

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE FORMULACIONES DE FUENTES DE FERTILIZANTE FOLIAR EN
Persea americana Mill var. Hass "AGUACATE" FINCA PAMPOJILÁ, SAN LUCAS
TOLIMÁN, SOLOLÁ

JOSZEF STUARDO QUIBAJÁ PÉREZ

201145814

joszef.quibaja@gmail.com

2247573851008

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, OCTUBRE DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE FORMULACIONES DE FUENTES DE FERTILIZANTE FOLIAR EN
Persea americana Mill var. Hass "AGUACATE" FINCA PAMPOJILÁ, SAN LUCAS
TOLIMÁN, SOLOLÁ

JOSZEF STUARDO QUIBAJÁ PÉREZ

201145814

M.A. María Clarisa Rodríguez García

Supervisor – Asesor

MAZATENANGO SUCHITEPÉQUEZ, OCTUBRE DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO
UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

M.Sc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

M.Sc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Oztzy Rosales
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

M.Sc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

DEDICATORIA

A DIOS

Por permitirme nacer en una maravillosa familia, por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles. Por proveerme de salud, esfuerzo y sabiduría. Su palabra siempre me ha reconfortado y reconfortará, y porque su amor es inagotable e insuperable.

A MIS PADRES

Mamá, papá; gracias por su apoyo económico y emocional en este largo y complejo proceso de carrera universitaria. Por su amor incondicional e inagotable paciencia.

A MIS HERMANAS, SOBRINAS Y A MI ABUELA

Por sus consejos y porque su motivación siempre ha estado presente.

A MIS COMPAÑEROS

A quien he preferido no nombrar, porque en este largo proceso han sido muchos, con ellos hemos compartido momentos de alegría, cansancio, decepción y motivación. Estoy seguro que nuestra relación seguirá siendo perdurable.

AGRADECIMIENTOS

A AGROPECUARIA ATITLÁN, SA

Especialmente a finca Pampojilá y su equipo de colaboradores, por su generosa disposición para el desarrollo de la investigación. A Abner Cuj, Álvaro Díaz, Don Federico Tay, Ing. Robin Del Cid, supervisor agrícola, Ing. Mirando Ajpop, coordinador agrícola por brindarme la oportunidad de participar en todas las áreas de trabajo de la finca. Al equipo de aplicadores, monitores y al equipo de beneficio, catación y calidad del café.

A LOS CATEDRATICOS DE LA CARRERA DE AGRONOMIA TROPICAL

Especialmente al Dr. Mynor Osoy, Msc. Jorge Rubén Sosof y a Msc. María Clarisa Rodríguez, por su amabilidad y profesionalismo que han permitido en una realidad la investigación.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN.....	vii
SUMMARY.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
III. MARCO TEÓRICO.....	4
1. Marco Conceptual.....	4
1.1. Clasificación taxonómica <i>Persea americana</i> Mill. “Aguacate”	4
1.2. Requerimientos edáficos y climáticos del cultivo de <i>P. americana</i>	4
1.2.1. Suelos	4
1.2.2. Precipitación.....	4
1.2.3. Viento	5
1.2.4. Temperatura.....	5
1.3. <i>P. americana</i> . Variedad Hass.....	5
1.4. Ciclo reproductivo del aguacate	5
1.5. Importancia del cultivo de <i>P. americana</i> en Guatemala	6
1.6. Fertilización del cultivo de <i>P. americana</i>	8
1.6.1. Fertilización nitrogenada	8
1.6.2. Fertilización fosfatada	8
1.6.3. Fertilización potásica.....	9
1.6.4. Fertilización de magnesio.....	10
1.7. Fertilización foliar	11
1.7.1. Categorías de la fertilización foliar	13
1.7.2. Fuentes de fertilizantes foliares.....	14
1.7.2.1. Sales minerales inorgánicas	14
1.7.2.2. Quelatos.....	15
1.7.2.3. Aminoácidos.....	18
1.7.2.4. Bioestimulantes	18
2. Marco Referencial.....	19
2.1. Localización.....	19

2.2. Vías de acceso.....	20
2.3. Ubicación geográfica.....	20
2.4. Mapa finca Pampojilá	21
2.5. Hidrología.....	21
2.6. Horas luz	22
2.7. Clima	22
2.8. Altura.....	22
2.9. Fertirriego.....	22
2.10. Suelos	24
2.11. Fertilización directa al suelo	25
2.12. Investigaciones del uso de fertilizantes foliares en <i>P. americana</i>	27
IV. OBJETIVOS	29
1. General	29
2. Específicos.....	29
V. HIPÓTESIS	30
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
1. Materiales.....	31
2. Metodología.....	32
2.1. Material vegetal.....	32
2.2. Diseño experimental	32
2.2.1. Tratamientos	32
2.2.2. Grados de libertad.....	35
2.2.3. Diseño experimental	36
2.2.4. Modelo estadístico	36
2.2.5. Unidad experimental	36
2.3. Determinación del efecto de las fuentes de fertilizante foliar en..... el rendimiento de frutos de aguacate	38
2.4. Identificación de una fuente de fertilizante foliar que produzca frutos de..... aguacate con calibre de exportación europea	39
2.4.1. Medición de diámetros polar y ecuatorial (m).....	41
2.5. Generación del modelo de crecimiento de frutos de aguacate en la..... cosecha principal	42

2.6. Análisis económico de los tratamientos de fuentes de fertilizante.....	
foliar en frutos de aguacate.....	43
2.7. Manejo de la investigación	44
2.7.1. Preparación de los tratamientos.....	45
2.7.3. Aplicación de los tratamientos.....	48
2.7.4. Análisis de la información de la investigación	49
VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50
1.Determinación del efecto de las fuentes de fertilizantes foliar en el.....	
rendimiento de frutos de aguacate.....	50
2. Identificación de la fuente de fertilizantes foliar que produce frutos.....	
de aguacate con calibre de exportación europea.....	56
2.1. Peso del fruto en kilogramos	56
2.2. Medición de diámetros polar y ecuatorial (m).....	60
3. Generación del modelo de crecimiento de frutos de aguacate en la.....	
cosecha principal	66
4. Análisis económico de los tratamientos de fuentes de fertilizantes.....	
foliar en frutos de aguacate.....	68
VIII. CONCLUSIONES	70
IX. RECOMENDACIONES.....	71
X. REFERENCIAS	72
XI. ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. Clasificación taxonómica de <i>Persea americana</i> Mill. “Aguacate”	4
2. Requerimiento neto y dosis de nitrógeno (ka/ha)	8
3. Requerimiento neto y dosis de fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)	9
4. Requerimiento de K y K ₂ O de la fruta (kg/ha) según nivel de rendimiento.	10
5. Requerimiento de Mg y MgO de la fruta (kg/ha) y dosis de MgO (kg/ha)..... para diferentes rendimientos	10
6. Cronograma de fertirriego y el aporte nutricional por elementos de fertilizante..... para el cultivo de <i>P. americana</i>	23
7. Cronograma de fertilización directa al suelo, el aporte nutricional,..... dosis/ha y totales para el cultivo de <i>P. americana</i>	26
8. Requerimientos y dosis de nutrientes para el cultivo de <i>P. americana</i>	27
9. Descripción de los materiales utilizados	31
10. Descripción de los tratamientos, fuente del elemento, concentración y dosis	33
11. Concentración (%/l) de los elementos en macro y micronutrientes de..... los tratamientos	35
12. Escala de calibre de frutos de aguacate.....	40
13. Formulas usadas para el análisis económico	44
14. Registro para el ANDEVA del rendimiento en kg/ha de frutos de aguacate.	50
15. ANDEVA de la variable de respuesta rendimiento en kg/ha de frutos..... de aguacate.....	51
16. Registro para el ANDEVA del peso en kg de fruto de aguacate	56
17. ANDEVA de la variable de respuesta peso en kilogramos de aguacate	57
18. Registro para el ANDEVA del crecimiento del diámetro polar en metros	60
19. ANDEVA de la variable de respuesta diámetro polar promedio en..... centímetros de aguacate para los seis tratamientos evaluados.	61
20. Registro para el ANDEVA del crecimiento ecuatorial en metros en..... frutos de aguacate.....	63
21. ANDEVA de la variable de respuesta diámetro polar promedio en..... centímetros de aguacate para los seis tratamientos evaluados.	64
22. Datos de los muestreos en el crecimiento (cm) de frutos de aguacate en..... los seis tratamientos evaluados de marzo a julio.	66

23. Relación beneficio costo según los indicadores y sus fórmulas para.....	
los seis tratamientos evaluados.....	68
24. Presentación de los costos fijos y los costos variables de.....	
los seis tratamientos evaluados.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Modelo fenológico del aguacate “Hass” en San Diego California.....	6
2. Mapa de uso y límites finca Pampojilá.....	21
3. Mapa de zonificación de texturas de los suelos de finca Pampojilá	25
4. Disposición y dimensiones de las parcelas neta y bruta de la investigación	37
5. Croquis de la distribución de los tratamientos de la investigación.....	38
6. Medición de la variable rendimiento. A) Pesaje en gramos de frutos de..... aguacate y B) Estiba de cajas de frutos de aguacate cosechado de..... los tratamientos.	41
7. Medición de calibre de frutos de aguacate. A) Medición polar y B)..... Medición ecuatorial.....	42
8. Lectura del diámetro ecuatorial en frutos de aguacate	42
9. Preparación de los tratamientos. A) Reguladores de crecimiento y B)..... Sales minerales.	45
10. Preparación de las mezclas foliares. A) Medición de dosis; B y C) Mezcla..... de productos y D) Tratamiento mezclado.	47
11. Aplicación de los tratamientos. A) Aspersión en árboles en crecimiento;..... B,C y D) aspersión en árboles productivos.	48
12. Rendimiento en kg/ha de frutos de aguacate	52
13. Peso en kg de frutos de aguacate	58
14. Diagrama Box-Plot para datos del peso en kg de fruto	59
15. Diámetro polar promedio de frutos de aguacate después de la aplicación de..... seis tratamientos de fertilizante foliar.	61
16. Diámetro ecuatorial promedio de frutos de aguacate después de la aplicación.	64
17. Fases de crecimiento del fruto de aguacate	67
18. Relación beneficio-coste de los tratamientos utilizados en la evaluación de..... fuentes de fertilizantes foliares sobre la producción de aguacate var. Hass..... Finca Pampojilá	69
19. Resultados del análisis químico de suelos. Lote maicillo 3.	81
20. Resultados del análisis foliar en follaje de árboles de aguacate,..... lote maicillo 3.....	81
21. Cosecha de aguacate de los seis tratamientos evaluados. A) Trabajador de..... campo haciendo el corte de frutos y B) Estiba de frutos cosechados.	83
22. Cosecha total de frutos de los seis tratamientos evaluados	83

RESUMEN

Finca Pampojilá se localiza en el municipio de San Lucas Tolimán del departamento de Sololá, se cultiva principalmente *Persea americana* Mill “Aguacate” en un área de 29.17 ha. Ha surgido la necesidad de realizar la presente investigación que tuvo como objetivo evaluar la efectividad de fuentes de fertilizantes foliares (sales minerales, quelatos y reguladores de crecimiento) en la producción de aguacate, específicamente en lote Maicillo 3 que ocupa un área 3.09 ha; para el efecto se ejecutó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones.

El resultado fue un total de 24 unidades experimentales, constituidas por ocho árboles, dejando para la medición de las variables solamente cuatro árboles por parcela neta, las variables medidas fueron: rendimiento en kilogramos por hectárea de frutos, peso promedio de fruto, diámetro ecuatorial y polar de frutos y la relación beneficio costo por tratamiento evaluado; a estas variables se les realizó el análisis de varianza al cinco por ciento de significancia.

Por consiguiente, los rendimientos de los frutos en los tratamientos fueron para: T6 (sales minerales) 5,339.58 kg/ha; para T2 y T3 (quelatos) 5,313.97 y 5224.34 kg/ha respectivamente; y para T1 (sales minerales y aminoácidos) 4308.80 kg/ha; para T4 (reguladores de crecimiento) 3,982.28 kg/ha y para T5 (sin aplicación) 3,706.98 kg/ha. Con una diferencia significativa (DMS) de 277.625.

En consecuencia, el peso promedio de frutos en los diámetros y dada la DMS de 0.011 fue necesario el análisis de medias conforme al criterio Tukey, los resultados fueron que, los tratamientos T6 y T2 compuestos por sales minerales y quelatos son los que mejores rendimientos presentaron, con una media de 0.26 kg por fruto, a diferencia, de los tratamientos T3, T1 y T4 con medias de 0.24 kg, 0.22 y 0.21 kg respectivamente, siendo el T5, con la mínima ganancia en el peso con medias de 0.19 kg.

Algo similar ocurrió con el diámetro polar, que conforme a la prueba Tukey, la respuesta en los frutos fue un agrupamiento en tres categorías, ya que, T2 presentó una media de 0.09 m, el T6 y T3 con una media de 0.08 m para ambos tratamientos y para T4, T1 y T5

con medias para los tres tratamientos de 0.07m. En el caso del diámetro ecuatorial con base a la prueba Tukey se obtuvieron dos categorías, de modo que, en una se encuentran los T6, T2 y T3 con medias de 0.07 a 0.08 m, y en la otra categorías los T4, T1 y T5 con medias de 0.04 en los tres tratamientos. Dicho de otra manera las sales minerales y quelatos utilizados como fertilizante foliar son los que presentan los calibres de exportación europea.

Adicionalmente se determinó el desarrollo y crecimiento de frutos durante la evaluación presentados en una curva sigmoide, compuesta por tres fases de desarrollo (crecimiento lento 80 días, seguida por la fase de crecimiento lineal 20 días y la fase de maduración, 75 días) dada las condiciones de la finca esta curva inicio en marzo y finalizó en septiembre del 2023. Por otra parte, los tratamientos evaluados fueron analizados económicamente de acuerdo a la relación beneficio costo, del cual se obtuvo que uno de los principales es el T6 (sales minerales) que generó mayor rentabilidad de la inversión, por cada quetzal que se invirtió se recuperan Q 1.52; y menor rentabilidad se muestra en el T5 (testigo absoluto) con Q 0.78 de recuperación de inversión.

En definitiva, la investigación ha indicado que es factible nutrir a la planta a través del tejido foliar en particular cuando se trata de forma complementaria en etapa reproductiva y de fuente de sales minerales, no obstante, la respuesta del árbol a la nutrición foliar dependerá de factores como la especie, y como ya se ha mencionado de la fuente de fertilizante y del estado fenológico del árbol, al igual que, la concentración y la frecuencia de aplicación.

SUMMARY

Finca Pampojilá is located in the municipality of San Lucas Tolimán in the department of Sololá, it is mainly cultivated Persian American Mill "Avocado" in an area of 29.17 ha. The need has arisen to carry out the present research that aimed to evaluate the effectiveness of foliar fertilizer sources (mineral salts, chelates and growth regulators) in the production of avocado, specifically in area Maicillo 3 that occupies an area of 3.09 ha; for this purpose, a design of complete random blocks was executed with six treatments and four repetitions.

The result was a total of 24 experimental units, constituted by eight trees, leaving for the measurement of the variables only four trees per net plot, the measured variables were: yield in kilograms per hectare of fruits, average fruit weight, average equatorial and polar diameter of fruits and the benefit-cost-per-treatment ratio evaluated; these variables were analyzed of variance at five percent significance.

Consequently, the yields of the fruits in the treatments were for: T6 (mineral salts) 5,339.58 kg/ha; for T2 and T3 (chelates) 5,313.97 and 5224.34 kg/ha respectively; and for T1 (mineral salts and amino acids) 4308.80 kg/ha; for T4 (growth regulators) 3,982.28 kg/ha and for T5 (without application) 3,706.98 kg/ha. With a significant difference, of 277,625, so it was obtained that mineral salts increase production in contrast to the use of sources of amino acids and growth regulators.

Consequently, the average weight of fruits in the diameters and given the a significant difference of 0.011 it was necessary to analyze the averages according to the Tukey criterion, the results were that, the T6 and T2 treatments composed of mineral salts and kelates are the ones that presented the best yields, with an average of 0.26 kg per fruit, unlike, of the T3, T1 and T4 treatments with averages of 0.24 kg, 0.22 and 0.21 kg respectively, being the T5, with the minimum gain in weight with averages of 0.19 kg.

Something similar happened with the polar diameters, which according to the Tukey test, the response in the fruits was a grouping into three categories, since, T2 presented an average of 0.09 m, the T6 and T3 with an average of 0.08 m for both treatments and for T4, T1 and T5 with averages for the three treatments of 0.07m. In the case of the

equatorial diameter based on the Tukey test, two categories were obtained, so that in one are the T6, T2 and T3 with averages of 0.07 to 0.08 m, and in the other categories the T4, T1 and T5 with averages of 0.04 in the three treatments. In other words, the mineral salts and that used as foliar fertilizer are those that have the European export caliber.

In addition, the development and growth of fruits was determined during the evaluation presented with a sigmoid curve, composed of three phases of development (slow growth 80 days, followed by the linear growth phase 20 days and the maturation phase, 75 days) given the conditions of the farm this curve started in March and ended in September 2023. On the other hand, the treatments evaluated were economically analyzed according to the benefit-cost ratio, from which it was obtained that one of the main ones is the T6 (mineral salts) that generated greater return on the investment, for each quetzal that was invested they recover Q 1.52; and lower profitability is shown in T5 (absolute witness) with Q 0.78 investment recovery.

In short, research has indicated that it is feasible to nourish the plant through leaf tissue, particularly when it is complementary in the reproductive stage and as a source of mineral salts. However, the tree's response to foliar nutrition will depend on factors such as the species, and as already mentioned, the source of fertilizer and the phenological state of the tree, as well as the concentration and frequency of application.

I. INTRODUCCIÓN

Finca Pampojilá es una de las tres fincas que conforman la Sociedad Anónima, Agrícola Atitlán (AGRATISA). Se localiza en el municipio de San Lucas Tolimán en el departamento de Sololá, en la zona de vida del Bosque Pluvial Montano Bajo Subtropical a una altitud aproximada de 1,529 msnm. Principalmente se produce *Coffea arabica* “Café” y *Persea americana* Mill “Aguacate”, bajo las certificaciones de Rainforest Alliance y Global Gap; secundariamente se cultiva *Hylocersus* spp. “Pitahaya” y miel de abeja producida por la especie *Apis mellífera*.

El cultivo de aguacate en finca Pampojilá se extiende en 29.17 ha efectivas es decir, el área que ocupa los árboles, se cultiva bajo un sistema de fertirriego en el que se consideran las demandas nutricionales en época seca, por lo tanto se realizan aplicaciones de nutrientes en forma de mezclas físicas, sin embargo, en un análisis químico se demostró algunas deficiencias en calcio, magnesio, boro y manganeso, así como una capacidad de intercambio catiónico efectiva limitante, por lo que el suelo presenta un bajo potencial de retención de cationes, y ello podría ocasionar los bajos rendimientos en la cosechas.

La intervención en el plan nutricional en el cultivo de aguacate en finca Pampojilá se hizo a través de aplicaciones de fertilizantes foliares con el objetivo de aumentar los rendimientos de frutos. Respecto a los productos de uso foliar se dividen por su naturaleza de fabricación, concretamente: sales minerales, quelatos, aminoácidos y/o reguladores de crecimiento. Por otro lado, la naturaleza del producto influye en el costo y en la absorción de los nutrientes en la hojas, de ahí que se investigó la respuesta de las fuentes en la producción, en la cosecha y en la rentabilidad de aguacate en la variedad Hass.

Por otro lado también se ha generado un modelo de crecimiento de frutos de aguacate en la cosecha. Así pues, los objetivos fueron causados a través de un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (bloques), en donde, se determinaron las siguientes variables: la medición del rendimiento en kilogramos de

frutos por hectárea, determinación del calibre de frutos (peso, diámetro ecuatorial y polar del fruto).

Como resultado se ha aportado en la precisión de la producción de aguacate en la región de Sololá y particularmente en la variedad Hass. Visto que, la aplicación de fertilizante foliar complementaria, es decir, sin descartar la fertilización por medio del suelo, generan respuestas positivas en el rendimiento, particularmente las sales minerales y quelatos, no obstante, las sales minerales son de menor costo.

II. JUSTIFICACIÓN

La fertilización es una de las prácticas indispensables para obtener rendimientos de cosecha de calidad en el calibre de frutos, término que, abarca aspectos de peso, diámetro polar y ecuatorial, además de la apariencia del fruto, ello con el propósito de alcanzar las exigencias de mercados.

Tomando en cuenta la fertilización como factor restrictivo de la producción de *Persea americana* Mill “Aguacate” en Pampojilá, se menciona que en el 2022 el rendimiento fue de 5,600 kg/ha de fruta y lo esperado conforme al plan nutricional era de 7,000 kg/ha. En ese sentido es oportuno mencionar que, en el lote Maicillo 3, conforme a un análisis químico de suelos, se evidencia un contenido deficiente en los elementos calcio, magnesio, boro y manganeso y una capacidad de intercambio catiónico efectiva de 4.35 cmol(+)/L lo que se considera limitante, debido al bajo potencial productivo que presentarán esos suelos por su baja capacidad de retención de cationes.

Sobre estas conclusiones se evalúa si es posible que el rendimiento y calibre de frutos de aguacate en la variedad Hass se pueden aumentar con el uso de fuentes de fertilizantes foliares en etapa productiva y con elementos deficientes en el suelo.

En definitiva se encontró una fuente de fertilizante foliar adecuada y con un beneficio respecto al costo de aplicación, pues el costo de productos foliares está ligado a la fuente de fertilizante, además, en Guatemala las aplicaciones foliares son usadas en la mayoría de los cultivos, y especialmente en aguacate al ser un cultivo en aumento no se encuentran mayores referentes de nutrición foliar en el que se hayan evaluado fuentes.

III. MARCO TEÓRICO

1. Marco Conceptual

1.1. Clasificación taxonómica *Persea americana* Mill. “Aguacate”

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Persea americana* Mill. “Aguacate”

Dominio	Eukarya
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Dialipétalas
Orden	Ranales
Sub-orden	Magnolíneas
Especie	<i>Persea americana</i> Mill

Fuente: Zacarias E. (2009).

1.2. Requerimientos edáficos y climáticos del cultivo de *P. americana*

1.2.1. Suelos

Se deben contar preferiblemente con suelos Francos, Franco arcillosos y Franco arenosos o sus variantes, ya que deben ser suelos de buena calidad, no pedregosos, arenosos y arcillosos, bien drenados, cuya profundidad sea al menos de un metro, en suelos mal drenados las plantas presentan un ciclo de vida muy corto, siendo susceptibles a pudriciones en las raíces. Con pendientes no mayores al 15% (Cáceres, 2002)

1.2.2. Precipitación

Es necesario proporcionarles a las plantas 1250 mm anuales, con una adecuada distribución en cada fase de desarrollo, pues teniendo 1200 mm anuales y sequías prolongadas, provocan caída de hojas, lo que afecta el rendimiento por planta, por el contrario, el exceso de agua en etapa de floración y fructificación provoca la caída de los frutos, disminuyendo la producción (Zacarias, 2009).

1.2.3. Viento

El viento es un factor climático de importancia pues llega a causar graves daños a las plantaciones. La acción mecánica del viento que depende a la vez de su dirección, frecuencia e intensidad, ocasiona caída de flores y frutos y en ciertos casos quebraduras de ramas enteras que llegan muchas veces a alterar el equilibrio de la copa de la planta. Por lo que la velocidad óptima del viento oscila entre 20 y 50 km/h (Zacarias, 2009).

1.2.4. Temperatura

La temperatura media más adecuada en los meses cálidos es de 25°C, y en los meses fríos la temperatura media adecuada es de 15°C (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. MAG, 2009)

1.3. *P. americana*. Variedad Hass

La variedad Hass es la principal a nivel mundial para la comercialización de aguacate. Hass pertenece a la raza guatemalteca, y al grupo floral A, es auto fértil en su polinización, sensible a heladas como a los vientos calurosos desecantes durante la floración (Lazcano-Ferrat & Espinoza, 1998). Fruto pesa de 170 a 400 gramos, la pulpa es cremosa de sabor excelente, sin fibra, contenido de aceite de 23.7; cáscara coriácea, rugosa, color púrpura oscuro al madurar; semilla pequeña y adherida a la cavidad; excelente productor y su fruta puede mantenerse en el árbol por algunos meses después de la madurez fisiológica sin que pierda calidad (González, 2006).

1.4. Ciclo reproductivo del aguacate

El ciclo reproductivo del aguacate 'Hass' en las condiciones de cultivo de California (hemisferio norte), similares a las nuestras de Almería, ha sido descrito por (Lovatt C. , 1999) y se muestra en la Figura uno. La floración en aguacate es muy abundante y prolongada en el tiempo dependiendo de las condiciones climáticas (Gazit & Degani, 2002) En aguacate 'Hass', en las condiciones de cultivo de Almería, la floración tiene lugar con la llegada de la primavera a partir de finales de marzo y durante el mes de abril (Cabezas, Hueso, & Cuevas, 2003), y su duración depende fundamentalmente de las

temperaturas. Durante la época de floración tienen lugar los procesos de polinización, fecundación y cuajado del fruto; y tras ellos, el fruto inicia su crecimiento.

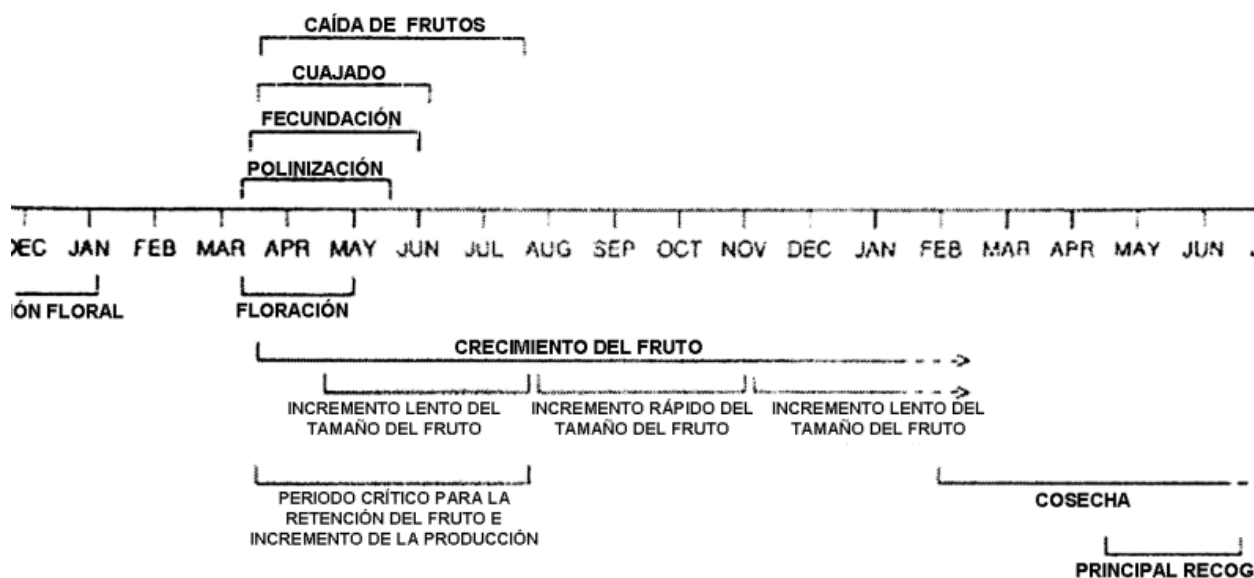


Figura 1. Modelo fenológico del aguacate "Hass" en San Diego California.

Fuente: Lovatt C. (1999).

El modelo fenológico del aguacate de (Lovatt C. , 1999), hace una categorización de tres etapas de crecimiento del fruto a las cuales llama, incremento lento del tamaño del fruto, incremento rápido del tamaño del fruto e incremento lento del tamaño del fruto, categorías de crecimiento que empiezan en el mes de abril y finaliza en febrero del siguiente año, en el caso específico de San Diego California.

El modelo fenológico propuesto por Lovatt es el mismo en todas las áreas cultivadas con aguacate, sin embargo, esta influenciado el periodo de las etapas varía según la altitud, temperatura y el manejo agronómico.

1.5. Importancia del cultivo de *P. americana* en Guatemala

El cultivo del aguacate, característico por acumular aceite en su pulpa en lugar de azúcares, es uno de los frutales de mayor importancia económica y cultural para la región de Mesoamérica. Se caracteriza por ser una especie perenne subtropical, aunque ha sido adaptada a diversos climas (Galindo-Tovar, Ogata-Aguilar, & Arzate-Fernandez,

2008), por lo cual, su producción se ha extendido prácticamente a todo el continente americano, Asia, África, Medio Este y Europa (Guzmán , y otros, 2017) Según datos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA, 2017) Guatemala tuvo una producción en el 2016 de 122,440.91 Tm de aguacate, los cuales fueron cosechados en un área de 11,572 ha, alcanzando un rendimiento de 10.58 Tm/ha. Para el mismo año, tuvo una exportación de 4,028.24 Tm lo que representó un valor de US\$ 1,093,338 siendo El Salvador y Honduras los principales destinos del aguacate guatemalteco.

En el cultivo de aguacate, se mencionan como limitantes en la producción: incide bajo desarrollo tecnológico del cultivo, los deficientes canales de comercialización y las pérdidas causadas por plagas (Correa , Jaramillo , Grajales, & Bolaños-Benavides, 2022). Así como la alta demanda interna y la falta de prácticas agrícolas apropiadas que dificultan el acceso a los mercados internacionales (Rios & Tafur)

Por su parte, Maldonado et al. (2013) afirman que algunos de los principales limitantes de la producción son las diferencias entre el rendimiento promedio y los máximos registrados, los cuales estarían indicando la existencia de factores restrictivos de la producción que no han sido identificados apropiadamente y que requieren ser investigados para proponer mejores alternativas, que conduzcan a la obtención de altos rendimientos y óptima calidad de fruto, como es el caso de la nutrición mineral.

Principales departamentos de Guatemala productores de *P. americana*

La producción nacional es 4,755.07 hectáreas, las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente forma: Chimaltenango con 938.37 ha (19.73%), Sacatepéquez con 710.43 ha (14.94%), Alta Verapaz con 525.13 ha (11.04%), Petén con 401.27 ha (8.44%), Suchitepéquez con 385.99 ha (8.12%), Sololá con 373.60 ha (7.86%), Quetzaltenango con 364.18 ha (7.66%), Guatemala con 271.06 ha (5.70%), Baja Verapaz con 258.62 ha (5.44%), Santa Rosa con 198.96 ha (4.18%), Escuintla con 101.81 ha (2.14%), Zacapa con 69.46 ha (1.46%), Jutiapa con 67.07 ha (1.41%), Retalhuleu con 38.60 ha (0.81%), Totonicapán con 14.07 ha (0.30%), Jalapa con 12.90 ha (0.27%), Huehuetenango con 9.26 ha (0.19%), San Marcos con 8.19 ha (0.17%) y El Progreso con 6.08 ha (0.13%). (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA, 2017).

1.6. Fertilización del cultivo de *P. americana*

1.6.1. Fertilización nitrogenada

Dosis de nitrógeno

De acuerdo con Salazar-García (2002), “Asumiendo una eficiencia del 65% para el N aplicado vía riego localizado, las dosis de acuerdo a un rendimiento esperado se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Requerimiento neto y dosis de nitrógeno (kg/ha)

Rendimiento (kg/ha)	Requerimiento neto N (kg/ha)	Dosis de N (kg/ha)
10.000	53.30	80.00
20.000	81.40	125.20
30.000	110.30	170.00

Fuente: Salazar-García, Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Asociación con el Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS), (2002).

Se muestran algunos rendimientos para lo cual es necesario aplicaciones, así pues, si se esperan rendimientos de 10.000 kg/ha es necesaria una aplicación de 80.00 kg/ha de N.

1.6.2. Fertilización fosfatada

La deficiencia de P es muy escasa a nivel mundial. Aparentemente, las raíces del aguacate son muy eficientes para absorber el P. Ocasionalmente aparecen niveles deficitarios de P en aguacates afectados por problemas a nivel de sus raíces.

Dosis de fósforo

Sólo se justifica aplicar P si los análisis foliares indican valores bajo el límite crítico o acercándose a éste. Además, la aplicación se hace indispensable cuando se observan problemas en el crecimiento y desarrollo de raíces. Las dosis para corregir el déficit de

P, basado en el requerimiento de la fruta, se muestran considerando una eficiencia de aplicación de P de un 40% en sistemas de riego localizado.

Tabla 3. Requerimiento neto y dosis de fósforo (kg P₂O₅/ha)

Rendimiento (kg/ha)	Requerimiento neto P (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)	Dosis de P₂O₅ (kg/ha)
10.000	5.10	12.80	29.30
20.000	10.20	25.50	58.40
30.000	15.30	38.30	87.60

Fuente: Ruiz & Ferreyra, Seminario Internacional Riego, Nutrición y Portajertos en la Calidad y Condición de la Palta Hass. Requerimiento Nutricional y Efecto de la Nutrición sobre Desórdenes y Condición de Palras, (2011).

En la tabla tres, se presentan tres dosis de kg P₂O₅/ha por tres rendimientos esperados, por ejemplo, si se pretende una producción de 10.000 kg/ha de aguacate es necesaria una fertilización de 29.30 kg de P₂O₅/ha

1.6.3. Fertilización potásica

El déficit de K de acuerdo al análisis foliar se presenta en pocos casos y aun cuando se ha constatado que los productores de aguacate fertilizan poco sus huertos con K. Situación que también se produce en el resto de los países donde se cultiva aguacate. Incluso, en ensayos de larga duración (12 años) no se encontró respuesta a la aplicación de K sobre el rendimiento, a pesar del incremento del K foliar (Embleton & Jones, 1964). Similares resultados se han obtenido en Sudáfrica (Kohen & Plessis, 1978). En Israel se ha observado que no se incrementa el rendimiento de fruta, pero sí aumenta el calibre tanto en Hass como en Fuerte (Lahav, Bareket, & Zamet, Potassium Fertilizer Experiment With Avocado Trees on Heavy Soils. California Avocado Society Yearbook, 1976).

Dosis de potasio

Se recomienda aplicar K sólo si los análisis foliares indican valores bajos.

Tabla 4. Requerimiento de K y K₂O de la fruta (kg/ha) según nivel de rendimiento.

Rendimiento (kg/ha)	Requerimiento neto K (kg/ha)	Dosis de K₂O (kg/ha)
10.000	47.00	57.00
15.000	70.00	84.00
20.000	93.00	112.00
25.000	116.00	140.00

Fuente: Ruiz & Ferreyra, Seminario Internacional Riego, Nutrición y Portajertos en la Calidad y Condición de la Palta Hass. Requerimiento Nutricional y Efecto de la Nutrición sobre Desórdenes y Condición de Palras, (2011).

En la tabla cuatro, al igual que la fertilización nitrogenada y fosfatada se encuentran dosis según el rendimiento esperado,

1.6.4. Fertilización de magnesio

El Mg también es un nutriente relevante para la calidad y condición de fruta en la postcosecha. determinaron una relación positiva entre este nutriente y el Ca; a mayor Ca en la fruta, mayor Mg y mejor condición de la fruta. Los requerimientos de Mg para cada nivel de rendimiento se indican:

Tabla 5. Requerimiento de Mg y MgO de la fruta (kg/ha) y dosis de MgO (kg/ha) para diferentes rendimientos

Rendimiento (kg/ha)	kg Mg/ha extraídos por la fruta	Requerimiento (kg MgO/ha)	Dosis (kg MgO/ha)
10.000	2.20	57.00	7.40
15.000	3.20	84.00	10.60
20.000	4.20	112.00	14.00
25.000	5.20	140.00	17.30

Fuente: Martínez Castillo, Muena Zamorano, & Ruiz Schneider, (2014).

De acuerdo a la tabla, con dosis de MgO establecida por Martínez Catillo Mueña Zmorano & Schneider, (2004), son dosis relativamente bajas en comparación al nitrógeno, fósforo y potasio, pues para un rendimiento de 10.000 kg/ha es necesaria una aplicación de 7.40 kg/MgO/ha. Estas dosis bajas son porque el magnesio no es un nutriente que el fruto absorbe en mayores cantidades.

1.7. Fertilización foliar

Las plantas pueden fertilizarse suplementariamente a través de las hojas mediante aplicaciones de sales solubles en agua, de una manera más rápida que por el método de aplicación al suelo. Los nutrientes penetran en las hojas a través de los estomas que se encuentran en el haz o envés de las hojas y también a través de espacios submicroscópicos denominados ectodesmos en las hojas y al dilatarse la cutícula de las hojas se producen espacios vacíos que permiten la penetración de nutrimentos. (Salas Camacho, 2002).

Los nutrientes se absorben por el follaje con una velocidad notablemente diferente. El nitrógeno se destaca por su rapidez de absorción necesitando de 0,5 a 2 horas para que el 50% de lo aplicado penetre en la planta. Los demás elementos requieren tiempos diferentes y se destaca el fósforo por su lenta absorción, requiriendo hasta 10 días para que el 50% sea absorbido.

Una vez que se ha realizado la absorción, las sustancias nutritivas se mueven dentro de la planta utilizando varias vías: a) la corriente de transpiración vía xilema, b) las paredes celulares, c) el floema y otras células vivas y d) los espacios intercelulares. La principal vía de translocación de nutrimentos aplicados al follaje es el floema. El movimiento de célula a célula ocurre a través del protoplasma, por las paredes o espacios intercelulares. El movimiento por el floema se inicia desde la hoja donde se absorben y sintetizan los compuestos orgánicos, hacia los lugares donde se utilizan o almacenan dichos compuestos. En consecuencia, las soluciones aplicadas al follaje no se moverán hacia otras estructuras de la planta hasta tanto no se produzca movimiento de sustancias orgánicas producto de la fotosíntesis. (Salas Camacho, 2002).

La fertilización foliar por lo general se realiza para corregir deficiencias de elementos menores. En el caso de macronutrientes tales como el nitrógeno, fósforo y el potasio, se reconoce que la fertilización foliar solo puede complementar, pero en ningún momento sustituir la fertilización al suelo. Esto se debe a que las dosis a aplicar vía foliar son muy pequeñas en comparación con las dosis aplicadas al suelo para obtener buenos rendimientos. (Salas Camacho, 2002).

Aun cuando la fertilización foliar es complementaria, existen condiciones bajo las cuales la fertilización permite obtener buenos resultados agronómicos. Estas situaciones especiales son aquellas que resultan en limitantes para la nutrición mineral de la planta debido a problemas del sistema radical. La sequía es la primera de ellas y se produce cuando el suministro de agua es deficiente, afectando la alimentación radicular y produciendo trastornos severos en el desarrollo vegetal. Bajo esta situación, la absorción radical de nutrimentos es limitado y será necesario utilizar entre tanto, la vía foliar.

Contrario a la falta de agua, el exceso o encharcamiento produce poca disponibilidad de oxígeno en el medio radicular inhibiendo de forma inmediata la absorción de agua y nutrimentos por la planta, siendo la fertilización foliar una alternativa para nutrir a la planta. Las aplicaciones de pesticidas tales como herbicidas, insecticidas, nematocidas o fungicidas producen inicialmente un efecto esterilizante en el suelo, disminuyendo la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio principalmente en estados iniciales de desarrollo del cultivo. La aplicación de nutrimentos vía foliar, en particular de nitrógeno, permitirá restaurar el adecuado balance nutricional en la planta. (Salas Camacho, 2002)

Por otra parte, altas concentraciones de sodio provocan el bloqueo de la absorción de cationes importantes tales como el calcio, magnesio y potasio. Por esta razón, el uso de fertilizantes al suelo puede restringirse y la fertilización foliar puede ser una alternativa beneficiosa. Los desbalances entre cationes y aniones en el suelo pueden provocar deficiencia de alguno de ellos en la planta y la fertilización foliar puede constituirse en una herramienta efectiva para complementar la falta de ese nutrimento. Un pobre desarrollo radical producto de problemas por toxicidad de aluminio, por compactación de suelo o por un nivel freático muy alto, son otros de los factores que afectan la absorción

de nutrimentos por la planta y convierten a la fertilización foliar en un medio importante para complementar la nutrición mineral de los cultivos. (Salas Camacho, 2002)

1.7.1. Categorías de la fertilización foliar

De acuerdo con el propósito que se persigue, la fertilización foliar se puede dividir en seis categorías (Boaretto & Rosolem , 1989):

- ❖ Fertilización correctiva: es aquella en la cual se suministran elementos para superar deficiencias evidentes, generalmente se realiza en un momento determinado de la fenología de las plantas y su efecto es de corta duración cuando las causas de la deficiencia no son corregidas.
- ❖ Fertilización preventiva: se realiza cuando se conoce que un determinado nutrimento es deficiente en el suelo y que a través de esta forma de aplicación no se resuelve el problema; un ejemplo de esto es la aplicación de Zn y B en café.
- ❖ Fertilización sustitutiva: se pretende suplir las exigencias del cultivo exclusivamente por vía foliar, un buen ejemplo es el manejo del cultivo de la piña. En la mayoría de los casos es poco factible suplir a las plantas con todos sus requerimientos nutritivos utilizando exclusivamente la vía foliar, debido a la imposibilidad de aplicar dosis altas de macronutrimentos. En el cultivo del café el uso de solamente fertilizantes foliares sin abonamiento al suelo (seis aplicaciones por año), se ha obtenido una producción 18% en relación con la fertilización al suelo.
- ❖ Fertilización complementaria: consiste en aplicar una fracción del abono al suelo y otra al follaje, generalmente se utiliza para suplir micronutrientes y es uno de los métodos más utilizados en una gran cantidad de cultivos.
- ❖ Fertilización complementaria en estado reproductivo: puede realizarse en aquellos cultivos anuales en los cuales, durante la floración y llenado de las semillas, la fuerza metabólica ocasionada por ellos reduce la actividad radicular lo suficiente como para limitar la absorción de iones requeridos por la planta.
- ❖ Fertilización estimulante: consiste en la aplicación de formulaciones con NPK, en las cuales los elementos son incluidos en bajas dosis, pero en proporciones fisiológicamente equilibradas, las cuales inducen un efecto estimulatorio sobre la

absorción radicular. Este tipo de abonamiento es recomendado en plantaciones de alta productividad, de buena nutrición y generalmente se realiza en períodos de gran demanda nutricional, o en períodos de tensiones hídricas.

1.7.2. Fuentes de fertilizantes foliares

Las características principales que debe tener una fuente para el abonamiento foliar es que sea muy soluble en agua y que no cause efecto fitotóxico al follaje. Las fuentes de fertilizantes foliares se pueden dividir en dos grandes categorías: sales minerales inorgánicas, y quelatos naturales y sintéticos, que incluye complejos naturales orgánicos. Estas fuentes se formulan en polvos o cristales finos de alta solubilidad en agua, y en presentaciones líquidas. (Molina Rojas, 2002).

1.7.2.1. Sales Minerales inorgánicas

Las principales fuentes inorgánicas son yacimientos o minas naturales de óxidos, carbonatos y sales metálicas como sulfatos, cloruros y nitratos. Los óxidos como ZnO_2 , Cu_2O y MnO_2 , pueden ser utilizados, sin embargo, su disponibilidad para las plantas es muy baja ya que son compuestos muy insolubles. Las sales fueron los primeros fertilizantes foliares que se utilizaron y están constituidos principalmente por cloruros, nitratos y sulfatos. En comparación con otras fuentes, las sales son de menor costo, pero deben tomarse precauciones para su aplicación por el riesgo de causar quema o fitotoxicidad al follaje. (Molina Rojas, 2002).

Los sulfatos son las fuentes más utilizadas debido a su alta solubilidad en agua y su menor índice salino en comparación con los cloruros y nitratos, por lo que hay menos riesgo de quema del follaje. Los óxidos son relativamente insolubles en agua lo cual dificulta su distribución en fertilización foliar, y en aplicaciones al suelo deben ser molidos finamente para ser efectivos. Los oxisulfatos son óxidos que están parcialmente acidulados con ácido sulfúrico, y también presentan un grado de solubilidad en agua muy limitada. Los sulfatos son las principales fuentes inorgánicas y pueden ser mezclados con otros fertilizantes. (Molina Rojas, 2002).

Los sulfatos también suministran pequeñas cantidades de S a las plantas. Los sulfatos usualmente son cristales, pero pueden ser granulados para facilitar su manipulación. Los

sulfatos de Fe, Cu, Zn y Mn son ampliamente usados en aplicaciones al suelo y foliares. Los cloruros y nitratos se absorben más rápido a través de la cutícula foliar que los sulfatos, de acuerdo con los resultados de varias investigaciones realizadas. Aparentemente el efecto se debe a una mayor capacidad de permeabilizar la cutícula foliar por parte de cloruros y nitratos, y a su mayor poder higroscópico en comparación con los sulfatos. Asimismo, estas dos fuentes facilitan también la penetración foliar de otros iones disueltos en la solución de aplicación. (Molina Rojas, 2002).

Las fuentes de fósforo más usadas en aplicación foliar son fosfato monoamónico (MAP), fosfato diamónico (DAP), polifosfatos, y fosfato monopotásico. El triple superfosfato no es útil debido a su escasa solubilidad en agua. Como fuentes de potasio se utilizan cloruro de potasio, sulfato de potasio, y nitrato de potasio, siendo este último más común debido a su menor efecto fitotóxico y presencia de nitrógeno. También se utilizan carbonato de potasio y fosfato monopotásico. Se ha comprobado el efecto positivo del KCl y el nitrato de potasio como coadyuvantes para mejorar la absorción de otros nutrientes mezclados en la solución de aplicación, debido a que se le atribuyen a ambas fuentes propiedades que favorecen la permeabilidad de la cutícula foliar, facilitando con ello la penetración de iones a través de ella.

Las fuentes de sales más comunes que suministran calcio y magnesio son: nitrato de calcio, nitrato de magnesio y sulfato de magnesio. El sulfato de magnesio es quizás la fuente más tradicional para suplir Mg en aspersiones foliares. Sin embargo, algunos estudios han mostrado que el cloruro y el nitrato de magnesio, son más eficientes que el sulfato en función de su mayor grado de higroscopicidad (Boaretto & Rosolem , 1989).

1.7.2.2. Quelatos

Son sustancias que forman parte de muchos procesos biológicos esenciales en la fisiología de las plantas, como por ejemplo en el transporte de oxígeno y en la fotosíntesis. Muchas de las enzimas catalizadoras de reacciones químicas son quelatos. Otros ejemplos de quelatos biológicos naturales incluyen a la clorofila y la vitamina B12. Un quelato es un compuesto orgánico de origen natural o sintético, que puede combinarse con un catión metálico y lo acompleja, formando una estructura heterocíclica.

Los cationes metálicos son ligados en el centro de la molécula, perdiendo sus características iónicas. El quelato protege al catión de otras reacciones químicas como oxidación-reducción, inmovilización, precipitación, etc. El proceso de quelación de un catión neutraliza la carga positiva de los metales permitiendo que el complejo formado quede prácticamente de carga 0. Esto es una ventaja para facilitar la penetración de iones a través de la cutícula foliar cargada negativamente, y de esta forma no hay interferencia en la absorción por efecto de repulsión o atracción de cargas eléctricas. De esta forma los quelatos pueden ser absorbidos y translocados más rápidamente que las sales debido a su estructura que los hace prácticamente de carga neta 0. (Molina Rojas, 2002).

Esta mayor velocidad de absorción a través de la cutícula constituye una ventaja comparativa con relación a las fuentes de sales porque hay menor riesgo de pérdida del nutrimento por lavado y aumenta la eficiencia para la corrección de deficiencias. Sin embargo, su costo es más alto que las sales y la concentración de nutrimentos es más baja, debido a que los agentes quelatantes tienen una capacidad limitada para acomplejar cationes. (Molina Rojas, 2002).

Los quelatos pueden ser utilizados en aplicaciones foliares y al suelo. Todo catión polivalente es capaz de formar quelatos. La estabilidad de los quelatos difiere con el catión metálico: $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Ca} > \text{Mg}$. Los agentes quelatantes también difieren en su habilidad para combinarse con un catión metálico. La fuerza con que el catión es acomplejado por el agente quelatante puede afectar su disponibilidad para la planta. Los fertilizantes quelatados pueden ser fabricados mediante reacción química del catión metálico y el agente quelatante, o formulados mediante una mezcla física de la fuente del nutrimento y el producto acomplejante. Durante el proceso de formulación de los quelatos, los iones metálicos son incorporados dentro de la estructura del agente quelatante en forma de sales solubles, para asegurar la disponibilidad del elemento y que el producto tenga una alta solubilidad en agua que facilite su aplicación en aspersión foliar. (Molina Rojas, 2002).

Los quelatos son formulados para suplir nutrimentos individuales o combinados. Es común encontrar formulaciones que contienen varios nutrimentos, a menudo incluyendo

todos los micronutrientes y algunos elementos mayores como N, Ca, Mg y S. Estas fórmulas completas son conocidas como “multiminerales”. Los quelatos para utilización en fertilizantes foliares pueden dividirse en tres categorías: sintéticos, orgánicos de cadena corta, y orgánicos naturales. (Molina Rojas, 2002).

Los quelatos sintéticos usualmente tienen una alta estabilidad. Uno de los primeros agentes sintéticos utilizados en fertilización foliar fue el EDTA (Ácido etilendiaminotetracético). El EDTA es un agente muy versátil que forma complejos con metales catiónicos de gran estabilidad. Los agentes quelatantes más fuertes, tales como el EDTA, son usados también en aplicaciones al suelo, ya que su alta estabilidad impide que el catión metálico se pierda fácilmente. El EDTA es uno de los agentes quelatantes de mayor uso en la industria de fertilizantes foliares. Otros quelatos sintéticos incluyen el DTPA y EDDHA. (Molina Rojas, 2002).

Los quelatos orgánicos de cadenas cortas son agentes acomplejantes muy débiles, de poca estabilidad y baja efectividad. Algunos ejemplos son los ácidos cítrico, ascórbico y tartárico.

Los quelatos orgánicos naturales presentan diferentes grados de efectividad como agentes quelatantes, ubicándose la mayoría de ellos como acomplejantes intermedios. Estos agentes incluyen poliflavonoides, lignosulfatos, aminoácidos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, polisacáridos, etc. Algunas de las fuentes orgánicas naturales son fabricadas por la reacción de sales metálicas con subproductos, principalmente aquellos derivados de la industria de la pulpa de madera tales como fenoles, lignosulfatos y poliflavonoides. Estos subproductos son bastante complejos por lo que la naturaleza de las reacciones no es muy clara y podría ser similar al de los quelatos. En los últimos años estas fuentes han tomado gran interés debido a su naturaleza orgánica y que la mayoría son de origen natural. Poseen poco riesgo de causar fitotoxicidad, lo que los hace más apropiados para aplicación foliar, y muchos de ellos tienen propiedades estimulantes del crecimiento y desarrollo vegetal. Los ácidos húmicos y fúlvicos y los aminoácidos o proteínas hidrolizadas son algunos de los quelatos orgánicos más utilizados. (Molina Rojas, 2002).

1.7.2.3. Aminoácidos

El uso de aminoácidos en fertilización foliar es relativamente reciente y se inició a partir del desarrollo de tecnología para la fabricación de aminoácidos libres mediante diferentes procedimientos entre los que se destacan principalmente: a) síntesis química, b) fermentación bacteriana, c) hidrólisis ácida, d) hidrólisis enzimática. El principio básico que utiliza esta tecnología para la fabricación de fertilizantes foliares es la formación de proteínas hidrolizadas en las que se incorporan los nutrientes catiónicos como Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn y Mn. Estos minerales quedan suspendidos entre dos aminoácidos que conforman los grupos donadores y uno de ellos, generalmente un grupo amino (NH_2), forma un enlace covalente complejo, mientras el otro grupo carboxílico (COOH) forma un enlace iónico. De esta forma los iones metálicos quedan acomplejados dentro de la estructura formando un quelato orgánico. La carga iónica del metal es neutralizada por los aminoácidos en forma similar como ocurre con los quelatos sintéticos. Esto evita que el metal sea sometido a fuerzas de repulsión o atracción por las cargas negativas de la cutícula foliar facilitando la absorción. La mayoría de los quelatos de aminoácidos son de bajo peso molecular, lo que en teoría favorecería también la entrada del quelato a través de la cutícula, las paredes celulares y las membranas celulares. Una de las ventajas más reconocidas de los aminoácidos es su rápida absorción, que en algunos casos oscila entre 1-3 horas para completar el 50 de absorción. (Molina Rojas, 2002).

1.7.2.4. Bioestimulantes

El término el bioestimulante se refiere a sustancias que, a pesar de no ser un nutriente, un pesticida o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas en cantidades pequeñas generan un impacto positivo en la germinación, el desarrollo, el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y/o el desarrollo de los frutos. (Molina Rojas, 2002).

Formulaciones de bioestimulantes

Existen diversos tipos de bioestimulantes, unos químicamente bien definidos tales como los compuestos por aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos o polipéptidos. Existen otros más complejos en cuanto a su composición química, como pueden ser los extractos de algas y ácidos húmicos, los cuales contienen los componentes anteriormente citados,

pero en combinaciones diferentes y en algunos casos con sus concentraciones reportadas en rangos y no con valores exactos. Formulaciones a base de aminoácidos. Estos bioestimulantes poseen aminoácidos en diferentes composiciones: libres, en cadenas cortas (1-10 aminoácidos) oligopéptidos, o en cadenas largas (mayor de 10 aminoácidos) polipéptidos. Los aminoácidos son las unidades básicas que componen las proteínas y estas juegan un papel clave en todos los procesos biológicos como en el transporte y el almacenamiento, el soporte mecánico, la integración del metabolismo, el control del crecimiento y la diferenciación. Las plantas sintetizan los aminoácidos a través de reacciones enzimáticas por medio de procesos de aminación y transaminación. El primero de ellos es producido por sales de amonio absorbidas del suelo y ácidos orgánicos, producto de la fotosíntesis. La transaminación permite, además, producir nuevos aminoácidos a partir de otros preexistentes. (Molina Rojas, 2002).

Formulaciones a base de aminoácidos con reguladores de crecimiento

Los reguladores de crecimiento (RC) de plantas son compuestos orgánicos, diferentes de los nutrimentos que en pequeñas cantidades promueven, inhiben o modifican uno o varios procesos fisiológicos en las plantas. El término RC incluye sustancias presentes en la naturaleza o compuestos sintéticos (Basora, 2000) y (Grill & Himmelbach, 1998) describen la función de estos diciendo que los RC son mediadores del programa de desarrollo endógeno y sirven para integrar las señales extracelulares para regular y optimizar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Existen 5 clases de RC bien definidos, considerados clásicos: auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno.

2. Marco Referencial

La ejecución de la evaluación se realizó en el lote Maicillo 3 establecido con el cultivo de P. americana, en finca Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá.

2.1. Localización

Finca Pampojilá se encuentra ubicada al sur del municipio de San Lucas Tolimán, del departamento de Sololá y una pequeña parte se encuentra en el municipio de Patzún Chimaltenango.

Colinda al norte con el parque ecológico Iquitú y finca Santa Alicia, al sur con finca Santo Tomás Pachuj, finca Patzibir, al este con finca Santo Tomás Pachuj, algunos parcelamientos y río Madre Vieja; y al oeste con otros parcelamientos.

Se localiza a 3.8 Km del parque central de San Lucas Tolimán y 76.5 Km del municipio de Mazatenango.

2.2. Vías de acceso

La vía de acceso principal es en la ruta nacional 11 exactamente en el kilómetro 144, en dirección al municipio de Patulul Suchitepéquez al municipio de San Lucas Tolimán, Sololá.

2.3. Ubicación geográfica

Ubicada en las coordenadas Geográficas, Latitud 14.612577 y longitud -91.140518, respecto al meridiano de Greenwich, con una elevación de 1523 m.

2.4. Mapa finca Pampojilá

En la figura dos, se puede observar el mapa de distribución y zonificación de texturas de suelo de finca Pampojilá.

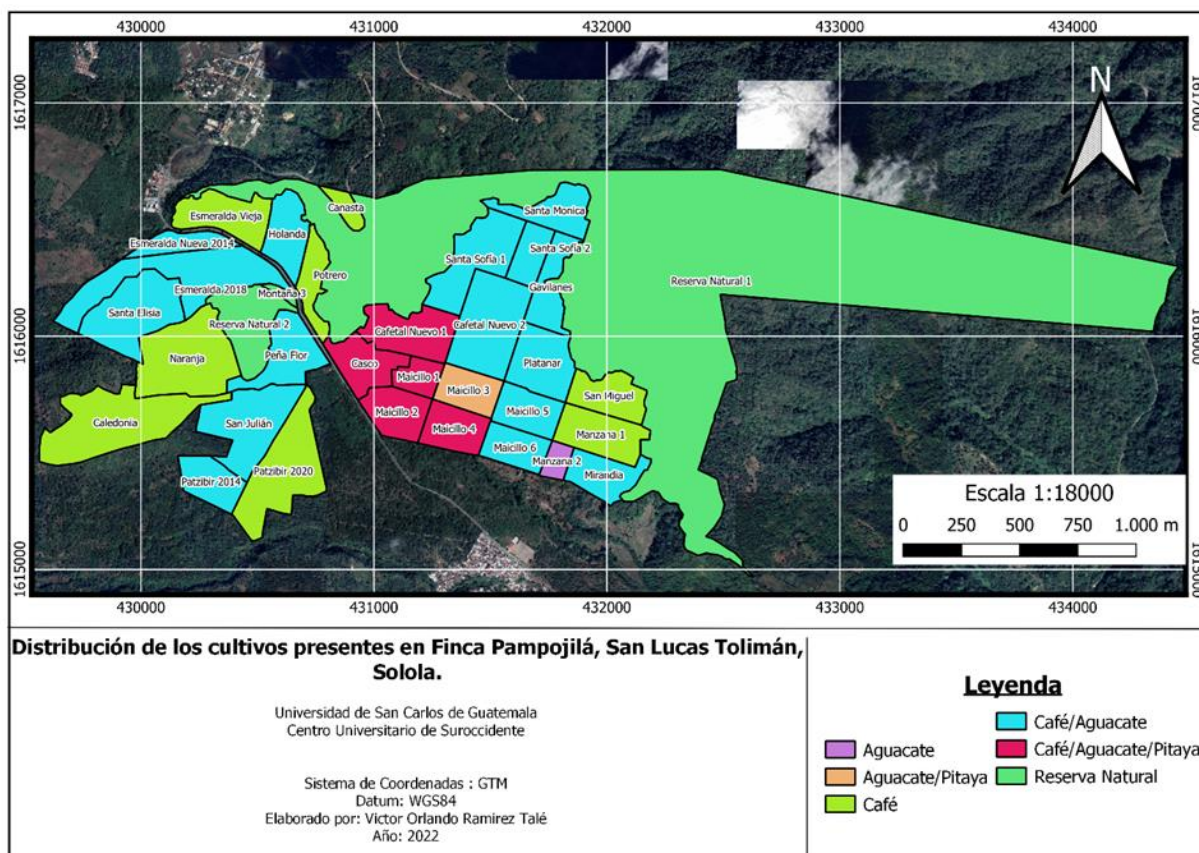


Figura 2. Mapa de uso y límites finca Pampojilá

Fuente: Ramírez V, (2022).

En la figura dos se muestran todos los lotes que son áreas de producción de café, aguacate y pitahaya, categorizando los monocultivos y asociados. El lote Maicillo 3 en donde se realizó la investigación se encuentra sombreado naranja.

2.5. Hidrología

Finca Pampojilá se encuentra ubicada sobre la vertiente del pacífico, sobre la cuenca del Río Madre Vieja. La precipitación media anual es de aproximadamente 2088 mm. La temporada lluviosa comienza a finales del mes de abril y termina en el mes de octubre.

Cuenta con un pozo mecánico, un reservorio de agua de lluvia y con dos nacimientos de agua, del cual uno es utilizado como fuente de agua potable. (Ramírez, 2022).

2.6. Horas luz

Se han contabilizado las horas de luz solar (duración del día) para San Lucas Tolimán y las horas sin luz (duración de la noche) durante el año 2023, es decir, se ha calculado la hora en la que amanece y anochece cada día para ver la duración, o las horas de luz diarias. No se tiene en cuenta el estado del tiempo, no son horas de sol, son horas de iluminación solar. Durante el año 2023 se han calculado un total de 4429 horas y 18 minutos de luz solar.

2.7. Clima

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 11 °C a 26 °C y rara vez baja a menos de 8 °C o sube a más de 28 °C.

2.8. Altura

Elevación media de 1508 msnm.

2.9. Fertirriego

La producción de aguacate en finca Pampojilá se hace bajo un sistema de riego por goteo, en árboles productivos y en crecimiento, es utilizado en época seca, sin embargo, la aplicación de nutrientes en el sistema de riego empieza en el mes de enero y concluye en el mes de abril, o bien, según el comportamiento de sequías o canículas extensas en donde los síntomas de deficiencia son visuales en la plantación, a continuación en la se muestran los nutrientes que se suministran por la vía del riego por goteo:

Tabla 6. Cronograma de fertirriego y el aporte nutricional por elementos de fertilizante para el cultivo de *P. americana*.

Mes	Fertilizante	Dosis (Kg/ha)	Requerimientos	% elementos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	B	MnO
Enero	MAP (mezcla ácidos húmicos)	15	194	10-50-0	1.5	7.5						
Enero	Nitrato de calcio	30	388	15% N-0-0-25 CaO	4.5				7.5			
Enero	Solubor	5	65	20.50%							1.025	
Enero	Sulfato de magnesio	15	194	16 % MgO-13% S				2.4		1.95		
Enero	Sulfato de manganeso	5	65	31 % Mn-18 %						0.9		1.55
Enero	Sulfato de potasio	25	323	50 % - 18 %			12.5			4.5		
Febrero	MAP (mezcla ácidos húmicos)	20	258	10-50-0	2	10						
Febrero	Nitrato de calcio	30	388	15% N-0-0-25 CaO	4.5				7.5			
Febrero	Solubor	5	65	20.50%							1.025	
Febrero	Sulfato de magnesio	15	194	16 % MgO-13% S				2.4		1.95		
Febrero	Sulfato de manganeso	10	129	31 % Mn-18 %						1.8		3.1
Febrero	Sulfato de potasio	20	258	50 % - 18 %			10			3.6		
Marzo	MAP (mezcla ácidos húmicos)	10	129	10-50-0	1	5						
Marzo	Nitrato de calcio	25	323	15% N-0-0-25 CaO	3.75				6.25			
Marzo	Solubor	5	65	20.50%							1.025	
Marzo	Sulfato de magnesio	20	258	16 % MgO-13% S				3.2		2.6		
Marzo	Sulfato de manganeso	5	65	31 % Mn-18 %						0.9		1.55
Marzo	Sulfato de potasio	30	388	50 % - 18 %			15			5.4		
Abril	MAP (mezcla ácidos húmicos)	10	129	10-50-0	1	5						
Abril	Nitrato de calcio	25	323	15% N-0-0-25 CaO	3.75				6.25			
Abril	Solubor	5	65	20.50%							1.025	
Abril	Sulfato de magnesio	20	258	16 % MgO-13% S				3.2		2.6		
Abril	Sulfato de manganeso	5	65	31 % Mn-18 %						0.9		1.55
Abril	Sulfato de potasio	30	388	50 % - 18 %			15			5.4		
Totales					22	27.5	52.5	11.2	27.5	32.5	4.1	7.75

En la tabla, están los meses que comprenden la ampliación de fertilizantes haciendo uso del sistema de riego, se muestran la dosis de fertilizante, el nombre comercial de los fertilizantes, el porcentaje de elementos que aportan estos productos y la cantidad de nutrientes que aportan en forma pura o bien, en molécula como el caso del fósforo (P_2O_5), potasio (K_2O), magnesio (MgO), calcio (CaO) y manganeso (MnO), obsérvese el uso de macronutrientes y elementos menores como el boro y manganeso. De acuerdo con los requerimientos de la tabla, los aportes de nutrientes en fertirriego cubren la demanda del cultivo.

2.10. Suelos

En finca Pampojilá se encuentran suelos con texturas del tipo arenosa, arena franca y franco arenosas, a profundidades de 0 a 40 cm. (Gazit & Degani, 2002). Figura 3. El terreno es semiplano y ondulado en las regiones más alta, con pendientes menores al 10% en la mayoría de los lotes y con pendientes de 10% a 30% en unos pocos, siendo la reserva natural la que posee pendientes mayores al 30%. En la figura se muestran la zonificación de las texturas presentes en los lotes de Pampojilá.

Tabla 7. Cronograma de fertilización directa al suelo, el aporte nutricional, dosis/ha y totales para el cultivo de *P. americana*

Siembras mayor 5 años				Aporte Nutricional Kg/ha									
Fecha	Fertilizante Comercial	concentración (%)	Dosis/ Ha. (kg)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	B	Zn	Kg	Jornal
Mayo	Mezcla física	10.54-6.85-16.03+3.44 CaO+3.77Mg+14.9 2S+0.89 B	204.00	21.5	13.97	32.7	7.69	7.02	30.44	1.82	1.65	1316	7.26
Mayo	Yeso	Sulfato de calcio	185.23										
Junio	K Mg	21.5 % K ₂ O + 17.5 % MgO + 21 % S	183.60			39.47	32.13		38.56			1184.4	6.53
Junio	Granubor / Boro Gra	48% B ₂ O ₃	10.20					2.611		4.90			
Junio	TSP	0-46- 0	34.27		15.77							658	3.63
Julio	Nitrabor	15 %N + 25 CaO + 0.3 B	102.00	15.3				25.5		0.31		1316	7.25
Agosto	Mezcla física	19-4-19+3 Mg +1.9S+0.1B	204.00	39.58	8.16	38.76	6.12		3.876	0.20		1316	7.25
Octubre	Yeso	Sulfato de calcio	185.23										
Octubre	Mezcla física	10.54-6.85-16.03+3.44 CaO+3.77Mg+14.9 2S+0.89 B + 0.81 Zn	204.00	21.5	13.97	32.7	7.69	7.02	30.44	1.82	1.65	658	3.63
Noviembre	Nitrabor	15 %N + 25 CaO + 0.3 B	102.00	15.3				25.5		0.31			
Total				113.2	51.87	143.6	53.63	67.65	103.3	9.343	3.305		

En la tabla, se muestra la fertilización directa al suelo para el cultivo de aguacate en finca Pampojilá, en ella también se muestran las dosis por producto de fertilizante, su concentración y el total de aporte de nutriente.

A continuación, en la tabla, se presenta el resumen de los requerimientos y dosis de nutrientes para aguacate:

Tabla 8. Requerimientos y dosis de nutrientes para el cultivo de *P. americana*

Nutriente	Rendimiento (kg/ha)	Dosis (kg/ha)
Nitrógeno (N)*	20.000	125.20
Fósforo (P)**	20.000	58.40 (P ₂ O ₅)
Potasio (K)***	20.000	112.00 (K ₂ O)
Magnesio (Mg)****	10.000	14.00 (MgO)

*Usar Nitratos de calcio o potasio o mezclas de ambos cuando el pH es menor a 6.

**Aplicar solo si se indican valores bajos.

***No es recomendable aplicar KCL.

****La fuente ideal a aplicar es nitrato de Mg, ya que su absorción se incrementa notoriamente cuando el ion que acompaña al Mg es nitrato, dado que la fuente de nitrato de Mg resulta más cara y de manejo difícil (muy higroscópica), resulta más práctico agregar sulfato de Mg.

Fuente: Martínez Castillo, Mueña Zamorano, & Ruiz Schneider, (2014).

De acuerdo con la tabla ocho, los requerimientos del cultivo de aguacate incluyen los macronutrientes N, P y K y además y secundariamente al Mg. Las dosis son recomendables en forma de molécula tal y como son comercializados los fertilizantes.

Es conveniente resaltar que, en la investigación, en el área que ocuparon los tratamientos y repeticiones no se realizó esta fertilización directa pues se encontró en el análisis químico de suelos, el cual se presenta en anexos, que algunos nutrientes se encuentran en exceso.

2.12. Investigaciones del uso de fertilizantes foliares en *P. americana*

En una Investigación usando boro aplicado de forma foliar para aumentar el cuajado de frutos y el rendimiento de los cultivos sembrados ha sido extenso. Se basa en informes de la literatura que documentan el efecto positivo del boro sobre la germinación del polen; crecimiento del tubo polínico al óvulo; gametogénesis; y la división celular durante las primeras etapas de desarrollo de la fruta (Lovatt & Dugger, 1984). Se lograron producir aumentos en respuesta a la adición de boro incluso para árboles con niveles adecuados de boro (Hanson & Breen, 1985). Los aerosoles de boro fueron más efectivos cuando

estaban fríos, el clima húmedo predominó durante la floración, condiciones que reducen la actividad de las abejas y la polinización (Hanson & Breen , 1985). En Sudáfrica, (Robbertse, Coetzer, & Bessinger, 1992) demostró que cuando los pistilos se cosechan de árboles de aguacate que reciben una aplicación foliar de boro fueron polinizados con polen de árboles también rociados con boro, germinación de polen y tubo polínico el crecimiento fue significativamente mejor que en las flores de árboles sin tratar. Sin embargo, estadísticamente significativo el rendimiento aumenta en respuesta a la aplicación foliar de boro sólo se consiguieron en algunos huertos y en algunos años (Robbertse, Coetzer, & Bessinger, 1992).

Efecto de la fertilización en base a N-P-K-Ca-Mg-B-Zn en Palto (*Persea americana* mill.) cv. Hass sobre su desarrollo, productividad y postcosecha de la fruta.

(Gardiazábal, Mena, & Magdahl, 2007) llevaron a cabo en la localidad de Llay-Llay durante cuatro años (2001-2002 a 2004-2005), en paltos plantados en ladera de cerro en diciembre de 1997, con la finalidad de determinar si un programa de fertilización que incluye aportes de N, P, K, Ca, Mg, B y Zn mediante fertilizantes solubles, versus un programa tradicional de fertilización para huertos de paltos, que incluye nitrógeno, boro y zinc, tiene mejores resultados en cuanto a crecimiento, producción, calibre de frutas o en la postcosecha. Ambos tratamientos fueron aplicados anualmente en tres épocas: i) primavera, plena flor (fines de octubre comienzos de noviembre), ii) verano, rápido crecimiento de los frutos (enero) y iii) otoño, inducción y diferenciación floral (fines de abril comienzos de mayo). Los resultados obtenidos muestran que hay una sostenida y mayor disponibilidad en el suelo de la mayoría de los elementos aplicados con la fertilización completa. Sin embargo, a nivel foliar no se aprecia lo mismo ya que casi no hay diferencias. Hay un mayor crecimiento de troncos con la fertilización completa; los crecimientos de brotes variaron de año en año y están íntimamente relacionados con la producción de fruta de cada temporada. Con relación a la producción y el calibre de fruta, muestran distintos resultados a través de los años. En la postcosecha se evaluó presión pulpa, color, pardeamiento vascular, daño por frío y pudriciones a los 25, 30, 35, 40, 45 y 50 días de refrigeración, sin detectar diferencias.

IV. OBJETIVOS

1. General

- 1.1. Evaluar formulaciones de fuentes de fertilizante foliar en *Persea americana* Mill var. Hass “Aguacate” en finca Pampoijlá, San Lucas Tolimán, Sololá.

2. Específicos

- 2.1. Determinar el efecto de las fuentes de fertilización foliar en el rendimiento de frutos de aguacate.
- 2.2. Identificar una fuente de fertilización foliar que produzca frutos de aguacate con calibre de exportación europea.
- 2.3. Generar un modelo de crecimiento de frutos de aguacate en la cosecha principal.
- 2.4. Analizar económicamente los tratamientos de fuentes de fertilizantes foliares en frutos de aguacate.

V. HIPÓTESIS

Ha: Al menos una de las formulaciones de fuente de fertilizante foliar evaluadas generará un efecto significativo sobre las variables de respuesta evaluadas.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materiales

Los materiales utilizados en la evaluación se describen en la tabla nueve.

Tabla 9. Descripción de los materiales utilizados

Recurso	Unidad	Nombre	Descripción
Físicos			
	1	Bomba Murayama MSO73D	Fertilizantes foliares y equipo.
	1 kg	(25 lt)	
	1 kg	Sulfato de zinc	
	1 kg	Solubor	
	1 kg	Nitrato de calcio	
	1 lt	Nutrex L	
	1 lt	Cabtrac	
	1 lt	Magzibor	
	2 lt	Metalosete boro	
	3 lt	Metalosate calcio	
	2 lt	Metalosate zinc	
	2 lt	ATP up	
	2lt	Pack Hard	
	1 lt	Selecto XL	
	1 lt	Foliveex Zn (20%)	
	200 lt	Agua	
	1	Probeta	
	1	Copa medidora	
	1	Equipo protector	
Humanos			
	1	Practicante EPS	Responsable de la evaluación.
	1	Aplicador de fertilizante foliar	Responsable de la aplicación.
	1	Cosechador	Responsable de manejo de cosecha.
Financieros			
	1	Finca (AGRATISA)	Pampoijlá
			Empresa responsable de los costos totales de la evaluación

2. Metodología

2.1. Material vegetal

La evaluación se llevará a cabo en el lote Maicillo 3, establecido con el cultivo de aguacate variedad Hass, en finca Pampojilá. Los árboles de aguacate de este lote son árboles adultos productivos de 7 a 12 años de edad.

2.2. Diseño experimental

Se uso el diseño estadístico de bloques completos al azar sin arreglo, en el que se usaron seis tratamientos.

El diseño se ha seleccionado porque el material vegetal es heterogéneo, si bien es la misma variedad y se encuentran en estado productivo los árboles difieren en cuanto al desarrollo vegetativo, por otro lado, las unidades experimentales son relativamente homogénea en condición de sus propiedades físicas y químicas.

2.2.1. Tratamientos

Los tratamientos utilizados en la evaluación comprenden la mezcla de productos, la dosificación, también varía conforme el producto y las recomendaciones de los fabricantes y la decisión de la administración de finca Pampojilá. En la tabla 10, se pueden visualizar las mezclas y la dosificación de productos.

Tabla 10. Descripción de los tratamientos, fuente del elemento, concentración y dosis

Tratamiento 1 (Testigo relativo)				
Fuente del elemento	Elemento	Fórmula	Concentración del elemento (%)	Dosis (lt-kg/ha)
Sales minerales	Cobre	CuSO ₄	20.00	1.10
	Zinc	ZnSO ₄	21.50	
	Boro	Na ₂ B ₈ O ₁₃	20.50	
	Calcio	Ca (NO ₃) ₂	25.60	
	Aminoácidos libres		12.00	
	Nitrógeno	N	6.00	1.36
	Fósforo	P ₂ O ₅	8.00	
	Potasio	K ₂ O	5.00	
	Boro	B	0.0040	
	Hierro	Fe	0.0550	
Aminoácidos (bioestimulantes)	Manganeso	Mn	0.0040	
	Zinc	Zn	0.0080	
Tratamiento 2				
Fuente del elemento	Elemento	Fórmula	Concentración del elemento (%)	Dosis (lt/ha)
Quelatos orgánicos naturales	Nitrógeno	N	6.80	3.00
	Boro	B	5.00	
	Zinc	Zn	10.00	
	Calcio	CaO	35.00	
	Zinc	Zn	70.00	1.00
	Nitrógeno	N	1.80	
Tratamiento 3				
Fuente del elemento	Elemento	Fórmula	Concentración del elemento (%)	Dosis (lt/ha)
Quelatos orgánicos naturales	Boro	B	5.00	0.40
	Zinc	Zn	6.80	0.50
	Calcio	Ca	6.00	0.50

Continuación de la tabla 10...

Tratamiento 4				
Fuente del elemento	Elemento	Fórmula	Concentración del elemento (%)	Dosis (lt/ha)
Reguladores de crecimiento y aminoácidos (bioestimulantes)	Boro	B	0.50	2.00
	Calcio	Ca	6.02	
	Nitrógeno	N	5.90	
	Fósforo	P ₂ O ₅	20.90	1.00
	Citoquinina		0.20	
	Giberelina		0.003	
	Auxina		0.003	0.50
	Nitrogéno	N	0.50	
	Fósforo	P ₂ O ₅	1.00	
	Potasio	K ₂ O	3.00	
	Hierro	Fe	0.50	
	Zinc	Zn	1.00	
	Magnesio	Mg	0.30	
	Manganeso	Mn	0.50	
Tratamiento 5				
Testigo absoluto				
Tratamiento 6				
Fuente del elemento	Elemento	Fórmula	Concentración del elemento (%)	Dosis (kg/ha)
Sales minerales	Boro	Na ₂ B ₄ O ₇	11	2.22
	Manganeso	MnSO ₄	26	

En la tabla se enlistan los seis tratamientos investigados, además en la tabla se muestra la fuente de fertilizante foliar, las formulaciones de los productos y su concentración además de las dosis utilizadas en kg/ha. De modo que, las fuentes son sales minerales, quelatos orgánicos naturales y biestimulantes, se encontrará que algunos nutrientes se repiten dentro de cada tratamiento, esta particularidad es porque los productos comercializados contienen macronutrientes primarios y secundarios según sea la concentración.

En la tabla se muestra una representación de los tratamientos por concentración de elementos:

Tabla 11. Concentración (%/l) de los elementos en macro y micronutrientes de los tratamientos

Tratamiento	Fuente de fertilizante foliar	Macronutrientes (%/l)					Micronutrientes (%/l)				
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	B	Mn	Cu	S
1	Sales minerales y aminoácidos (bioestimulantes)	6.00	8.00	5.00	26.00	----	22.01	20.50	0.01	25.00	23.00
2	Quelatos	76.00	----	----	35.00	----	10.00	5.00	----	----	----
3	Quelatos	----	----	----	15.52	1.00	2.80	0.03	1.00	0.25	----
4	Reguladores de crecimiento y aminoácidos (bioestimulantes)	9.6	36.18	4.00	8.00	0.60	1.53	0.28	----	0.50	----
5	Testigo absoluto	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
6	Sales minerales	----	----	----	----	----	----	47.70	31.00	----	----

Se encuentra que, los elementos fueron suministrados en varios tratamientos con la diferencia de concentración del elemento en la solución de fertilizante foliar.

2.2.2. Grados de libertad

Sea t el número el factor t (tratamientos) distribuidos en r (bloques).

La fuente de variación para el análisis estadístico es: fuentes de grado de libertad

Tratamiento ($t - 1$) = 5

Bloques ($r - 1$) = 4

El número de repeticiones (bloques) se determinó tomando en cuenta que los grados de libertad del error deben de ser mayores o iguales a 12, que de acuerdo al diseño experimental se calcula con la formula.

$$gl = (t - 1) (r - 1)$$

Donde:

Gl = grados de libertad

r = número de bloques

t = tratamientos

$$gl = (6 - 1) (4 - 1) = 15$$

La evaluación se llevó a cabo por medio de un diseño de bloques completos al azar.

2.2.3. Diseño experimental

El diseño que se usó en la investigación fue bloques completos al azar, dispuesto con 6 tratamientos y 4 repeticiones. El bloque fue escogido debido a la variante de edad y tamaño de los árboles y la pendiente del terreno.

2.2.4. Modelo estadístico

El modelo asociado a este diseño experimental se muestra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, 3, \dots, t \\ j = 1, 2, 3, \dots, r \end{cases}$$

Siendo:

Y_{ij}	=	variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.
μ	=	media general de la variable de respuesta
τ_i	=	efecto del i-ésimo tratamiento
β_j	=	efecto del j-ésimo bloque
ε_{ij}	=	error asociado a la ij-ésima unidad experimental.

2.2.5. Unidad experimental

El número de unidades experimentales se determinó de la siguiente forma:

Unidades experimentales (UE) = Número de tratamientos x Número de bloques

Unidades experimentales (UE) = (6) x (4)

Unidades experimentales (UE) = 24

Tomando en cuenta el distanciamiento de siembra de aguacate en el lote Maicillo 3 de finca Pampojilá es de 7 x 7 metros.

A continuación, en la figura cuatro, se muestra la distribución y dimensión de la unidad experimental.

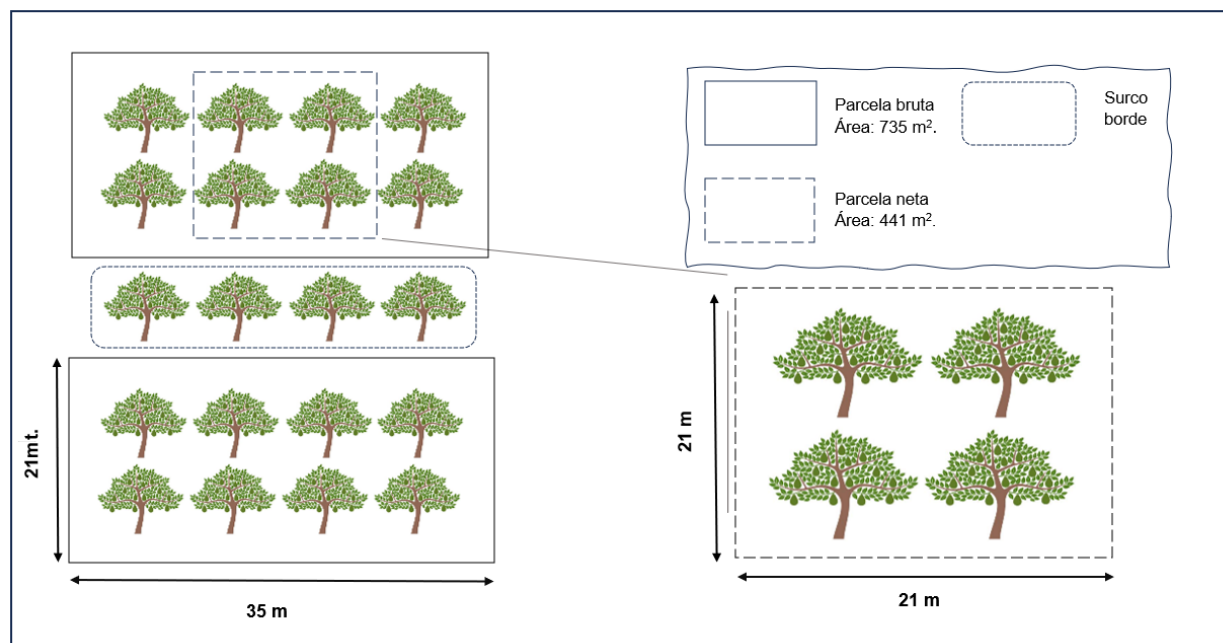


Figura 4. Disposición y dimensiones de las parcelas neta y bruta de la investigación

La figura cuatro es una representación pictográfica de una unidad experimental (UE), de modo que todas las unidades se encuentran en el lote Maicillo 3, cada UE conformada por la parcela bruta con ocho árboles con un área de 735 m. y la parcela neta con cuatro árboles con un área de 441 m., lo que significa que los tratamientos fueron aplicados en cada UE, entonces, los árboles en los que fueron medidas las variables de respuesta fueron los de la parcela neta comprendida con cuatro árboles. El número de árboles utilizados fue para reducir los costos de operación y productos.

En el caso de la distribución de las repeticiones y los tratamientos se muestran:

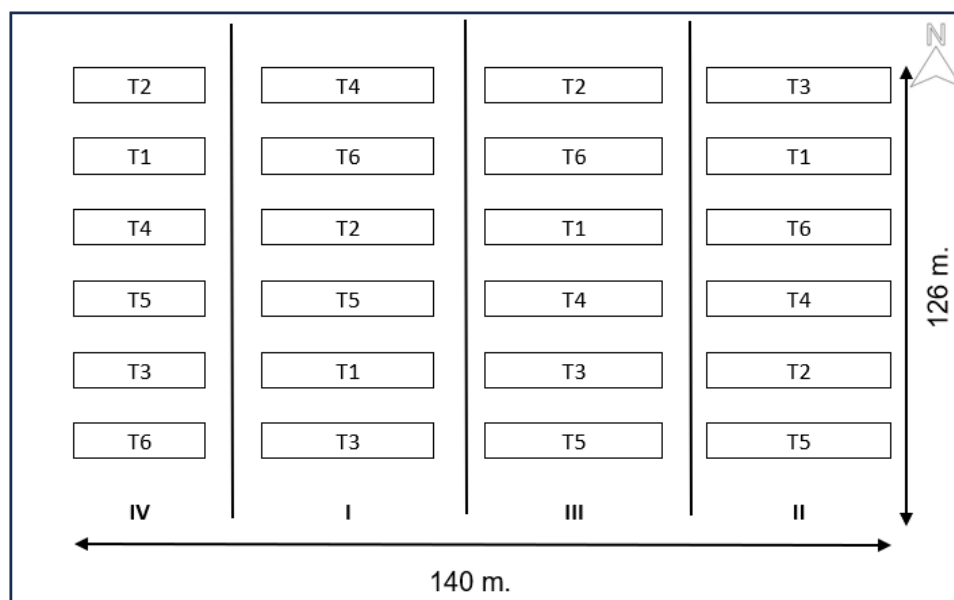


Figura 5. Croquis de la distribución de los tratamientos de la investigación

A modo de explicación, en la figura cinco se muestra la distribución de los tratamientos por unidad experimental y su repetición en el bloque, es esto el resultado de la aleatorización de los tratamientos dentro del bloque y la aleatorización que también se realizó para los bloques y poderlos distribuir en el lote Maicillo 3.

2.3. Determinación del efecto de las fuentes de fertilizante foliar en el rendimiento de frutos de aguacate

2.3.1. Descripción

Los datos de rendimiento en kilogramos por hectárea de cada tratamiento fueron obtenidos de cada parcela neta por cada tratamiento. La cosecha se inició a las 9:00 am, indicándoles a los trabajadores de campo que tenían que cosechar tomando en cuenta la etiqueta con el mismo color y con el mismo código, que eran cuatro árboles en los que se repetía el color y código, en el caso de las repeticiones de los tratamientos también se les explicó que, en cada bloque tenían seis códigos y seis colores; los frutos fueron ubicados en las cajillas identificadas con el mismo código y número de tratamiento. La cosecha total de los árboles de las parcelas netas de cada tratamiento fue pesado en cajas plásticas.

2.3.2. Variable

Rendimiento en kilogramos por hectárea.

2.3.3. Análisis de la variable

Se realizó a través del análisis de la varianza al 5% de significancia, para el efecto se usó el programa estadístico INFOSTAT, en el que se ingresan los datos obtenidos en la medición de la variable, con el diseño estadístico de bloques completos al azar. En este análisis se encuentra si hay significancia en el p-valor, de tal modo que, cuando este valor es menor a 0.005 indica que si hay diferencias por lo que se realiza una prueba múltiple de medias según el criterio de Tukey también al 5% de significancia.

Los resultados de la prueba múltiple de medias se representaron en una figura con barras las cuales indican los tratamientos, en esta figura además, se indica la media general de los datos obtenidos, los tratamientos se muestran en el eje X y los pesos en el eje Y. En cada barra aparece una letra que indica el agrupamiento según Tukey, la diferencia mínima significativa (DMS) es la línea de corte de cada barra, esta línea indica el cambio de letra en los tratamientos, cuando esta línea se encuentra al mismo nivel de la barra anterior la letra sigue siendo la misma, por el contrario cuando esta línea sobrepasa la barra o se encuentra por debajo de esta, se identifica con otra letra.

2.4. Identificación de una fuente de fertilizante foliar que produzca frutos de aguacate con calibre de exportación europea

2.4.1. Descripción

Para el peso en kilogramos se cosechó una muestra de 20 frutos provenientes de los cuatro árboles por parcela neta de cada tratamiento (cinco frutos por árbol), los frutos se pesaron en una balanza digital. (figura seis).

2.4.2. Variable

Las variables de clasificación fueron peso y diámetros polar y ecuatorial de los frutos.

2.4.3. Análisis

Se uso la norma de la Comisión del Código Alimentarius. FAO/OMS Norma Codex para el aguacate, (2013), que presenta las disposiciones relativas a la clasificación por calibres, los aguacates se pueden clasificar por el peso de frutas en el envase (conteo) o bien, por el peso del fruto de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 12. Escala de calibre de frutos de aguacate

Escala de peso (kg)	Código de calibre
0.781 a 1.220	4
0.576 a 0.780	6
0.461 a 0.575	8
0.366 a 0.460	10
0.306 a 0.365	12
0.266 a 0.305	14
0.236 a 0.265	16
0.211 a 0.235	18
0.191 a 0.210	20
0.171 a 0.190	22
0.156 a 0.170	24
0.146 a 0.155	26
0.136 a 0.145	28
0.125 a 0.135	30

Fuente: Comisión del Código Alimentarius. FAO/OMS. Norma CODEX para el Aguacate, (2013).

En el análisis estadístico se usó el programa INFOSTAT, ingresando los datos de la variable y corriéndolos en un diseño de bloque completos al azar, el análisis de la varianza fue al 5% de significancia para las tres variables. Según los resultados obtenidos hubo diferencia significativa en las tres variables por lo que fue necesario realizar una prueba múltiple de medias según Tukey.

Los resultados del peso promedio de frutos se muestran en una gráfica de Box-Plot, en donde se observan cajas que son representadas por los tratamientos en el eje X, en el eje Y los pesos en kilogramos. En las cajas hay una línea que incluye la mitad de los pesos que se encuentran más cercanos a la media, la línea que divide las cajas es la

mediana, es decir, el valor central de los datos, la línea vertical en cada caja son la otra mitad de los datos.



Figura 6. Medición de la variable rendimiento. A) Pesaje en gramos de frutos de aguacate y B) Estiba de cajas de frutos de aguacate cosechado de los tratamientos.

2.4.1. Medición de diámetros polar y ecuatorial (m)

A los mismos frutos pesados, se les obtuvieron los diámetros polar y ecuatorial, separando los frutos de acuerdo a su longitud diámetro y exportación.

Cabe mencionar que el calibre de exportación europea se realizó con base a análisis de la varianza de resultado de cada tratamiento evaluado, la cual implica un peso superior a los 126 gramos por, es una variable evaluada estadísticamente. La ficha comercial de SOLAGRO los frutos de aguacate deben de presentar un diámetro polar mayor de 7 cm y un diámetro ecuatorial mayor a 5.2 cm. (SOLAGRO, 2023). A continuación se muestra la medición polar y ecuatorial de los frutos de aguacate.



A



B

Figura 7. Medición de calibre de frutos de aguacate. A) Medición polar y B) Medición ecuatorial

2.5. Generación del modelo de crecimiento de frutos de aguacate en la cosecha principal

2.5.1. Descripción

Con intervalos de 15 días, tomando en cuenta un árbol de cada parcela neta por tratamiento. se escogieron al azar cuatro frutos (norte, este, oeste y sur). se muestran cómo se obtuvieron las mediciones.



Figura 8. Lectura del diámetro ecuatorial en frutos de aguacate

2.5.2. Variable

Crecimiento de frutos en metros en consecuencia al tiempo.

2.5.3. Análisis

El análisis de esta variable se hizo obteniendo un promedio de los cuatros furtos de cada árbol. Los datos obtenidos de la medición de la variable se tabularon en una hoja de Excel, se generó un gráfico en donde se presenta en el eje X el tiempo y en el eje Y el crecimiento de los frutos en metros, se determinaron tres fases, que dependieron del aumento de tamaño en el tiempo, de modo que, se marca una curva sigmoide.

2.6. Análisis económico de los tratamientos de fuentes de fertilizante foliar en frutos de aguacate

2.6.1. Descripción

El objetivo de esta actividad consistió en determinar un tratamiento, o dicho de una manera, una fuente de fertilizante foliar en el que su utilización sea rentable. Por eso, los seis tratamientos fueron sometidos al análisis.

2.6.2. Variable

Índice de rentabilidad y la relación beneficio costo

2.6.3. Análisis

Para realizar el análisis económico, primero se realizó la determinación de costos totales para cada uno de los tratamientos, que, se hizo por medio de costos fijos y costos variables. Los costos fijos (C.F.) corresponden a los costos generales en que se incurrieron en la evaluación. Los costos variables (C.V.) fueron los costos específicos para cada uno de los tratamientos. Los costos totales (C.T.) son la sumatoria de los costos fijos y los costos variables de cada tratamiento.

Teniendo determinados los costos totales (C.T.) de cada tratamiento, y el valor del volumen de la producción y del precio de venta, se procedió a determinar en análisis económico, en relación al índice de rentabilidad y la relación beneficio costo.

El análisis económico se realizó con base en las siguientes fórmulas.

Tabla 13. Formulas usadas para el análisis económico

INDICADORES	FÓRMULAS
Costo Total de Producción	$CT = CF + CV$
Volumen de Producción	$VP = \text{Rendimiento (Kilogramos)}$
Costo Unitario Promedio	$CU = CT / \text{Rendimiento o VP}$
Margen de Utilidad Unitaria	$MU = 30 \text{ a } 40 \% \text{ de } CU$
Precio Promedio de Venta	Precio de Venta por libra
Valor Bruto de la Producción (Ingresos)	$VBP = \text{Rendimiento} \times CT$
Utilidad Total de Producción	$UT = VBP - CT$
Índice de Rentabilidad (%)	$IR = (UT / CT) \times 100$
Relación Beneficio / Costo	$Rel. B/C = VBP / CT$

El ingreso total se determinó con el precio del kilogramo de aguacate. Los costos totales son todos aquellos gastos en los que se incluye el precio de los productos y el costo que implica la cosecha y postcosecha.

2.7. Manejo de la investigación

En el lote Maicillo 3 de finca Pampojilá cultivado con aguacate de la variedad Hass con 12 años de edad se realizó la evaluación de fuentes de fertilizantes foliares (sales minerales, quelatos y reguladores de crecimiento) distribuidos en seis tratamientos, tomándose en cuneta un testigo absoluto y uno relativo. El intervalo de aplicación fue de 30-31 días.

La investigación se inició el 27 de abril y culminó el 27 de octubre del 2023, además, se realizaron monitoreos de plagas y enfermedades, control de malezas conforme al plan anual del cultivo, (limpiezas manuales en el mes de abril). Según los monitoreos de plagas y enfermedades se hicieron aplicaciones de plaguicidas. Las dosis de los tratamientos fueron obtenidas con base en las recomendaciones del fabricante.

2.7.1. Preparación de los tratamientos

Aquí se usó una probeta, una cubeta y un dique. Así pues, con la probeta se midieron los productos de acuerdo a las dosis establecidas en la tabla 10.

Se prepararon las mezclas de los tratamientos siguiendo un orden de solubilidad de los productos, esto es, en el caso de las sales minerales se realizó una premezcla, en la que, con el propósito de que el producto fuese disuelto de mejor forma para que no ocasionara obstrucciones en la boquilla de aspersión. El dique fue utilizado para evitar derrames y evitar así contaminación de suelo.

En el caso de los tratamientos de fuentes quelatadas, aminoácidos y reguladores de crecimientos, son todas líquidas no fue necesaria la premezcla, sin embargo, se incorporaron de acuerdo a su densidad, es decir, los productos mas densos fueron los que se incorporaron al principio.

Seguidamente se aprecian los productos utilizados en una aplicación de los seis tratamientos.



A



B

Figura 9. Preparación de los tratamientos. A) Reguladores de crecimiento y B) Sales minerales.

Como se muestra en la figura, de los productos utilizados para la aplicación de tratamientos en las unidades experimentales, esta figura la comprenden dos, en A se muestran los productos de fuente bioestimulante y en B producto de fuentes de sales minerales, evidentemente las sales son sólidas por lo que comprenden polvos o gránulos de minerales y productos inertes, en el caso de los líquidos, son quelatos y están disueltos en agua. Es por ello que los productos poseen una etiqueta en la que se muestran las concentraciones de nutrientes disueltas (en agua y vermiculitas, por ejemplo) y los productos según su etiqueta son presentados en el porcentaje de su peso disuelto en el volumen total en el que se comercializa dicho producto.

Se muestra la forma de preparación de mezcla, siendo realizada por el aplicador, quien posee un traje de protección completo y adecuado para cumplir con su cometido.



A



B



C



D

Figura 10. Preparación de las mezclas foliares. A) Medición de dosis; B y C) Mezcla de productos y D) Tratamiento mezclado.

Se muestra la mezcla de los productos por tratamientos, se hace mención que las fuentes de sales minerales por ejemplo y que se observa en D, al ser solidos su solubilidad en agua debe de realizarse anteriormente una premezcla, de no ser así pueden ocasionar taponamientos en la boquilla de aplicación.

2.7.3. Aplicación de los tratamientos



A



B



C



D

Figura 11. Aplicación de los tratamientos. A) Aspersión en árboles en crecimiento; B, C y D) aspersión en árboles productivos.

Se evidenció las aplicaciones se realizaron en la mañana entre las 6:00 am y 12:00 am. La calibración del operador como el de la máquina se realizó tomando en cuenta el tiempo en el que se descargaba 25 litros de mezcla y en el caso del operador la

calibración se llevó a cabo tomado en cuenta una distancia de 25 metros en los que se tomó en cuenta el tiempo y el volumen de descarga final en esos metros,

2.7.4. Análisis de la información de la investigación

Los datos recolectados fueron analizados mediante el efecto de los tratamientos sobre las variables paramétricas determinado por ANDEVA, con una significación de 5%. Si existe diferencia significativa de las medias entre los tratamientos conforme a las variables evaluadas, se sometieron a una prueba múltiple de medias según Tukey al 5% de significancia, y serán determinados a través del programa estadístico Infostat.

Se ha escogido el comparador Tukey porque es de fácil cálculo puesto que se define un solo comparador, resultante del producto del error estándar de la media por el valor tabular en la tabla de Tukey usando como numerador el número de tratamientos y como denominador los grados de libertad del error. Dado que el análisis de varianza genere un efecto significativo, la prueba de Tukey provee un nivel de significancia global de α cuando los tamaños de las muestras son iguales y de α a lo sumo a cuando no son iguales.

VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos en la calibración de frutos.

1. Determinación del efecto de las fuentes de fertilizantes foliar en el rendimiento de frutos de aguacate

1.2. Rendimiento en kilogramos por hectárea

Se presentan los rendimientos en kilogramos por hectárea, se observan los promedios de los tratamientos en las 24 unidades experimentales y el bloque respectivo.

Tabla 14. Registro para el ANDEVA del rendimiento en kg/ha de frutos de aguacate.

Tratamientos	Bloques	Ren. (Kg/ha)
T1	I	4199.96
T1	II	4353.62
T1	III	4456.05
T1	IV	4225.57
T2	I	5249.95
T2	II	5378.00
T2	III	5506.04
T2	IV	5121.90
T3	I	5147.51
T3	II	5249.95
T3	III	5224.34
T3	IV	5275.56
T4	I	4097.52
T4	II	4071.91
T4	III	3841.43
T4	IV	3918.25
T5	I	3764.60
T5	II	3585.33
T5	III	3713.38
T5	IV	3764.60
T6	I	5173.11
T6	II	5301.17
T6	III	5506.04
T6	IV	5378.00

La transformación de datos no fue necesaria en ninguna variable pues todas son variables continuas.

Tabla 15. ANDEVA de la variable de respuesta rendimiento en kg/ha de frutos de aguacate

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Ren. (Kg/ha)	24	0.98	0.97	2.60	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10830539.63	8	1353817.45	92.70	<0.0001
Tratamientos	10790860.92	5	2158172.18	147.78	<0.0001
Bloques	39678.71	3	13226.24	0.91	0.4615
Error	219052.73	15	14603.52		
Total	11049592.36	23			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=277.62538					
Error: 14603.5152 gl: 15					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T6	5339.58	4	60.42	A	
T2	5313.97	4	60.42	A	
T3	5224.34	4	60.42	A	
T1	4308.80	4	60.42		B
T4	3982.28	4	60.42		C
T5	3706.98	4	60.42		C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

Se muestra el análisis de la varianza para la variable rendimiento promedio en kilogramos de fruto por tratamiento, con un 2.60 de coeficiente de variación, se encontraron diferencias significativas en los tratamientos. Por lo que fue necesario realizar una prueba múltiple de medias de acuerdo al criterio Tukey, prueba que se muestra en la figura:

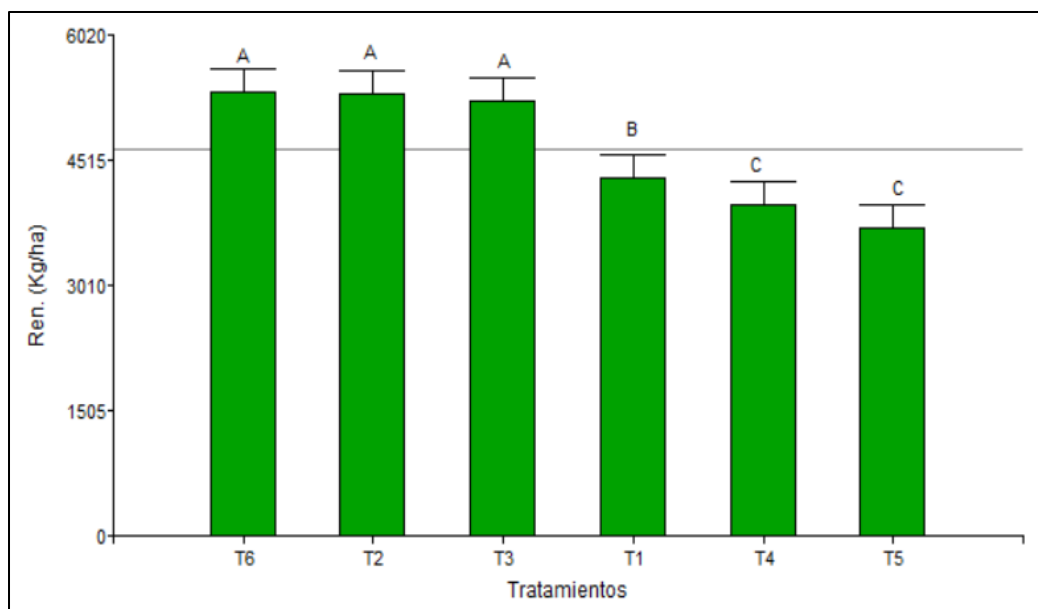


Figura 12. Rendimiento en kg/ha de frutos de aguacate

Después de realizar el análisis de varianza para la variable rendimiento (Tabla 8), se encontró que si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p=0.0001$), por lo anterior, se procedió a realizar la comparación múltiple de medias con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, dando como resultado el agrupamiento que se muestra en la figura 12. En esta figura también se presenta la media general graficada en el eje Y, además la diferencia mínima significativa de 277.6253, es la línea que se encuentra debajo de las letras de agrupamiento, cuando la línea de corte de cada barra sobrepasa el filo de la barra se agrupa con letra diferente, dando como resultado que el T6 (sales minerales) y el T2 (quelatos naturales) son los mejores en cuanto al rendimiento, con 5,339.58 y 5,313.97 kg/ha respectivamente.

El T6 compuesto por manganeso y boro, (Gardiazabal, 2011), menciona que el boro está estrechamente asociado con la división celular y la actividad meristemática (responsable del crecimiento), siendo particularmente importante durante la polinización y el desarrollo temprano del fruto. Tal es así que, en árboles severamente deficientes, se producen deformaciones del fruto y de los brotes (Gardiazabal, 2011). El boro tiene un efecto positivo en la gametogénesis (formación del óvulo y grano de polen), germinación del polen, crecimiento del tubo polínico hacia el óvulo, así como en la división celular en las

etapas iniciales del desarrollo del fruto. Los efectos positivos de la aplicación de boro también se han observado en árboles sin deficiencia de este nutrimento (Jaganath & Lovatt, 1995). También se ha observado que incrementa la división celular y la síntesis de ácidos nucleicos en el fruto en desarrollo, lo que incrementa su posibilidad de retención (Faust, 1989).

El déficit de B produce diferentes trastornos en el árbol, pero los más importantes afectan a la producción y calidad del fruto. Estos efectos están relacionados al rol fisiológico del B en el proceso de crecimiento del tubo polínico y cuajado del fruto. En el caso específico del aguacate, una de las funciones más importantes del boro está en la activación del crecimiento del tubo polínico, con lo cual un déficit del mismo conduce a menor cuajamiento y menor producción (Gamalier, y otros, 2005). Cuando el boro está deficiente se manifiesta como una reducción en el tamaño del fruto y una redondez muy marcada y oscurecimiento de la semilla (Cerdas, M.; Calderón, M.; Díaz, E., 2006)

Las aspersiones con boro cuando las inflorescencias han alcanzado el estado coliflor (elongación de ejes secundarios de la inflorescencia, los que todavía están cubiertos por sus brácteas, flores pequeñas sin abrir), han dado resultados promisorios para mejorar el amarre de fruto (Salazar-García, Lord, & Lovatt, Inflorescence and Flower Development of the "Hass" Avocado (*Persea americana* Mill.) During "on" and "of" Crop Years, 1998).

(Catillo , Avitia, Tirado, & Arriaga, 1998) Al respecto, la aplicación foliar de boro (tetraborato de sodio BORAX), a árboles de aguacate en la floración y desarrollo de éstas (elongación de las inflorescencias secundarias) incrementó el número de tubos de polen que alcanzan el óvulo (Lovatt C. , 1999).

El T2, compuesto por los elementos nitrógeno calcio y zinc que de acuerdo con Gamalier et al., 2005 las deficiencias de N reflejan caída temprana de frutos y frutos pequeños por lo que la aplicación foliar de este elemento pudo haber contribuido al amarre de frutos y producido frutos de mayor tamaño, en el caso de calcio su contenido y balance está relacionado con el desarrollo fisiológico del fruto, en lo que respecta al Zinc cuando hay deficiencias el fruto presenta tamaños pequeños y de forma redondeada, (Salazar-García, Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones. Instituto Nacional de

Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Asociación con el Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS), 2002).

En lo que se refiere al T2 y T3, compuestos por quelatos se menciona que, el proceso de quelación de un catión neutraliza la carga positiva de los metales permitiendo que el complejo formado quede prácticamente de carga 0. Esto es una ventaja para facilitar la penetración de iones a través de la cutícula foliar cargada negativamente, y de esta forma no hay interferencia en la absorción por efecto de repulsión o atracción de cargas eléctricas. De esta forma los quelatos pueden ser absorbidos y translocados más rápidamente que las sales debido a su estructura que los hace prácticamente de carga neta 0.

A conveniencia y de acuerdo con el análisis químico de suelos realizado en Maicillo 3, se encuentran deficiencias en Boro (0.80 mg/l) y Manganese (6.02 mg/l), por lo que el aporte en la aplicación foliar complementaria en reproducción se demostró con base en los resultados del análisis de la varianza que aumenta los rendimientos por hectárea respecto a las aplicaciones foliares con biostimulantes.

El crecimiento y desarrollo del fruto está regulado hormonalmente y las hormonas implicadas son las auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico y etileno (Nitsch, 1970); (Ozga & Reinecke, 2003). Los factores mencionados anteriormente como crecimiento del tubo polínico, etc., son factores de crecimiento por los cuales la polinización y la fecundación estimulan el cuajado y desarrollo del fruto incluyen las auxinas, giberelinas, citoquininas y etileno (Nitsch, 1970; Ozga y Reinecke, 2003). Sin embargo, en los tratamientos en donde se usaron esta fuente de fertilización no presentaron resultados positivos por lo que resulta conveniente evaluar aplicaciones de biostimulantes según la etapa fisiológica de la flor.

Así (Brower & Cutting, 1988) proponen un modelo del control hormonal del fruto en aguacate, con un incremento de las auxinas, giberelinas y citoquininas durante el inicio del crecimiento del fruto y posterior disminución; y un aumento del ácido abscísico próximo a la madurez y de etileno en la maduración del fruto. Sin embargo, para dichos autores, son necesarias más investigaciones para entender el control endógeno del desarrollo del fruto. Para (Cowan, Cripps, Richings, & Taylor, 2001), el conocimiento de

papel de las hormonas en el desarrollo del fruto en aguacate es rudimentario; e indican que las citoquininas ejercen su efecto sobre el cuajado, mientras que las giberelinas afectan al crecimiento del fruto y las auxinas ambos procesos.

Pues después del cuajado, el control del crecimiento del fruto lo establece las semillas en desarrollo. La importancia de las semillas en el desarrollo del fruto se puso de manifiesto en trabajos clásicos realizados en manzana y fresa y que recoge (Nitsch, 1970) en su revisión. Las semillas en desarrollo son lugares de síntesis de los reguladores de crecimiento, y estimulan el desarrollo de los tejidos del fruto que las rodean (Nitsch, 1970).

Como se ha mencionado anteriormente, el control hormonal del desarrollo del fruto es muy complejo, ya que, el momento y mecanismo de síntesis de las hormonas implicadas varía entre los distintos frutos. Además, se han descrito interacciones entre diferentes hormonas (Ozga & Reinecke, 2003), y la sensibilidad de los tejidos del fruto a los reguladores del crecimiento puede variar a lo largo de las diferentes etapas de su desarrollo (Monselise, 1986). Según (Nitsch, 1970), las citoquininas presentes en las semillas inmaduras son, junto con las auxinas, responsables de la división celular en el fruto. En general, se acepta que las auxinas son las responsables del incremento de la expansión celular en los tejidos del fruto (Gillaspy, Ben-David, & Gruissem, 1993). Sin embargo, el papel de las giberelinas en el desarrollo del fruto no está del todo claro, pero generalmente se asume que son necesarias para estimular tanto la división celular, como la expansión celular (Gillaspy, Ben-David, & Gruissem, 1993). El fruto en desarrollo se comporta como un fuerte sumidero de nutrientes dentro del árbol y se establecen fenómenos de competencia con otros frutos en desarrollo y con otros puntos de crecimiento dentro del árbol.

Los resultados muestran similitud entre las sales minerales y los quelatos, en cuanto a la respuesta sobre el rendimiento de fruto cosechado, sin embargo, las sales minerales resultan con mayor beneficio por su bajo costo.

La aplicación de fertilización preventiva fue conveniente, ya que a través de esta forma de aplicación no se resuelve el problema en el suelo pero se suple vía foliar, sin embargo, la investigación como se mencionó fue conforme a una fertilización complementaria en

estado reproductivo, la cual puede realizarse en aquellos cultivos como el aguacate, que son anuales en los cuales durante la floración y llenado de las semillas la fuerza metabólica ocasionada por ellos (los frutos), reduce la actividad radicular lo suficiente como para limitar la absorción de iones requeridos por la planta. Efecto que parece suceder en condiciones de finca Pampojilá de acuerdo a las métricas establecidas en esta investigación e historiales de producción en el lote evaluado.

2. Identificación de la fuente de fertilizantes foliar que produce frutos de aguacate con calibre de exportación europea

2.1. Peso del fruto en kilogramos

Los resultados del peso de los cuatro árboles de la parcela neta se muestran a continuación:

Tabla 16. Registro para el ANDEVA del peso en kg de fruto de aguacate

Tratamientos	Bloques	Peso (kg)
T1	I	0.214
T1	II	0.22
T1	III	0.224
T1	IV	0.215
T2	I	0.255
T2	II	0.26
T2	III	0.265
T2	IV	0.25
T3	I	0.241
T3	II	0.245
T3	III	0.244
T3	IV	0.246
T4	I	0.21
T4	II	0.209
T4	III	0.2
T4	IV	0.203
T5	I	0.197
T5	II	0.19
T5	III	0.195
T5	IV	0.197
T6	I	0.252
T6	II	0.257
T6	III	0.265
T6	IV	0.26

En la tabla se encuentran los pesos en kilogramos de fruto, la tabla muestra los promedios de los tratamientos en las 24 unidades experimentales y el bloque respectivo.

La transformación de datos no fue necesaria en ninguna variable pues todas son de naturaleza continua.

Tabla 17. ANDEVA de la variable de respuesta peso en kilogramos de aguacate

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Peso (kg)	24	0.98	0.97	2.05	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	8	1.9E-03	84.43	<0.0001
Tratamientos	0.01	5	3.0E-03	134.55	<0.0001
Bloques	6.1E-05	3	2.0E-05	0.91	0.4615
Error	3.3E-04	15	2.2E-05		
Total	0.02	23			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01084					
Error: 0.0000 gl: 15					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T6	0.26	4	2.4E-03	A	
T2	0.26	4	2.4E-03	A	
T3	0.24	4	2.4E-03	B	
T1	0.22	4	2.4E-03	C	
T4	0.21	4	2.4E-03	D	
T5	0.19	4	2.4E-03	D	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

Se muestra el análisis de la varianza para la variable peso de fruto por tratamiento, con un 2.04 de coeficiente de variación, se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, por lo que fue necesario realizar una prueba múltiple de medias de acuerdo al criterio Tukey, prueba que se muestra seguidamente:

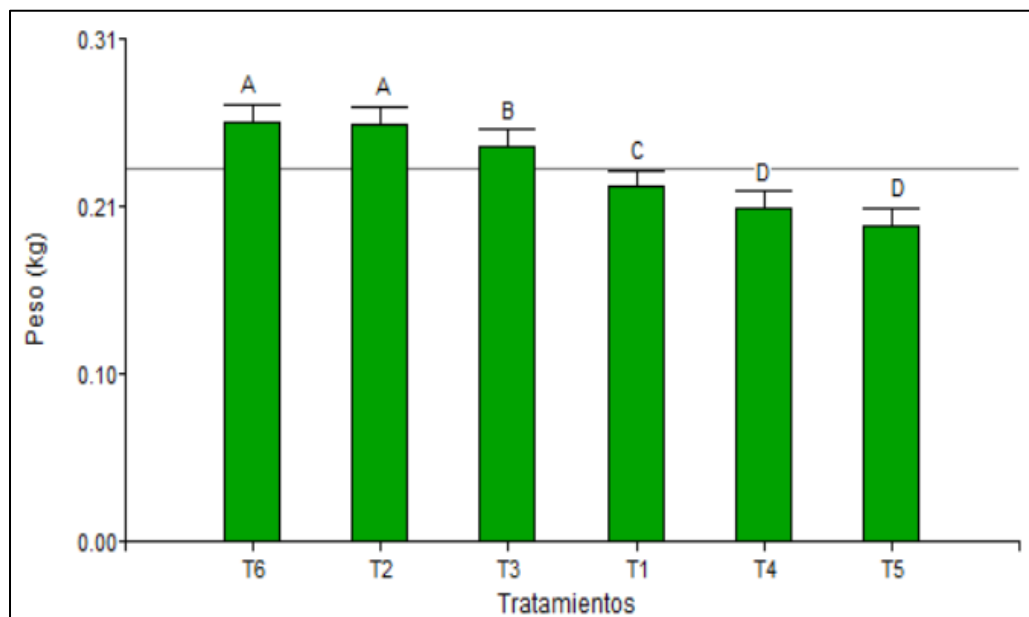


Figura 13. Peso en kg de frutos de aguacate

Con base en el análisis de la varianza (tabla 16) se encontró que si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p= 0.0001$), se procedió a realizar la comparación múltiple de medias con un nivel de significancia de $\alpha= 0.05$, dando como resultado el agrupamiento que se muestra en la figura 12, en donde también se presenta la media general de los tratamientos en el eje Y, también se presenta la diferencia mínima significativa de 0.01084, que es la línea que esta debajo de las letras de agrupamiento, cuando la línea de corte de cada barra sobrepasa el filo de la barra se agrupa con letra diferente, dando como resultado que el T6 (sales minerales) y T2 (quelatos naturales) presenta un mejor peso con 0.26 kg para ambos tratamientos. Los tratamientos por debajo de 0.26 kg son los constituidos por sales minerales y aminoácidos (T1), reguladores de crecimiento (T4) y sin aplicación (T5).

Con base en la norma de la Comisión del Código Alimentarius. FAO/OMS. Norma CODEX para el aguacate, (2013). Las disposiciones relativas a la clasificación por calibres los aguacates se por el peso del fruto de acuerdo a la tabla 12.

En la figura 14, se muestra el diagrama de Box-Plot del peso de fruto por cada tratamiento.

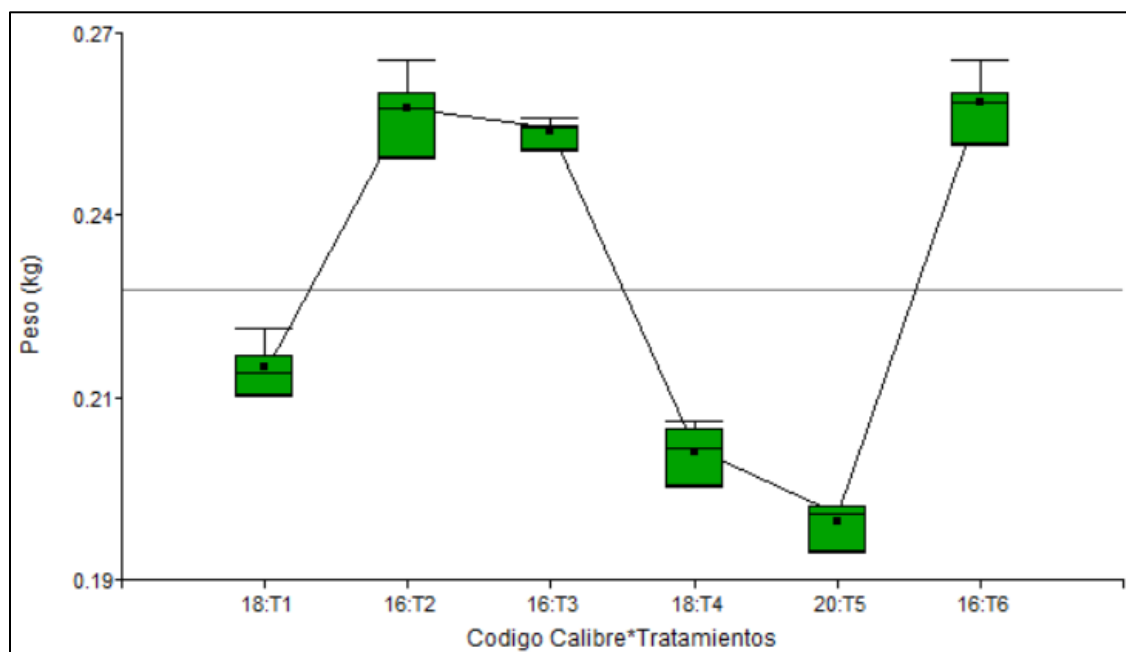


Figura 14. Diagrama Box-Plot para datos del peso en kg de fruto

En la figura 14 se observan cajas, en donde se presentan seis grupos, que son los tratamientos (fuentes de fertilizante foliar), que están en el eje X en donde se dividen los datos, en este eje también se muestra la media general de los pesos (0.23 kg) y en el eje Y están los valores de peso en kg. Las cajas incluyen la mitad de los pesos que se encuentran más cercanos a la media, en el caso del T1 se encuentran los pesos en torno a 0.22 kg, el caso del T2, los pesos que están en torno a 0.26, de esta manera para todas las cajas. La línea que parte las cajas es la mediana, es el valor central de los datos, esto indica el desplazamiento de los pesos en cada tratamiento. Las líneas verticales de cada caja son la otra mitad de los datos en ambos lados, ahora bien, el T2, T3 y T6 las medias coinciden en las tres cajas por lo que los pesos son similares, casos contrarios en T1, T4 y T5.

Los resultados obtenidos presentados en la figura 13 se demuestra al igual que la variable rendimiento kg/ha que el T6, T3 y T2 son los que tiene un mayor peso y solo estos se encuentran con mejor calibre (16).

2.2. Medición de diámetros polar y ecuatorial (m)

Los resultados de la medición de la variable se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Registro para el ANDEVA del crecimiento del diámetro polar en metros

Tratamientos	Bloques	Polar (m)
T1	I	0.08
T1	II	0.07
T1	III	0.07
T1	IV	0.07
T2	I	0.09
T2	II	0.09
T2	III	0.09
T2	IV	0.09
T3	I	0.08
T3	II	0.08
T3	III	0.08
T3	IV	0.08
T4	I	0.08
T4	II	0.07
T4	III	0.07
T4	IV	0.07
T5	I	0.07
T5	II	0.07
T5	III	0.07
T5	IV	0.07
T6	I	0.08
T6	II	0.08
T6	III	0.08
T6	IV	0.08

En la tabla 18, se muestran los resultados de la medición del diámetro polar del fruto para las 24 unidades experimentales en los receptivos bloques.

A los resultados de la medición de frutos en su longitud polar largo se les aplicó análisis de la varianza para determinar las diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de estos se obtiene la siguiente información, que si existe diferencia mínima significativa entre los tratamientos ($p= 0.0001$), resultados que se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. ANDEVA de la variable de respuesta diámetro polar promedio en centímetros de aguacate para los seis tratamientos evaluados.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Polar (m)	24	0.92	0.88	3.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.2E-03	8	1.4E-04	21.56	<0.0001
Tratamientos	1.1E-03	5	2.2E-04	33.00	<0.0001
Bloques	5.0E-05	3	1.7E-05	2.50	0.0991
Error	1.0E-04	15	6.7E-06		
Total	1.3E-03	23			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00593
 Error: 0.0000 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	0.09	4	1.3E-03 A
T6	0.08	4	1.3E-03 B
T3	0.08	4	1.3E-03 B
T4	0.07	4	1.3E-03 C
T1	0.07	4	1.3E-03 C
T5	0.07	4	1.3E-03 C

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

Por lo anterior, se procedió a realizar la comparación múltiple de medias de con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, dando como resultado el agrupamiento que se muestra en la figura.

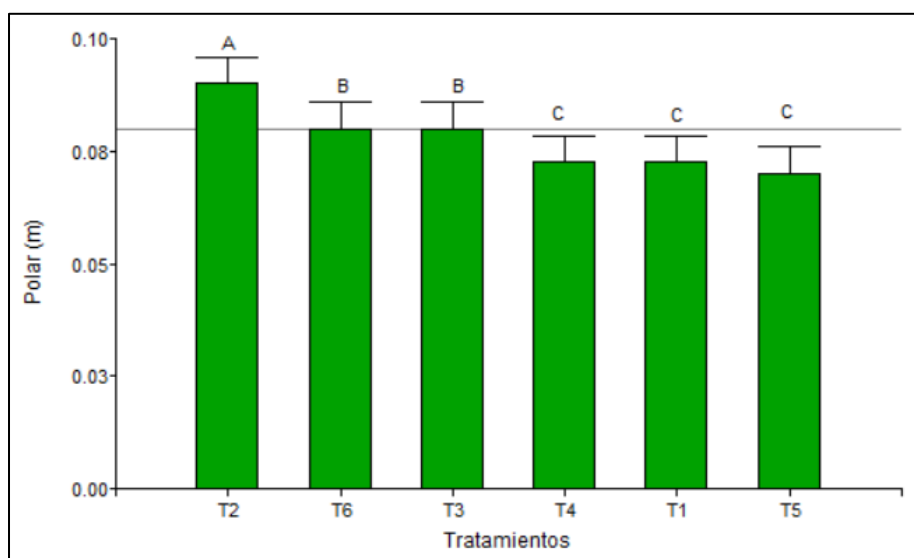


Figura 15. Diámetro polar promedio de frutos de aguacate después de la aplicación de seis tratamientos de fertilizante foliar.

El agrupamiento de la figura 15, se basa en la diferencia mínima significativa (DMS), así pues, cuando la línea de corte de cada barra sobrepasa el filo de la barra la letra cambia, de esto se obtiene que los tratamientos dos, tres y seis presentan los mejores resultados en cuanto al diámetro polar, dichos tratamientos (dos, tres y seis) son de fuentes quelatadas y sales minerales, respectivamente. La DMS se proyecta en el eje horizontal con un valor de 0.00593.

De los datos obtenidos del diámetro polar y de acuerdo con la ficha técnica de (SOLAGRO, 2023) en la que se estipula que el diámetro polar del fruto de aguacate en la variedad Hass para comercialización debe de ser mayor a 0.07 m. que conforme a ANDEVA se demostró que todos los tratamientos cumplen con este requerimiento, pues todos los diámetros son superiores a 0.07 m en su diámetro polar.

En la tabla 20, se encuentran los valores de las mediciones del diámetro ecuatorial de los frutos.

Tabla 20. Registro para el ANDEVA del crecimiento ecuatorial en metros en frutos de aguacate.

Tratamientos	Bloques	Ecuatorial (m)
T1	I	0.05
T1	II	0.04
T1	III	0.04
T1	IV	0.04
T2	I	0.07
T2	II	0.08
T2	III	0.07
T2	IV	0.06
T3	I	0.07
T3	II	0.07
T3	III	0.07
T3	IV	0.06
T4	I	0.04
T4	II	0.05
T4	III	0.04
T4	IV	0.04
T5	I	0.04
T5	II	0.04
T5	III	0.04
T5	IV	0.04
T6	I	0.07
T6	II	0.08
T6	III	0.08
T6	IV	0.07

En la tabla, se encuentran los diámetros ecuatoriales para cada de las 24 unidades experimentales en su respectivo bloque.

Tabla 21. ANDEVA de la variable de respuesta diámetro polar promedio en centímetros de aguacate para los seis tratamientos evaluados.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Ecuatorial (m)	24	0.95	0.92	8.11	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	8	6.8E-04	32.70	<0.0001
Tratamientos	0.01	5	1.0E-03	50.28	<0.0001
Bloques	2.1E-04	3	7.1E-05	3.40	0.0455
Error	3.1E-04	15	2.1E-05		
Total	0.01	23			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01049					
Error: 0.0000 gl: 15					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T6	0.08	4	2.3E-03	A	
T2	0.07	4	2.3E-03	A	
T3	0.07	4	2.3E-03	A	
T4	0.04	4	2.3E-03	B	
T1	0.04	4	2.3E-03	B	
T5	0.04	4	2.3E-03	B	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					

La medición de frutos en su longitud ecuatorial se aplicó el análisis de la varianza para determinar las diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de estos se obtiene la siguiente información, al existir diferencia mínima significativa entre los tratamientos ($p = 0.0001$) Tabla 21, se procedió a realizar la comparación múltiple de medias de con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, dando como resultado el agrupamiento que se muestra en la figura 16.

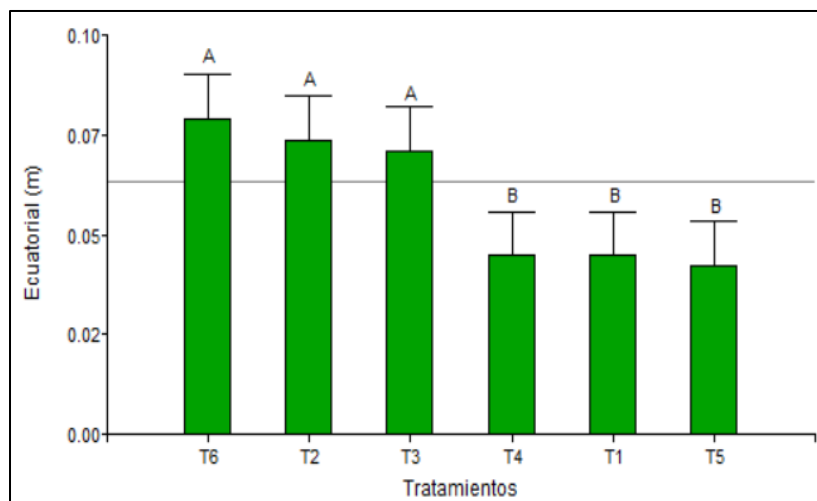


Figura 16. Diámetro ecuatorial promedio de frutos de aguacate después de la aplicación.

El agrupamiento de la figura 16 se basa en la diferencia mínima significativa (DMS), así pues, cuando la línea de corte de cada barra sobrepasa el filo de la barra la letra cambia, de esto se obtiene que los tratamientos dos y cuatro, presentan los mejores resultados en cuanto al diámetro ecuatorial, dichos tratamientos son constituidos por fuentes quelatadas y bioestimulantes, respectivamente. La DMS se encuentra planteada en el eje horizontal con un valor de 0.01110.

De los datos obtenidos en el diámetro ecuatorial, ver tabla 21 y figura 15, se obtiene un intervalo de 0.04 a 0.07 m en los frutos, que con base en la ficha técnica de SOLAGRO que requiere para comercialización de la variedad Hass un diámetro ecuatorial de 0.05 m.

Es de tener en cuenta, que la deficiencia de magnesio es muy notoria, que, de acuerdo, al Grupo Operativo de Innovación del Aguacate Mejorar de la Productividad del Aguacate en Málaga, Cádiz, Comunidad Valenciana y Canarias, (2021). Su deficiencia se manifiesta en el amarillamiento de las hojas sobre todo cuando el calcio también está deficiente. Al respecto, (Chirinos, 1999) afirma que el alto contenido foliar de magnesio del aguacate, indica su gran necesidad de incluirlo en los programas de fertilización, inclusión que fue oportuna de acuerdo a los resultados obtenidos.

En lo que respecta a los biestimulantes se obtiene que el mayor número de frutos conseguido en los árboles evaluados con respecto del tratamiento control o testigo absoluto, indica que el crecimiento del fruto ya formado es un proceso nutricionalmente dependiente, al igual que en todas las especies leñosas. El hecho de que las semillas del fruto sean una fuente de giberelinas (Blumenfeld & Gazit, 1970) y, con ello, aumenten la capacidad recepción del fruto, explicaría el mayor tamaño adquirido por éstos.

De los resultados se obtiene que los tres mejores tratamientos (dos, tres y seis) están constituido por boro, zinc y calcio, que de acuerdo con (Lahav & Whiley, Irrigation and Mineral Nutrition. In: Botany, Production and uses, (2002); (Ruiz, Manejo del Suelo y Nutrición en Suelos con Problemas de Aireación. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). El Centro Regional de Investigación (CRI), 2006) El efecto del déficit de zinc afecta la productividad y aspectos de calidad como el calibre y deformaciones de la fruta, con frutos más redondos que lo

normal teniendo como consecuencia una pérdida del valor comercial. De los resultados obtenidos se demuestra que el aporte de zinc en las dosis utilizadas, la aplicación correctiva en etapa reproductiva y el uso de fuentes de fertilizante foliar de fuentes de sales minerales y quelatadas fue correcta y no altero la forma ovoide del fruto.

3. Generación del modelo de crecimiento de frutos de aguacate en la cosecha principal

3.1. Crecimiento de los frutos en metros

Tabla 22. Datos de los muestreos en el crecimiento (cm) de frutos de aguacate en los seis tratamientos evaluados de marzo a julio.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre			
Tratamientos	15	4	24	14	3	23	13	2	22	11
cm										
T3	0.608	1.308	1.708	2.108	2.708	3.747	4.748	5.226	5.678	5.690
T6	0.490	1.190	1.590	1.990	2.590	5.063	5.420	5.914	6.425	6.920
T1	0.541	1.241	1.641	2.041	2.641	3.808	4.078	4.592	5.079	5.100
T5	0.551	1.251	1.651	2.051	2.651	2.433	2.665	2.918	3.164	3.169
T2	0.843	1.287	1.487	2.009	2.709	4.547	5.339	5.690	6.169	6.173
T4	0.545	1.265	1.703	2.167	2.808	3.848	4.083	4.610	5.140	5.141
									Media	5.366

De acuerdo con el comportamiento del crecimiento ecuatorial de los frutos de aguacate se establecieron tres fases o estados de desarrollo del fruto, primera fase o de crecimiento lento (80 días), seguida por la fase de crecimiento lineal (20 días) y finalmente la fase de maduración (75 días). Estas fases se observan en la figura.

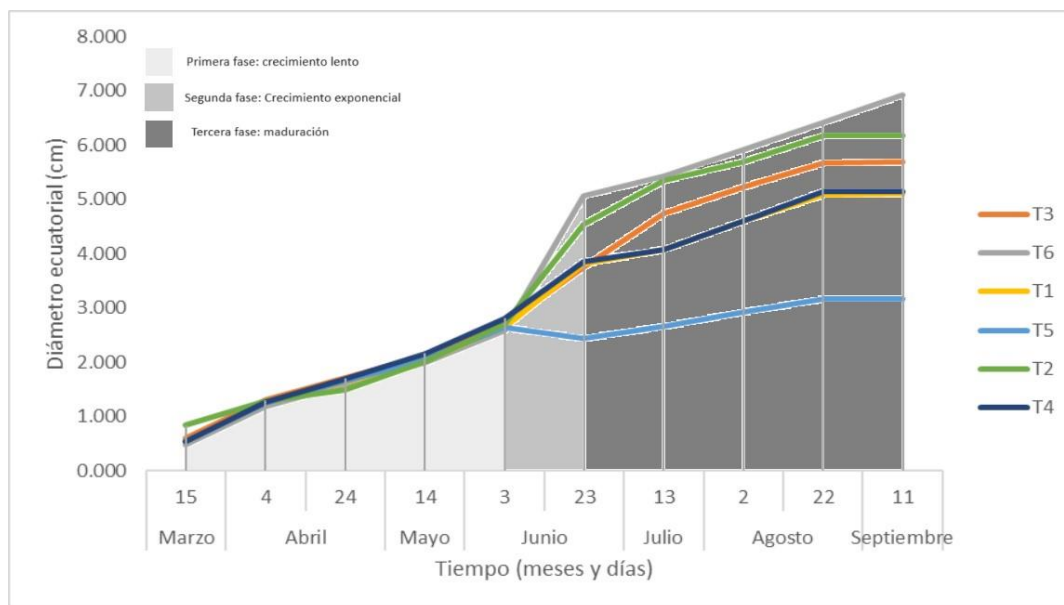


Figura 17. Fases de crecimiento del fruto de aguacate

La fase de crecimiento lento comprendió desde el cuajado del fruto, hasta los 80 días después del pegue, fase que se caracterizó por bajo crecimiento en el diámetro ecuatorial, la fase del crecimiento lineal se caracterizó en cambio, con el aumento acelerado (exponencial) del diámetro ecuatorial, de esta fase se obtiene que los frutos de aguacate presentan un crecimiento sigmoide, como la mayoría de seres vivos, al final, la etapa de maduración el diámetro ecuatorial se comportó casi estable, el diámetro promedio en fresco fue de 0.05 m. Sin embargo, el T2, T1 y T5, presentaron un mayor diámetro respecto a T3, T4 y T6.

Los datos presentados en la figura, concuerdan con el modelo fenológico propuesto por Lovatt en 1998, diferenciándose en la cosecha de medición que fue la principal, en el caso de Pampojilá la fase de crecimiento lento inició el 15 de marzo y finalizó el 3 de junio, la fase de crecimiento rápido inició el 3 de junio y finalizó el 23 de julio y por último la fase de crecimiento lento o maduración inició el 23 de julio y finalizó el 11 de septiembre aproximadamente.

4. Análisis económico de los tratamientos de fuentes de fertilizantes foliar en frutos de aguacate

4.1. Índice de rentabilidad y la relación beneficio costo

El análisis beneficio-costos comparativo de la producción de frutos de aguacate en la variedad Hass en finca Pampojilá sobre los tratamientos se realizó teniendo como base la evaluación experimental de la producción de aguacate ante la aplicación de tres fuentes de fertilizantes foliares (sales minerales, aminoácidos y biestimulantes) en cuanto al costo de producción se tomaron en cuenta los costos fijos y los costos variables, ambos costos, dan como resultado el costo total de cada tratamiento, dichos costos se relacionan con el beneficio costo y se presentan:

Tabla 23. Relación beneficio costo según los indicadores y sus fórmulas para los seis tratamientos evaluados.

Indicadores	Costo Total de Producción $CT = CF + CV$	Volumen de Producción $VP =$ Rendimiento (kilogramos)	Costo Unitario Promedio $CU = CT / o VP$	Margen de Utilidad Unitaria $MU = 35\% \text{ de } CU$	Precio Promedio de Venta Precio de Venta/Kilo gramo	Valor Bruto de la Producción (Ingresos) $VBP =$ Rendimiento * PV	Utilidad Total de la Producción $UT = VBP - CT$	Índice de Rentabilidad (%) $IR = (UT/CT) * 100$	Relación Beneficio/Costo Rel. B/C = VBP/CT
Tratamientos									
T1	Q 8,660.00	1490.24	Q 5.81	2.03	Q 8.00	Q 11,921.92	Q 3,261.92	37.67	1.38
T2	Q 9,086.39	1558.08	Q 5.83	2.04	Q 8.00	Q 12,464.64	Q 3,378.25	37.18	1.37
T3	Q 10,013.55	1490.24	Q 6.72	2.35	Q 8.00	Q 11,921.92	Q 1,908.38	19.06	1.19
T4	Q 8,435.57	1164.48	Q 7.24	2.54	Q 8.00	Q 9,315.84	Q 880.27	10.44	1.10
T5	Q 8,166.53	792.96	Q 10.30	3.60	Q 8.00	Q 6,343.68	-Q 1,822.85	-22.32	0.78
T6	Q 8,474.60	1612.48	Q 5.26	1.84	Q 8.00	Q 12,899.84	Q 4,425.24	52.22	1.52

En la tabla, específicamente en la columna de la relación beneficio costo de los tratamientos evaluados se evidencia que el T1 y T2 son los que no presentan una mejor relación pues los valores obtenidos son: 1.38 y 1.37 respectivamente, por el contrario, el tratamiento con mejor relación es el T1 con un valor de 1.52. en la figura se puede apreciar de mejor manera la variación del beneficio en los tratamientos.

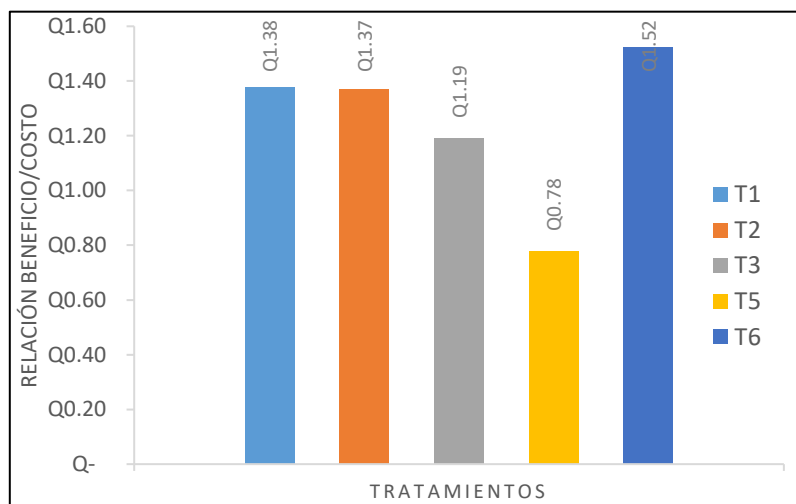


Figura 18. Relación beneficio-costo de los tratamientos utilizados en la evaluación de fuentes de fertilizantes foliares sobre la producción de aguacate Hass. Finca Pampojilá

En el análisis del beneficio – costo, de la producción de aguacate en los diferentes tratamientos, uno de los principales es el T6 (sales minerales) que generó mayor rentabilidad de la inversión, por cada quetzal que se invirtió se recuperó Q1.38; y menor rentabilidad se muestra en el T5 (sin fertilización foliar) con Q1.52.

VIII. CONCLUSIONES

1. El tratamiento seis de sales minerales presentó el mayor rendimiento con 5339.58 kg/ha.
2. Las fuentes de fertilizante foliar de sales minerales (tratamiento seis) y de quelatos (tratamientos dos y tres) presentan los calibres de exportación, tanto en peso de fruto y los diámetros polar y ecuatorial, siendo estos: 0.26 kg, 0.09 m y 0.08, respectivamente.
3. Se definieron tres etapas de crecimiento del fruto: fase de crecimiento lento (80 días), en crecimiento exponencial (20 días) y la fase de maduración (75 días), para un total de 175 días después del cuajado del fruto hasta la cosecha. Los resultados demuestran un comportamiento sigmoide simple.
4. Con base en el análisis económico se encontró que el tratamiento con resultados positivos en cuanto al beneficio costo es el tratamiento seis que generó mayor rentabilidad de la inversión, por cada quetzal que se invirtió se recuperó Q1.38 compuesto por sales minerales con aporte de boro y manganeso.

IX. RECOMENDACIONES

1. Aplicar fuentes de fertilizante foliar de sales minerales y quelatos para mayores rendimientos en cosecha.
2. La aplicación foliar de sales minerales con elemento Boro tiene efectos positivos en cuanto a la producción pues está relacionado al tamaño, calidad del fruto, específicamente en la calidad del tubo polínico, sin embargo, la evaluación niveles de Boro, Zinc, Manganeso y Calcio es necesaria.
3. El modelo fenológico del crecimiento del fruto de aguacate para la región de Sololá inicia en marzo y finaliza en septiembre, aproximadamente, es oportuno considerarlo tomando en cuenta el manejo agronómico para establecer actividades futuras.
4. Conviene realizar la fertilización foliar con sales minerales ya que su costo beneficio representa una ventaja en cuanto a la rentabilidad de inversión.
5. Se deben de considerar factores para optimizar la fertilización foliar, estos son, asociados con la planta: estado nutricional, la condición metabólica y fenológica del árbol; asociados con el ambiente: humedad relativa, viento y radiación y asociados con la solución: absorción y transporte de nutrimentos, tipo y movilidad de nutriente, pH, solubilidad e higroscopicidad. Además el tipo de equipo y técnica de aplicación.

X. REFERENCIAS

- Blumenfeld, A. y Gazit, S. (1970). Cytokinin in Avocado Seeds During Fruit Development. *Revista Plant Physiology*, (46), 331-333. <https://doi.org/10.1104/pp.46.2.331>
- Boaretto, E. y Rosolem, C. (1989). Adubacao Foliar, Concettucao e Prática. In *Adubacao Foliar*.
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/858552/1/124352010p.8797.pdf>
- Brower, J. y Cutting, J. (1989). *Avocado Fruit Development and Ripening Physiology*.
https://www.avocadosource.com/Journals/HorticulturalReviews/HortRev_1988_P_G_229-271.pdf
- Cabezas, C., Hueso, J. y Cuevas, J. (2003). *Anomalías Morfológicas y Fisológicas del Ciclo Floral del Agucate en la Costa de Almería*.
https://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p231.pdf
- Castillo, A., Avitia, E., Tirado, J. y Arriaga, M. (1998). *Variación Estacional del Boro en Aguacatero (Persea americana Mill)*.
http://www.avocadosource.com/Journals/CHAPINGO/1998_IV_2_109_Boron.pdf
- Cerdas, M., Calderón M. y Díaz, E. (2006). *Manual de Manejo Pres y Postcosecha de Aguacate (Persea americana)*. <https://docplayer.es/8837610-Manual-de-manejo-pre-y-poscosecha-de-aguacate.html>
- Chirinos, H. (1999). *Fertilización del Aguacate. Informaciones Agronómicas*. Instituto de la Potasa y el Fósforo. <http://www.aproam.com/aquater9.htm#2>.

Correa, D., Jaramillo, A., Grajales, A. y Bolaños-Benavides, M. (2002). *Crecimiento Verde y Agricultura Climáticamente Inteligente en el Cultivo de Aguacate (Persea americana)*. Corporación colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA.

<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/317/332/1865-1?inline=1>

Cowan, A., Cripps, R., Richings, E, y Taylor, N. (2001). *Fruit Size: Towards an Understanding of the Metabolic Control of Fruit Growth Using Avocado as a Model System*.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1034/j.1399-3054.2001.1110201.x>

Embleton, T. y Jones, W (1964). Avocado Nutrition in California. *In Proceedings of the Florida Satate Horticulture Society*.

http://www.avocadosource.com/papers/research_articles/embletontom1964.pdf

Faust, M. (1989). *Physiolgy of Temperate Zone Fruit Trees*. John Wiley & Sons.

https://loowhistoy.com/finance-survey.html?z=5544055&offer_id=7891&var=9269_21505&yamid=BshJ6-oAAAGQt2j1XwAActMAACQ1AAAAAAAAAAAAUAAAAAAAA

Galindo-Tovar, M., Ogata-Aguilar, N. y Arzate-Fernández, A. (2008). Some Aspects of Avocado (*Persea americana* Mill.) Diversity Domestication in Mesoamerica. *Revista Genet Resour Crop Evolution*, (55), 441-450.

<https://www.uv.mx/personal/megalindo/files/2010/07/Galindo-Tovar-et-al-208.pdf>

Gamaliel, S., Ferreyra, P., Gil, P., Madlonado, C., Toledo, C., Barrera, C. y Celedón, J. (2005). *El Cultivo del Palto*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Chile. (3a ed.). Imprenta Salesianos.

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7333/Bolet%C3%ADn%20INIA%20N%C2%B0%20129%20%28reeditado%29?sequence=1&isAllowed=y>

Gardiazábal, F. (2011). *Principales Factores que Determinan una Alta Producción y Calibre en Paltos*.

<https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/f3f085dc-93ce-442f-8ca0-df38a2f351b1/content>

Gardiazábal, F., Mena, F. y Magdahl, C. (2007). *Efecto de la Fertilización en Base a N-P-K-Ca-Mg-B-Zn en Palto (Persea americana Mill.) cv. Hass Sobre su Desarrollo, Productividad y Postcosecha de la Fruta*. En: Comité de Paltas. Proceedings VI World Avocado Congress. Viña del Mar, Chile.

<http://www.avocadosource.com/wac6/es/extenso/3a-98.pdf>

Gazit, D. y Degani, C. (2002). Avocado Reproduce Biology. En Whiley, A.W., Schaffer, B. y Wolstenholme, B.N. (Eds.), *The Avocado: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. <https://ucanr.edu/sites/alternativefruits/files/121264.pdf>

Gillaspy, G., Ben-David, H. y Gruissem, W. (1993). Fruits: a Developmental Perspective. *Revista The Plant Cell. Departament of Plant Biolgy, University of California*, (5), 1439-1451. <https://doi.org/10.1105/tpc.5.10.1439>

- González, I. (2006). *Manual del Cultivo de Aguacate*. Ministerio de Agricultura y Alimentación Guatemala MAGA. <https://www.maga.gob.gt/download/areas-desarrollo.pdf>
- Grill, E. y Himmelbach, A. (1998). ABA Signal Transduction. *Revista Currently Opion Plant Biol. Departament of Bioly, Plant Science Institute, University of Pennsylvania*, (1), 393-398. [https://doi.org/10.1016/s1369-5266\(98\)80265-3](https://doi.org/10.1016/s1369-5266(98)80265-3)
- Guzmán, L., Machida-Hirano, R., Borrayo, R., Cortés-Cruz, M., Espíndola-Baquera, M. y Heredia, E. (2017). *Genetic Structure and Sellation of a Care Colletion For Long Termn Conservation of Avocado in Mexic*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5323459/pdf/fpls-08-00243.pdf>
- Hanson, B. y Breen, P. (1995). Effects Of Fall Boron Sprays and Environmental Factors on Fruit Set and Boron Accumulation in Italian Prune Flowers. *Revista Journal of the American Society for Horticultural Science Department of Horticulture. Oregon Satate University*, (110), 389-392. <https://pdfs.semanticscholar.org/583f/87604a0ee1427f2a3838cbc5d896791b5bc3.pdf>
- Instituto Canario de Investigaciones Agrarias ICIA. Grupo Operativo de Innovación del Aguacte. Mejora de la Productividad del Aguacate en Málaga, Cádiz, Comunidad Vlaenciana y Canarias. (2021). *Manual de Manejo Práctico del Cultivo del Aguacate*. <https://www.icia.es/icia/download/publicaciones/ManualPracticoAguacate.pdf>

Jaganath, I. y Lovatt, C. (1995). *Efficacy Studies on Prebloom Canopy Applications of Boro and/or Urea to "Hass" Avocados in California*. Department of Bonaty and Plant Sciences University of California.

https://www.researchgate.net/publication/242243277_EFFICACY_STUDIES_ON_PREBLOOM_CANOPY_APPLICATIONS_OF_BORON_ANDOR_UREA_TO_'H_ASS'_AVOCADOS_IN_CALIFORNIA

Kohen, T. y Plessis, S. (1978). Leaf Analysis as a Guide to Avocado Fertilization. *In: Soil and Plant Tissue in California*.

https://www.avocadosource.com/WAC2/WAC2_p289.pdf

Lahav, E. y Whiley, A. (2002). *The avocado: Botany, Production and uses*. CAB International Publisher.

<https://www.avocadosource.com/journals/specialindustryreports/lahavemmanuel1980.pdf>

Lahav, E., Bareket, M. y Zamet, D. (1976). *Potassium Fertilizer Experiment With Avocado Trees on Heavy Soils*.

http://avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_60_1976/CAS_1976_PG_181-186.pdf

Lazcano-Ferrat, I. y Espinoza, J. (1998). *Manejo de la Nutrición del Aguate*.

[http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/A5B64C62B5CEDFD38525801200588B42/\\$FILE/Art%202.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/A5B64C62B5CEDFD38525801200588B42/$FILE/Art%202.pdf)

Lincoln, T. y Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. (3a ed.). Sinauer Associates.

<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/PlantPhysiologyTaiz2002.pdf>

Lovatt, C. (1999). Management of Foliar Fertilization. *Revista Terra Latinoamericana*, (17), 257-264. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317310.pdf>

Lovatt, C. y Dugger, W. (1984). Boron. En Frieden, E. (Ed.), *Biochemistry of the Essential Ultrarace Elements*. Plenum Press. https://lovattresearch.ucr.edu/sites/default/files/2020-01/techsyp_lovatt_dugger_1984.pdf

Martínez-Castillo, J., Muena-Zamora, V. y Ruiz-Schneider, R. (2014). *Nutrición y Fertilidad en Palto*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7768>

Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica MAG. (2009). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Aguacate*. http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/produccion%20sostenible/MANUAL_BPA%20aguacate%20CACTA.pdf

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala MAGA. (2017). *El Agro en Cifras, 2016: aguacate*. <https://www.maga.gob.gt/sitios/diplan/download/El-Agro-En-Cifras-2016.pdf>

Molina, E. (2002). Fuentes de Fertilizante Foliar. En Meléndez, G. y Molina, E. (Eds.), *Fertilización Foliar Principios y Aplicaciones*. Universidad de Costa Rica UCR, Centro de Investigaciones Agronómicas CIA, Laboratorio de Suelos y Foliares. <http://www.cia.ucr.ac.cr/sites/default/files/2021-09/02%20Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>

Monselise, S. (1986). *Handbook of Fruit Set and Development*. CRC Press.

<https://www.routledge.com/Handbook-of-Fruit-Set-and-Development/Monselise/p/book/9781315893945>

Montúfar, J. (2015). *Zonificación de Texturas de Suelos Finca Pampojilá*. [Fotografía].

Nitsch, J. (1970). Hormonal Factors in Growth and Development. En Hulme, A. (Ed.), *The Biochemistry of Fruits and Their Products*. Academic Press.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC160374/pdf/051439.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2022).

Perspectivas Agrícolas 2021-20230. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO y

Organización Mundial de la Salud OMS. (2013). *Norma CODEX Para el Aguacate: reglamento (CE) No. 831/97*. <https://www.boe.es/doue/1997/119/L00013-00016.pdf>

Ozga, J. y Reinecke, M. (2003). Hormonal Interaction in Fruit Development. *Revista Journal of Plant Growth Regulation*, (22), 73-81.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Hormonal-Interactions-in-Fruit-Development-Ozga-Reinecke/5d640f7ba0381062bcbfea4fd986901244732f3b>

Ramirez, V. (2022). *Situación Actual del Cultivo de Persea americana Mill Lauraceae var.*

Hass “Aguacate” en Finca Pampojilá Agropecuaria Atitlán, S.A. San Lucas Tolimán, Sololá. [Diagnostico de Ejercicio Profesional Supervisado] Universidad de San Carlos de Guatemala.

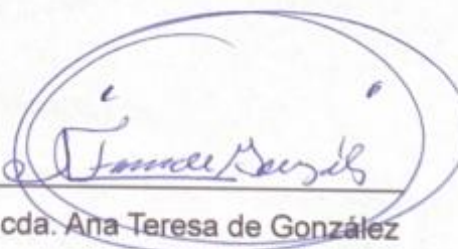
- Ríos-Castaño, D. y Tafur-Reyes, R. (2003). Variedades de Aguacate para el Trópico: Caso Colombia. En *Actas V Congreso Mundial del Aguacate*.
https://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p143.pdf
- Robbertse, P., Coetzer, L. y Bessinger, F. (1992). Boron: Uptake by Avocado Leaves and Influence On Fruit Production. En *Actas II Congreso Mundial del Aguacate*.
https://www.avocadosource.com/WAC2/WAC2_p173.pdf
- Ruiz, S. y Ferreyra, E. (2011). Requerimiento Nutricional y Efecto de la Nutrición Sobre Desordenes y Condición de Paltas. En *II Seminario Internacional de Paltos*.
https://www.avocadosource.com/Journals/2_Seminario/2_Seminario_Gardiazaba_I_Fertilizacion_y_Riego_SPAN.pdf
- Ruiz, S., Ferreyra, E. y Barrera M. (2006). *Manejo del Suelo y Nutrición en Suelos con Problemas de Aireación*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA.
<https://hdl.handle.net/20.500.14001/8567>
- Salas-Camacho, R. (2002). Fertilización Foliar en Plantas Ornamentales. En Meléndez, G. y Molina, E. (Eds.), *Fertilización Foliar Principios y Aplicaciones*. Universidad de Costa Rica UCR, Centro de Investigaciones Agronómicas CIA, Laboratorio de Suelos y Foliares. <http://www.cia.ucr.ac.cr/sites/default/files/2021-09/02%20Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
- Salazar-García, G. (2002). *Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP e Instituto de la Potasa y el Fósforo INPOFOS.
https://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p373.pdf

Salazar-García, S., Lord, E. y Lovatt, C. (1998). *Inflorescence and Flower Development of the "Hass" Avocado (Persea americana Mill.) During "On" and "Off" Crop Years*. <https://journals.ashs.org/downloadpdf/journals/jashs/123/4/article-p537.pdf>

SOLAGRO. (2023). *Ficha Comercial Aguacate Hass*. https://solagroguate.com/wp-content/uploads/2020/07/FichaComercial_Solagro-1.pdf

Zacarias, E. (2009). *Fortalecimiento de la Cadena Productiva de Aguacate (Persea americana Mill.). Con Énfasis en los Barrenadores de la Semilla, en Alta Verapaz, Guatemala*. [Tesis de Grado Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2495.pdf

Vo.Bo.



Licda. Ana Teresa de González

Bibliotecaria



XI. ANEXOS

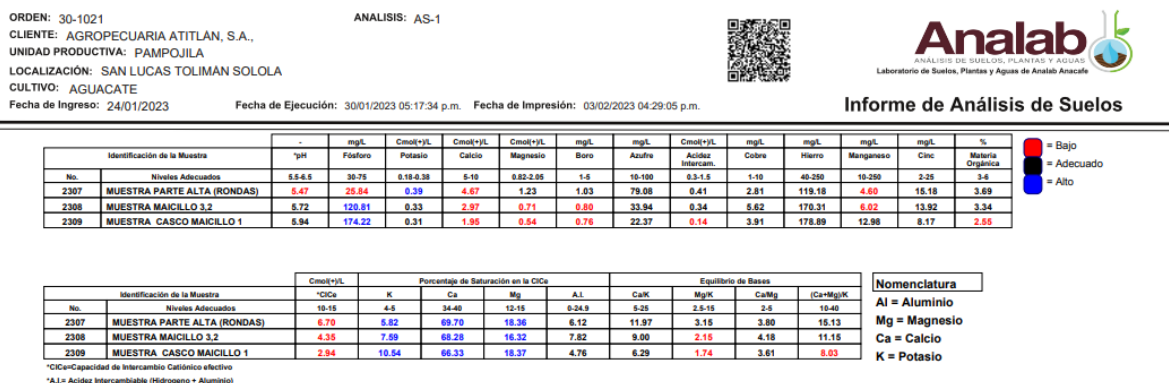


Figura 19. Resultados del análisis químico de suelos. Lote maicillo 3.



Figura 20. Resultados del análisis foliar en follaje de árboles de aguacate, lote maicillo 3.

Tabla 24. Presentación de los costos fijos y los costos variables de los seis tratamientos evaluados

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Costos Fijos						
Gasolina	Q 222.68	Q 252.37	Q 222.68	Q 267.21	Q 59.38	Q 282.06
Lubricante	Q 0.07	Q 0.08	Q 0.06	Q 0.10	Q 0.01	Q 0.11
Control de malezas con herbicidas	Q 71.12	Q 71.12	Q 71.12	Q 71.12	Q 71.12	Q 71.12
Control de plagas y enfermedades	Q 84.02	Q 84.02	Q 84.02	Q 84.02	Q 84.02	Q 84.02
Monitoreos	Q 450.00	Q 450.00	Q 450.00	Q 450.00	Q 450.00	Q 450.00
Jornales	Q 500.00	Q 500.00	Q 500.00	Q 500.00	Q 500.00	Q 500.00
Total Costos Fijos	Q 1,327.89	Q 1,357.59	Q 1,327.88	Q 1,372.45	Q 1,164.53	Q 1,387.30
Costos Variables						
Sulfato de cobre	Q 36.79					
Sulfato de zinc	Q 54.38					
Solubor	Q 60.84					
Nitrato de calcio	Q 30.47					
Nutrex L	Q 147.63					
Cabtrac		Q 401.80				
Zintrac		Q 325.00				
Meatolosato Boro			Q 429.17			
Metalosato Zinc			Q 493.95			
Metalosato Calcio			Q 760.55			
Pack Hard				Q 6.74		
ATP UP				Q 11.89		
Selecto XL				Q 3.00		
Foliveex Zn				Q 39.49		
Borax						Q 51.30
Sulfato de manganeso						Q 34.00
Total Costos Variables	Q 330.11	Q 726.80	Q 1,683.67	Q 61.12		Q 85.30
Costo Total	Q 1,658.00	Q 2,084.39	Q 3,011.55	Q 1,433.57	Q 1,164.53	Q 1,472.60



A



B

Figura 21. Cosecha de aguacate de los seis tratamientos evaluados. A) Trabajador de campo haciendo el corte de frutos y B) Estiba de frutos cosechados.

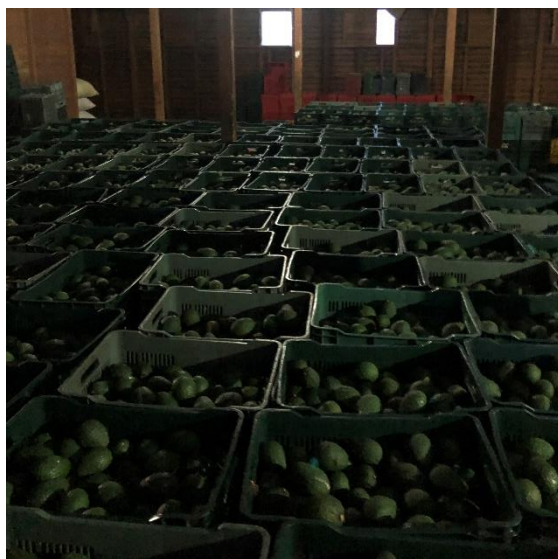


Figura 22. Cosecha total de frutos de los seis tratamientos evaluados

Mazatenango, Suchitepéquez 29 de junio de 2024

PhD. Mynor Oztzy Rasales
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitarios del Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala
Su despacho

Respetable doctor:

Le saludo respetuosamente, deseándole muchos éxitos al frente de sus actividades habituales.

Por este medio le informo que después de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: **Evaluación de formulaciones de fuentes de fertilizante foliar en el cultivo de *Persea americana* Mill Lauracea var. Hass "Aguacate" Finca Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá.**, dicha investigación fue presentada por el estudiante TPA. Jozsef Stuardo Quibajá Pérez, carné: 201145814 de la carrera de Agronomía Tropical y con los fundamentos en el normativo de Trabajos de Graduación, me permite hacer la aprobación con visto bueno para que el estudiante continúe con su expediente correspondiente.

De antemano agradezco su respuesta positiva. Deferentemente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Msc. María Clarisa Rodríguez García



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE
AGRONOMÍA TROPICAL

Mazatenango, Suchitepéquez 03 de julio de 2024

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Director en funciones
Centro Universitario del Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala
Su despacho

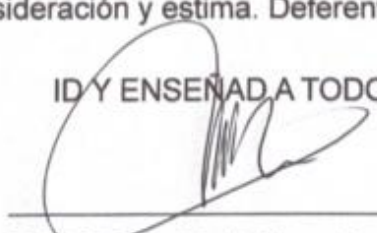
Respetable Señor Director:

Con fundamentos en el normativo de Trabajos de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permite hacer de su conocimiento que el estudiante **T.P.A. Jozsef Stuardo Quibajá Pérez**, quien se identifica con número de carné: **201145814**, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **Evaluación de formulaciones de fuentes de fertilizante foliar en el cultivo de *Persea americana* Mill L. Var Hass "Aguacate" finca Pampojilá, San Lucas Tolimán, Sololá.**, el cual fue asesorado por la Msc. María Clarisa Rodríguez García y revisado como documento de graduación por el PhD. Mynor Raúl Otsoy Rosales, en función de las atribuciones que me corresponden en el rol de Coordinador de la carrera.

En términos de lo expresado, hago constar que el estudiante T.P.A. Jozsef Stuardo Quibajá Pérez, ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su juicio el documento que se acompaña, para que continúe con su expediente correspondiente de graduación.

Sin otro particular, esperando haber cumplido satisfactoriamente con la responsabilidad inherente al caso y mi consideración y estima. Deferentemente,

ID Y ENSEÑADA TODOS


PhD. Mynor Raúl Otsoy Rosales

Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-097-2024

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, nueve de septiembre de dos mil veinticuatro_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:
"EVALUACIÓN DE FORMULACIONES DE FUENTES DE FERTILIZANTE
FOLIAR EN *Persea mericana* Mill var. Hass "AGUACATE" FINCA PAMPOJILÁ,
SAN LUCAS TOLIMÁN, SOLOLÁ", del estudiante: Jozsef Stuardo Quibajá Pérez.
Carné: 201145814 CUI: 2247 57385 1008 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director



/gris