



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

#### **DETERMINACIÓN DEL ELEMENTO QUE CAUSA EL DESPRENDIMIENTO TEMPRANO DE LOS FRUTOS DE AGUACATE (*Persea americana. M.*) VARIEDAD HASS EN LA HACIENDA CHAQUIBAMBA, GUAYLLABAMBA QUITO**

**Proyecto de Tesis presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero  
Agropecuario**

**AUTOR:**

**Herrera Rojas Roberto Marcelo**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Ing. Fernando Basantes V. MSc.**

**Ibarra – Ecuador**

**2017**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

## DETERMINACIÓN DEL ELEMENTO QUE CAUSA EL DESPRENDIMIENTO TEMPRANO DE LOS FRUTOS DE AGUACATE (*Persea americana. M.*) VARIEDAD HASS EN LA HACIENDA CHAQUIBAMBA, GUAYLLABAMBA, QUITO

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener Título de:

### INGENIERO EN AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Fernando Basantes M.Sc.  
DIRECTOR



FIRMA

Ing. Lucía Vázquez M.Sc.  
MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Marcelo Albuja M.Sc.  
MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Juan Pablo Aragón  
MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN A  
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>Cedula de identidad:</b>	172177825-4		
<b>Apellidos y nombres:</b>	Herrera Rojas Roberto Marcelo		
<b>Dirección:</b>	Barrio San Lorenzo, Parroquia Guayllabamba		
<b>Email:</b>	herrerarojasrm@gmail.com		
<b>Teléfono fijo:</b>	2369716	<b>Teléfono móvil:</b>	0939840432

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>Título:</b>	<b>Determinación del elemento que causa el desprendimiento temprano de los frutos de aguacate (<i>Persea americana</i>. m.) variedad hass en la hacienda Chaquibamba, Guayllabamba, Quito</b>
<b>Autor:</b>	Herrera Rojas Roberto Marcelo
<b>Fecha:</b>	21/11/2017
<b>Solo para trabajos de grado</b>	
<b>Programa:</b>	Pregrado
<b>Título por el que opta:</b>	Ingeniero Agropecuario
<b>Director:</b>	Ing. Fernando Basantes M Sc.

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Herrera Rojas Roberto Marcelo con cédula de identidad Nro. 1721778254, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 21 de noviembre de 2017

**EL AUTOR:**



---

Herrera Rojas Roberto Marcelo

C.I.: 1721778254

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Roberto Marcelo Herrera Rojas, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 21 días del mes de noviembre del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'F. Basantes', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat illegible.

Ing. Fernando Basantes M Sc.

DIRECTOR DE TESIS

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Roberto Marcelo Herrera Rojas, con cédula de identidad Nro. 1721778254, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado; DETERMINACIÓN DEL ELEMENTO QUE CAUSA EL DESPRENDIMIENTO TEMPRANO DE LOS FRUTOS DE AGUACATE (*PERSEA AMERICANA*. M.) VARIEDAD HASS EN LA HACIENDA CHAQUIBAMBA, GUAYLLABAMBA, QUITO, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Agropecuario en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 21 días del mes de noviembre del 2017



Firma

Roberto Marcelo Herrera Rojas

C.I.: 1721778254

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA – UTN

**Fecha:** 21 de noviembre de 2017


Herrera Rojas Roberto Marcelo “Determinación del elemento que causa el desprendimiento temprano de los frutos de aguacate (*Persea americana*. M.) Variedad hass en la hacienda Chaquibamba, Guayllabamba, Quito” / TRABAJO DE GRADO, Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria Ibarra, 21 de noviembre de 2017, 97 páginas.


**DIRECTOR:** Ing. Fernando Basantes MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue determinar el o los elementos que causan el desprendimiento temprano de los frutos en aguacate (*Persea americana*. M.) variedad Hass en la hacienda Chaquibamba, Guayllabamba, Quito. Entre los objetivos específicos se encuentran: Evaluar el efecto de la falta de elementos nutricionales en la caída temprana de frutos de aguacate variedad Hass. Cuantificar las pérdidas ocasionadas por la caída temprana de los frutos de aguacate. Realizar el análisis económico del presupuesto parcial. Establecer una recomendación de fertilización para el cultivo de aguacate variedad Hass.

Fecha: 21 de noviembre del 2017



Ing. Fernando Basantes MSc.  
**Director de trabajo de titulación**



Roberto Herrera  
**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer en primera instancia a mis padres, cuyos deseos de superación fueron la dosis de inspiración que me aventuró a buscar el saber, también agradezco a mi familia, compañeros y amigos por apoyo brindado durante este arduo trayecto. Además agradezco a cada uno de los profesores de la Universidad Técnica del Norte quienes me brindaron su apoyo y saberes haciendo que la experiencia universitaria sea única y es por ello que hoy, llevo un recuerdo valioso en mi corazón lleno de agradecimiento al saber que mi querida Universidad donde me he formado, cuenta con profesores dignos de respeto y admiración, ejemplo de entrega a la vida educativa, para quienes ni el tiempo, ni el trabajo, ni la enfermedad ha constituido una barrera que se oponga al deseo de ayudar a los estudiantes a llegar al triunfo profesional.

Y como no agradecer a mi Dios, quien me ha dado valor, fuerza y optimismo para levantarme cada vez que me he sentido derrotado; la mano de Dios ha estado presente en los duros momentos de mi vida. Gracias mi Dios por tus bendiciones y permitir que exista en este momento.

**Roberto Herrera**



## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico con amor y cariño a Dios y a mis padres Carmen Rojas y Marcelo Herrera quienes con su esfuerzo, consejos y dedicación me motivan todo emprendimiento en mí existir junto a Dios que siempre me guía por el camino del bien concediéndome las fuerzas suficientes para salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida, también a todos mis familiares por brindar su apoyo constante para la culminación de la tesis.

**Roberto Herrera**

## INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	3
1.1 ANTECEDENTES .....	3
1.2 Problema .....	4
1.3 Justificación .....	4
<b>1.4 Objetivos</b> .....	5
1.4.1 Objetivo general .....	5
<b>1.4.2 Específicos:</b> .....	5
1.5 Hipótesis .....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2. EL AGUACATE EN EL ECUADOR .....	7
2.1 El aguacate .....	7
2.2 Origen .....	7
2.3 Cultivo en el Ecuador.....	7
2.3.1 Sectores del Ecuador donde se produce el aguacate .....	7
2.4. Descripción botánica.....	9
2.4.1 Raíz .....	9
2.4.2 Tallo .....	9
2.4.3 Ramas .....	9
2.4.4 Hojas .....	9
2.4.5 Flores.....	9
2.4.6 Fruto .....	10
2.5 Variedades de Aguacate.....	10
2.5.1 Variedad Hass .....	11
2.5.2 Variedad Fuerte .....	11
2.6 Fenología del aguacate variedad Hass .....	11
2.6.1 Cuaja y caída de frutos .....	12
2.6.2 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo .....	12
2.6.3. Características de suelo .....	13
2.7 Anillamiento del pedúnculo .....	13
2.7.1 Anillamiento del pedúnculo en el Ecuador .....	14
2.8 Manejo de nutrientes por sitio específico .....	14
2.8.1. Fertilización.....	15

2.8.2. Nitrógeno.....	16
2.8.3. Fósforo .....	16
2.8.4. Calcio .....	17
2.8.5. Magnesio .....	17
2.8.6. Azufre.....	17
2.8.7. Boro y Zinc .....	18
2.8.8. Absorción de los nutrientes por las plantas.....	18
2.9 Sinergismo y antagonismo entre nutrientes .....	19
2.9.1 Antagonismo entre nutrientes .....	19
2.9.2 Sinergismo entre nutrientes.....	21
2.10. Costos de producción del cultivo de aguacate de una hectárea .....	22
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1 Materiales.....	23
3.1.1 Localización y ubicación del ensayo.....	23
3.1.2. Características agroclimáticas .....	23
3.1.3. Características edáficas.....	24
3.1.4 Material experimental.....	25
3.1.5 Materiales de campo .....	25
3.1.6 Insumos agrícolas (Fertilizantes).....	25
3.1.7 <i>Equipos e instrumentos</i> .....	25
3.2 Métodos.....	26
3.2.1 <i>Factores en estudio</i> .....	26
3.2.2 <i>Tratamientos</i> .....	26
3.2.3 Variables.....	28
3.3 Manejo específico del experimento.....	29
3.3.1 Métodos.....	30
3.3.2 Análisis de suelo .....	30
3.3.3 Localización del ensayo .....	30
3.3.4 Fertilización.....	30
3.3.5 Fraccionamiento de la fertilización .....	30
3.3.6 Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo .....	30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31

4.1.1. Número de panículas por rama .....	31
4.1.2. Número de flores por rama .....	33
4.1.3. Porcentaje de frutos cuajados .....	36
4.1.4. Porcentaje de frutos afectados por el desprendimiento temprano.....	40
4.1.5. Número de frutos a la cosecha .....	44
4.1.6. Peso de frutos totales.....	47
4.1.7. Descripción de los síntomas de deficiencia .....	52
4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	54
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
5.1 CONCLUSIONES .....	56
5.2 RECOMENDACIONES.....	57
6.- BIBLIOGRAFÍA.....	58
7. ANEXOS.....	62

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estimación de la superficie cosechada, producción y rendimiento agrícola del Ecuador, en el año 2010 .....	8
Tabla 2. Época de floración y fructificación de diferentes variedades de aguacates. ....	12
Tabla 3. Rangos de fertilización de macronutriente y micronutrientes para aguacate (Hass).....	16
Tabla 4. Características químicas del suelo en el sitio Experimental de Chaquibamba.	24
Tabla 5. Descripción de los tratamientos a evaluar .....	26
Tabla 6. Esquema del ADEVA.....	28
Tabla 7. Recomendación de fertilización para el cultivo de aguacate variedad Hass. ....	30
Tabla 8. Tratamientos y dosis de nutrientes requeridas .....	31
Tabla 9. Fuentes de nutrientes .....	32
Tabla 10. Cantidad de nutrientes para el cultivo de aguacate al año.....	33
Tabla 11. Cantidad de fertilizantes en g/planta/año .....	27
Tabla 12. Cantidad de nutrientes en g/planta que se aplicaron al primer mes y a los seis meses .....	28
Tabla 13. Cantidades de fertilizantes en g/planta que se aplicó el primero y sexto mes .....	30
Tabla 14. Cantidad de nutriente (Nitrógeno) en g/planta para aplicarse a los 3, 6 y 9 meses .....	31
Tabla 15. Épocas de aplicación de nutrientes para el año de investigación .....	30
Tabla 16. Análisis de varianza para número de panículas.....	31
Tabla 17. Prueba de Fisher para la variable número de flores por rama .....	33
Tabla 18. Análisis de varianza para número de flores.....	33
Tabla 19. Prueba de Fisher para la variable número de flores por rama .....	35
Tabla 20. Análisis de varianza para porcentaje de frutos cuajados .....	36
Tabla 21. Prueba de Fisher para la variable porcentaje de frutos cuajados.....	39

Tabla 22. Análisis de varianza para número de frutos afectados .....	40
Tabla 23. Prueba de Fisher para la variable número de frutos afectados .....	43
Tabla 24. Análisis de varianza para número de frutos a la cosecha .....	44
Tabla 25. Prueba de Fisher para la variable número de frutos a la cosecha .....	46
Tabla 26. Análisis de varianza para peso de frutos totales .....	47
Tabla 27. Prueba de Fisher para la variable peso de frutos a la cosecha.....	49
Tabla 28. Rendimiento en Tm/Ha de fruto de aguacate para cada tratamiento.....	51
Tabla 29. Presupuesto parcial.....	54
Tabla 30. Análisis de dominancia .....	54

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura N°1. Número de flores por rama .....	36
Figura N°2. Porcentaje de frutos cuajados por árbol.....	40
Figura N°3. Porcentaje de frutos afectados por el desprendimiento .....	44
Figura N°4. Número de frutos por tratamiento .....	47
Figura N°5. Peso de frutos totales .....	50
Figura N°6. Rendimiento de fruto en Tm/Ha.....	52
Anexo N°7. Tratamiento N°1 (-N) .....	62
Anexo N°8. Tratamiento 2 (-P) .....	62
Anexo N°9. Tratamiento N°3 (-K) .....	63
Anexo N°10. Tratamiento N°4 (-Ca).....	63
Anexo N°11. Tratamiento N°5 (-S).....	63
Anexo N°12. Tratamiento N°6 (-Mg) .....	64
Anexo N°13. Tratamiento N°7 (-Zn).....	64
Anexo N°14. Tratamiento N°8 (-B) .....	64
Anexo N°15. Tratamiento N°9 (-Mn) .....	65
Anexo 16. Tratamiento N°10 (completo) .....	65

Anexo 17. Tratamiento N°11(testigo) .....	65
Anexo N° 18. Tratamiento 12 (testigo) .....	66

**DETERMINACIÓN DEL ELEMENTO QUE CAUSA EL DESPRENDIMIENTO  
TEMPRANO DE LOS FRUTOS DE AGUACATE (*Persea americana*. M.) VARIEDAD  
HASS EN LA HACIENDA CHAQUIBAMBA, GUAYLLABAMBA QUITO**

**Autor:** Sr. Roberto Herrera

**Director:** Ing. Fernando Basantes

**RESUMEN**

La presente investigación fue desarrollada en el período 2015 a 2016 con el objetivo de determinar el efecto de macro y micro elementos nutricionales por sitio específico en el desprendimiento temprano de frutos de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass y los objetivos específicos fueron; evaluar el efecto de la falta de elementos nutricionales en la caída temprana de frutos, cuantificar las pérdidas ocasionadas, establecer una recomendación de fertilización y realizar un análisis del presupuesto parcial, cultivado con el método de riego en micro aspersión en Guayllabamba-Quito. La dosis de fertilización se calculó en base a un previo análisis de suelo y el requerimiento nutrimental del árbol para obtener un rendimiento de 25Tm/ha. Por otra parte la investigación estuvo conformada por 12 tratamientos y 3 repeticiones con un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA), y con la técnica; manejo de nutrientes por sitio específico, además se consideró la fertilización completa (N, P, K, Ca, S, Mg, Zn, B, Mn), fertilización del agricultor (N, P, K, Mg) y un testigo (sin nada), cada unidad experimental tuvo un área de 25m<sup>2</sup>. Para la evaluación de los datos se utilizó el programa InfosTat/E y sometidos a un modelo lineal generalizado mixto, además para las variables significativas se empleó la prueba de Fisher al 5%. Concluida la investigación se determinó que el desprendimiento temprano del fruto es causado por la deficiencia de Ca y B, que presentaron un porcentaje de 62 y 47% respectivamente, en cuanto al porcentaje de frutos cuajados fue alta para todos los tratamientos, la cantidad de inflorescencias no tuvieron significancia, por otra parte el rendimiento del tratamiento 2 (-P) y 3(-K) fueron los mejores, con 26 y 25 Tm/ha y en cuanto al análisis económico los mejores tratamientos fueron T2, T3 y T10 con un beneficio neto de \$ 20.518, 19.608 y 16.738 respectivamente.

**Palabras Claves:** *Persea americana*, análisis del suelo, rendimiento, desprendimiento de fruto, sitio específico.



## **ABSTRACT**

The present investigation was developed in the period 2015 to 2016 with the objective of determining the effect of macro and micro nutritional elements per specific site in the early shedding of avocado fruits (*Persea americana*) Hass variety and the specific objectives were; evaluate the effect of the lack of nutritional elements in the early fall of fruits, quantify the losses caused, establish a fertilization recommendation and carry out an analysis of the partial budget, cultivated with the micro-sprinkler irrigation method in Guayllabamba-Quito. The fertilization dose was calculated based on a previous soil analysis and the nutritional requirement of the tree to obtain a yield of 25Tm / ha. On the other hand, the research consisted of 12 treatments and 3 repetitions with an experimental design of Completely Random Blocks (DBCA), and with the technique; nutrient management by specific site, in addition complete fertilization was considered (N, P, K, Ca, S, Mg, Zn, B, Mn), fertilizer of the farmer (N, P, K, Mg) and a control (without anything), each experimental unit had an area of 25m<sup>2</sup>. For the evaluation of the data, the InfosTat / E program was used and subjected to a mixed generalized linear model; in addition, for the significant variables, the 5% Fisher test was used. Concluded the investigation, it was determined that the early peeling of the fruit is caused by the deficiency of Ca and B, which presented a percentage of 62 and 47% respectively, in terms of the percentage of fruit set was high for all treatments, the amount of inflorescences they were not significant, on the other hand the performance of treatment 2 (-P) and 3 (-K) were the best, with 26 and 25 Tm / ha and in terms of economic analysis the best treatments were T2, T3 and T10 with a net profit of \$ 20,518, 19,608 and 16,738 respectively.

**Key words:** *Persea americana*, soil analysis, production, shedding of fruit and specific site.

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

El aguacate (*Persea americana* M.) variedad Hass es un cultivo de importancia económica en el país, especialmente por la calidad, sabor, valor nutricional que aporta vitaminas A, B, D, Carbohidratos y su alto contenido de aceite (18-20%); además la corteza es gruesa y rugosa lo que facilita su traslado y almacenamiento, característica ideal para su exportación (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones agropecuaria, 2012).

Las especies de mayor acogida en el país son la variedad Fuerte y Hass. El 80% de estas variedades provienen de la zona de Guayllabamba, al norte de Pichincha, siendo el mayor productor de aguacate con 500 Ha y con rendimientos de 10Ton/Ha, significando el 40% de la producción nacional; el 60% restante proviene del cantón Mira, en Carchi y de la provincia de Imbabura (Vásquez, 2011).

En los últimos años se ha incrementado el cultivo de aguacate Hass por su creciente demanda en el mercado internacional y durabilidad después de la cosecha (15-30 días). INIAP (2012), afirma que el promedio de rendimiento variedad Hass es de 18t/ha/año, superior al de la variedad Fuerte de 15 t/ha/año, y kilo de aguacate a pie de finca en Ecuador bordea de USD 0,60 y USD 0,70, mientras que en otros países los precios se triplican alrededor de USD 1,20 en Europa, y en Bogotá (Colombia) (Robert, 2011).

La demanda internacional del aguacate ecuatoriano, ya sea por su sabor, textura o propiedades nutricionales, ha interesado a innumerables consumidores de países como Colombia, Chile, Venezuela, EE.UU., Alemania, Francia, Rusia, entre otros. Los microclimas que hay en Ecuador, debido a la cordillera de los Andes y su topografía, hace que se produzcan aguacates durante todo el año. Paralelamente a esto la aparición de nuevos problemas como el desprendimiento temprano de frutos que representa un problema en su rendimiento a nivel nacional e internacional (Robert, 2011).

A nivel internacional, la caída temprana del fruto han ocasionado pérdidas que pueden llegar hasta un 50% lo que incita a los productores que utilicen pesticidas inadecuados para su control, así aumentan su costo de producción. Las características de este fenómeno, es la presencia de un anillamiento que varía de uno a dos centímetros

que se forma entre el pedúnculo y el fruto generalmente los frutos se tornan de color rojo-violáceo, al final se momifican y caen (Tamayo, 2008).

## **1.2 Problema**

El desprendimiento temprano del fruto se observa en diferentes países de mayor producción como: México, EE.UU y Chile que se reporta una caída hasta de 200 frutos por planta afectando significativamente su rendimiento, (Ministerio Agricultura, ganadería, Acuacultura y Pesca, 2010). No se ha determinado la causa de este fenómeno; “estudios preliminares, sugieren que se debe a un desbalance nutricional” (Tamayo, 2008). Lo anotado motivo a realizar la presente investigación con el propósito de determinar la caída temprana de los frutos con el manejo de nutrientes por sitio específico en aguacate variedad Hass, a fin de aclarar este disturbio.

En el Ecuador no se han realizado investigaciones sobre el desprendimiento temprano del fruto en el cultivo de aguacate, sin embargo algunos autores han ejecutado estudios en base a factores bióticos como: plagas, enfermedades y virosis y en factores abióticos como: clima y métodos de riego en el cultivo, pero ninguno de los factores evaluados obtuvo resultados positivos porque el fenómeno sigue presente en el cultivo. Garbanzo (2011), señala que, altas aplicaciones de nitrógeno y deficiencia de los micronutrientes pueden promover este disturbio, este estudio fue realizado en los diferentes países como: México, Chile, Colombia y Perú.

En el Ecuador, en los últimos cinco años el cultivo de aguacate variedad Hass se ha incrementado. Paralelamente a esto, la aparición de plagas y enfermedades; como también la caída temprana de los frutos, que afectan el rendimiento en un 30 y 40% en las zonas de mayor producción que son las provincias de Pichincha, Tungurahua e Imbabura (Alba, 2013).

## **1.3 Justificación**

El aguacate es uno de los cultivos de gran importancia económica y nutricional a nivel nacional e internacional, de tal manera se están implementando técnicas innovadoras para mejorar la calidad productiva, aprovechando las ventajas agroclimáticas de las diferentes zona especialmente de Guayllabamba el mayor productor y mejor calidad de aguacate, es el lugar del ensayo, y es donde está presente esta problemática, por esta razón el interés para la presente investigación que es

determinar las causas que propician este disturbio a través de manejo de nutrientes por sitio específico que se trata de hacer un estudio completo de macro y micro elementos, omitiendo un elemento por cada tratamiento, cuyos resultados permitirán implementar medidas para disminuir las pérdidas en beneficio de los productores.

Hay que considerar que los rendimientos son bajos en la zona de Guayllabamba de 5 a 10T/Ha debido a este fenómeno, con este estudio hay posibilidades que se incrementen en un 10 a 20% el rendimiento y así cubrir la demanda nacional e internacional, esto justifica la realización de la presente investigación.

Además, esta investigación podría impulsar la transformación de la Matriz productiva en el Ecuador para que se ejecuten programas de manejo para la producción de cultivos de manera sostenible, sustentable y competitiva, dentro de los cuales se encuentra el cultivo del aguacate por tener alto potencial de exportación y propiedades nutritivas que pueden ser consumidos por todas las personas.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar él o los elementos nutricionales que ocasionan el desprendimiento temprano de los frutos de aguacate variedad Hass para orientar una recomendación de fertilización en Guayllabamba.

### **1.4.2 Específicos:**

- Evaluar el efecto de la falta de elementos nutricionales en la caída temprana de frutos de aguacate variedad Hass.
- Cuantificar las pérdidas ocasionadas por la caída temprana de los frutos de aguacate.
- Realizar el análisis económico del presupuesto parcial
- Establecer una recomendación de fertilización para el cultivo de aguacate variedad Hass.

## **1.5 Hipótesis**

Ho: La caída temprana del fruto de aguacate en la variedad Hass no se debe a deficiencia nutricional.

Ha: La caída temprana del fruto de aguacate en la variedad Hass se debe a deficiencia nutricional.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2. EL AGUACATE EN EL ECUADOR**

#### **2.1 El aguacate**

El aguacate, pertenece a la familia de las lauráceas es una especie cultivada desde hace muchos siglos en casi todas las partes del mundo, sin embargo el cultivo comercial de esta especie es relativamente reciente, sus requerimientos de clima, suelo y nutrientes son limitaciones que inciden en la producción pero han ido disminuyendo poco a poco, lo que ha llevado a la frecuente extrapolación de información de zonas aguacateras ubicadas en otras latitudes y a la utilización de información de otras especies vegetales, como los cítricos (Salazar, 2005).

#### **2.2 Origen**

El aguacate es originario de México, Centro América hasta Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador. El nombre aguacate con que se lo conoce en muchos países de habla hispana, proviene del término “ahuacatl”, vocablo de origen náhuatl, que significa testículo en lengua maya (Teliz, 2000).

#### **2.3 Cultivo en el Ecuador**

En nuestro país el aguacate, se encuentra cultivado en los valles interandinos desde los 400 a los 2500 msnm, con temperaturas promedio de 20°C, precipitación anual de 500 a 1200 mm, y humedad relativa que oscila entre 50 y 85%. De acuerdo al III Censo Agropecuario, la superficie cultivada de aguacate en el país es de 2.290 hectáreas como cultivo solo y como cultivo asociado 5.507 hectáreas, (León J. , 2010). En los valles Interandinos el cultivar Hass es el de mayor prevalencia y comercialización debido a la aceptación de los consumidores por su tamaño, sabor, color y resistencia al transporte, además estas características han permitido que la demanda internacional del aguacate ecuatoriano se haya incrementado y por ende cautivado a innumerables consumidores de varios países como Colombia, Francia y Rusia (Flick, 2012).

##### **2.3.1 Sectores del Ecuador donde se produce el aguacate**

El cultivo de aguacate con el pasar de los años ha incrementado el área de producción ubicándose en varias zonas del país, de ahí que el cultivo se encuentra distribuido a lo largo de la sierra ecuatoriana, sin embargo no se dispone de datos de

distribución en área de la variedad Hass, la Tabla N°1 permitirá conocer la producción nacional de dos variedades.

**Tabla N°1.** Estimación de la superficie cosechada, producción y rendimiento agrícola del Ecuador, en el año 2010

	AGUACATE HASS			AGUACATE NACIONAL		
	Superficie		Rendimiento	Superficie	Producción	Rendimiento
	Ha	Producción Ha	Tm	Ha	Ha	Tm
<b>Total república</b>	<b>1253</b>	<b>17227</b>	<b>13749</b>	<b>1320</b>	<b>9197</b>	<b>6967</b>
SIERRA	1253	17227	13749	756	5013	6750
Carchi	87	1296	14897			
Imbabura	186	2083	11199	22	241	10955
Pichincha	910	12860	14132	90	625	6944
Cotopaxi				95	1010	10632
Tungurahua	25	500	20000			
Chimborazo				78	733	9397
Cañar				4	18	4500
Azuay	45	488	10844	142	824	5803
Loja				325	1652	5083
COSTA				513	3916	7634
Esmeraldas				34	260	7647
Manabí				272	2456	9029
Guayas				150	1200	8000
El Oro				22	252	11455
Los Tsachilas				35	425	12143

Fuente: Dirección de información geográfica del Ecuador, 2010

## **2.4. Descripción botánica**

Según Rosenberg (1990), menciona que la descripción botánica del aguacate corresponde a raíz, tallo, hojas, flores y frutos los cuales se les describe a continuación:

### **2.4.1 Raíz**

Son regularmente superficiales logrando profundidades de hasta 1.50 m. tiene muy poco pelo absorbente, por lo tanto, la absorción de agua y nutrientes se realiza fundamentalmente por las puntas de las raíces a través de los tejidos primarios. Esta característica determina la susceptibilidad de la planta al exceso en el suelo, que induce a las asfixias y ataques de hongos que pudren los tejidos radiculares.

### **2.4.2 Tallo**

Es cilíndrico y recto en las variedades criollas y ramificadas en las variedades mejoradas. Es leñoso y su crecimiento vegetativo es ilimitado; en arboles de 30 años se han encontrado diámetros de un metro.

### **2.4.3 Ramas**

Son abundantes, muy ramificadas por esta razón son delgadas y frágiles, por lo que se pueden romper al cargar muchos frutos y por la acción del viento. Son sensibles a los rayos solares.

### **2.4.4 Hojas**

Son simples y enteras, de forma elíptica – alargada y nervadura en figura de pluma. La inserción en el tallo es peciolada. Cuando es joven presenta un color rojizo y una epidermis pubescente, en su madurez se tornan lisas, acartonadas y de un verde intenso y oscuro. Normalmente el árbol está cubierto de hojas, cuando se presenta la defoliación es porque la variedad no es apropiada para la zona.

### **2.4.5 Flores**

Son hermafroditas, es decir que tienen los dos sexos. Su color es verde-amarillento, con un olor agradable y aproximadamente un cm de diámetro. Las flores están agrupadas en una inflorescencia de varios racimos (panícula), puede ser axilar o terminal. El androceo está compuesto por 12 estambres, insertos por debajo o alrededor del ovario. De los 12 estambres, solo 9 son funcionales. El gineceo tiene un pistilo, un



ovario sobre el pedúnculo y un ovulo. En la parte superior de la panícula se encuentra una yema vegetativa que luego se desarrolla en una rama, cuando no se utiliza para injertar presenta flores perfectas, sin embargo, cada flor se abre en dos momentos distintos y separados, es decir los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación.

Por esta razón, las variedades se clasifican con base en el comportamiento de la inflorescencia en dos tipos A y B. en ambos tipos, las flores abren primero como femeninas, cierran por un periodo fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura. Esta característica es muy importante en una plantación ya que para que la producción sea la esperada es muy conveniente mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración A y B y con la misma época de floración se denomina dicogamia sincronizada.

#### 2.4.6 Fruto

Es una baya que posee un epicarpio delgado y un mesocarpio carnosos y oleaginosos. De tamaño, formas y colores diferentes, según la variedad. Predomina la forma ovalada, cónica, ovoide, redonda y periforme. Una característica importante del aguacate es que es un fruto climatérico, lo que significa que es un fruto que está sometido a un proceso natural de madurez, es iniciado de acuerdo a cambios en la composición hormonal y bioquímicos. La maduración climatérica es un proceso bien definido que se caracteriza por un rápido aumento en la velocidad de respiración y desprendimiento del etileno endógeno desde el fruto.

### 2.5 Variedades de Aguacate

El aguacate es una planta perteneciente a la familia de las Lauráceas, del Género *Persea*, el cual por marcadores moleculares ha sido identificado como una sola especie de aguacate *Persea americana*, de ahí que las tres razas más conocidas son; la Mexicana, Guatemalteca y Antillana, subespecies o variedades botánicas (Rosenberg, 1990).

Según León (2010), afirma que el aguacate cultivado actualmente en su mayor parte son híbridos de las tres subespecies anteriormente mencionadas que varían grandemente en forma, tamaño y color, de acuerdo a las características de sus progenies.

Las dos variedades híbridas más importantes son las siguientes:

#### 2.5.1 Variedad Hass

Es una variedad que actualmente en el mercado internacional está catalogada como la más popular, que fue obtenida en los Estados Unidos, la característica de esta variedad es que es un árbol susceptible al frío, la época de floración normal es entre los meses de diciembre a marzo y se da una floración más acelerada en los meses de agosto a octubre, la época de cosecha es en los meses de noviembre a abril y julio a septiembre, posee una excelente calidad por lo que el fruto puede permanecer temporalmente en el árbol, después de madurar sin perder su calidad. El promedio comercial de fruta producida por el aguacate no es muy favorable comparado con otras frutas frescas. Huertos de Hass individuales son capaces de producir 20 ton/ha en promedio, esto se debe a que hay una excesiva maduración temprana del fruto y posteriormente su caída de la misma (Ferro, 2009).

#### 2.5.2 Variedad Fuerte

Es una variedad originaria de México, se caracteriza por ser un híbrido natural entre la raza mexicana y guatemalteca, es un árbol vigoroso de copa abierta con tendencia a formar ramas horizontales. Su fruto es periforme, semilla de tamaño mediano, es de color verde y no tiene fibras, esta es una de las variedades también comerciales a nivel nacional por su calidad, tamaño, buena conservación y resistencia al transporte (Ferro, 2009).

### **2.6 Fenología del aguacate variedad Hass**

El aguacate presenta un comportamiento fenológico característico, donde las fases de floración, formación y madurez del fruto, brotación vegetativa y dormancia, se traslapan, se acortan o prolonga por las condiciones climáticas, el manejo y la alta variabilidad genética (Téliz et al, 2000). Las principales fases fenológicas como la floración y la cosecha de frutos maduros se presentan en la Tabla N° 2, para algunas variedades recomendadas.

**Tabla N° 2.** Época de floración y fructificación de diferentes variedades de aguacates.

Variedad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
<b>Hass</b>	Floración normal						Floración local					
	fructificación normal							fructificación local				
<b>Booth 8</b>	Floración normal						fructificación normal					
<b>Beneké</b>	fructificación normal								floración normal			

Fuente: Adaptado de Pérez Rivera (1986) y Godínez et al. (2000).

### 2.6.1 Cuaja y caída de frutos

La cuaja que ocurre luego de la floración es seguida por una fuerte caída de frutos, que se observa un mes después de la floración. La caída de frutos sucede cuando hay un cambio brusco de temperatura y deficiencias nutricionales, este fenómeno sucede en las dos producciones que existen al año (Tapia, 2012)

### 2.6.2 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

Según, Instituto Geográfico Militar (2015) señala que los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de aguacate son los siguientes:

Clima	Cálido y Subtropical
Altitud	800 y 2.500 msnm
Temperatura	22 y 25 °C.
Precipitación	1000-1500 mm
Tipo de Suelo	franco- franco arcilloso
ph	5,5 a 7

### 2.6.3. Características de suelo

El conocimiento de las características del suelo es muy importante para planear el manejo del cultivo, el suelo debe ser profundo (1.50- 2m) para que la planta tenga un buen anclaje, alto contenido de materia orgánica para la retención de humedad, debe contener un buen drenaje para que no exista encharcamientos y evitar la proliferación de enfermedades que pueden perjudicar el desarrollo del cultivo (Salazar, 2005).

## 2.7 Anillamiento del pedúnculo

Esta enfermedad provoca la caída de frutos de aguacate tamaño canica, uva y hasta frutos medianos, incide drásticamente en la variedad Hass cuando se da el cambio de la estación seca a la estación lluviosa, en esta etapa en las plantaciones que no tienen riego reciben fuertes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados se acentúa la caída de frutos. El daño continua en condiciones de alta humedad (Alba, 2013).

Según Hernández (2014) afirma que: El daño se da en el pedúnculo aproximadamente a 1cm, del fruto, el síntoma aparece como una especie de ahorcamiento, la corteza se pone necrótica, en ocasiones se desprende y el fruto se torna violeta pudiendo desprenderse o permanecer adherido al pedúnculo.

Actualmente este problema es considerado el de mayor importancia económica por la fuerte caída de frutos con un tamaño muy considerable, se presenta después del cuaje, en la etapa de desarrollo del fruto. En ocasiones un árbol llega a perder hasta 200 de sus frutos por planta (MAGAP,2010).

Otros autores mencionan que la enfermedad se caracteriza por una herida o anillos en el pedúnculo, que varía de dos milímetros a dos centímetros, que se forma entre el pedúnculo y el fruto. A veces los frutos se tornan de color rojo-violáceo. La cascarilla café que cubre la semilla se oscurece hasta ponerse negra. (Tamayo, 2008)

Según Garbanzo Solís (2011) dice que “Afecta todas las zonas productoras de aguacate. Es uno de los temas sugeridos para investigación de cual o cuales son los factores que contribuyen a que se dé la purga de frutos de forma excesiva”.

En muestreos y análisis realizados se ha encontrado la presencia de diferentes hongos asociados con enfermedades como; *Fusarium* (Tristeza del Aguacate)

*Alternaria* (Cancro al fruto) *Helminthosporium*, *Colletotrichum*, *Dothiorella*, y bacterias como *Xanthomona*, *Seudomonas*, pero no se ha probado como producen la enfermedad (Garbanzo Solis, 2011).

Según Garbanzo (2011), señala que entre otros aspectos que influyen en la caída temprana del fruto son: conjunto de diferentes patógenos, estrés hídrico a causa de épocas soleadas muy largas, altas aplicaciones de nitrógeno, periodos lluviosos y nublados, cambios bruscos de temperatura y deficiencia de los nutrientes de zinc y boro.

#### 2.7.1 Anillamiento del pedúnculo en el Ecuador

Esta enfermedad se desconoce el agente causal que provoca la caída de frutos de aguacate en la variedad Hass, esta caída de frutos se ha visto afectado por un cambio brusco de temperatura, lo que ha promovido que en las plantaciones se den fuertes cantidades de riego y aplicaciones de pesticidas por el desconocimiento de su causa y sin encontrar una solución, esto hace que se acentúe la caída de frutos y es afectado drásticamente su rendimiento. Este fenómeno se observa en gran proporción en la región Sierra Centro-Norte del país en las provincias de Pichincha e Imbabura (Muñoz, 2013)

### 2.8 Manejo de nutrientes por sitio específico

Según el Instituto de investigaciones Agropecuarias (INIA, 1999) corresponde a un conjunto de técnicas que permiten aplicar insumos agrícolas de forma variada dentro de un cultivo de acuerdo a los requerimientos y/o potencial de producción sin embargo en el INIAP (2011), afirma lo siguiente:

El manejo de nutrientes por sitio específico es una forma de contrastar el rendimiento entre una parcela completa, en la que se fertiliza adecuadamente con todos los elementos, versus el comportamiento de parcelas en las que no se aplicó un elemento en particular.

El nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, cloro y molibdeno dentro de la planta se movilizan sin dificultad; en cambio el calcio y boro son prácticamente inmóviles, mientras que el azufre, hierro, manganeso, zinc y cobre son poco o medianamente

móviles. Por tal razón INIAP (2011), afirma que; “los síntomas de deficiencia de los elementos móviles se observan principalmente en las hojas adultas; mientras que los síntomas de deficiencia de los elementos poco móviles e inmóviles aparecen en las hojas jóvenes y puntos de crecimiento”.

### 2.8.1. Fertilización

La aplicación de fertilizantes se debe realizar considerando las necesidades de la planta, las características físico-químicas del suelo, las condiciones del cultivo y el comportamiento fenológico del árbol. Según Salazar (2005), afirma que, el análisis foliar es una herramienta importante para conocer el estado nutrimental de huertos comerciales, particularmente para el desarrollo de programas de fertilización, para ayudar a mejorar el rendimiento, tamaño y calidad del fruto.

Las plantas, mediante el proceso de fotosíntesis, se nutren de elementos químicos. Unos los consumen en gran cantidad, los llamados macro elementos tales como el Carbono (C), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P) y el Potasio (K) y otros que se consumen en menor proporción y se denominan elementos secundarios como el Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S). Pero también resultan imprescindibles pequeñas cantidades de Hierro (Fe), zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B) entre otros, denominados en conjunto micro elementos. Los productos ricos en estas sustancias nutritivas destinados al crecimiento de las plantas se denominan abonos o fertilizantes (Alba, 2013).

Una fertilización balanceada contrasta con la producción alternada de los árboles, aunque se sabe que la alternancia no depende de una deficiencia mineral, sino más bien están asociadas a las sustancias de reserva de las hojas y del tejido leñoso, particularmente de almidón y desbalances hormonales y del metabolismo del nitrógeno (N). Obteniendo un rendimiento promedio aceptable de un huerto de aguacate de 250 a 350 kg/árbol. Dependiendo de la meta de rendimiento propuesto del aguacate, de su edad, del nivel de fertilidad del suelo, disponibilidad de agua, etc. La dosis de fertilidad puede variar en rangos amplios (Salazar, 2005).

**Tabla N° 3.** Rangos de fertilización de macronutriente y micronutrientes para aguacate (Hass).

<b>Nutrientes</b>	<b>Dosis (kg/árbol)</b>	<b>Micronutrientes</b>	<b>Dosis (g/árbol)</b>
Nitrógeno	0.80 a 2.60	Hierro	10 a 50
Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.20 a 1.20	Manganeso	20 a 200
Potasio (K <sub>2</sub> O)	0.30 a 1.50	Cobre	10 a 50
Magnesio	0.10 a 0.30	Zinc	20 a 80
Calcio	0.10 a 0.25	Boro	10 a 50
Azufre	0.20 a 0.60	Molibdeno	0.5 a 2.5

Adaptado por Chirinos, H. (2011)

### 2.8.2. Nitrógeno

El nitrógeno disponible en el suelo se encuentra generalmente como nitrato (NO<sub>3</sub>) y es la forma como asimila el árbol. El nitrógeno, ya sea absorbido del suelo o fijado del aire, se incorpora a la planta en forma de aminoácidos, primeramente en hojas verdes. A medida que aumenta el suministro de nitrógeno, las proteínas son sintetizadas a partir de los aminoácidos, que se transforman en crecimiento de las hojas, aumentando la superficie fotosintética. Se ha encontrado una correlación entre la cantidad de nitrógeno suministrado y el área foliar disponible para la fotosíntesis, este efecto se puede evidenciar por el aumento de la síntesis proteica y del protoplasma.

### 2.8.3. Fósforo

Las plantas toman el fosforo exclusivamente como iones fosfato inorgánico monovalente H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. Es constituyente de ácidos nucleicos, fosfolípidos, vitaminas, coenzimas, y más importante aún forma parte del ATP, compuesto transportador de energía en la planta. Otra de sus funciones es la de estimular el desarrollo de la raíz,

interviniendo en la formación de órganos de reproducción de las plantas y acelerando la maduración de los frutos (Tamayo, Tecnología para el cultivo de aguacate , 2008).

#### 2.8.4. Calcio

Uno de los elementos minerales quizás más importantes en la determinación de la calidad de los frutos en lo referente a conservación. Los frutos con alto contenido de calcio, pueden resistir más al transporte y permanecer en buenas condiciones durante mucho tiempo. La deficiencia de calcio es porque el crecimiento de la planta se reduce. Las yemas terminales de las ramas paralizan su desarrollo formando rosetas de hojas lanceoladas, luego se presenta una clorosis apical. Árboles en producción con deficiencia de calcio, presentan frutos con necrosis en el área de unión del pedúnculo con el fruto, lo cual causa caída de frutos pequeños o pudrición de los mismos cuando estos quedan adheridos al árbol. Los niveles normales de calcio en las hojas se encuentran en 0,9 % al 1,5%, en plantas con deficiencia de este elemento, los valores se encuentran en 0,05%, (Tamayo, Tecnología para el cultivo de aguacate , 2008).

#### 2.8.5. Magnesio

El magnesio forma parte de la molécula de clorofila, pigmento característico de las plantas verdes que actúan en la fotosíntesis, favorece a la fructificación y el desarrollo radicular, además de su efecto protector contra los periodos de sequía, y a taque de plagas. El magnesio es asimilable por la planta en forma de catión ( $Mg^{+}$ ) (Bedoya, 2016).

#### 2.8.6. Azufre

Como otros nutrimentos, el Azufre (S) debe manejarse con mucho interés. Las muestras foliares y de suelo deben de ser calibradas periódicamente para tener un buen juicio sobre la cantidad de S al aplicar. Es importante recordar que después de la aplicación al suelo de S elemental, éste necesita oxidarse a SO mediante la acción de las bacterias de la materia orgánica. De esto se desprende que es indispensable la frecuente incorporación de materia orgánica al suelo del huerto (García, 2002).



### 2.8.7. Boro y Zinc

Según MAGAP (2010) “Los elementos que interfieren en el desarrollo del fruto y que pueden incidir en este problema es el boro y el zinc” (p.53).

- *Zinc*

El zinc en la planta tiene un papel importante en la síntesis de los ácidos nucleicos y en el metabolismo de las auxinas. Interviene en la formación de hormonas que afectan el crecimiento de las plantas. Participa en la formación de proteínas. Si no hay una cantidad adecuada de Zinc en la planta, no se aprovechan bien el Nitrógeno ni el Fósforo. Favorece un mejor tamaño de los frutos (IFOAM, 2002).

- *Boro*

Se relaciona con el transporte de azúcares en la planta. Afecta la fotosíntesis, el aprovechamiento del Nitrógeno y la síntesis de proteínas. Interviene en el proceso de floración, cuajado de frutos y en la formación del sistema radicular de la planta y regula su contenido de agua, una adecuada fertilización de boro permite que haya una correcta cuaja y desarrollo del fruto (Rocky, Mount, 1999).

### 2.8.8. Absorción de los nutrientes por las plantas

Los nutrientes en el suelo (N, P y K) pueden estar en estado no asimilable, fijados al complejo arcillo-húmico que pasan por la solución del suelo. Se establece pues una corriente dinámica de nutrientes desde el complejo arcillo-húmico a la solución del suelo. Dichos nutrientes son extraídos por el cultivo dejando el suelo empobrecido.

El nitrógeno es absorbido por la planta en forma de nitrato, el fósforo en forma de fosfato y el potasio como potasio.

Potasio (K): es el factor de calidad, regula las funciones de la planta y aumenta la resistencia a las enfermedades.

Fósforo (P): es el factor de precocidad, favorece el desarrollo de las raíces al comienzo de la vegetación, el cuajado, maduración de los frutos y aumenta la resistencia a las condiciones meteorológicas adversas (Rocky, Mount, 1999)

## 2.9 Sinergismo y antagonismo entre nutrientes

Los nutrientes minerales son esenciales para mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos; pero a veces su proceso de absorción, asimilación y transporte en sus formas iónicas por las plantas son explicados como si fueran procesos independientes uno de otro, cuando en realidad todos estos nutrientes interactúan entre sí. Al momento de su absorción estos compiten por los transportadores debido a que estos muchas veces no son específicos para un ion en particular. La competencia entre los nutrientes está influenciada por las propiedades del transportador y la concentración de los iones del nutriente en la solución; por lo tanto, las interacciones que se dan entre los iones de los nutrientes pueden ser sinérgicas o antagónicas.

### 2.9.1 Antagonismo entre nutrientes

El antagonismo consiste en que el aumento por encima de cierto nivel de concentración de un elemento reduce la absorción de otro. Ejemplos: Na/Ca, K/Mg y K, Ca/He, Mn, Zn y B, Fe/Mg, N/K. quizá el elemento más preocupante en suelos calizos sea el Ca, que como mencionamos anteriormente es antagonista con multitud de elementos.

- *Amonio/Potasio*

Ambos cationes son monovalentes, por lo que existe un efecto antagónico entre ambas formas iónicas. Se ha demostrado a través de muchos estudios, que entre más elevada sea la cantidad aplicada de amonio se tendrá una menor absorción de potasio por las raíces y viceversa. También podemos esperar que ante un exceso de potasio ocurra una deficiencia de magnesio, por estar presente este último en la solución del suelo en forma de catión. Para evitar el fenómeno antagónico entre estos nutrientes es recomendable realizar análisis de suelo para diagnosticar la disponibilidad nutrimental y establecer programas de fertilización balanceados.

- *Cloro/Nitrato*

Un fenómeno similar al que ocurre entre amonio y potasio, ocurre entre los aniones monovalentes de cloro y nitrato. Esta relación de aniones en especial debe cuidarse, ya que el exceso de nitrato puede ocasionar problemas en la salud humana como la metahemoglobinemia, la cual afecta principalmente a los bebés, además de

desencadenar la producción de compuestos carcinógenos en hortalizas de hoja. Bajo la relación antagonista que tienen estos aniones, una de las estrategias para reducir el contenido de nitratos en las hortalizas de hoja es la aplicación de cloruros, que permite reducir la absorción excesiva de este anión.

- *Manganeso/Magnesio*

Suelos ácidos tienen generalmente grandes cantidades de manganeso soluble, este catión reduce la absorción de magnesio por las plantas. También altas cantidades de manganeso disminuyen la tasa de absorción del potasio. Otro problema de los suelos ácidos es el alto nivel en el contenido de aluminio soluble; este catión también reduce la absorción de iones como calcio y magnesio.

- *Cobre/Nitrógeno*

Altas cantidades de nitrógeno inmovilizan al cobre y con ello aumenta el riesgo de su deficiencia. Se ha demostrado que las plantas presentan deficiencias de cobre cuando estas son sometidas a tratamientos donde la aportación de cobre es mínima, mientras que la de nitrógeno es elevada, demostrando que altos niveles de este último inhiben la absorción del cobre, disminuyendo el rendimiento de los cultivos.

- *Fósforo/Zinc*

Entre mayor sea la aplicación de fósforo menor absorción de zinc. Tradicionalmente se creía que la razón de este antagonismo se debía a que se formaban complejos de Zn-P que se precipitaban; es una teoría validada, pero sin un sustento en su totalidad, se ha visto criticada por investigaciones recientes que mencionan que este antagonismo no está directamente relacionado con la interacción de estos dos iones, sino más bien a una inhibición de la actividad de las micorrizas, responsables de la absorción de más del 35 % del zinc por las plantas, las cuales reducen su actividad por las altas concentraciones de fósforo. El crecimiento del cultivo entonces se ve reducido por efecto de las altas concentraciones de fósforo, aunque niveles adecuados de zinc con niveles altos de fósforo favorecen y potencian el rendimiento. La aplicación de micorrizas, sólo es necesaria en suelos degradados, es decir, con un bajo contenido de materia orgánica. El fósforo también induce la deficiencia de hierro.

## 2.9.2 Sinergismo entre nutrientes

Un sinergismo consiste en que el aumento en la concentración de un elemento favorece a la absorción de otro. Ejemplo: N/Mg, P/Mg.

Además puede darse el caso de existir sinergismo negativo, donde la carencia de un determinado elemento propicia la deficiencia de otro, como el caso de B/Ca.

- *Potasio/Fósforo*

Su efecto conjunto en el rendimiento del cultivo es superior al rendimiento que se obtiene por su aplicación individual. Entre mayor sea la cantidad aplicada de los elementos, la respuesta en el rendimiento se mejora hasta un punto máximo.

- *Potasio/Nitrógeno*

El potasio mejora la absorción y transporte del nitrógeno, especialmente en forma de nitratos en las raíces. Se ha comprobado mediante estudios que para potenciar el efecto del nitrógeno dentro de las plantas, es esencial el aporte de cantidades adecuadas de potasio para alcanzar rendimientos elevados. También se ha visto que cuando se tienen niveles adecuados de potasio, el cultivo responde positivamente a las aportaciones crecientes de nitrógeno. El fundamento de esta relación sinérgica está basado en que el potasio mejora el transporte del nitrógeno dentro de las plantas, ya que la deficiencia de potasio ocasiona que se tenga una alta concentración de nitratos y aminoácidos solubles en las raíces. Lo anterior, ocasiona que la planta al contar con una alta concentración de compuestos nitrogenados decida no absorber más nitratos, lo cual por supuesto detiene la biosíntesis de proteínas y con ello una serie de consecuencias fisiológicas que provocan trastornos en el metabolismo de la planta que llevan a la reducción inequívoca del rendimiento. Se recomienda que por cada ion de nitrato se tenga uno de potasio para poder mantener un adecuado nivel de eficiencia en la absorción de ambos elementos. Debemos mantener en cuenta que niveles excesivos de potasio afectan negativamente, al igual que el calcio, la absorción de magnesio, por ello es necesario mantener una fertilización balanceada que permita alcanzar buenos rendimientos.

- *Azufre/Nitrógeno*

Un nivel de suficiencia de azufre es clave para mejorar el uso del nitrógeno por las plantas. Al igual que en potasio, niveles deficitarios de azufre ocasionan una acumulación de nitratos, aminoácidos y aminos debido a la reducción de la biosíntesis de proteínas, que causa una menor conversión de compuestos nitrogenados a proteínas. Dichos compuestos nitrogenados solubles, en los tejidos vegetales ejercen un efecto negativo en la absorción de nitrógeno por la raíz. El azufre y el nitrógeno son sinérgicos y se deben aplicar al mismo tiempo al igual que potasio. El azufre favorece el aprovechamiento y la absorción de una mayor cantidad de nitrógeno por kilogramo de fertilizante nitrogenado aplicado. Muy pocas veces se aplica azufre, esto hace que la eficiencia de absorción del nitrógeno sea baja y las dosis de aplicación incrementen, al igual que los costos. Además, se contribuye a la contaminación del ambiente.

- *Nitrógeno-Fósforo-Potasio/Zinc*

La fertilización con nitrógeno-fósforo-potasio mejoran los rendimientos conforme su dosis de aplicación se incrementan, aunque esto es verdad hasta cierto punto, donde el cual decrece la eficiencia de su utilización. El suministro de zinc mejora la respuesta de la fertilización con nitrógeno-fósforo-potasio.

- *Boro y la absorción de nutrientes*

Una adecuada nutrición con boro es necesaria para el mantenimiento de la absorción de nutrientes por las raíces, probablemente debido a su contribución directa con la integridad estructural y funcional de las membranas celulares de la raíz, al igual que el calcio, además de mantener un mayor gradiente en el potencial de membrana de la raíz. Un adecuado nivel de boro mejora la absorción de calcio, potasio y fósforo (Cakmank, 2015).

## **2.10. Costos de producción del cultivo de aguacate de una hectárea**

El costo de implantación y mantenimiento del aguacate por hectárea; es bastante similar al de una plantación cítrica. A partir de un terreno desmontado o sin cultivo establecido, el costo estimativo de implantación por hectárea esta por los \$ 2000.

El costo de mantenimiento del primer año se estima en \$ 500.- por hectárea, el segundo año \$ 1000 y el tercer año \$ 1500. A partir del tercer año cumplido se calcula la primera cosecha comercial estimada en 4 kilos por planta (promedio ponderado), con un precio

de venta promedio de \$ 0,8 por kilo (\$ 640.- por Ha). Al cuarto año se calcula una producción de 8 kilos promedio por planta (\$ 1280.- por Ha), al quinto año 20 kilos promedio por planta (\$ 3200.- por Ha.), al sexto año 50 kilos promedio por planta (\$ 8000.- por Ha.), al séptimo año 70 kilos promedio por planta (\$ 11200.- por Ha.), obteniendo un rendimiento hasta 15T/ha (Bartóli, 2008).

## **CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Materiales**

#### 3.1.1 Localización y ubicación del ensayo

Según Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2015), la zona de vida natural o lugar del ensayo corresponde a la parroquia de Guayllabamba;

Ubicación: Parroquia-Guayllabamba,

Cantón-Quito,

Provincia-Pichincha

Altitud: 2100 m.s.n.m.

Longitud: 78°20'29"O

Latitud: 0°3'33"S

#### 3.1.2. Características agroclimáticas

Los datos agroclimáticos es obtuvieron según INAMHI (2015), la zona de vida natural o lugar del ensayo corresponde a la parroquia de Guayllabamba;

Precipitación media anual: 700mm

Temperatura media anual: 20°C

Humedad relativa: 50%

Pendiente: 5%

Drenaje: Regular

### 3.1.3. Características edáficas

- *Tipos de suelos y régimen de humedad*

Según INIAP (2002) señala que “el suelo de la localidad pertenece a Entisoles, con régimen medio húmedo”.

- *Características Químicas*

El análisis de suelo se realizó en el laboratorio de suelos, plantas y aguas de la Estación Experimental Santa Catalina

**Tabla N° 4.** Características químicas del suelo en el sitio Experimental de Chaquibamba.

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Inter</b>
<b>N</b>	Ppm	25,00	<b>B</b>
<b>P</b>	Ppm	10,00	<b>M</b>
<b>S</b>	Ppm	8,00	<b>B</b>
<b>K</b>	meq/100ml	0,20	<b>B</b>
<b>Ca</b>	meq/100ml	2,00	<b>B</b>
<b>Mg</b>	meq/100ml	0,30	<b>B</b>
<b>Zn</b>	Ppm	4,50	<b>M</b>
<b>Cu</b>	Ppm	9,64	<b>A</b>
<b>Fe</b>	Ppm	73,70	<b>A</b>
<b>Mn</b>	Ppm	6,56	<b>B</b>
<b>B</b>	Ppm	0,30	<b>M</b>
<b>pH</b>	---	7,3	<b>Acido</b>
<b>MO</b>	%	1,05	<b>B</b>
<b>Textura</b>		Franco-Arenoso	

Fuente: (Laboratorio de Suelos, Plantas y Aguas de la EESC)

Interpretación: B=Bajo; M=Medio; A=Alto

### 3.1.4 Material experimental

Se utilizaron árboles de aguacate variedad Hass con cinco años de edad y que se encuentran en plena producción.

### 3.1.5 Materiales de campo

Para la realización del ensayo se utilizaron los siguientes materiales: tijeras de podar (Félco), flexómetro, palas rectas, azadón, machete, cintas para medir pH, traje de fumigación, baldes, balanza, letreros, libro de campo y dosificadores

### 3.1.6 Insumos agrícolas (Fertilizantes)

- Úrea
- Nitrato de calcio
- Fosfato mono potásico
- Fosfato di amónico
- Muriato de potasio
- Sulfato de magnesio
- Quelato de magnesio
- Azufre de mina
- Quelato de Boro
- Quelato de manganeso
- Quelato de zinc
- Carbonato de calcio

### ***3.1.7 Equipos e instrumentos***

Los equipos e instrumentos que se utilizaron en el ensayo se detallan a continuación:

- Equipo informático (Computador portátil)
- Equipo satelital (GPS)
- Cámara fotográfica y de video
- Equipos del laboratorio de análisis de suelos
- Bomba de mochila



## 3.2 Métodos

El método que se utilizó fue manejo de nutrientes por sitio específico, con nueve nutrientes entre ellos macro y micro elementos que son los factores en estudio que se detallan a continuación:

### 3.2.1 Factores en estudio

- Nitrógeno (N)
- Fósforo (P)
- Potasio (K)
- Calcio (Ca)
- Azufre (S)
- Magnesio (Mg)
- Zinc (Zn)
- Boro (B)
- Manganeseo (Mn)
- Completo

### 3.2.2 Tratamientos

Los tratamientos se diseñaron siguiendo la técnica de parcelas de omisión de uno de los elementos como se describe en la Tabla N°5; se consideró, además, la fertilización completa u óptima (+N, +P, +K, +Ca, +S, +Mg, +Zn +B +Mn), la fertilización del agricultor y un testigo sin fertilizante.

**Tabla N° 5.** Descripción de los tratamientos a evaluar

Trat. No.	Nutrientes	Descripción
T1	P, K, Ca, S, Mg, Zn, B, Mn	Parcela de omisión de N, con aplicación de los requerimientos de P, K, Ca, S y Mg, Zn, Mn y B en el cultivo. Usada para medir el suplemento efectivo de N nativo del suelo (absorción total de N por el cultivo cuando no se aplica N).
T2	N, K, Ca, S, Mg, Zn, B, Mn	Parcela de omisión de P, con aplicación de los requerimientos de N, K, Ca, S, Mg, Zn, Mn y B en el cultivo. Usada para medir el suplemento efectivo de P nativo del suelo (absorción total de P por el cultivo cuando no se aplica P).

T3	N, P, Ca, S, Mg, Zn, B, Mn	Parcela de omisión de K, con aplicación de los requerimientos de N, P, Ca, S, Mg, Zn, Mn y B en el cultivo. Usada para medir el suplemento efectivo de K nativo del suelo (absorción total de K por el cultivo cuando no se aplica K).
T4	N, P, K, S, Mg, Zn, B, Mn	Parcela de omisión de Ca, con aplicación de los requerimientos de N, P, K, S, Mg, Zn, Mn y B en el cultivo. Usada para medir el suplemento efectivo de Ca nativo del suelo (absorción total de Ca por el cultivo cuando no se aplica Ca).
T5	N, P, K, Ca, Mg, B, Zn, Mn	Parcela de omisión de S, con aplicación los requerimientos de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn y B en el cultivo. Usada para medir el suplemento efectivo de S nativo del suelo (absorción total de S por el cultivo cuando no se aplica S).
T6	N, P, K, Ca, S, Zn, B, Mn	Parcela de omisión de Mg, con aplicación de los requerimientos de N, P, K, Ca, S, Zn, Mn y B en el cultivo. Usada para medir el suplemento efectivo de Mg nativo del suelo (absorción total de Mg por el cultivo cuando no se aplica Mg).
T7	N, P, K, Ca, S, Mg, B, Mn	Parcela de omisión de Zn, con aplicación de los requerimientos de N, P, K, Ca, S, Mg, Mn y B en el cultivo. Usada para medir el suplemento efectivo de Zn nativo del suelo (absorción total de Mg por el cultivo cuando no se aplica Zn)
T8	N, P, K, Ca, S, Mg, Zn, Mn	Parcela de omisión de B, con aplicación de los requerimientos de N, P, K, Ca, S, Mg, Zn y Mn en el cultivo. Usada para medir el suplemento efectivo de B nativo del suelo (absorción total de B por el cultivo cuando no se aplica B)
T9	N, P, K, Ca, S, Mg, Zn, B	Parcela de omisión de Mn, con aplicación de los requerimientos de N, P, K, Ca, S, Mg, Zn y B en el cultivo. Usada para medir el suplemento efectivo de Mn nativo del suelo (absorción total de Mn por el cultivo cuando no se aplica Mn)
T10	Completa	Parcela con aplicación completa de N, P, K, Ca, S, Mg, Zn y B. Usada para estimar la eficiencia de recuperación de N, P, K, Ca, S, Mg, Zn y B de los fertilizantes, en comparación con las parcelas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.
T11	Fertilización del agricultor	Parcela con la aplicación convencional del agricultor. Usada para estimar la eficiencia de N, P, K, Ca, S, Mg, Zn y B en comparación con la parcela de aplicación completa.
T12	Testigo	Parcela que no se le aplicara ningún tipo de fertilizante para estimar la deficiencia de N, P, K, Ca, S, Mg, Zn y B en comparación con la parcela de aplicación completa.

*Fuente: Elaboración propia*

- *Diseño Experimental*

Para evaluar los tratamientos se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar.

- *Características del ensayo*

Número de tratamientos: 12

Número de repeticiones: 3

Número de unidades experimentales: 36

Unidad experimental: 1 planta

Área parcela total: 25m<sup>2</sup> (5m x 5m)

Área total del experimento: 900m<sup>2</sup> (25m<sup>2</sup> x 36)

- *Análisis Estadístico*

El análisis estadístico se describe en la tabla N°6, en donde se explica las características de las fuentes de variación del diseño experimental

**Tabla N° 6.** Esquema del ADEVA

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	35
Repeticiones	2
Tratamientos	11
Error Experimental	13

- *Análisis Funcional*

En caso de determinarse diferencias significativas entre tratamientos se utilizará la prueba de Fisher al 5%

### 3.2.3 Variables

#### **Fase fenológica de floración y fructificación 2 y 3 respectivamente**

- *Número de frutos afectados en la F.F.2, por el anillamiento del pedúnculo*

A partir del inicio de formación de los frutos y cada semana, se registraron el número de frutos con síntomas de anillamiento del pedúnculo y caídos, hasta el final de la fase de

producción. La suma de los registros parciales, correspondió al total de frutos afectados. Los frutos contabilizados fueron eliminados.

- *Número de inflorescencias y frutos por planta en F.F.2 y 3*

Fueron cuantificados de una rama de la planta seleccionada al azar que fue etiquetada, se registraron el número de inflorescencias, y el porcentaje de frutos cuajados de diez panículas seleccionadas al azar.

- *Etapa de desarrollo del fruto donde se presenta el problema*

La recolección de los frutos afectados se hizo de todo el árbol por semana, se seleccionaron 10 frutos que fueron pesados, al final de la etapa, cuando ya no se observó el problema, se procedió a hacer la cuantificación total de los frutos registrados, el resultado será en porcentaje de frutos afectados.

- *Síntomas de deficiencia nutricional*

Se realizó de forma visual, haciendo una observación general de la planta, registrando los síntomas mediante fotografías y su descripción fue cotejada según las deficiencias nutricionales citadas por; Garcia S. S.( 2013)

- *Rendimiento*

Se realizó la cosecha, recolectando los frutos maduros y se procedió a pesar todos los frutos de cada árbol para obtener el rendimiento en kg/Ha en la época de cosecha. La suma de los pesos de los frutos, determinará el rendimiento total.

### **3.3 Manejo específico del experimento**

Se describen las actividades que se realizaron para el buen funcionamiento del ensayo

### 3.3.1 Métodos

El desarrollo del proyecto de investigación se realizó mediante una investigación científica, de campo y técnicas de observación, utilizando: consultas bibliográficas, visita a los agricultores, técnicos agrónomos de la parroquia y diferentes zonas productoras de aguacate var. Hass, sobre los principales problemas que presenta este cultivo en cuanto a la fertilización y rendimiento.

### 3.3.2 Análisis de suelo

Se realizó el muestreo del suelo de cada área del árbol a un metro de distancia del tronco y se sacó una sub muestra de 1 kg y posteriormente se envió al laboratorio de Aguas y Suelos del INIAP, para realizar el análisis químico completo, en donde se muestra los resultados en el Anexo 2.

### 3.3.3 Localización del ensayo

El presente trabajo se realizó en la parroquia de Guayllabamba, ubicada al noroccidente de la ciudad de Quito a 40 minutos, con 2100 m.s.n.m. en un área de clima templado a temperaturas promedios de 20 a 30°C, una precipitación anual entre 500 y 700mm y una humedad ambiental de 50% (Anexo 1).

### 3.3.4 Fertilización

Las dosis de nutrientes que se aplicaron, se calcularon en base al análisis de suelo del sitio experimental, utilizando la tabla guía de recomendación de fertilización para el cultivo de aguacate variedad Hass del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la EESC, que se detalla en la Tabla N° 7.

**Tabla N° 7.** Recomendación de fertilización para el cultivo de aguacate variedad Hass.

<b>Análisis de Suelo</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Ca y Mg</b>	<b>S y B</b>	<b>Zn y Mn</b>
	<b>Kg/ha/año</b>					
Bajo	150-200	100-125	150-200	50-75	15-25	10-20
Medio	100-150	75-100	100-150	25-50	5-15	5-10
Alto	50-100	50-75	50-100	0-25	0-5	0-5

Fuente: INIAP (2008)

Los tratamientos y dosis de nutrientes que se aplicaron al ensayo se describen en la tabla. 8

**Tabla N° 8.** Tratamientos y dosis de nutrientes requeridas

Tratamientos		Cantidad de nutrientes (kg/ha/año)								
N°	Nutrientes	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	Mg	B	Zn	Mn
1	P-K-Ca-S-Mg-B-Zn-Mn	0	100	150	75	25	75	15	20	10
2	N-K-Ca-S-Mg-B-Zn-Mn	150	0	150	75	25	75	15	20	10
3	N-P-Ca-S-Mg-B-Zn-Mn	150	100	0	75	25	75	15	20	10
4	N-P-K-S-Mg-B-Zn-Mn	150	100	150	0	25	75	15	20	10
5	N-P-K-Ca-Mg-B-Zn-Mn	150	100	150	75	0	75	15	20	10
6	N-P-K-Ca-S-B-Zn-Mn	150	100	150	75	25	0	15	20	10
7	N-P-K-Ca-S-Mg-Zn-Mn	150	100	150	75	25	75	0	20	10
8	N-P-K-Ca-S-Mg-B-Mn	150	100	150	75	25	75	15	0	10
9	N-P-K-Ca-S-Mg-B-Zn	150	100	150	75	25	75	15	20	0
10	Completo	150	100	150	75	25	75	15	20	10
11	Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Fertilización convencional	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Fuente: Elaboración propia basado en la recomendación de INIAP (2008). Y análisis de suelo*

Las fuentes de nutrientes que se utilizaron, se describen en la Tabla 9.

**Tabla N° 9.** Fuentes de nutrientes

Fuentes	Concentración (%)								
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	Mg	Zn	B	Mn
Urea	46	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitrato de calcio	16	--	--	27	--	--	--	--	--
Fosfato mono potásico	--	52	34	--	--	--	--	--	--
Fosfato di amónico	18	46	--	--	--	--	--	--	--
Muriato de potasio	--	--	60	--	--	--	--	--	--
Sulfato de Mg	--	--	--	--	8	60	--	--	--
Quelato de Mg	--	--	--	--	--	9	--	--	--
Azufre de mina	--	--	--	--	99.5	--	--	--	--
Carbonato de calcio	--	--	--	40	--	--	--	--	--
Quelato de zinc	--	--	--	--	--	--	9	--	--
Boro	--	--	--	--	--	--	--	20	--
Quelato de manganeso	--	--	--	--	--	--	--	--	9

En base a las dosis de nutrientes de la Tabla N° 8, y la densidad del cultivo (400 plantas/ha) se calcularon las dosis de nutrientes y fertilizantes en g/planta/año que se detalla en la tabla N° 10 y 11; la aplicación fraccionada de los nutrientes se realizaron de la siguiente manera: El N se aplicó en 4 fracciones de 25%: al primer, tercer, sexto y noveno mes; el K, P, Ca, S, Mg, B, Zn se aplicaron en dos fracciones, el 50% al primer mes y el otro 50% a los seis meses.

**Tabla N° 10.** Cantidad de nutrientes para el cultivo de aguacate al año

Tratamientos		Nutrientes en g/planta/año*								
N°	Nutrientes	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	Mg	B	Zn	Mn
1	-N	0	150	225	112	50	100	40	40	30
2	-P	225	0	225	112	50	100	40	40	30
3	-K	225	150	0	112	50	100	40	40	30
4	-Ca	225	150	225	0	50	100	40	40	30
5	-S	225	150	225	112	0	100	40	40	30
6	-Mg	225	150	225	112	50	0	40	40	30
7	-B	225	150	225	112	50	100	0	40	30
8	-Zn	225	150	225	112	50	100	40	0	30
9	-Mn	225	150	225	112	50	100	40	40	0



10	NPKCaSMgBZn	225	150	225	112	50	100	40	40	30
11	Testigo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Fertilización c.	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\* Población, 400 plantas/ha. *Fuente: elaboración propia*

**Tabla 11.** Cantidad de fertilizantes en g/planta/año

Fuentes	Tratamientos											
	T1 -N	T2 -P	T3-K	T4 -Ca	T5 -S	T6 -Mg	T7-B	T8-Zn	T9-Mn	T10 Com.	T11 Test.	T12 Fert.
Urea	0	345	360	360	345	345	345	345	345	345	-	0
Nitrato de calcio	0	415	0	0	415	415	415	415	415	415	-	0
Fosfato monopotasi.	288	0	0	0	288	288	288	288	288	288	-	0
Muriato de potasio	210	375	0	375	211	211	211	211	211	211	-	0
18-46-0	0	0	326	326	0	0	0	0	0	0	-	0
Sulfato de Mg	166	166	166	166	166	0	166	166	166	166	-	0
Azufre de mina	37	37	37	0	0	50	37	37	37	37	-	0
Carbonato de Calcio	280	0	280	0	0	0	0	0	0	0	-	0
Boro	200	200	200	200	200	200	0	200	200	200	-	0
Quelato de zinc	300	300	300	300	300	300	300	0	300	300	-	0
Quelato de Mn	230	230	230	230	230	230	230	230	0	230	-	0

**Tabla N° 12.** Cantidad de nutrientes en g/planta que se aplicaron al primer mes y a los seis meses

Fuente	Tratamientos											
	T1 –N	T2 –P	T3-K	T4 –Ca	T5 –S	T6 –Mg	T7-B	T8-Zn	T9-Mn	T10 C	T11 Test	T12 Fert
Urea	0	42	46	46	42	42	42	42	42	42	-	0
Nitrato de calcio	0	33	0	0,0	33	33	33	33	33	33	-	0
18-46-0	0	0	29	29	0	0	0	0	0	0	-	0
<b>Total nitrógeno</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
Fosfato mono potásico	75	0	0	0	75	75	75	75	75	75	-	0
18-46-0	0	0	75	75	0	0	0	0	0	0	-	0
<b>Total fósforo</b>	<b>75</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
Muriato de potasio	63,5	112,5	0	112,5	63,5	63,5	63,5	63,5	63,5	63,5	-	0
Fosfato mono potásico	49	0	0	0	49	49	49	49	49	49		
<b>Total potasio</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>0</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
Nitrato de calcio		56	0	0	56	56	56	56	56	56	-	0
Carbonato de Ca	56	0	56	0	0	0	0	0	0	0	-	0
<b>Total calcio</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
Sulfato de Mg	6,5	6,5	6,5	6,5	0,0	0,0	6,5	6,5	6,5	6,5	-	0
Azufre de mina	18,5	18,5	18,5	18,5	0	25	18,5	18,5	18,5	18,5	-	0
<b>Total azufre</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>-</b>	<b>0</b>

Sulfato de Mg	50	50	50	50	50	0,0	50	50	50	50	-	0
<b>Total magnesio</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
Boro	20	20	20	20	20	20	0	20	20	20	-	0
<b>Total Boro</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
Quelato de zinc	20	20	20	20	20	20	20	0	20	20	-	0
<b>Total Zinc</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
Quelato de Mn	20	20	20	20	20	20	20	0	20	20	-	0
<b>Total Manganeso</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>0</b>

**Tabla 13.** Cantidades de fertilizantes en g/planta que se aplicó el primero y sexto mes según tratamientos a evaluar

Fuente	Tratamientos											
	T1 -N	T2 -P	T3 -K	T4-Ca	T5 -S	T6 -Mg	T7-B	T8-Zn	T9-Mn	T10 Com	T11 Test.	T12 Fert.
Urea	0	91	100	100	91	91	91	91	91	91	0	-
Nitrato de calcio	0	206	206	0	206	206	206	206	206	206	0	-
Fosfato mono potásico	144	0	0	0	144	144	144	144	144	144	0	-
Muriato de potasio	105	187	0	187	105	105	105	105	105	105	0	-
18-46-0	0	0	163	163	0	0	0	0		0	0	-
Sulfato de Mg	83	83	83	83	83	0	83	83	83	83	0	-
Azufre de mina	18,5	18,5	18,5	18,5	0	25	18,5	18,5	18,5	18,5	0	-
Carbonato de Ca	140	0	140	0	0	0	0	0	07	0	0	-
Boro	100	100	100	100	100	100	0	100	100	100	0	-
Quelato de zinc	150	150	150	150	150	150	150	0	150	150	0	-
Quelato de Mn	115	115	115	115	115	115	115	115	0	115	0	-

**Tabla N° 14.** Cantidad de nutriente (Nitrógeno) en g/planta para aplicarse a los 3, 6 y 9 meses

<b>Fuente</b>	<b>Tratamientos</b>											
	T1 -N	T2 -P	T3-K	T4 -Ca	T5 -S	T6 -Mg	T7-B	T8-Zn	T9-Mn	T10 Com	T11 Test.	T12 Fert.
Urea	0	75	75	75	75	75	75	75	75	75	0	-
Nitrato de calcio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
18-46-0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>0</b>	<b>-</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.3.5 Fraccionamiento de la fertilización

Las épocas de aplicación de los fertilizantes se presenta en el Tabla 15 y el número de aplicaciones se determinó en función de la movilidad de los nutrientes en el suelo y considerando las condiciones climáticas de la zona en estudio.

**Tabla N° 15.** Épocas de aplicación de nutrientes para el año de investigación

Época de aplicación	N	P	K	Ca	S	Mg	B	Zn
<b>Meses</b>								
Diciembre	X	X	X	X	X	X	X	X
Marzo	X							
Junio	X	X	X	X	X	X	X	X
Septiembre	X							

La aplicación de los fertilizantes se lo hizo directamente al suelo en forma de corona con un radio de un metro de distancia de la base del árbol.

### 3.3.6 Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo

Se realizaron observaciones frecuentes para determinar la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo. En base a lo cual se aplicaron controles preventivos o curativos de acuerdo a las recomendaciones del Departamento de Protección Vegetal del INIAP.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la interpretación de los resultados se utilizó el programa estadístico InfosTat/E (Julio Di Rienzo, 2014)

#### 4.1.1. Número de panículas por rama

Los datos obtenidos para número de panículas se realizaron de la siguiente manera; primeramente se seleccionó la rama con una cinta adhesiva, después se señalaron con un marcador diez panículas las que fueron contabilizadas, esto se realizó durante un mes en la fase de floración.

**Tabla N° 16.** Análisis de varianza para número de panículas

<b>F.V</b>	<b>Gl<sub>T</sub></b>	<b>Gl<sub>E</sub></b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
<b>(Intercept)</b>	1	22	205,04	<0,0001
<b>Tratamiento</b>	11	22	2,08	0,0688
<b>p&gt;0.05</b>	Diferencia no significativa			
<b>p&lt;0.05</b>	Diferencia significativa			

El análisis de varianza (Tabla N° 16) con respecto a la variable número de panículas por árbol no muestra diferencia significativa entre tratamientos ( $p=0,0688$ ;  $gl_e=22$ ;  $f=2,8$ ), con un coeficiente de variación de 48,52%.

Según lo observado en la presente investigación no existen diferencias en número de panículas entre tratamientos, esto se debe a que los árboles no presentaban cargas frutales de la anterior producción por ende los árboles tenían reservas de nutrientes que fácilmente lo utilizaron para iniciar el ciclo florar.

Carrillo (2008), señala que árboles con baja carga frutal presentan una floración superior en comparación a los de alta carga, por lo que la presencia de mayor cantidad de panículas, implicaría que el árbol recurriera a una mayor cantidad de macro y micro-elementos de reserva para sustentar la diferenciación e iniciación floral.

Además la etapa de floración está relacionada directamente con el tamaño del árbol, porque al existir poca carga frutal tendrá una excesiva floración. Según Palacios (2000),



un patrón interesante que se observa es que una elevación del contenido de N en hojas se relaciona con una disminución en el contenido del mismo elemento en frutos y viceversa, lo que no ocurre con ninguno de los otros elementos estudiados.

Por otra parte, el azufre (S) en cantidades normales en el árbol ayuda a la rápida movilización de los demás elementos a los puntos más específicos que es requerido por el árbol, según en el estudio realizado en la movilización de macro y micro elementos en la planta por Palacios (2012).

En la prueba de Fisher (Tabla N° 17) para la variable número de panículas, se puede observar que el tratamiento T1 (-N) produjo un promedio de 215 panículas, que presento una ligera diferencia entre los tratamientos T3, T2, T11, T4, T12, T8 y T10 que el rango varió desde los 100 hasta 190 panículas, por otro parte los tratamientos T7, T5, T6 y T9 produjeron por debajo de las 100 panículas, esto se debe a que los árboles presentaron cargas muy altas de frutos de la anterior producción, por esta razón no hay diferencias significativas, sin embargo el tratamiento T1 obtuvo la mejor producción de panículas independientemente del elemento que le faltaba.

Además los tratamientos T6 (-Mg) y T9 (-Mn), fueron los que presentaron una baja producción de panículas, esto se puede relacionar a que el magnesio y el manganeso son necesarios en la fase de floración, según César (2013) afirma que, el magnesio ayuda a la asimilación del nitrógeno y a la producción de fitohormonas que promueven a la floración, por otra parte en la fase de floración existe una gran actividad respiratoria por lo que el manganeso en niveles normales, es un elemento que ayuda a la respiración celular.

Por otro lado los tratamientos T7 (-Zn) y T8 (-B), obtuvieron cantidades bajas de panículas, posiblemente el boro y zinc son requeridos por el tejido floral, por esto al aumentar el número de panículas, también se eleva la necesidad por los dos elementos, lo cual explica las bajas producciones de panículas, según Bárcenas (2002), afirma que las flores de aguacate demandan una mayor cantidad de boro y zinc que las hojas y frutos.

**Tabla N° 17.** Prueba de Fisher para la variable número de panículas por rama

Tratamientos	Elemento Faltante	Medias (#)	E.E.	Rangos
1	N	215,00	31,18	A
3	K	188,33	31,18	A B
2	P	160,00	31,18	A B C
11	Testigo	148,33	31,18	A B C D
4	Ca	146,67	31,18	A B C D
12	FC	136,67	31,18	A B C D
8	B	108,33	31,18	B C D
10	Com.	105,00	31,18	B C D
7	Zn	98,33	31,18	B C D
5	S	91,67	31,18	C D
6	Mg	86,67	31,18	C D
9	Mn	61,67	31,18	D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

#### 4.1.2. Número de flores por rama

Para el número de flores se obtuvieron los datos de las mismas diez panículas anteriormente señaladas, esto se contabilizo hasta la finalización de la fase floral durante un mes.

**Tabla N° 18.** Análisis de varianza para número de flores

F.V	Gl <sub>T</sub>	Gl <sub>E</sub>	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	22	394,17	<0,0001
Tratamiento	11	22	1,08	0,4213
<b>p&gt;0.05</b>	Diferencia no significativa			
<b>p&lt;0.05</b>	Diferencia significativa			

El análisis de varianza (Tabla N° 18) con respecto a la variable número de flores por árbol no muestra diferencia significativa entre tratamientos con ( $p=0,4213$ ) y un coeficiente de variación de 27,04%.

Según los resultados obtenidos en la investigación no existe diferenciación floral entre tratamientos, porque los arboles mostraron abundante follaje y no presentaron carga frutal lo que incito a una producción de flores uniforme sin la necesidad de requerimientos nutrimentales, ya que las reservas que obtenía el árbol fueron suficientes para comenzar la etapa de floración, que coincide con lo señalado por Lovatt (2005), que arboles con baja productividad, acumulan más nutrientes que arboles con mayor número de frutos lo cual les permite desarrollar mayor cantidad de flores.

Los árboles de aguacate tienden a florecer durante algunos años, lo cual trae como resultado una cosecha aceptable, pero con proporciones de fruta pequeña. Este exceso de floración esta generalmente acompañado de una escasa producción de hojas y alta obtención de flores, según lo afirmado por Bárcenas (2002).

En la prueba de Fisher (Tabla N° 19), para la variable número de flores, se puede observar que el tratamiento N°10 (N,P,K,Ca,S,Mg,Zn,B,Mn) fue el mejor, con un promedio de 1.508,67 flores frente a los tratamientos T8, T2, T1, T5, T7, T4 y T3 que van desde los 1.240 hasta 1.420 flores por rama, pero los tratamientos T11, T12, T6 y T9 son los que obtuvieron menor producción de flores con un rango que varía desde los 930 hasta los 1.220 flores siendo el tratamiento N°9 el de más baja producción.

El tratamiento T10 fue el mejor porque fue aplicado todos los nutrientes en los niveles óptimos, ya que los elementos no inciden en la producción de panículas, esto quiere decir que actúan directamente en la producción de flores, frente al tratamiento T1 que obtuvo el mayor número de panículas, pero no fue el mejor tratamiento en la variable número de flores, esto se debe a que hay un sinergismo entre todos los elementos aplicados en cantidades normales.

Mientras que el tratamiento T11 (testigo), obtuvo una aceptable floración gracias a que obtenía reservas nutrimentales para iniciar la fase de floración, con esto se puede observar que no existan diferencias significativas entre tratamientos.

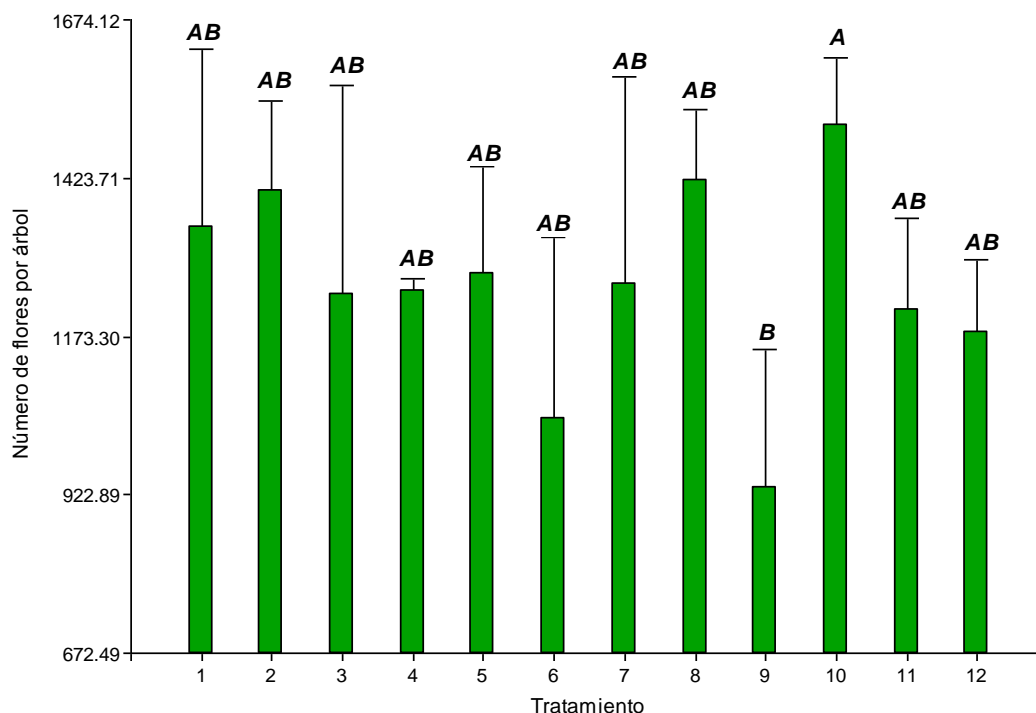
Además el tratamiento T9 (-Mn) es el que menos producción de flores obtuvo, posiblemente el Manganeso (Mn), es un nutriente que actúa directamente en la actividad respiratoria, según otros estudios realizados en nutrición mineral menciona que, el Manganeso actúa en la respiración celular de la planta, ya que en la fase de floración existe una gran intercambio de gases en la planta.

**Tabla N° 19.** Prueba de Fisher para la variable número de flores por rama

<b>Tratamientos</b>	<b>Elemento faltante</b>	<b>Medias (#)</b>	<b>E.E.</b>	<b>Rangos</b>
10	Com.	1508,67	113,13	A
8	B	1419,33	132,73	A B
2	P	1404,00	161,72	A B
1	N	1347,00	280,83	A B
5	S	1272,33	153,04	A B
7	Zn	1255,33	345,06	A B
4	Ca	1245,67	18,89	A B
3	K	1240,67	312,59	A B
11	Testigo	1214,67	145,08	A B
12	F.C	1179,33	103,28	A B
6	Mg	1042,33	284,15	A B
9	Mn	935,33	200,52	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Figura N°1, se muestra el número de flores de los tratamientos durante los meses de mayo y junio época de floración, en donde el tratamiento T10 (N,P,K,Ca,S,Mg,Zn,B,Mn) fue el más alto porque fue el completo, sin embargo todos los tratamientos tienen una letra en común, existe una ligera similitud entre los mismos, siendo el tratamiento T9 (-Mn) el más bajo porque existió una fuerte variación de datos entre repeticiones al igual que el tratamiento T6 (-Mg).



**Figura N°1.** Número de flores por rama

#### 4.1.3. Porcentaje de frutos cuajados

**Tabla N°20.** Análisis de varianza para porcentaje de frutos cuajados

F.V	Gl <sub>T</sub>	Gl <sub>E</sub>	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	22	180,47	<0,0001
Tratamiento	11	22	2,28	0,0480
<b>p&gt;0.05</b>	Diferencia no significativa			
<b>p&lt;0.05</b>	Diferencia significativa			

El análisis de varianza (Tabla N°20) con respecto a la variable porcentaje de frutos cuajado muestra diferencia significativa entre tratamientos ( $p=0,0480$ ) y con un coeficiente de variación de 52,90%.

El porcentaje de cuaja observado, varía entre 0,3 a 2,68%, lo cual no coincide con lo indicado por Tapia (2009) quien señala que la cantidad de fruta cuajada es menos que el 0,1% y a veces alcanzan el 0,2%.

Sedgley (2008) señala que “un árbol de aguacate adulto produce sobre 1,6 millones de flores, pese a esto el cuajado de flores es solo entre un 0,001 a 0,23%”.

Es necesario considerar que el número de frutos cuajados por panículas cuantificados en la presente investigación corresponde al cuajado inicial, lo cual explicaría los elevados porcentajes de cuaja en comparación a lo establecido en otras investigaciones. Por otra parte, los tratamientos obtuvieron una menor intensidad de floración y por ende se obtuvo mayor cantidad de cuaja.

Según Tapia (2012) afirma que el cuajado de frutos está relacionado directamente con la actividad de abejas que pueda haber en el entorno más que nutricional, porque las abejas son las encargadas de la polinización en aguacate. En el ensayo hubo una cantidad considerable de abejas, por esta razón el porcentaje de cuaja fue alto en casi todos los tratamientos.

La fertilización adecuada de boro permite que se produzca una correcta cuaja y desarrollo del fruto, por ende si presenta bajas concentraciones de boro durante la época de floración, la formación de flores y frutos se ve afectada, ya que el boro permite una óptima geminación del tubo polínico (Loué, 2002).

En la prueba de Fisher (Tabla N°21), para la variable porcentaje de frutos cuajados se observa claramente que el tratamiento T12 (fertilización convencional) obtuvo el mejor porcentaje con 2,68% a diferencia de los tratamientos T11 (testigo) y T5 (-S) que presentaron 0,88 y 0,36% de frutos cuajados y los tratamientos T8, T3, T7, T10, T2, T1, T6, T9, T4 se asemejan más al primero con un rango que va desde 1,1 hasta 1,80% de frutos cuajados.

El tratamiento T12 fue el que mejor porcentaje de frutos cuajados presento, esto se debe a que el agricultor realizo fuertes aplicaciones de Nitrógeno y Boro, ya que son

los nutrientes que ayudan al cuajado de frutos, según estudios realizados en nutrición mineral por Rocky (1999) afirma que una adecuada fertilización de Nitrógeno y Boro permite que exista una correcta cuaja y desarrollo del fruto, además el Boro interviene en el proceso de floración que ayuda a la educada germinación del tubo polínico. Sin embargo el tratamiento T8 (-B) también obtuvo un porcentaje aceptable de frutos cuajados, esto posiblemente se debe a que el árbol conservaba reservas de este nutriente por las fuertes aplicaciones anteriormente realizadas por el agricultor.

Según Téliz (2000) el mayor desgaste que presenta un árbol es cuando obtiene elevada floración, esto implica que el contenido de nutrientes disponibles sea menor del que presenta floración intermedia o baja, lo que comprende una mayor caída de flores por ende menor porcentaje de cuaja, por lo cual casi todos los tratamientos presentaron una floración intermedia y baja, por esta razón existió alto porcentaje de cuajado de frutos.

El tratamiento T10 produjo floración intermedia por ende es menor el porcentaje de frutos cuajados, esto se debe a que el árbol obtuvo menor desgaste de nutrientes en la fase de floración, ya que los elementos (N, P, K) son muy dinámicos en la planta.

Además, Cannabis (2014) afirma que al aplicar nitratos ( $\text{NO}_3$ ) contribuye a la absorción de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) por ser de carga positiva.

Según estudios realizados sobre análisis foliares el azufre (S) es requerido por flores, hojas y frutos de forma muy similar, además Cakmank (2015), afirma que la falta de Azufre limita la asimilación de Nitrógeno y Boro, por esta razón el tratamiento N°5 (-S) fue el que menor porcentaje de frutos cuajados obtuvo y algo muy similar sucedió con el testigo.

Según Loué (2002), señala que el Potasio es un activador enzimático y que actúa en diversos procesos metabólicos tales como; fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos, pero también el Boro puede realizar estas funciones, por ende si el Potasio se encuentra deficiente en la planta el Boro puede remplazarle, por esta razón los tratamientos T3 y T8 tienen porcentajes similares. Sin embargo el potasio (K) y Boro (B) no pueden actuar en conjunto porque se produciría un antagonismo entre dichos elementos, ya que el potasio es un elemento de rápida absorción y el boro es de lenta asimilación según lo afirmado por Cannabis (2014).

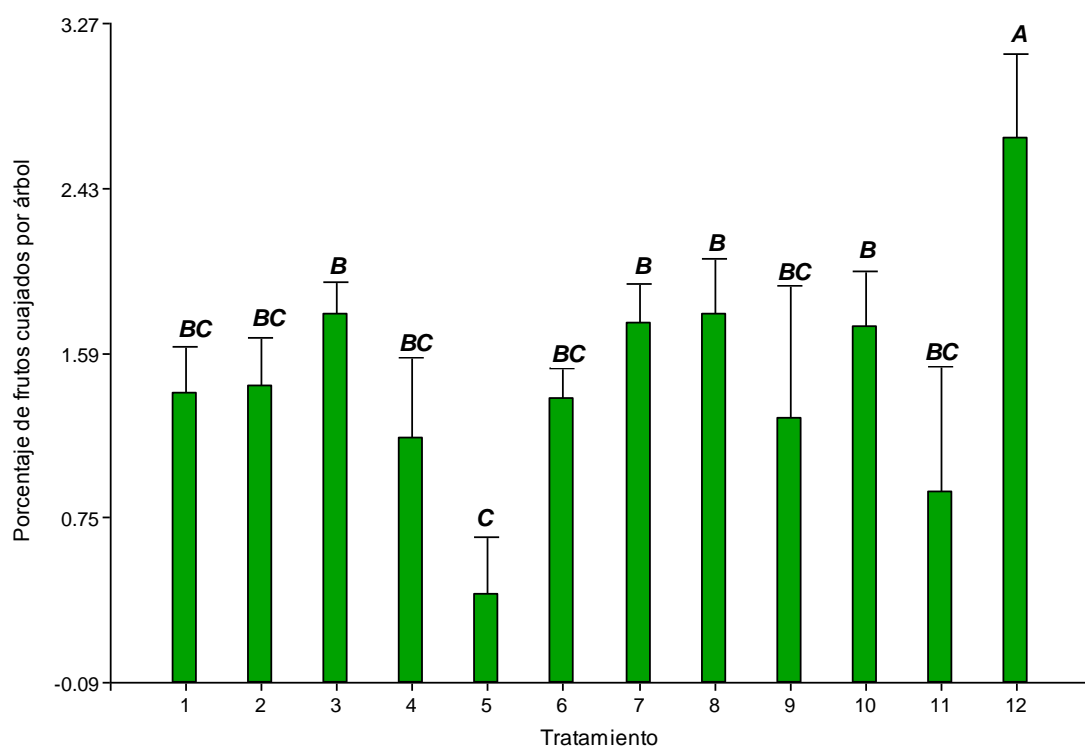
**Tabla N°21.** Prueba de Fisher para la variable porcentaje de frutos cuajados

Tratamientos	Elemento Faltante	Medias (%)	E.E.	Rangos
12	F. C.	2,68	0,38	A
8	B	1,79	0,38	B
3	K	1,78	0,38	B
7	Zn	1,74	0,38	B
10	Com.	1,72	0,38	B
2	P	1,42	0,38	B C
1	N	1,38	0,38	B C
6	Mg	1,36	0,38	B C
9	Mn	1,26	0,38	B C
4	Ca	1,15	0,38	B C
11	Testigo	0,88	0,38	B C
5	S	0,36	0,38	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Figura N°2, se muestra el porcentaje de frutos cuajados de los tratamientos durante los meses de abril-mayo época de fructificación, en donde el tratamiento 12 fue el más alto con 2,68% y el tratamiento 5 el más bajo con 0,36%, los demás tratamientos presentan una ligera similitud.





**Figura N°2.** Porcentaje de frutos cuajados por árbol

#### 4.1.4. Porcentaje de frutos afectados por el desprendimiento temprano

Para el número de frutos afectados se obtuvieron de las diez panículas anteriormente señaladas, la recolección de datos se realizó durante toda la fase de fructificación (julio-diciembre) cada semana.

**Tabla N°22.** Análisis de varianza para el porcentaje de frutos afectados

F.V	Gl <sub>T</sub>	Gl <sub>E</sub>	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	22	71,14	<0,0001
Tratamiento	11	22	10,57	<0,0001
<b>p&gt;0.05</b>	Diferencia no significativa			
<b>p&lt;0.05</b>	Diferencia significativa			

El análisis de varianza con respecto a la variable desprendimiento temprano del fruto se muestra diferencia significativa entre tratamientos ( $p < 0,0001$ ) y un coeficiente de variación de 74,34%.

En la prueba de Fisher (Tabla N°23), para la variable frutos afectados se observa claramente que el tratamiento T4 (-Ca), y el T8 (-B) fueron los que obtuvieron mayor porcentaje de frutos caídos (62,26% y 47,48%) respectivamente a diferencia de los tratamientos N° T2, T12, T10, T7 y T9 que presentaron un rango desde el 8% hasta 25% de frutos caídos; lo que corresponde a un porcentaje bajo. Por otro lado, se observó en los tratamientos N° T5, T3, T6, T1 y T11 un porcentaje desde los 35 hasta 45% de frutos caídos, notándose una diferencia de los primeros.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, corresponde que el desprendimiento del fruto se debe a una deficiencia nutricional de los elementos Calcio (Ca) y Boro (B) lo que coincide con lo indicado por Tamayo y Rocky (2008) quien señala, árboles en producción con deficiencias de calcio y boro, presentan frutos con anillamiento en el área de unión del pedúnculo con el fruto, lo cual causa caída de frutos pequeños o se momifican cuando estos quedan adheridos al árbol.

El Calcio (Ca) y el Boro (B) son elementos minerales quizás más importantes en la determinación de los frutos como; sostenimiento, resistencia y calidad, según García (2012), menciona que el Calcio forma parte de la pared celular, ayuda al transporte de auxinas y carbohidratos hacia los frutos, también permite la asimilación de nutrientes al mismo, por esta razón estos nutrientes son requeridos por el árbol durante todo el año que se encuentran en desarrollo.

Un dato muy importante señalado por Cakmank (2015) es que el Calcio (Ca) puede causar antagonismo entre el Boro (B) así inhabilitando el funcionamiento de dicho elemento. Esto posiblemente sería la causa del desprendimiento de frutos en todos los tratamientos.

Por otra parte, Faust (2000) observó que el boro además de ser esencial para la germinación del polen y para el crecimiento del tubo polínico, ayuda a incrementar la división de las células meristemáticas y la síntesis de ácidos nucleicos en el fruto en desarrollo, lo cual aumentaría la posibilidad de retención del mismo.

En el tratamiento T12 (fertilización convencional) obtuvo bajo desprendimiento de frutos, porque el agricultor al tener desconocimiento de los productos químicos, realizó fuertes aplicaciones de fertilizantes a base de Boro (B), Fósforo (P), Potasio (K) y cantidades altas de Nitrógeno (N), promoviendo al antagonismo entre elementos que afirma; a mayor concentración de Nitrógeno reduce la absorción de Boro y se asemeja mucho al tratamiento T11 que no se le aplicó ningún fertilizante pero sin embargo hubo desprendimiento de frutos, posiblemente existió poca deficiencia de Boro y Calcio y también obtuvo un menor porcentaje de frutos cuajados.

El tratamiento T5 tiene un alto desprendimiento de frutos, probablemente el Azufre en cantidades normales ayuda a la asimilación del Boro y Calcio, también es el elemento que se encuentra en todos los órganos vegetales del árbol (Cakmank, 2015).

Además, se observó que este fenómeno puede relacionarse con el clima, esto se debe a que en el momento de la fase de fructificación existieron cambios bruscos de temperatura, menores a 10°C en la noche y en la madrugada (4 a 6 am); y en entre las horas del día (10 am a 15 pm) alcanzaron hasta los 30°C, esto aconteció durante los meses de julio-agosto, es donde se observó una cantidad considerable de desprendimiento de frutos por el anillamiento del pedúnculo, lo que coincide con lo señalado por Muños (2013), dice que, los cambios bruscos de temperatura puede causar un desorden alimenticio en el aguacate.

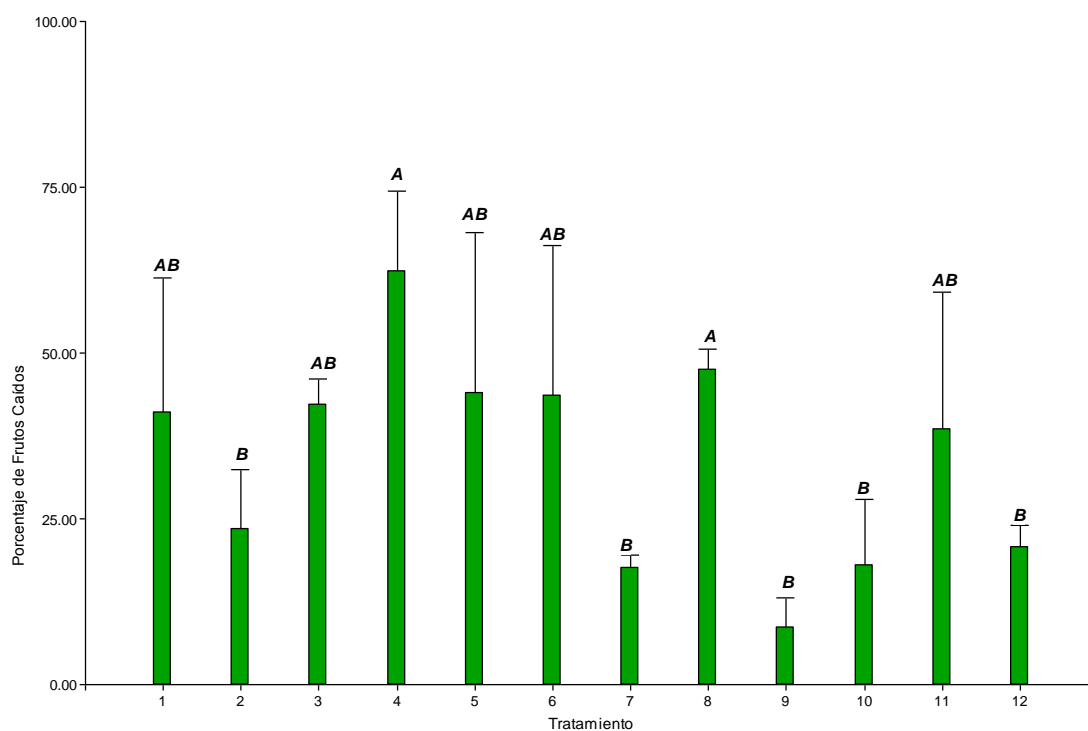
El tratamiento N°9 (-Mn) fue el que menos porcentaje de frutos afectados presentó, esto se debe a que alcanzó una baja floración y porcentaje de cuaja mínima, por ende obtuvo baja producción, ya que el manganeso es un nutriente esencial para la correcta respiración celular en la planta, por lo que en la fase de floración y fructificación existe una gran actividad respiratoria celular, además el Manganeso ayuda al transporte de los elementos como el N, P, K. según lo afirmado por (Marchena, 2014).

**Tabla N°23.** Prueba de Fisher para la variable porcentaje de frutos afectados

Tratamientos	Elemento Faltante	Medias (%)	E.E.	Rangos
4	Ca	62,26	12,23	A
8	B	47,48	3,06	A
5	S	44,01	24,08	A B
6	Mg	43,50	22,73	A B
3	K	42,20	3,94	A B
1	N	41,08	20,27	A B
11	Testigo	38,40	20,85	A B
2	P	23,37	9,14	B
12	F. C.	20,69	3,26	B
10	Com.	17,99	9,91	B
7	Zn	17,64	1,84	B
9	Mn	8,67	4,41	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Figura N°3, se muestra el porcentaje de frutos afectados de los tratamientos durante los meses de junio a julio época de fructificación, en donde los tratamiento 4 (-Ca) y 8 (-B) fueron los más altos con 62,26% y 47,48% respectivamente y el tratamiento 9 el más bajo con 8,67%, los demás tratamientos presentan una ligera similitud.



**Figura N°3.** Porcentaje de frutos afectados por el desprendimiento

#### 4.1.5. Número de frutos a la cosecha

Para número de frutos a la cosecha se realizó el conteo total de los frutos de todo el árbol y después se procedió al pesaje del mismo para la obtención del rendimiento, cabe recalcar que la cosecha se realizó durante un mes (diciembre-enero 2017).

**Tabla N°24.** Análisis de varianza para número de frutos a la cosecha

<b>F.V</b>	<b>Gl<sub>T</sub></b>	<b>Gl<sub>E</sub></b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
<b>(Intercept)</b>	1	22	37,29	<0,0001
<b>Tratamiento</b>	11	22	15,39	<0,0001
<b>p&gt;0.05</b>	Diferencia no significativa			
<b>p&lt;0.05</b>	Diferencia significativa			

El análisis de varianza con respecto a la variable número de frutos a la cosecha se muestra diferencia significativa entre tratamientos ( $p < 0,0001$ ).

Los resultados obtenidos en la presente investigación, fue el tratamiento T3 (-K) el que obtuvo el mejor número de frutos a la cosecha (349 frutos) lo que significa que el potasio se encontraba en niveles normales en el suelo, por las fuertes aplicaciones de fertilización realizadas anteriormente por el agricultor, esto se debe a que el potasio es muy dinámico en la planta y se presenta en todas las etapas de desarrollo del fruto, además es utilizado en todos los estados fenológicos de la planta, porque es un activador de sesenta enzimas en la planta, cabe recalcar que en la cantidad de frutos también están influenciados por los elementos de Nitrógeno, Calcio, Boro y Azufre (Salazar, 2005).

Además, está directamente relacionado con el desprendimiento temprano, porque afecta la cantidad de frutos. Los tratamientos antes mencionados son los que menos afectaciones presentaron al desprendimiento temprano de frutos, por esta razón tienen mayor cantidad de frutos.

En la prueba de Fisher (Tabla N°25), para la variable número de frutos a la cosecha se encontró 3 rangos. Ubicándose el tratamiento T3 (-K) como el mejor compartiendo con el T12 (F.C.) y T2 (-P) en FF3, con medias de 349Fr, 336Fr y 331Fr respectivamente y todos los demás tratamientos tienen el segundo rango siendo el tratamiento T5 (-S) el más bajo con una cantidad de (29Fr).

Se puede observar claramente que los elementos más requeridos por la planta, se encuentran en los primeros rangos que son; los tratamientos T3 (-K), T12 (F. C.) y T2 (-P), esto significa que estos elementos estuvieron en los niveles óptimos en los árboles.

Los tratamientos T3 (-K), T12 (fertilización convencional) y T2 (-P) fueron los mejores, a pesar de que el Potasio (K) y Fosforo (P) son nutrimentos requeridos en grandes cantidades en todas las fases fenológicas del árbol, esto se debe a que se realizó adecuadas fertilizaciones a base de Boro (B) y Calcio (Ca), según Cakmank (2015) señala que una adecuada nutrición de Boro y Calcio mantienen una apropiada absorción de nutrientes por las raíces; ya que actúan directamente en la estructura y funcionalidad de las membranas celulares de la raíz, además mejora la absorción de Potasio y Fósforo.

El tratamiento T5 (-S) fue el que obtuvo menor cantidad de frutos, esto se asemeja a que el Azufre es un nutrimento clave; ya que ayuda a mejorar el uso del Nitrógeno por la planta, según Cesar (2013), menciona que niveles deficitarios de azufre ocasionan

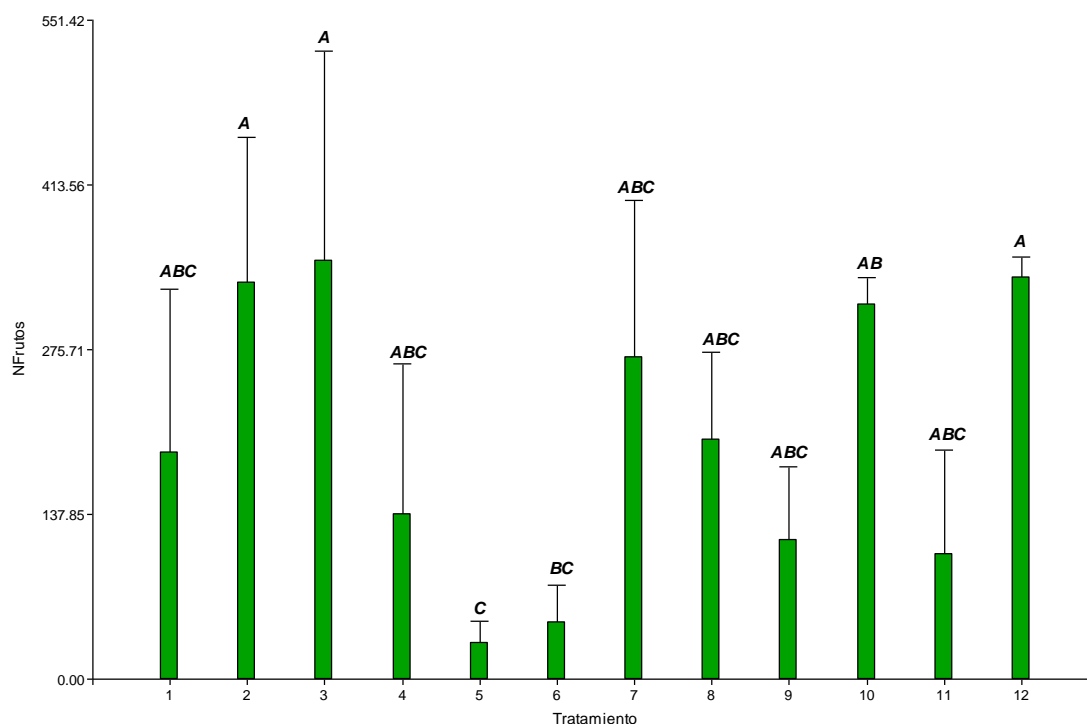
una acumulación de nitratos, aminoácidos y aminas debido a la reducción de la biosíntesis de proteínas en las plantas. Por otra parte es algo similar lo que sucede con el tratamiento N°6 (-Mg), cabe recordar que el Nitrógeno es un nutrimento esencial para prevenir la caída del fruto al igual que el Calcio y Boro.

**Tabla N°25.** Prueba de Fisher para la variable número de frutos a la cosecha

Tratamientos	Elemento Faltante	Medias (#)	E.E.	Rangos
3	K	349,67	172,15	A
12	F. C.	336,00	34,36	A
2	P	331,33	140,69	A
10	Com.	313,67	45,12	A B
7	Zn	269,67	130,51	A B C
8	B	200,33	61,98	A B C
1	N	189,33	121,88	A B C
4	Ca	138,00	109,45	A B C
9	Mn	116,33	64,86	A B C
11	Testigo	104,33	72,18	A B C
6	Mg	47,00	24,64	B C
5	S	29,67	20,00	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Figura N°4, se muestra la cantidad de frutos a la cosecha de los tratamientos durante los meses de diciembre-enero época de cosecha, en donde el tratamiento 3 (-K) fue el mejor con 349Fr seguidos por los tratamientos 12 (F.C.) y el 2(-P) con cantidades de 336 y 331Fr respectivamente y el T5 fue el más bajo con una cantidad de 29Fr los demás tratamientos presentan una ligera similitud.



**Figura N°4.** Número de frutos por tratamiento

#### 4.1.6. Peso de frutos totales

**Tabla N°26.** Análisis de varianza para peso de frutos totales

F.V	Gl <sub>T</sub>	Gl <sub>E</sub>	F-valor	p-valor
<b>(Intercept)</b>	1	22	37,62	<0,0001
<b>Tratamiento</b>	11	22	30,20	<0,0001
<b>p&gt;0.05</b>	Diferencia no significativa			
<b>p&lt;0.05</b>	Diferencia significativa			

El análisis de varianza con respecto a la variable peso de frutos totales se muestra diferencia significativa entre tratamientos ( $p < 0,0001$ ).

Los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede observar claramente que el tratamiento 12 (fertilización convencional ) fue el que mejor peso de frutos obtuvo, esto se debe a que el agricultor utiliza fuertes cantidades de fertilizante en base a N, P y K, ya que los frutos tienen alto contenido de los elementos antes mencionados.



El fruto de aguacate posee bajo contenido de nitrógeno y es muy alto en fósforo y potasio. La cantidad de nitrógeno (N) fósforo ( $P_2O_5$ ) y potasio ( $K_2O$ ) extraídos por una tonelada de fruto de aguacate es de 0,83, 2,40 y 3,62 kg respectivamente.

En la prueba de Fisher (Tabla N°27), para la variable peso de frutos totales presento 3 rangos. Encontrándose en el primer rango el tratamiento N° 12 (Fertilización convencional), con 66,64kg/árbol, frente al tratamiento N° 10 (Completo) que obtuvo 57,18 kg/árbol; esto se debe a que los arboles presentaban niveles adecuados de Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

Además, el agricultor realizo fuertes aplicaciones de estos fertilizantes en las anteriores producciones, y fácilmente estos pueden resultar como reservas inactivas dentro de la planta, pero al momento de aplicar otros nutrimentos como el Azufre cuando se encuentra en niveles normales en la planta actúa como un activador de absorción de Nitrógeno Potasio y Magnesio, por otra parte el Magnesio es activador del Fósforo y causa inactivación del Potasio, en otras palabras se lo conoce como; sinergias y antagonismos entre nutrientes. Por esta razón los tratamientos T5 (-S) y T6 (-Mg) fueron los que obtuvieron menor producción de frutos según (Cannabis, 2014).

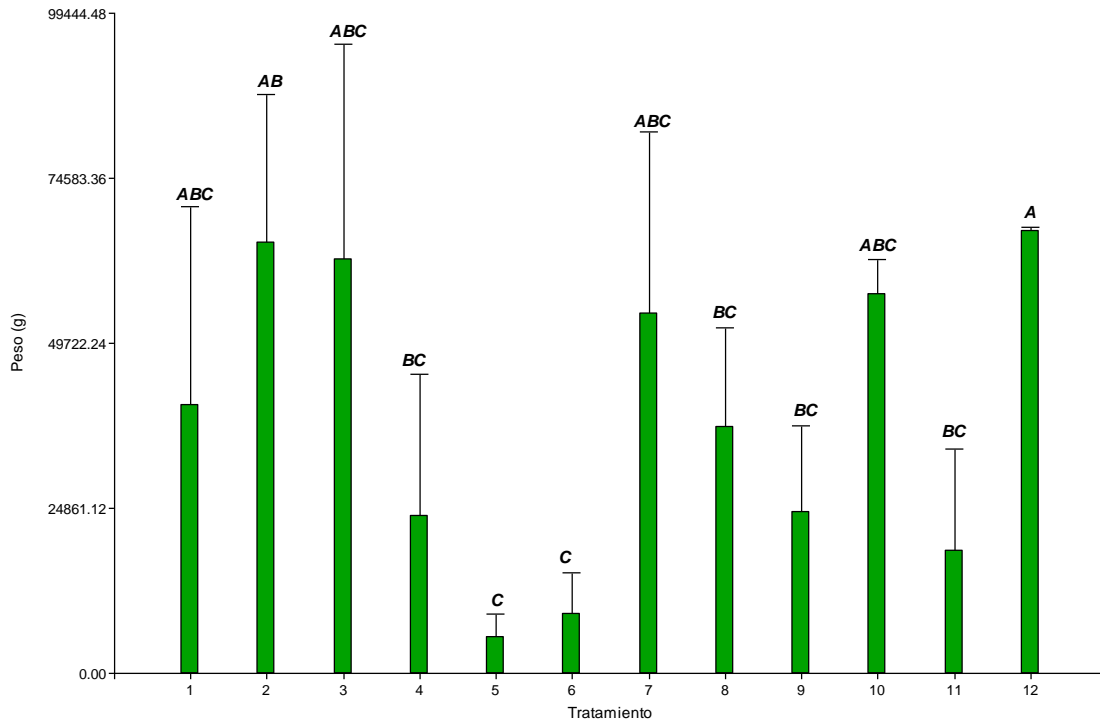
Cabe recalcar, que estos elementos actúan directamente en las características organolépticas del fruto, al presentar niveles óptimos de estos elementos no va existir competencia entre crecimiento de raíces, brotes y frutos, por esta razón la fertilización convencional obtuvo un desarrollo uniforme en todas sus fases fenológicas, lo cual coincide con lo señalado por Alarcón (2008) niveles óptimos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la planta, no existirá competencia alguna entre el desarrollo de las diferentes órganos.

**Tabla N°27.** Prueba de Fisher para la variable peso de frutos a la cosecha

Tratamientos	Elemento Faltante	Medias (kg)	E.E.	Rangos
12	F. C.	66,64	4,93	A
2	P	64,90	25,78	A B
3	K	62,39	31,72	A B C
10	Com.	57,18	8,63	A B C
7	Zn	54,21	27,71	A B C
1	N	40,35	27,11	A B C
8	B	37,12	12,81	B C
9	Mn	24,31	13,92	B C
4	Ca	23,66	18,42	B C
11	Testigo	18,43	12,63	B C
6	Mg	8,84	4,73	C
5	S	5,43	3,54	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

En la Figura N°5, se muestra el peso de frutos totales a la cosecha de los tratamientos durante los meses de diciembre-enero época de cosecha, en donde el tratamiento 12 (F. C.) fue el mejor con 66.641g/árbol seguidos por los tratamientos 2 (-P) y el 3(-K) con 64.908g/árbol y 62.393g/árbol respectivamente y el T5 fue el más bajo con un peso de 5.438g/árbol, los demás tratamientos presentan una ligera similitud.



**Figura N°5.** Peso de frutos totales

En la (Tabla N°28), se muestra el rendimiento promedio por hectárea de cada tratamiento, en donde el tratamiento N°2 es el que tiene mayor producción con un promedio de 26 Tm/Ha; por otro lado el tratamiento N° 5 (-S) es el que menos rendimiento tiene con un promedio de 2,2 Tm/Ha.

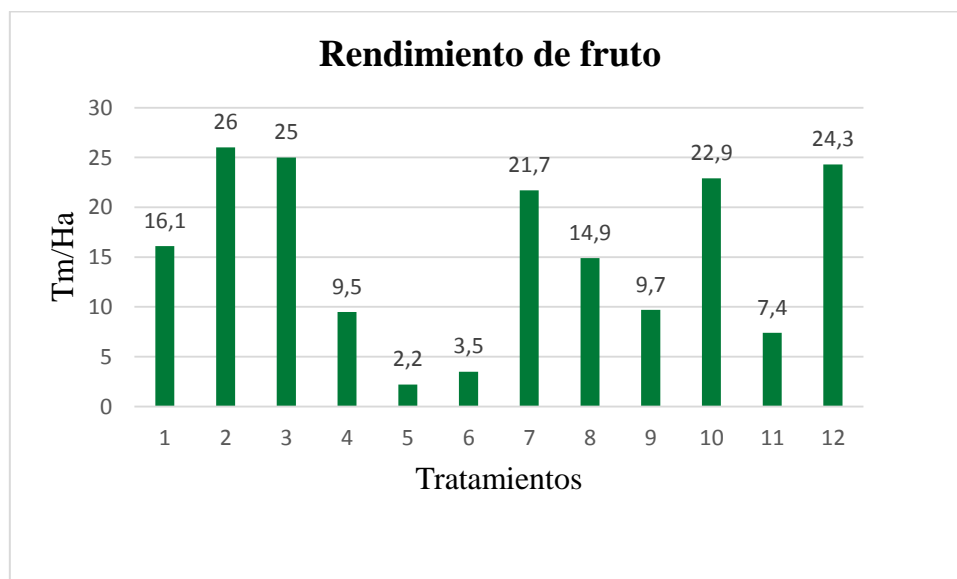
**Tabla N°28.** Rendimiento en Tm/Ha de fruto de aguacate para cada tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias kg/árbol</b>	<b>Media T/ha</b>
2	64,90	26,0
3	62,39	25,0
12	60,83	24,3
10	57,18	22,9
7	54,21	21,7
1	40,35	16,1
8	37,12	14,9
9	24,31	9,7
4	23,66	9,5
11	18,43	7,4
6	8,84	3,5
5	5,43	2,2

El aguacate del mercado nacional se vende por unidad y su precio va desde los \$ 0,20 hasta los \$ 0,40 y se cotiza de acuerdo con el tamaño, siendo los precios muy variables. En la época de alta producción local, el precio baja de manera considerable y los aguacates de tamaño grande se consiguen a costos que no son rentables, especialmente el producto cuyo peso se ubica entre los 200 y 300 gramos.

La venta del aguacate se lo hace por kilogramo a \$1,25/kg que se almacena en cajas de cartón. Las exigencias del mercado en cuanto al producto, que sean uniformes tanto en forma, color y textura, exentos de impurezas y libre de olores, sabores extraños e insectos.

En la Figura N°6, se muestra el rendimiento de fruto por hectárea de los diferentes tratamientos.



**Figura N°6.** Rendimiento de fruto en T/Ha

#### 4.1.7. Descripción de los síntomas de deficiencia

Se realizó de forma visual, haciendo una observación general de la planta, registrando los síntomas mediante fotografías y su descripción fue cotejada según las deficiencias nutricionales citadas por; Garcia S. S.( 2013)

**a. En el tratamiento N° 1 (-N):** Se encontró necrosis de forma redondeada de color café oscuro entre las nervaduras y bordes de las hojas, además brotes vegetativos muy pequeños estos fueron los únicos síntomas que se identificó. Ver anexo N°7

**b. En tratamiento N° 2 (-P):** Se observó deformación en los frutos y clorosis rojiza en los mismos, además presento deformaciones en los ápices de las hojas y una clorosis verde claro general. Ver anexo N°8

**c. En el tratamiento N° 3 (-K):** Se encontró una ligera clorosis en las hojas jóvenes de color violáceo, crecimiento lento en los brotes vegetativos, además una ligera clorosis en los frutos, por otra parte presentó el anillamiento del pedúnculo y por ende el desprendimiento del fruto. Ver anexo N°9

**d. En el tratamiento N° 4 (-Ca):** Se encontró deformaciones en los frutos de forma circular, en las hojas jóvenes se encontraron deformaciones irregulares en los márgenes

de forma ondular y curvados, además en este tratamiento fue donde más se presentó el desprendimiento temprano del fruto. Ver anexo N°10

**e. En el tratamiento N° 5 (-S):** Se encontró clorosis en todas las hojas intermedias del árbol, de color moteado en el haz de las hojas, además los brotes fueron pobres en crecimiento, pequeños, delgados y presentaban clorosis, por otra parte no presentó una buena floración y por ende obtuvo una producción muy baja. Ver anexo N°11

**f. En el tratamiento N° 6 (-Mg):** Se encontró brotes de crecimiento nulo. Las hojas maduras fueron las primeras en manifestar los síntomas, la clorosis se presentó entre las nervaduras de la hoja cerca de la nervadura central. Ver anexo N°12

**g. En el tratamiento N° 7 (-Zn):** Se observó un moteado en las hojas en las zonas productoras de aguacate, deformaciones y clorosis en los frutos por tener una fuerte deficiencia de este elemento. Ver anexo N°13

**h. En el tratamiento N° 8 (-B):** Se encontró zonas corrugadas entre las nervaduras de las hojas jóvenes, también se observó necrosis localizada, crecimiento curvado de peciolo y brotes y además se detectó el desprendimiento temprano del fruto (anillamiento del pedúnculo). Ver anexo N°14

**En el tratamiento N° 9 (-Mn):** No se encontró síntomas de deficiencia de Manganeso (Mn). Lo que se determinó que el árbol tenía poco follaje y poca producción. Ver anexo N°15

**j. En el tratamiento N° 10 (Completo):** No se observó ningún síntoma de deficiencia en donde el árbol tuvo una buena producción tanto de flores como de frutos. Ver anexo N°16

**k. En el tratamiento N° 11 (testigo):** Se encontró todos los síntomas antes mencionados como; clorosis general, necrosis, deformaciones en los frutos, brotes pequeños, y una pobre producción de frutos. Ver anexo N°17

**l. En el tratamiento N° 12 (F. C):** Se encontró una ligera clorosis general tanto en brotes como en hojas jóvenes, obtuvo una buena producción de frutos, porque obtiene grandes cantidades de N, P y K y muy poco en micro elementos, por esta razón el árbol presentó el desprendimiento temprano del fruto. Ver anexo N°18

## 4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico se utilizó el método del presupuesto parcial del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (1988), el que utiliza los costos totales que varían por efecto de los tratamientos; en los que se consideran los costos de: fertilizantes edáficos y quelatos .

**Tabla 29.** Presupuesto parcial, efecto de la aplicación de macro y micro elementos en el sexto año de producción en el cultivo de aguacate”, Guayllabamba, 2016.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Rendimiento (T/ha)	16,1	26	25	9,5	2,2	3,5	21,7	14,9	9,7	22,9	7,4	24
Rendimiento Ajustado (-10%) (T/ha)	14,49	23,4	22,5	8,55	1,98	3,15	19	13,4	8,73	20,6	6,66	21,6
Beneficio Neto en Campo (USD)	18.112	29.250	28.125	10.687	2.475	3.937	23.750	16.750	10.912	25.750	8.325	27.000
Costo Fertilizantes (\$) (C.V.)	2.835	2.864	2.694	3.025	3.266	3.276	2.940	2.126	2.440	3.296	0	1.028
Beneficio Neto	15.277	26.386	25.431	7.662	-791	661	20.810	14.624	8.472	22.454	8.325	25.972

**P=** precio del aguacate \$1,25/kg, rendimiento ajustado (-10%) al rendimiento

Nota: El rendimiento se obtuvo de las sumas de 3 cosechas de cada tratamiento, que se realizó durante un ciclo del cultivo (junio-diciembre), después se adquirió el promedio y se lo cotejo al número de árboles por hectárea (400 árboles) en T/ha.

**Tabla 30.** Análisis de dominancia. Presupuesto parcial del “efecto de la aplicación de macro y micro elementos en el sexto año de producción en el cultivo de aguacate”, Guayllabamba, 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Costos variables (\$/ha)</b>	<b>Beneficio neto (\$/ha)</b>
T11	0	8.325
T12	1.028	25.972
T8	2.126	14.624
<b>T9</b>	2.440	8.472
T3	2.694	25.431
T1	2.835	15.277
T2	2.864	26.386
T7	2.940	20.810
<b>T4</b>	3.025	7.662
<b>T5</b>	<b>3.266</b>	<b>-791</b>
<b>T6</b>	<b>3.276</b>	<b>661</b>
T10	3.296	22.454

Según el análisis económico realizado en esta investigación, demuestran que los mejores tratamientos fueron; T2, T3 y T12 con rendimientos de 26, 25 y 24 T/ha respectivamente, por lo que el beneficio neto es de \$ 26.386, 25.431 y 25.972, pero hay que tomar en cuenta que los costos variables van desde los \$ 1.028 hasta los \$3.296 frente al manejo tradicional, según Bartoli (2008) afirma que el manejo convencional en el cultivo de aguacate no se realiza inversiones considerables y los costos variables oscilan entre \$1.000 a 2.000, por ende los rendimientos no sobrepasan las 15T/ha según lo afirmado por (Bartoli, 2008).

Además, cabe mencionar que los tratamientos T7, T12 y T1 generaron beneficios similares, se puede hacer una acotación que el tratamiento T10 fue el que domino en los costos variables, existiendo una ligera diferencia entre los demás tratamientos. Por otra parte se eliminan T5 y T6 ya que causan perdidas y tienen mayores costos variables.



## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos de la siguiente investigación se establece las siguientes conclusiones:

- El desprendimiento temprano del fruto es causado por deficiencia nutricional de Calcio y Boro, como se observó en los tratamientos T4 (-Ca) y T8 (-B) con una mayor cantidad de frutos afectados por el anillamiento del pedúnculo con 62,26% y 47,48% respectivamente, ya que el Calcio (Ca) forma parte de las membranas celulares, ayuda al transporte de las auxinas y carbohidratos hacia los frutos, también permite la asimilación de nutrientes al mismo y el B incrementa la división de las células meristemáticas y la síntesis de ácidos nucleicos en el desarrollo del fruto, lo cual ayuda a que no se produzca el anillamiento del pedúnculo haciéndolo más resistente a factores adversos.
- En cuanto a la variable porcentaje de frutos cuajados se observó que el tratamiento 12 (fertilización convencional) fue el que mayor porcentaje de frutos cuajados obtuvo con 2,68% ubicándose siempre en los primeros rangos de significancia, lo que se puede concluir que la fertilización de N, P, K + B son indispensables, ya que el Nitrógeno actúa en la síntesis de proteínas por medio de aminoácidos, el Fósforo ayuda al almacenamiento de energía (ATP), también se encuentra formando fosfolípidos que forman parte de las membranas celulares y además es un constituyente del ADN y ARN, por otra parte el Potasio es un activador enzimático y actúa en la división celular, además el agricultor realizó fuertes aplicaciones de B que es el elemento que ayuda a la perfecta germinación del tubo polínico y por ende una correcta cuaja de frutos.
- Por otra parte, el tratamiento T2 (-P) presentó el mejor número de frutos a la cosecha con 350 frutos / árbol, por ende fue el mejor rendimiento a la cosecha con 26Tm/ha compartiendo con el tratamiento T3 (-K) con 25Tm/ha, esto se debe a que en producciones anteriores los arboles de aguacate no presentaron cargas de frutos significativas, por lo tanto los arboles poseían reservas de dichos nutrimentos ya que el agricultor realizaba fuertes aplicaciones de los mismos.

- Según el análisis económico del presupuesto parcial, los tratamientos T2, T12 y T3 fueron los que obtuvieron mayor beneficio neto con \$ 26.386, 25.431 y 25.972 respectivamente, porque presentaron mayor rendimientos a la cosecha.
- Según la investigación realizada en la parroquia de Guayllabamba, hacienda Chaquibamba en los año 2015 a 2016, se obtuvo como resultados que el desprendimiento temprano del fruto de aguacate variedad Hass se debe a las deficiencias nutricionales de micro elementos como el Calcio y Boro.
- Finalizada la investigación, y según los resultados obtenidos se recomendaría a los agricultores que realicen fertilizaciones dos veces al año, en base a macro-elementos (N, P, K, Mg, S y Ca) y micro-elementos como (B, Zn y Mn) para que el cultivo no sufra un desgaste por la falta de un elemento y obtener rendimientos que sean aceptables para cubrir el mercado.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a los agricultores para comenzar un programa de fertilización realizar un previo análisis de suelo y foliar, para aplicar en las dosis adecuadas y en conjunto con las recomendaciones nutricionales del cultivo, ya que en esta investigación el análisis foliar no se lo hizo.
- Es necesario que los productores realicen fertilizaciones dos veces al año, en base a macro-elementos (N, P, K, Mg, S y Ca) y micro-elementos como (B, Zn y Mn) en especial (Ca y B) para obtener buenos rendimientos y de buena calidad para que el cultivo no sufra un desgaste por la falta de un elemento, pero siempre tomando en cuenta los efectos antagónicos que tienen algunos elementos.
- Por otra parte, se recomienda realizar investigaciones en base a la interacción fertilización y clima, porque la temperatura es un factor que influye en la aparición del desprendimiento temprano del fruto.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA

- Academic. (2010). *Acerca de Academic uprm*. Obtenido de sitio web de Academic uprm:  
[http://academic.uprm.edu/dsotomayor/agro4037/handouts/4037\\_Interp\\_Analfoliar\\_1.pdf](http://academic.uprm.edu/dsotomayor/agro4037/handouts/4037_Interp_Analfoliar_1.pdf)
- Alarcón, A. (2008). *Historia e introducción a la nutrición mineral*. España : Universidad Politécnica de Cartagena.
- Alba, J. L. (2013). *Efectos de la fertilización en el aguacate 'Hass' sobre el rendimiento y tamaño de fruto*. Ecuador: autor.
- Alvarado, T. C. (2013). *Nutrición en el cultivo de aguacate*. Perú.
- Andres, P. (2000). Dinámica y balance nutricional en aguacate var. Hass. *World Avocado Congress*, 365.
- Baraona Cockrell, M., & Sancho Barrantes, E. (2010). *Mango Y Aguacate. Fruticultura Especial 2*. EUNED.
- Bárceñas, O. (2002). fenología del aguacate var Hass en cuatro diferentes altitudes . *Divulga* .
- Bartoli, E. (2008). *historia del cultivo de aguacate*. Mexico.
- Bedoya, J. (2016). Nutrición de aguacate .
- Cakmank, I. (2015). Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes Minerales Durante la Absorción y Transporte en las Plantas - See more at: <https://www.intagsinergismos-y-antagonismos-entre-la-absorcion-de-nutrientes> . *Nutrición de cultivos* , 10.
- Cannabis. (2014). Antagonismo y Sinergismo entre elementos. *Arcuma* .
- Carrillo. (2008). efecto de la carga frutal sobre la inducción floral en yemas terminales en palto . *taller agrícola de Quillota*, 118.
- EL TELÉGRAFO. (21 de Enero de 2012). El aguacate Hass, con un gran potencial de exportación. *Diario El Telégrafo*.
- Faust, M. (2000). *Fisiología de la temperatura en zona de árboles frutales* . New York, USA: John Wiley & Sons.
- Ferro, L. (2009). Variedades de Aguacate. En L. Ferro, *Cultivo de Aguacate* (págs. 55-60). Mexico.

- Flick, R. (2012). el aguacate con potencial de exporta. *EL TELEGRAFO*, 12.
- Garbanzo Solis, M. (2011). *Manual de aguacate*. Costa Rica.
- García, S. S. (2002). *Nutricion del aguacate* . Nayarit.
- Garcia, S. S. (2013). *diagnostico visual de trastornos nutrimentales* .
- Garcia, V., Diaz, A., Altares, M., Bravo Rodriguez, J. J., & Fernandez, M. (1986). *Niveles foliares en las Islas Canarias Occidentales* (Vol. 5). Madrid: ANEA.
- Hernandez Dias, W. A. (2014). *Efectos en las condiciones socioeconómicas de la población generado por el hongo Phythophthora que afecta los cultivos de aguacate del municipio de El Carmen de Bolívar*. Bolivar: 2do.
- Herrera, R. (2017). determinacion del elemento que causa el desprendimeinto temprano del fruto en aguacate. *tesis*.
- IFOAM, M. d. (2002). nutricion de plantas. En [http://libroweb.alfaomega.com.mx/catalogo/pmlproduccionmaslimpia/libreacceso/libreacceso/reflector/ovas\\_statics/unid3/PDF\\_Espanol/Manual\\_Agricultura\\_Organica\\_Parte4.pdf](http://libroweb.alfaomega.com.mx/catalogo/pmlproduccionmaslimpia/libreacceso/libreacceso/reflector/ovas_statics/unid3/PDF_Espanol/Manual_Agricultura_Organica_Parte4.pdf) (pág. 94 al 99).
- INFOJARDIN. (2002-2015). *Carencias de Nitrógeno, Fósforo y Potasio*. Obtenido de <http://articulos.infojardin.com/articulos/carencias-nitrogeno-fosforo-potasio.htm>
- INIA. (1999). Agricultura de presicion.
- INIAP. (2002). Caracterizacion edafica de providencia alta. *INIAP-PROMSA*, 8.
- INIAP. (2011). *Manejo de nutrientes por sitio especifico*. Quito.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones agropecuaria. (14 de Septiembre de 2012). *INIAP evalúa cultivo de aguacate*. Obtenido de sitio de web de agricultura: <http://www.agricultura.gob.ec/iniap-evalua-cultivo-de-aguacate/>
- Julio Di Rienzo, M. B. (2014). Infostat. *Infostat sotware estadistico* .
- LA HORA. (16 de Junio de 2012). Cultivo de Aguacate. *diario La Hora*.
- León, J. (2010). *manual del cultivo de aguacate*. Quito.
- León, M. (2010). *Taxonomia del aguacate en colombia* . Bogotá.
- Loué. (2002). los microelementos en agricultura . En Loué, *Microelementos en la agricultura* (pág. 350). Madrid: Mundi-Prensa.
- Lovatt. (2005). nutricion nitrogenada en aguacate Hass; A donde va todo el nitrogeno? En Lovatt, *Acta del tercer congreso mundial del aguacate* (págs. 152-159). Chile.

- Marchena, O. D. (2014). *Manejo nutricional en el cultivo de aguacate* . Perú: Iveracero Sac.
- Militar, I. G. (2015). *Requerimientos Agroecológicos de Cultivos de aguacate*. Quito.
- Ministerio Agricultura, ganaderia, Acuacultura y Pesca. (2010). *Cultivo del Aguacate* (Primera ed.). El Salvador: IICA.
- Muñoz, R. (2013). Anillamiento del pedunculo en aguacate vc. Hass. *conocimientosweb.net*.
- Palacios, A. (2012). Dinamica y balance nutrimental en arboles de aguacate. *Texcoco*.
- Pillajo, C. (2013). Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos. Quito, Pichincha, Ecuador: UCE.
- Plan Nacional del Buen Vivir. (2013-2017). *Objetivos Nacionales para el Buen Vivir*. Obtenido de Buen Vivir: <http://www.buenvivir.gob.ec/descarga-objetivo>
- Robert, F. (2011). cultivo de aguacate. *El Comercio*.
- Rocky, Mount. (1999). importancia de los micronutrientes. En M. Rocky, <http://www.brglimited.com/download/MicroNutrientes.pdf>.
- Rodriguez . (1992). *Aguacate*. Argentina: Agt.
- Rosenberg, G. y. (1990). *cultivo de Palto*. mexico: CORPOICA.
- Salazar, S. (2005). *Fertilizacion aguacate* . Mexico : Agricultura y tecnica en Mexico.
- Sedgley. (2008). El efecto de la temperatura en el comportamiento de la flor y el crecimiento de la fruta en aguacate. En Sedgley, *siencia del trabajo de fruticultura* (págs. 135-141). california.
- Tamayo, A. (2008). Plagas y Enfermedades Del Aguacatero. *Tecnologia para el cultivo de aguacate*.
- Tamayo, A. (2008). *Tecnologia para el cultivo de aguacate* . Antiopuia- Colombia: Produmedios.
- Tapia, P. (2012). *Aproximacion al ciclo fenologico del aguacate cv. Hass*. Quillota.
- Teliz, F. (2000). Origen del aguacate. *Historia del aguacate*, 140.
- Torres Arias, G. (16 de Enero de 2014). Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Foliare para la Nutrición de Limón, Aguacate, Cocotero y Marañón. *publicacion de interpretacion de analisis*. IICA.
- Valverde, F., Espinosa, J., & Bastidas, F. (s.f.). *Manejo de nutrientes del cultivo de naranjilla*. Obtenido de <http://www.ipni.net/publication/ia->

lahp.nsf/0/A52A34C8563C4AD2852579A0006A0E3F/\$FILE/Manejo%20de%20la%20nutrici%C3%B3n%20del%20cultivo%20de%20naranja.pdf

Vásquez, W. (2011). el aguacate tiene diferentes formas y sabores. *El Comercio*, 1.

Vasquez, W., Viteri, P., & León, J. (2008). *Situación del cultivo de Aguacate en Ecuador In Tola J. Ibarra*: publicaciones por el INIAP.

## 7. ANEXOS



**Anexo N°7. Tratamiento N°1 (-N)**



**Anexo N°8. Tratamiento 2 (-P)**



**Anexo N°9. Tratamiento N°3 (-K)**



**Anexo N°10. Tratamiento N°4 (-Ca)**



**Anexo N°11. Tratamiento N°5 (-S)**





**Anexo N°12. Tratamiento N°6 (-Mg)**



**Anexo N°13. Tratamiento N°7 (-Zn)**



**Anexo N°14. Tratamiento N°8 (-B)**



**Anexo N°15.** Tratamiento N°9 (-Mn)



**Anexo 16.** Tratamiento N°10 (completo)

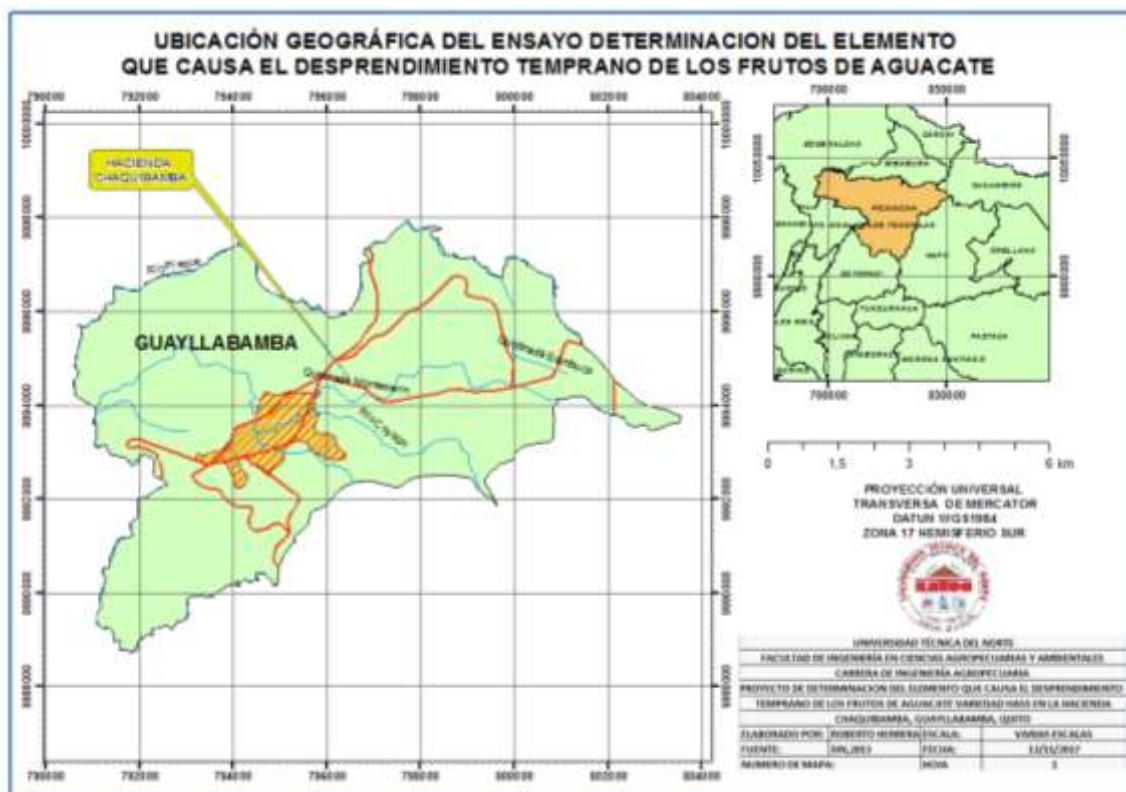


**Anexo 17.** Tratamiento N°11(testigo)



Anexo N° 18. Tratamiento 12 (fertilización convencional)

Anexo 1. Ubicación geográfica



## Anexo 2. Croquis del ensayo



T8

T3

T1

Anexo 3. Análisis químico de suelo

**AGROCALIDAD**  
AGENCIA ECUATORIANA  
DE ASESORAMIENTO  
DE LA CIUDAD DE QUITO

**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
Vía Intercomercial ECU 1411 a El Dorado, Orange del Maizal,  
Tumbaco - Quito  
TEL: (0) 2572 8472073 84477573 802

PGI/SFA/2014-001  
Rev. 3  
Hoja 3 de 3

Informe N°: 10-2015-001-0001  
Fecha emisión Informe: 14/10/2015

**DATOS DEL CLIENTE**  
Persona o Empresa solicitante: Roberto Herrera  
Dirección: Guayllabamba  
Provincia: Pichincha Cantón: Quito  
Teléfono: 0935840412  
Correo Electrónico: herreraecopasson@gmail.com  
N° Orden de Trabajo: SFA-15-0015-2509  
N° Factura/Documento: 4067

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
Tipo de muestra: Suelo Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco  
Cultivo: Aguacate  
Provincia: Pichincha  
Cantón: Quito  
Parroquia: Guayllabamba  
Muestreado por: Roberto Herrera  
Fecha de muestreo: 10-10-2015  
Fecha de recepción de la muestra: 14-10-2015  
Fecha de inicio de análisis: 14-10-2015  
Fecha de finalización de análisis: 23-10-2015

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-100818	M. S. Roberto Herrera	pH	Rotación 25°C	---	5,20
		Matéria Orgánica	Volumétrico	%	1,00
		Nitrogeno	Volumétrico	%	0,05
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	10,2
		Potasio	Espectroscopia	ppm/eq	0,80
		Calcio	Espectroscopia	ppm/eq	0,80
		Magnesio	Espectroscopia	ppm/eq	1,10
		Aluminio	Espectroscopia	ppm	10,0
		Molibdeno	Espectroscopia	ppm	0,50
		Cromo	Espectroscopia	ppm	0,05
Cobalto	Espectroscopia	ppm	0,05		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastel, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
Se recomienda leer la totalidad de este informe.

Observaciones:

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGION SIERRA

PARAMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/dg)	Ca (cmol/dg)	Mg (cmol/dg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
BAJO	< 1.0	0 - 0.15	0 - 10.0	> 0.2	> 1.0	> 0.20	0 - 20.0	0 - 1.0	0 - 1.0	0 - 1.0
MEDIO	1.0 - 2.0	0.16 - 0.3	11.0 - 20.0	0.2 - 0.36	1.0 - 3.0	0.24 - 0.36	21.0 - 45.0	0.0 - 0.50	1.1 - 4.0	1.1 - 2.0
ALTO	> 2.0	> 0.31	> 21.0	> 0.4	> 3.0	> 0.36	> 45.0	> 0.50	> 4.0	> 2.0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGION COSTA Y SIERRA

	Acido	Ligeramente Acido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5.5	6.0 - 6.4	6.5 - 7.0	7.5 - 8.0	> 8.5

  
**Ing. Rusbel Zambrano Chumbi**  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliar y Aguas

#### **Anexo 4. Fotos de campo**

##### **Dosificación de fertilizantes**



##### **Aplicación de fertilizantes**



Fase de floración



Cuajados de frutos





Frutos afectados



Pesado y recolección de datos



