar promedio por tratamiento



4.3.2. Materia seca

La interpretación de varianza también refleja valores determinantes en la cantidad de materia seca en el cultivo por causa de los tratamientos, lo cual puede observarse en la figura 4-16. La época donde se da la mayor concentración de MS es en la época tres, normal ya que el cultivo estaba creciendo, sin embargo, hay un incremento significativo cuando se combinan los tratamientos bacter + nutribacter, por otra parte se observa una disminución significativa cuando se aplica el nutribacter en las lajas, y esta localidad no presenta una diferencia significativa en Altamira.

Gráfica 4- 16. Promedio de materia seca por tratamiento



4.3.3.MODELO DE REGRESIÓN

En este modelo de regresión se estudia el efecto de crecimiento mensual de la materia seca en relación a diámetro y altura. Del modelo anterior se puede observar que los meses en los que el diámetro de la planta influye en el crecimiento de la materia seca son el sexto y el séptimo.

$$\text{Materia seca} = \beta_0 + \beta_{m1} D_{m1} + \beta_{m2} D_{m2} + \beta_{m3} D_{m3} + \beta_{m4} D_{m4} + \beta_{m5} D_{m5} + \beta_{m6} D_{m6} + \beta_{m7} D_{m7} + \beta_{m8} D_{m8}$$

$R^2 = 0.841$ $F = 5.756$ $\text{Sig.} = 0.001$

$$\text{Materia seca} = 21.671 - 1.030D_{m1} + 0.547D_{m2} + 0.07D_{m3} - 0.579D_{m4} - 0.258D_{m5}$$

(0.409) (0.671) (0.973) (0.824) (0.905)

$$+ 9.029D_{m6} - 6.656D_{m7} - 0.396D_{m8}$$

(0.058) (0.072) (0.767)

$$\text{Materia seca} = \beta_0 + \beta_{m1} H_{m1} + \beta_{m2} H_{m2} + \beta_{m3} H_{m3} + \beta_{m4} H_{m4} + \beta_{m5} H_{m5} + \beta_{m6} H_{m6} + \beta_{m7} H_{m7} + \beta_{m8} H_{m8}$$

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{R^2 = 0.750} \quad \mathbf{F = 3.054} \quad \mathbf{Sig. = 0.022} \\
 \mathbf{Materia\ seca} &= \mathbf{13.628} + \mathbf{0.063H_{m1}} + \mathbf{0.087H_{m2}} - \mathbf{0.048H_{m3}} - \mathbf{0.044H_{m4}} \\
 & \quad (0.327) \quad (0.322) \quad (0.703) \quad (0.767) \\
 & + \mathbf{0.220H_{m5}} - \mathbf{0.214H_{m6}} + \mathbf{0.259H_{m7}} - \mathbf{0.160H_{m8}} \\
 & \quad (0.259) \quad (0.463) \quad (0.453) \quad (0.535)
 \end{aligned}$$

Del modelo anterior se puede observar que el tiempo el crecimiento en altura de la planta no influye en el crecimiento de la materia seca.

$$\mathbf{Materia\ seca = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 H}$$

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{R^2 = 0.480} \quad \mathbf{F = 11.555} \quad \mathbf{Sig. = 0.000} \\
 \mathbf{Materia\ seca} &= \mathbf{11.790} + \mathbf{0.951 D} + \mathbf{0.067 H} \\
 & \quad (0.275) \quad (0.290)
 \end{aligned}$$

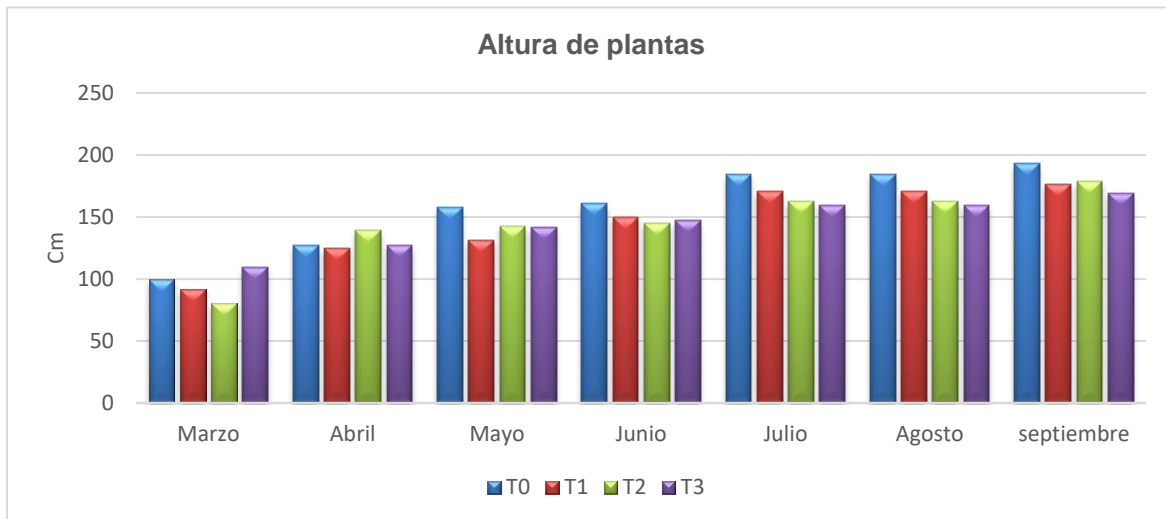
Al analizar conjuntamente el efecto del diámetro y la altura de la planta sobre la materia seca, se puede observar que el modelo solamente explica el 48% de crecimiento de la materia seca y para el cual solamente influye la altura.

4.3.4. Altura y diámetro de plantas

En la gráfica 4-17 se presenta los resultados de la altura de las plantas, se muestra que existen datos concluyentes relacionados a este parámetro que luego se estabiliza en el tiempo por el cultivo.

En esta gráfica se ve como la altura de las plantas T0, T1, T2, T3 siempre van en ascenso desde los meses de marzo a septiembre.

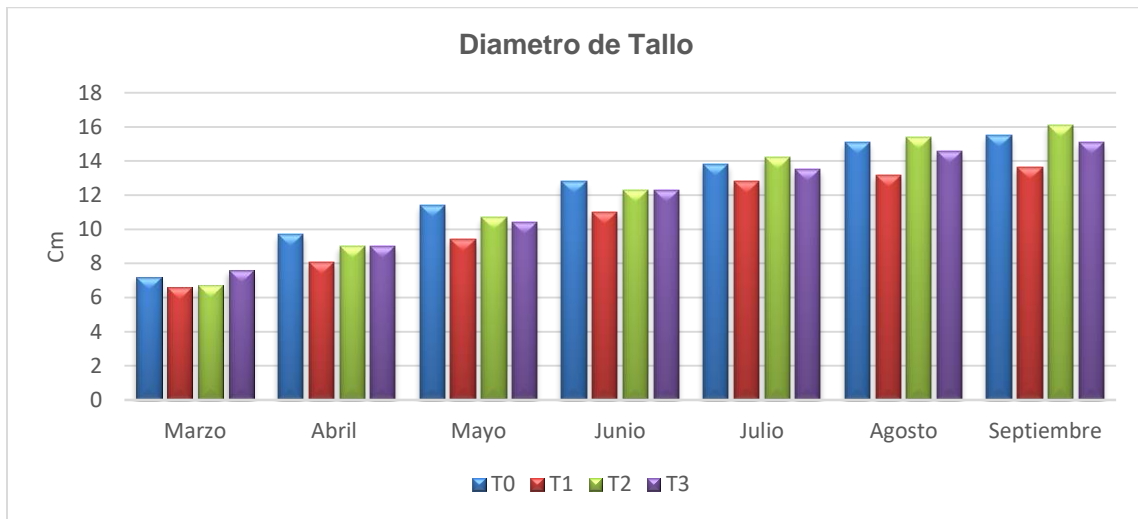
Gráfica 4- 17. Altura y diámetro de plantas



Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de varianza muestran datos concluyentes en cuanto a diámetro de tallo por causa de los tratamientos en el tiempo como se observa en la gráfica 4-18. En cuanto al diámetro del tallo, en los tratamientos T0, T1, T2, T3 siempre van en ascenso durante los meses a septiembre. En la altura de las plantas y el diámetro del tallo, todos los tratamientos funcionaron porque significa que los tratamientos T0, T1, T2, y T3 han influido mucho en estos dos aspectos.

Gráfica 4- 18. Diámetro del tallo



Fuente: elaboración propia

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se destaca que el tratamiento nutribacter es el de mayor influencia para el aporte e incremento de los nutrientes en el suelo para el cultivo de aguacate, en donde el tratamiento que presenta el 27% de los nutrientes dentro de los rangos óptimos son el testigo y nutribacter como los más representativos y es de resaltar que para la combinación de bacter y nutribacter el 72% de los nutrientes están por debajo de los rangos óptimos.

En las etapas de crecimiento foliar del aguacate en el Valle de Cauca, se observa que los nutrientes de mayor regularidad dentro de las etapas de desarrollo se destacan el hierro y el boro, por otra parte presentan una alta irregularidad magnesio, azufre y zinc.

A través de la evaluación de las fincas experimentales en relación a los niveles críticos adecuados de los nutrientes establecidos para los cultivos de aguacate en la región se observa que calcio y potasio se encuentran dentro de los rangos óptimos; mientras que para los micronutrientes los tratamientos con bacter y nutribacter el 66% de los nutrientes se encuentran dentro de los niveles óptimos y un 50% para la combinación de bacter y nutribacter.

El crecimiento foliar presenta una sinergia significativa para los tratamientos con bacter en potasio, calcio y magnesio; para el nutribacter en potasio, calcio y magnesio; para la combinación de nutribacter + bacter en potasio, magnesio, azufre y calcio y para el testigo en potasio, calcio, magnesio y cobre

Bibliografía

- ACESCO (s.f). Aguacate: Ficha técnica para el manejo del cultivo de aguacate en el oriente del departamento de Caldas. Colombia: Unidad Administrativa para la consolidación territorial.
- Achal, V., Savant, V. and Reddy, M. (2007) Phosphate solubilisation by a wild type strain and UV-induced mutants of *Aspergillus tubigenis*. *Soil Biol Biochem* 39, 695–699
- Alvarado, D.; Burbano, V. & Rosero, C. (2005). Programa de apoyo a la producción agrícola, comercialización y exportación del aguacate. Ibarra, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Baca, B.; Soto, L.; Pardo, M. (2000). Fijación biológica del nitrógeno. *Rev. Elementos*, núm. 38.
- Banerjee, M; Chapman, S. y Killham, K. (1993). Factors influencing the determination of microbial biomass sulphur in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24, 939–950.
- Beltrán, M. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 15(1) 101-113 enero - junio / 2014.
- Bergh, B. (1985). *Persea americana*. pp. In Halevy, H. Handbook of flowering Vol.3. CRC Press, Inc., Boca Raton, Fla.

-
- Bower, J. & Cutting, J. (1988). Avocado fruit development and ripening physiology. *Horticultural Reviews*. 10, 229-271.
- Camelo, M. (2010). Desarrollo tecnológico de un biofertilizante con base en la bacteria diazotrófica *Azotobacter chroococcum*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada
- Cossio V, Salazar G & González D. (2007). Respuesta del aguacate 'Hass' a la fertilización mineral vs. Biofertilizantes. México. *Rev. Chapingo Ser.Hortic* [online]. 2008, 14(3):319-324. ISSN 2007-4034.
- Cossio V, Salazar G & González D. (s.f.). Estándares nutrimentales foliares e identificación de la fecha óptima para el muestreo foliar en aguacate Hass en Nayarit.
- Curzel, V.; Zelaya, A.; Buono, S. & Aramayo, D. (2015). Manejo de Técnicas y de Cultivo: Estudio de la fenología del palto (*Persea americana* Mill) cv. 'Has' en los valles templados de la provincia de Jujuy. VIII Congreso Mundial de la Palta 2015. |Argentina. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
- Chirinos, H. (2017) Fertilizantes del aguacate (*Persea Americana*). Recuperado de: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/158d17ac5fe4abec06256ae80059f98c/\\$file/fertilizacion+del+aguacate.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/158d17ac5fe4abec06256ae80059f98c/$file/fertilizacion+del+aguacate.pdf)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística- DANE (2015). Boletín mensual: Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. 40: 2015. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_oct_2015.pdf.

- Granados, A. (2013). Factores nutricionales que determinan el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana* Mill)". Medellín: Universidad Nacional de Colombia
- González D; Salazar G & Cossio, L. (s.f.). Reciclamiento de nutrimentos por las hojas de aguacate 'Hass'. Santiago Ixcuintla, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental.
- Guerrero R. (1995). Fertilización de cultivos en clima medio. Profesional consejero Monómeros colombo venezolanos S.A. Profesor asociado Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia.
- Gustafson, C. & R. Rock. (1976). Costs to produce avocados in San Diego Country. Calif. Avocado Soc.
- Lazcano, F. & Espinosa, J. Manejo de la nutrición del aguacate.
- Legaz, F.; Quiñonez, O.; Martínez, B. & Primo, E. (). Fertilización magnésica y de micro-elementos en los cítricos. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/28282352_Fertilizacion_magnesica_y_de_microelementos_en_los_citricos
- Mata, I. (1978). Diferencia de la distribución de raíces de varios cultivares de aguacate bajo condiciones edáficas similares. Xalapa, México: Comisión Nacional de Fruticultura.
- Mejía, E. (2011). *Persea Americana* Miller. Colombia: Bayer.
- Memorias III Congreso Latinoamericano del Aguacate. Medellín Colombia. Noviembre 2009.
- Newton, W. & Fisher, K. (2002). Nitrógeno Fixation – A general overview in nitrogen fixation at the millenium. G. Jeffery Leigh, Editor. Elsevier Publications.

-
- Núñez, J; Cortes, J.; Salazar, S. & Landois-Palencia, L. (1991). Evaluación del método DRIS para diagnosticar el estado nutrimental del aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte. *Agrociencia*, serie: Agua-Suelo-Clima 2(3): 39-57.
- Poovaig, B.W. (1988). In: *Senescence and aging in plants*, p.369-389, L. Nooden and A.C. Leopold (Eds). Academic Press, New York, EE.UU.
- Porta, J., López, M. & Roquero, C. (1994). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Ed. Mundi Prensa
- Razeto B., C. Granger C. 1 y Fichet T* análisis de diferentes tejidos como indicadores del nivel de boro en el árbol de aguacate (*Persea americana* Mill.) *Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile*.
- Restrepo, G; Marulanda, S; Delafé, J; Díaz, A. Baldani, V. & Hernández, A. (2015). Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *Revista CENIC, Ciencias Biológicas*, 46(1):63-76, enero-abril, Habana, Cuba.
- Salazar, G; Cossio, L y González, I. (2006). Técnica de muestreo foliar para el diagnóstico nutrimental del aguacate "Hass" en Nayarit. Folleto técnico No.2. Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Inifap.
- Salazar, G; Lazcano, F y González, I. (2006). Remoción de nutrimentos por la cosecha de varios cultivares de aguacate en Nayarit. Folleto técnico No.1. Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Inifap.
- Salazar. G. (2002). *Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

- Salazar, S y Lazcano. (2003). Efecto de la fertilización por sitio específico en el incremento del rendimiento y tamaño fruta de aguacate Hass.
- Salazar, S. & Lovatt, C. (2000). Use of GA3 to manipulate flowering and yield of 'Hass' avocado. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 125:25-30.
- Salazar, S.; Lord, E. and Lovatt, C. (1998). Inflorescence development of the "Hass" avocado (*Persea Americana Mill.*) during "on" and "off" crop years. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 72:339-345.
- Salazar, S. & Cortés, J. (1988). Quemaduras de las hojas y nutrición mineral de aguacates irrigados con agua salina. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 72: 229-235.
Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/267389528>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - SAGARTA (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Aguacate mexicano.
- Serpa, D. (1969), Áreas de vida de los cítricos en la región Central de Venezuela. Trabajo de Ascensos, Maracay, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía.
- Soto & Pardo (2000). Uso de Microorganismos Con Potencial Como Biofertilizantes en El Cultivo de Mora. Colombia: Corpoica
- Téliz, D. (2000). El aguacate y su manejo integrado. 1 ed. México D.F.: Mundi-Prensa, 231p. Recuperado de: <http://biblio.uade.edu.ar:8080/client/serch/detailnonmodal>
- Tovar, J. (1999) Combinación de fertilización biológica y química en un suelo de la serie bermeo de la sabana de Bogotá. *Revista de la Facultad de Ciencias.* Edición especial. 11:61

-
- Universidad Católica Santa María- USMA. (2002). Aguacate sin semilla. La Antigua. *Prensa.com, Noticias*, 19 de julio de 2002. Recuperado de: https://impresa.prensa.com/economia/Aguacate-semilla_0_697430320.html
- Velasco, de J. (2001). Características morfológicas y capacidad de enraizamiento de selecciones de aguacate (*Persea americana* Mill. Y *P. schiedeana* Nees) tolerantes a factores adversos del suelo. Xalisco, México: Universidad Autónoma de Nayarit, Facultad de agricultura.
- Whiley, A.W., Sarahan, J.B.; Cull, B.W. & Pegg, K.G. (1988). Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. Queensland Agric.
- Wolstenholme, B.N. & Whiley, A. (1992). Requeriments for improved fruiting efficiency in the avocado tree. Proc. Second World Avocado Congr. Anaheim, Calif.
- Wolstenholme, B.N. 2007. Ecología: El clima y el ambiente edáfico. En: Whiley A.W., Schaffer B., Wolstenholme B.N. (Eds). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile. p. 75-101.