



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA

MODALIDAD DE TITULACION PRESENCIAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de Magister
en Agronomía Mención Nutrición Vegetal

Tema: “Equilibrio catiónico en la productividad del cultivo de tomate de
árbol (*Solanum betaceum Cav.*) variedad amarillo gigante.

Autor: Ing. María Manuela Morocho Quishpi

Director: Ing. David Aníbal Guerrero Cando

Ambato – Ecuador

2023

A la Unidad Académica de Titulación de la UTA/ Facultad de Ciencias Agropecuarias.
El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Ingeniero Oscar Patricio Núñez Torres, PhD., e integrado por los señores: Ingeniero Marco Oswaldo Pérez Salinas, PhD., Ingeniero Segundo Euclides Curay Quispe, PhD., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Informe de Investigación con el tema: “EQUILIBRIO CATIONICO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav.*) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.” aprobado por la Unidad Académica de Titulación, elaborado y presentado por la señorita Ingeniera María Manuela Morocho Quishpi, para optar por el Grado Académico de Magíster en Agronomía Mención Nutrición Vegetal y una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ingeniero Oscar Patricio Núñez Torres, PhD.

Presidente y Miembro del Tribunal

Ingeniero Marco Oswaldo Pérez Salinas, PhD.

Miembro del Tribunal

Ingeniero Segundo Euclides Curay Quispe, PhD

Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en Trabajo de Titulación, presentado con el tema: “EQUILIBRIO CATIÓNICO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav.*) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE”, le corresponde exclusivamente a la: Ingeniera María Manuela Morocho Quishpi Autor bajo la Dirección del Ingeniero David Aníbal Guerrero Cando, director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. María Manuela Morocho Quishpi

C.C. 060318391-4

AUTOR

Ing. Mg. David Aníbal Guerrero Cando

C.C.1803246329

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. María Manuela Morocho Quishpi

C.C. 060318391-4

AUTOR

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
AGRADECIMIENTO	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 General.....	2
1.3.2 Específicos.....	2
CAPÍTULO II.....	3
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	3
2.1. Importancia del cultivo.....	3
2.3. Nutrientes esenciales.....	4
2.3.1. Nutrientes primarios y secundarios	5
2.3.2. Potasio	7
2.3.3. Calcio.	8
2.3.4. Magnesio	10
2.4. Propiedades químicas del suelo.	13
2.4.1. Capacidad de intercambio catiónico.....	13
2.4.2. pH	15
2.4.3. Porcentaje de saturación de bases.....	15

2.4.4.	Relación Ca/Mg	16
2.4.5.	Relación Mg/K	17
2.4.6.	Antagonismo entre nutrientes	18
2.5.	Etapas fenológicas del tomate de árbol	19
CAPÍTULO III		21
MARCO METODOLÓGICO		21
3.1.	Ubicación	21
3.1.1.	Ubicación política.....	21
3.1.2.	Ubicación geográfica	21
3.2.	Materiales y equipos	21
3.2.1.	Material experimental.....	21
3.2.2.	Material complementario.....	21
3.3.	Tipo de investigación.....	22
3.4.	Procesamiento de la información y análisis estadístico	22
3.4.1.	Factores en estudio	22
3.4.2.	Tratamientos	22
3.4.3.	Diseño experimental	23
3.4.4.	Análisis estadístico	23
3.5.	VARIABLES DE ESTUDIO.....	24
3.5.1.	VARIABLES DEPENDIENTES	24
3.5.2.	VARIABLES INDEPENDIENTES	24
3.5.3.	Unidad de investigación	24
CAPÍTULO IV		26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		26
4.3.	Análisis costo beneficio de los tratamientos.....	31
CAPITULO V		32

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	32
5.1. Conclusiones.....	32
5.2. Recomendaciones.	32
5.3. BIBLIOGRAFÍA.....	33
5.4 ANEXO	38
Figura 2 Resultados análisis de suelo	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 NUTRIENTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS.....	5
TABLA 2 MICRONUTRIENTES	5
TABLA 3 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.....	14
TABLA 4 PORCENTAJE DE LAS BASES DE CAMBIO (%).....	14
TABLA 5 SATURACIÓN DE BASES (%).....	16
TABLA 6 RELACIÓN Ca/Mg.....	16
TABLA 7 RELACIÓN Mg/K.....	17
TABLA 8 RELACIÓN Ca/K.....	17
TABLA 9 RELACIÓN (Ca + Mg)/K.....	17
TABLA 10 ANTAGONISMO ENTRE NUTRIENTES.....	18
TABLA 11 EQUILIBRIOS CATIONICOS, BASE DE LOS TRATAMIENTOS.	22
TABLA 12 ANÁLISIS DE VARIANZA	23
TABLA 13 EQUILIBRIO CATIONICO SOBRE EL NÚMERO DE FRUTOS PLANTA ⁻¹ DE TOMATE DE ÁRBOL (<i>solanum betaceum cav.</i>) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.	26
TABLA 14 EQUILIBRIO CATIONICO SOBRE EL PESO DEL FRUTO (G) DE TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum Cav.</i>) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.	27
TABLA 15 EQUILIBRIO CATIONICO SOBRE EL DIAMETRO DEL FRUTO (CM) DE TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum Cav.</i>) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.	27
TABLA 16 EQUILIBRIO CATIONICO SOBRE EL RENDIMIENTO PLANTA ⁻¹ (Kg) DE TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum Cav.</i>) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.	28
TABLA 17 EQUILIBRIO CATIONICO SOBRE EL RENDIMIENTO (T. HA ⁻¹) DE TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum Cav.</i>) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.	29
TABLA 18 RELACIÓN BENEFICIO COSTO-1 DE CUATRO BALANCES CATIONICOS, EL ALTAR, PENIPE.	31

TABLA 19 RESPUESTA DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS DEL TOMATE DE ÁRBOL A LOS EQUILIBRIOS CATIONICOS, EL ALTAR, PENIPE. 2022-2023.....	40
TABLA 20 COSTOS DE PRODUCCION DE TOMATE DE ARBOL/TRATAMIENTO (18meses)	41

ÍNICE DE FIGURAS

Figura 1 Rendimiento del tomate de árbol a la aplicación de cuatro equilibrios catiónicos, El Altar, Penipe. 2022-2023.....	30
---	----

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de vida y permitirme alcanzar mis objetivos.

Agradezco a Ingeniero David Guerrero. Mg., Ingeniero. Edgar Aldáz. Mg, quienes con su conocimiento y experiencia aportaron en esta investigación. A mis compañeros y amigos por sus palabras de motivación y apoyo en este proceso de aprendizaje.

Agradezco al Ingeniero Jean Carlos Ruiz, por su colaboración en el manejo agronómico del cultivo, a la Asociación de producción Agropecuaria El Altar, por la confianza depositada y permitirme compartir experiencias de capacitación y asistencia técnica en el cultivo de tomate de árbol.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en Amor y Gritud, a mi madre María Petrona y a la Memoria de mi Padre Ignacio y mi Hermano José.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA

INFORMACIÓN GENERAL

TEMA: EQUILIBRIO CATIÓNICO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum* Cav.) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.

AUTOR: María Manuela Morocho Quishpi

Ingeniero agrónomo

mmorocho3914@uta.edu.ec

DIRECTOR:

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

- Producción agroalimentaria y medio Ambiente

RESUMEN

El cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) en el Ecuador dinamiza la economía local de pequeños y medianos productores de las provincias de Carchi, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, sin embargo, el mal manejo nutricional trae como consecuencia una reducción considerable de la productividad y la calidad de la fruta. En la parroquia el Altar, Penipe, se determinó la respuesta productiva del tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) variedad amarillo gigante a la aplicación de tres balances catiónicos: T1 (55%Ca, 20% K, 25% Mg), T2 (60% Ca, 30%K, 10%Mg), T3 (80% Ca, 15%K, 5%Mg). Se evaluaron diferentes variables, como peso y diámetro del fruto, número de fruto planta⁻¹, rendimiento planta⁻¹, rendimiento ha⁻¹. Los resultados demostraron que existe una relación positiva entre las dosis de balance catiónico sobre el rendimiento de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*). En especial, el tratamiento T2 de relación (60% Ca, 30%K, 10%Mg), es la que mejor respuesta presentó para las variables agronómicas en estudio con una productividad de 44 Tn. ha⁻¹. Todos los tratamientos evaluados incluyendo el testigo absoluto, fueron rentables debido a que la relación beneficio-costo fue superior a la unidad. Sin embargo, el mayor nivel de rentabilidad se logró con el uso del balance catiónico (60% Ca, 30%K, 10%Mg) con un valor de 2.9 dólares. En definitiva, el estudio muestra que el balance óptimo de cationes (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺) en el suelo, puede mejorar de manera significativa la productividad y rentabilidad del cultivo de tomate de árbol.

Palabras clave: Cultivo de tomate de árbol, Balance catiónico, Productividad, Rentabilidad.

ABSTRACT

The cultivation of tree tomato (*Solanum betaceum*) in Ecuador energizes the local economy of small and medium producers in the provinces of Carchi, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua and Chimborazo, however, poor nutritional management results in a considerable reduction of productivity and quality of the fruit. In the El Altar parish, Penipe, the productive response of the tree tomato (*Solanum betaceum Cav*) giant yellow variety to the application of three cationic balances T1 (55% Ca, 20% K, 25 Mg), T2 (60%) was determined. Ca, 30%K, 10%Mg), T3 (80% Ca, 15%K, 5%Mg). Different variables were evaluated, such as fruit weight and diameter, number of fruit plant⁻¹, plant yield⁻¹, yield ha⁻¹. and % dry matter. The results demonstrated that there is a positive relationship between the cationic balance doses on the yield of tree tomato (*Solanum betaceum Cav*). In particular, the T2 treatment of cationic balance (60% Ca, 30% K, 10% Mg) is the one that presented the best response for the agronomic variables under study with a productivity of 44 Tn. ha⁻¹. All treatments evaluated, including the absolute control, were profitable because the benefit-cost ratio was greater than unity. However, the highest level of profitability was achieved with the use of the cationic balance (60% Ca, 30% K, 10% Mg) with a value of 2,9 In short, the study shows that the optimal balance of cations (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺) in the soil can significantly improve the productivity and profitability of tree tomato cultivation.

Keywords: Tree tomato cultivation, Cation balance, Productivity, Profitability.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 . Introducción

El tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) tiene su origen en los andes peruanos que al pasar de los años se propagó a diferentes países de América del Sur como: Bolivia, Chile, Brasil y Ecuador (Buono, *et al*, 2018). La mayor superficie cultivada se encuentra en zonas montañosas a una altitud de 2000-2800 msnm con una temperatura promedio de 13 -24 °C y una precipitación de 600-1000mm por año, se adapta con facilidad a suelos franco arcillosos y franco arenosos con alto contenido de materia orgánica y un pH de 5-8,5 (Feicán, *et al*, 2016).

En Ecuador, se estima una superficie plantada de 2534 hectáreas de tomate de árbol con un rendimiento promedio de 13,22 t.ha⁻¹ , distribuidas en los valles interandinos de las provincias de, Chimborazo con una superficie de 973 hectáreas con rendimiento promedio de 8,85 t.ha⁻¹ , Tungurahua con una superficie aproximada de 941 con rendimiento promedio de 16,11 t.ha⁻¹ , Azuay con una superficie de 198 hectáreas con rendimiento promedio de 2,36 t.ha⁻¹ y finalmente Imbabura con una superficie de 97 hectáreas con un rendimiento promedio de 3,4 t.ha⁻¹ (MAG-SIPA, 2022).

Las deficiencias nutricionales es uno de los factores que limitan la capacidad fotosintética de la hoja que está en relación directa con la calidad del producto y la productividad del cultivo, viéndose afectada por sintomatologías visibles en las etapas de floración y fructificación (Sela,2020). Otro factor importante en la nutrición vegetal es la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo que retiene e intercambia nutrientes como el potasio (K¹⁺), calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺) e hidrógeno (H⁺) (Mena, 2017). Estos cationes son atraídos por las cargas negativas ligadas a las partículas de arcilla y materia orgánica, de esta manera determinar el potencial productivo de un suelo en función a capacidad de intercambio catiónico (Rosales et al., 2017).

El bloqueo de nutrientes genera una pérdida de la fertilidad del suelo como consecuencia de la baja capacidad de intercambio catiónico, a efecto de la presencia de iones competitivos como el calcio que compite con el sodio (Na⁺), potasio (K¹⁺) y magnesio (Mg²⁺) cargados

de forma positivo. Por tanto, una mayor cantidad de estos iones en el suelo puede disminuir la absorción de calcio por las plantas (Sela, 2020).

1.2 Justificación

El desbalance de nutrientes en el suelo puede ser provocada por diferentes causas como la baja capacidad de intercambio catiónico que genera una deficiente asimilación de nutrientes del suelo (Calvache, 2012). El desconocimiento de los agricultores en el manejo nutricional y uso inadecuado de fertilizantes químicos en el cultivo de tomate de árbol genera un alto costo de producción y baja productividad del cultivo (Montalvo, 2004).

El equilibrio del suelo influye en la absorción de los cationes, ya que se establecen sinergias y antagonismos entre los elementos. Por eso, es importante determinar el porcentaje de cationes y las relaciones entre los mismo y de esta manera calcular el balance ideal en relación al cultivo (Bernal, *et al.*, 2015).

Los problemas en la nutrición de la planta surgen de varios factores, como la mala fertilidad del suelo, el mal manejo de fertilizantes químicos que provoca un desbalance nutricional del suelo, en especial de los iones: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y potasio (K^{1+}), y trae consigo una reducción considerable de la productividad y la calidad de la fruta (Kumari, *et al.*, 2022)

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Determinar la respuesta productiva del tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) variedad amarillo gigante a la aplicación de tres equilibrios catiónicos.

1.3.2 Específicos

- Identificar el balance catiónico óptimo en tomate de árbol en la parroquia el Altar, Cantón Penipe.
- Determinar la relación que existe entre el balance catiónico y la productividad del cultivo.
- Realizar el análisis costo beneficio de los tratamientos.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 Importancia del cultivo

En el Ecuador se cultivan los ecotipos locales, en la que se destaca “Anaranjado Puntón” con un registro de siembra del 60,7% a nivel nacional; También los ecotipos Rojo Mora, Amarillo y Redondo, de los cuales el primero destaca por sus buenos rendimientos, fruta de alta calidad (Feicán, *et al.*, 2016). El cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) es importante desde el punto de vista socio económico y tiene potencial para mejorar la economía familiar de los productores (Ramírez, 2021). La producción del cultivo de tomate de árbol ha disminuido en los últimos años, debido a plagas incontrolables como *bactericera cockerelli* que afectó grandes superficies en producción a nivel nacional. Sin embargo, la falta de producto en los mercados incrementa el costo con valores entre 1,20 hasta 1,25 dólares el kilo de fruta (SIPA y MAG, 2023). Debido a sus propiedades químicas, cada vez tiene mayor uso en el campo de la salud y la industria; dándose lugar, a un incremento en la superficie cultivada en diversas zonas del país, donde existen las condiciones adecuadas de suelo y clima que garantice una producción sostenible (Merchan y Alvarez, 2023).

2.2 Balance Nutricional

En lo referente a nutrición vegetal el balance es igual al equilibrio que lo dan las cargas positivas y negativas en igual proporción; sin embargo, el mal manejo de la fertilización en los cultivos trae como consecuencia un desbalance nutricional asociado a otros factores como el suelo, clima y agua (Pantoja, 2021). El mecanismo antagónico entre los cationes calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) demuestra cierta relación entre las deficiencias nutricionales y los síntomas de amarillamiento de la planta y su afectación directa en la producción y productividad del cultivo (ANCUPA, 2015).

Castro, J. (2014), explica que el tomate de árbol necesita los siguientes elementos para tener el mejor desarrollo: Cada cuatro meses, a los 8 meses después de la siembra, se administran 200 a 300 gramos del producto comercial por planta, con valores de nitrógeno de 45 a 50 kg/ha, fósforo de 16 a 20 kg/ha, potasio de 50 a 60 kg/ha y NPK de 10 a 30 kg/ha. La dosis aumentará con el crecimiento del árbol, 50 gramos de urea para las plántulas, 75 gramos para

las plantas de 1 a 2 años, 100 gramos para las plantas de 3 a 4 años cada 4 meses. Magnesio y calcio aplicar 500 kg de cal dolomita una o dos veces al año.

La disponibilidad de calcio, magnesio y potasio para las plantas no solo depende de su contenido en el complejo adsorbente mucho menos del contenido en la solución del suelo, sino también de la competencia que se puede generar entre estos elementos., sin embargo, el comportamiento puede variar según la selectividad de los cationes del suelo (Sadeghian, 2012).

Calvache, M. (2010), en su investigación titulada “Evaluación de diferentes relaciones de Ca, Mg y K en palma aceitera (*elaeis guineensis jacq.*) bajo condiciones de riego y sin riego”, manifiesta que la mejor respuesta agronómica se obtuvo al aplicar la relación catiónica de 60% calcio, 30% magnesio y 10% potasio en el suelo. De la misma manera (ANCUPA, 2015) al utilizar la misma relación catiónica en su estudio titulado “Desbalance Catiónico Calcio-Magnesio-Potasio, causa principal del problema amarillamiento - secamiento de la palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*)” obtiene valores significativos en la productividad del cultivo. Sin embargo, en desequilibrio estos elementos pueden alterar fisiológicamente el desarrollo de la planta y, por lo tanto, disminuir la productividad, por ello es necesario considerar las relaciones entre los nutrientes y el cultivo (Ayala. *et al.*, 2010).

Otra investigación en la cual se determina la respuesta productiva del cultivo de rosas a tres relaciones catiónicas, en la cual prevalece la relación catiónica de 60% calcio, 30% magnesio y 10% potasio en el suelo con mejores resultados en productividad de tallos por planta, longitud de tallos, además presento baja incidencia de Botrytis (*Botrytis cinnerea*) (Clavache, M y Lanchimba,L, 2012).

2.3 Nutrientes esenciales

Un nutriente esencial debe cumplir las siguientes condiciones:

La planta no puede completar su ciclo de vida en ausencia del elemento esencial, debe estar ligado a las funciones metabólicas y ningún otro elemento puede reemplazar sus funciones (Pantoja, 2021). Por tanto, los nutrientes esenciales es sinónimo de un adecuado crecimiento

y desarrollo de las plantas, en función al requerimiento relativo de la planta se describe en macronutrientes, nutrientes secundarios y micronutriente (Sela, 2022).

2.3.1 Nutrientes primarios y secundarios

Walworth (2016), denota las siguientes tablas de nutrientes.

TABLA 1 NUTRIENTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

ELEMENTO	FORMA DE ABSORCION	PRINCIPALES FUNCIONES
C, O, H	CO ₂ , H ₂ O u O ₂	Componente de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos
Nitrógeno	NO ₃ - o NH ₄ +	Componente de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, algunas coenzimas
Potasio	K ⁺	Participa en el balance iónico celular mediante la ósmosis; apertura y cierre de estomas; activador enzimático
Calcio	Ca ²⁺	Componente cementante de las paredes celulares; participa en la permeabilidad de la membrana; activador enzimático
Fósforo	H ₂ PO ₂ - o HPO ₄ ²⁻	En ácidos nucleicos, fosfolípidos, ATP
Magnesio	Mg ²⁺	Componente de enzimas que participan en la respiración y en el metabolismo del nitrógeno; necesario para la fotosíntesis
Azufre	SO ₄ ⁻²	Componente de algunos aminoácidos y vitaminas
Silicio	SiO	Forma parte de la pared celular, retículo endoplasmático, lamina medía y de los espacios intercelulares, donde contribuye con la rigidez, da resistencia estructura

Fuente: Walworth (2016).

TABLA 2 MICRONUTRIENTES

ELEMENTO	FORMA DE ABSORCION	PRINCIPALES FUNCIONES
Hierro	Fe^{2+} o Fe^{3+}	Forma parte de muchas enzimas redox del tipo hemoproteínas como citocromos, catalasas, peroxidasas... De sulfoferroproteínas: ferredoxina, nitrito reductasa, sulfito reductasa, nitrogenasa... Solutos osmóticos activos, Protector del cloroplasto,
Cloro	Cl^-	Participación en la fotólisis del agua, Mantenimiento del gradiente de pH entre citosol y vacuola por activación de la ATPasa del tonoplasto
Cobre	Cu^{2+}	Está presente en diversas proteínas y enzimas implicadas en procesos de oxidación/reducción. Plastocianina (fotosíntesis). Citocromo c oxidasa (respiración mitocondrial).
Manganeso	Mn^{2+}	Activador de enzimas de la respiración y el metabolismo del nitrógeno
Zinc	Zn^{2+}	Está presente en diversas proteínas y enzimas implicadas en procesos de oxidación/reducción. Plastocianina (fotosíntesis). Citocromo c oxidasa (respiración mitocondrial)
Molibdeno	MoO_4^{2-}	Activador de enzimas que participan en la fijación del nitrógeno
Boro	BO_3^- o $B_4O_7^{2-}$	El 95% se halla en las paredes celulares. Relación con los principales procesos de la fisiología vegetal: división y crecimiento, germinación, regulación hormonal

Fuente: Walworth (2016).

2.3.2 Potasio

El potasio, un macronutriente que las plantas absorben en gran cantidad, es esencial para su crecimiento y reproducción. Se encuentra en la solución de suelo en forma de catión de carga positiva (K^+). Es esencial para la apertura y cierre estomático, controla la absorción de CO_2 y, por lo tanto, actúa a nivel de fotosíntesis, transporta azúcares y almidones, mantiene la presión de turgencia de las células (lo que evita que la planta se marchite pronto), participa en la absorción de nitrógeno y la síntesis de proteínas. Es esencial para la producción de ATP, que es una importante fuente de energía para muchos procesos químicos que se llevan a cabo en las plantas, así como un activador de enzimas (Vitra, 2020).

2.3.2.1 Síntomas de deficiencia de potasio

Las plantas con deficiencia de potasio suelen presentar síntomas como clorosis, necrosis en las puntas y bordes de las hojas. Por su fácil movilidad en la planta los síntomas de deficiencia aparecen en las hojas más viejas, las plantas que carecen de potasio presentan un sistema radicular deficiente, tallos débiles y malformación de frutos (Ross 2016).

2.3.2.2 Síntomas de Exceso de potasio

No existe como tal la toxicidad por potasio. Sin embargo, los niveles excesivos pueden causar antagonismos que pueden resultar en deficiencias de otros nutrientes como el magnesio o el calcio. Si esto sucede, es mejor ajustar el programa de fertilización y analizar el suelo y el tejido vegetal para determinar el contenido de nutrientes (Vitra. 2020).

2.3.2.3 Factores que afectan la disponibilidad de potasio en el suelo

- ✓ Tipo de arcilla y cantidad de arcilla.
- ✓ Capacidad de intercambio catiónico. – A mayor contenido de arcilla mayor capacidad en CIC, sin embargo, no siempre a mayor CIC implica mayor contenido de potasio
- ✓ Cantidad de potasio intercambiable
- ✓ Capacidad de fijar potasio
- ✓ pH Humedad, temperatura y aireación del suelo
- ✓ Calcio y magnesio. - el exceso de estos elementos puede causar deficiencia de potasio (Hernandez. *et al.*,2010).

2.3.3 Calcio

El calcio se considera como un nutriente secundario, interviene en varias funciones dentro de la planta, estabiliza las estructuras de la pared celular al formar los pectatos de calcio, interviene en los procesos metabólicos, enzimáticos y hormonales, en cantidades adecuadas el calcio disminuye la actividad enzimática de patógenos que atacan la pared celular (Sela, 2022). En cantidades adecuadas el calcio genera resistencia a enfermedades causada por microorganismos. Por lo tanto, la aplicación de sales de calcio puede afectar el desarrollo de los hongos de manera directa en la formación de esporas, apresorios, formación del tubo germinativo y la cantidad de micelio (Moral. *et al*, 2014).

2.3.3.1 Síntomas de deficiencia de calcio.

Según INTAGRI (2018), el calcio se considera un elemento inmóvil, su absorción y desplazamiento a los diversos órganos vegetales es a través del xilema y depende de forma directa de la transpiración de la planta. Por lo tanto, la falta de este nutrimento se manifiesta como deficiente en los procesos que interviene; los órganos con menor transpiración como brotes y frutos son más propensos a mostrar síntomas de deficiencia de calcio.

La deficiencia de calcio más común afecta al desarrollo radicular de la planta, con síntomas de pudrición que en ocasiones genera la muerte o detienen su desarrollo, además dada su movilidad limitada, los primeros síntomas de deficiencia de calcio aparecen en hojas más jóvenes (García, 2021). La aplicación de una cantidad mayor de iones de carga positiva, como el sodio (Na⁺), potasio (K⁺) y magnesio (Mg⁺²), puede disminuir la absorción de calcio por las plantas, caso particular ocurre con los iones de sodio que pueden reemplazar al calcio adsorbido por el suelo y disminuir la disponibilidad (Sela, 2022).

2.3.3.2 Factores que afectan la disponibilidad de calcio en el suelo

- pH del suelo: Los suelos ácidos disponen menos calcio, en relación a los suelos alcalinos.
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): suelos con menor CIC tienen ausencia de calcio y viceversa.
- El porcentaje de calcio como reserva en la capacidad de intercambio catiónico (CIC): niveles en exceso de cationes y la baja disponibilidad de calcio tiende a reducir la absorción de este elemento por la planta.

- El tipo de arcilla

2.3.3.3 Relación de Calcio con otros cationes

- El exceso de sodio (Na) en el suelo reduce la disponibilidad de calcio para las plantas
- El suministro de nitrógeno también tiene un impacto en la absorción de calcio; si el suministro es con NH_4 , la absorción de calcio disminuye debido a la competencia entre estos dos cationes; si el suministro de nitrógeno es con NO_3 , la absorción de calcio aumenta.
- La cantidad recomendada de nutriente depende del cultivo a establecer, la producción objetiva, la respuesta del cultivo al balance con el potasio y los datos más interesantes son la presencia de ppm de potasio en el suelo y la tasa de saturación en comparación con otros cationes básicos (García 2021).

2.3.3.4 Fuente de Calcio

El sulfato de calcio (CaSO_4) se usa en la agricultura como fuente de calcio (Ca) y sulfato (SO_4^{2-}) y como enmienda para mejorar la estructura del suelo. Los componentes del yeso o Sulfato de Ca deshidratado son de inmediata disponibilidad para las plantas, su contenido de calcio soluble permite neutralizar la acidez del subsuelo, sin embargo, no es capaz de neutralizar la acidez del suelo (Guerrero, 2019).

Sulfato de Calcio (yesolina). - Mineral natural que se obtiene de yacimiento marinos, con una composición rica en Azufre y Calcio que permite corregir suelos salinos -sódicos, intervenir sobre el crecimiento de las raíces de las plantas, mejorar la textura y estructura del suelo e incrementar la resistencia del cultivo a plagas y enfermedades (La Colina, 2021), su carga mineral se detalla a continuación:

Nutriente	Concentración
Sulfato de calcio (CaSO_4)	98%
Azufre (SO_4)	56%
Calcio (CaO).....	26%
Hierro (Fe).....	0,5%
Manganeso (Mn).....	0,01%
Zinc (Zn).....	0,01%

Granulometría: Fina (40 A.S.T.M. y 100 A.S.T.M) y Granulada (1 – 3 mm) pH: 8 – 9

La Yesolina en la agricultura posee varios beneficios que se describe a continuación.

- ✓ Permite una mayor retención de agua.
- ✓ Suministra Azufre, componente básico de los aminoácidos que forman las proteínas vegetales.
- ✓ Mejora el rendimiento del cultivo.
- ✓ Corrige deficiencias por Azufre y Calcio en los suelos.
- ✓ Aumenta la disponibilidad de nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y Potasio.
- ✓ Disminuye el contenido de elementos tóxicos, especialmente el de metales pesados.
- ✓ Amortigua lo cambios bruscos de pH.
- ✓ Mejora la textura y estructura del suelo.
- ✓ Se usa para el mejoramiento y corrección de los suelos salinos – sódicos.
- ✓ Estimula la vida microbiana de los suelos.
- ✓ Facilita la descomposición de la materia orgánica evitando la volatilización del nitrógeno.
- ✓ Permite la agregación y estructuración del suelo.
- ✓ Permite que los organismos benéficos del suelo se desarrollen adecuadamente.
- ✓ Facilita y aumenta la penetración del agua.
- ✓ Aumenta la calidad de frutos y previene algunas enfermedades de las plantas.
- ✓ El calcio contenido en el yeso participa en los procesos de floculación de partículas, especialmente arcillas, lo que permite la agregación y estructuración del suelo.
- ✓ Aporta Calcio necesario a las frutas para que estas tengan una óptima calidad en cuanto a firmeza de pulpa y otros atributos.
- ✓ Minimiza o previene la formación de encostramiento superficial del suelo.
- ✓ Corrige la acidez del subsuelo disminuyendo los efectos tóxicos del aluminio a profundidades donde el Carbonato de Calcio no puede penetrar.
- ✓ Previene el encharcamiento del suelo.

2.3.4 Magnesio

EL magnesio en ocasiones no se considera en los planes de fertilización, sin embargo, juega un rol muy importante en diferentes procesos fisiológicos de las plantas, como en la fosforilación (formación de ATP en los cloroplastos), fijación fotosintética del dióxido de carbono (CO₂), formación de clorofila, síntesis de proteínas, partición y asimilación de

productos de la fotosíntesis, y foto-oxidación de los tejidos de las hojas. También la enzima ribulosa 1,5-bifosfato carboxilasa (RuBP), conocida como RuBisco, solo se activa en presencia de magnesio, la cual es muy importante en el proceso de la fotosíntesis (Álvaro, 2020)

Es un elemento básico en la molécula de clorofila por lo que interviene en la síntesis y formación de proteínas, los carotenos y xantofilas necesitan magnesio para cumplir los metabolismos básicos de la planta y reduce la transferencia de carbohidratos de las hojas y tallos. Este aspecto hay que tenerlo muy en cuenta en cultivos como por ejemplo la patata o remolacha entre otros (Ross, 2016), además el magnesio interviene en el balance catión-anión, responsable de la regulación de pH y del ajuste de turgencia de las células de la planta.

2.3.4.1 Síntomas de deficiencia de magnesio

Ross, M. (2016), manifiesta que la deficiencia de magnesio impide la degradación de los almidones, que son la principal fuente de energía para los órganos de almacenamiento y los tejidos en crecimiento. Si la cantidad de magnesio en la planta es insuficiente, el transporte de carbohidratos a lugares de alta demanda se inhibe. Por lo tanto, la falta de magnesio provoca un aumento de almidones y contenido de materia seca en las hojas más viejas, que se acompaña de una falta de suministro de carbohidratos a frutas, granos y raíces. La clorosis de las hojas más viejas, también conocida como "hojas naranja", es uno de los síntomas visibles de la deficiencia de magnesio. La época seca, si la radiación es alta y las hojas están expuestas a la luz solar, presenta los síntomas visibles más fuertes de la deficiencia.

La inhibición del suministro de carbohidratos a las raíces impide su crecimiento y reduce la absorción de nutrientes, como el fósforo y el potasio, que se encuentran en el suelo con poca movilidad. La nutrición de magnesio y el crecimiento de la raíz se vuelven más importantes en condiciones de suelos ácidos. Esto se debe a que el aluminio se transforma en una forma soluble y tóxica en suelos minerales ácidos. Su principal función es impedir el crecimiento de las raíces. El suministro ideal de magnesio puede contrarrestar este efecto. Por lo tanto, el magnesio mejora el acceso de las raíces a los nutrientes de baja movilidad y aumenta la absorción de agua y nutrientes. Por lo tanto, se podría afirmar que el magnesio aumenta la productividad nutricional de los cultivos que se desarrollan en suelos ácidos (Ross 2016).

2.3.4.2 Factores que afectan la disponibilidad de magnesio

Ross, M. (2016), manifiesta que la deficiencia de magnesio puede ser un factor limitante en la producción de cultivos, sin embargo, la disponibilidad y absorción de este elemento se ve afectado por los siguientes factores:

- Temperaturas bajas
- Suelos con condiciones secas y altos niveles de elementos antagonistas, tales como el potasio, el calcio entre otros
- Carencia propia de magnesio en el suelo

En suelos de pH bajo, la solubilidad de magnesio disminuye y hace menos disponible para la planta, en suelos ácidos el magnesio tiende a lixiviarse, debido a que tienen menos sitios intercambiables, por tanto, su capacidad de intercambio catiónico es inferior. La Absorción y translocación del magnesio en la planta puede disminuir por la competencia de iones de carga positiva (Selva, 2020).

2.3.4.3 Principales síntomas del déficit de magnesio en las plantas

Debido a que el magnesio interviene en el proceso fotosintético, siendo parte de la estructura molecular de la clorofila, la falta de este elemento poder generar síntomas de clorosis intervenal en hojas viejas y manchas rojas. Los grandes aportes de potasio durante la fase de maduración de los frutos pueden causar clorosis por deficiencia de magnesio en la planta (Ross 2016).

2.3.4.4 Exceso de magnesio en los cultivos.

Es poco común que el magnesio genere toxicidad en los cultivos. Si esto sucede, el tejido foliar podría presentar una deficiencia de calcio y potasio absorbidos por la planta. Esto se debe a que la planta compite con estos nutrientes (Ross 2016).

2.3.4.5 Fuente de magnesio

El óxido de magnesio es un mineral con la más alta concentración de Magnesio (91%), utilizada como una enmienda agrícola edáfica, ermite una mayor eficiencia y una mejor relación costo beneficio, requiriendo dosis menores por hectárea (La colina, 2021).

Nutriente	Concentración
Magnesio (MgO).....	91%
Calcio (Ca).....	2%
Silicio (SiO ₂).....	1.8%

Granulometria: Malla 200 A.S.T.M.

pH: 8-10

CIC. 1 – 5 meq/100g

El óxido de magnesio posee varios beneficios que se describen a continuación:

- ✓ Evita y corrige las deficiencias de magnesio.
- ✓ Elevado poder de neutralización de la acidez (incrementa el pH del suelo).
- ✓ Neutraliza el efecto tóxico de la toxicidad del Aluminio y Manganeseo.
- ✓ Bajo costo por nutriente.
- ✓ Tamaño de partícula muy fina (malla 200) que hace de inmediata disponibilidad al Calcio y Magnesio.
- ✓ No genera CO₂ y por tanto es más amable con el ambiente ya que no ayuda al calentamiento global.
- ✓ Aumenta el crecimiento microbial y acelera la descomposición y mineralización de la materia orgánica en los sedimentos.
- ✓ Favorece la descomposición de materia orgánica por las bacterias, ya que proporciona un pH adecuado.

2.4 Propiedades químicas del suelo.

2.4.1 Capacidad de intercambio catiónico

Gonzales, A. (2015), señala que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo muestra la cantidad de cargas negativas presentes en el suelo, las arcillas y la materia orgánica. Este valor muestra la capacidad del suelo para retener e intercambiar nutrientes (calcio, magnesio, sodio y potasio), ya que los nutrientes con carga positiva se adhieren a las arcillas, mientras que los nutrientes con carga negativa se adhieren a la materia orgánica. Por lo tanto, la capacidad de intercambio catiónico de un suelo el valor total de cationes que

pueden ser retenidos. Los iones de la solución del suelo pueden lixiviarse como secuela de la lluvia o el riego. Los cationes de intercambio no lo hacen. Por lo que se establecen sinergias y antagonismos entre los elementos, el equilibrio del suelo tiene un impacto en la absorción de cationes. Por lo tanto, es fundamental realizar un estudio de suelo para conocer su equilibrio y las relaciones catiónicas con la planta.

Pino, A. (2010), concuerda con González, A. (2015), al exponer que CIC es la cuantificación del contenido de cationes y la capacidad de retención en el suelo. Los estados de intercambio están ocupadas por: - Bases: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ - H^+ , Al^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} .

Gonzales, A. (2015), afirma que las unidades utilizadas para medir las relaciones son meq del catión/100 gramos (a veces se expresa como $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$). Se debe expresar en unidades del Sistema Internacional (SI) como la cantidad de carga por unidad de masa de suelo ($\text{cmol}(+)/\text{Kg}$), aunque el valor es idéntico al de $\text{meq}/100 \text{ g}$, que es la unidad utilizada. A continuación, se proporcionan los valores ideales de las relaciones de los cationes obtenidos del análisis del suelo. Es importante tener en cuenta que los valores pueden variar según el cultivo, el clima y otros factores.

TABLA 3 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

CIC total meq/100g	Nivel	Valoración
0-10	Muy bajo	Suelo muy pobre
10-20	Bajo	Suelo pobre
20-35	Medio	Suelo medio
35-45	Medio-alto	Suelo rico
Mayor de 45	Alto	Suelo muy rico

Fuente: González, A. (2015)

Abrego, F. (2012), señala la importancia de la capacidad de cambio ya que

- Controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas: K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , entre otros.
- Interviene en los procesos de floculación - dispersión de arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados.
- Determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes.

Hang, S. (2014), señala que el CIC es predominante en suelos de regiones templadas y añade otros beneficios;

- Retención y disponibilidad del agua
- Regulación y corrección del pH
- Capacidad amortiguadora de nutrientes poco solubles

2.4.2 pH

El pH, también conocido como potencial de hidrógeno, indica si un suelo es ácido o alcalino. También indica el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo. Es el principal indicador de la disponibilidad de nutrientes para las plantas y afecta la solubilidad, la movilidad, la disponibilidad y otros componentes y contaminantes inorgánicos del suelo. El pH del suelo está entre 3,5 y 9,5. Los suelos muy ácidos (<5,5) suelen contener niveles altos y peligrosos de manganeso y aluminio. La dispersión es más común en suelos alcalinos (>8,5). En suelos muy ácidos, la actividad de los organismos del suelo está inhibida y el pH ideal para los cultivos agrícolas es 6,5 (FAO, 2021).

2.4.3 Porcentaje de saturación de bases

Se refiere al valor de cada base respecto al valor de la capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C.). Se dan los porcentajes que se pueden considerar más normales.

TABLA 4 PORCENTAJE DE LAS BASES DE CAMBIO (%)

Porcentaje de las bases de cambio (%)					
H^+	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+
0-5	0-0	65-75	15-20	4-7	0-5

Fuente: González, A. (2015)

Algunos autores consideran estos valores modificables, el calcio en el rango del 60-80%, el magnesio en el rango del 10-20%, el potasio del 2-6% y el sodio del 0-3%

2.4.3.1 Saturación por bases

González, A. (2015), se refiere a la suma de los cationes principales (Calcio, magnesio, sodio y potasio) respecto de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) efecto del análisis de suelos. El resto del valor hasta el 100% estará cubierta por hidrogeniones (H^+) y otras bases. Cuanto más básico sea el suelo, mayor será el porcentaje de saturación de las bases. Cuanto más alto sea el porcentaje de saturación, mayores posibilidades de retener cationes.

TABLA 5 SATURACIÓN DE BASES (%)

% Saturación de bases	Valoración
< 50%	Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza.
50% – 90%	Suelo medio. Su riqueza dependerá de la C.I.C. total.
> 90%	Suelo saturado de bases. pH neutro o básico.

Fuente: González, A. (2015)

Es recomendable una saturación superior al 60%

2.4.4 Relación Ca/Mg

Según García, I. (2021), su impacto en la estructura del suelo es el mayor impacto de esta relación en el cultivo. El calcio presente en el suelo interviene en la aireación, mientras que el magnesio ayuda a la adhesión de las partículas en el suelo. De esta manera, si la relación Ca/Mg es muy baja, lo que significa que los iones de magnesio ocuparán una gran parte del complejo de cambio, el suelo se vuelve menos permeable, lo que afecta el desarrollo del cultivo. Por lo tanto, la proporción Ca/Mg supera 1.

La relación Ca/Mg en las hojas de algunas plantas suele ser de 2:1, lo que indica que se debe aplicar más calcio que magnesio en la solución nutriente. Esto también es importante para el balance mineral en el interior de la planta. Los niveles de Zn y Mn en el medio de cultivo también afectan la absorción de magnesio, ya que un exceso de estos microelementos, además de ser tóxicos para la planta, puede causar una reducción en la absorción de magnesio.

TABLA 6 RELACIÓN Ca/Mg

Relación Ca/Mg	Valoración
<1	Deficiencia de calcio
Entre 1 y 2	Bajo nivel del calcio respecto al magnesio
Entre 2 y 5	Ideal
>5	Deficiencia de magnesio

Autor: González, A. (2015)

El valor óptimo se considera en el 5.

2.4.5 Relación Mg/K

González, A. (2015), indica que la relación ideal es que sea igual o próxima a 3

TABLA 7 RELACIÓN Mg/K

Relación Mg/K	Valoración
<1	Deficiencia de magnesio
Entre 1 y 3	Aceptable
3	Ideal
Entre 3 y 18	Aceptable
>18	Deficiencia de potasio

Autor: González, A. (2015)

Según la mayoría de los autores, los valores típicos para esta relación estarían entre 2,5 y 15. Otros autores afirman que la deficiencia de magnesio se puede desarrollar si la relación K/Mg es superior a 3 o a la inversa, Mg/K es inferior a 0,3.

TABLA 8 RELACIÓN Ca/K

Relación Ca/K	Valoración
<30	Ideal
>30	Deficiencia de potasio

Autor: González, A. (2015)

Según el autor considera el valor ideal en el entorno de 20 e incluso otros autores lo consideran en el rango de 10-40.

TABLA 9 RELACIÓN (Ca + Mg)/K

Relación (Ca + Mg)/K	Valoración
<40	Ideal para el potasio
>40	Deficiencia de potasio

Autor: González, A. (2015)

Relación K/CIC.

Los márgenes ideales oscilan entre el 2% y el 4%.

2.4.6 Antagonismo entre nutrientes

Según Chakman, I. (2015), las interacciones entre iones con características fisicoquímicas similares, como la valencia y/o el diámetro, provocan el antagonismo entre los nutrientes. Los iones pueden competir entre sí al ingresar a un mismo canal proteico o unirse a una proteína transportadora. En otras palabras, la absorción de un elemento puede verse obstaculizada por la presencia de otro elemento en una concentración dada. El magnesio y el calcio son antagonistas.

TABLA 10 ANTAGONISMO ENTRE NUTRIENTES

ANTAGONISMO	
Potasio	—————> Boro
Magnesio	—————> Potasio
Molibdeno	—————> Cobre
Fosforo	—————> Zinc, potasio, cobre, calcio, hierro
Boro	—————> Potasio
Calcio	—————> Potasio, magnesio, amonio
Calcio	—————> Manganeso, zinc, boro

Autor: Cakman, I. (2015)

2.5 Etapas fenológicas del tomate de árbol

Castro, J. (2014), agrega que el comportamiento fenológico del tomate de árbol varía según la región en la que crece. En áreas subtropicales, actúa de manera similar a una especie que reflorece y puede producir frutas durante gran parte del año. En climas más cálidos y estacionales, la brotación comienza con los primeros días de calor en agosto, la floración y el cuaje ocurren en octubre, noviembre y diciembre y los frutos están listos para cosechar en marzo, abril, mayo y junio.

Sin embargo, Guachizaca, A. (2016), muestra la siguiente caracterización fenológica:

2.5.1.1 Estado fenológico principal 0: Germinación de semillas

EL proceso de imbibición de la semilla inicia su periodo a partir de los 7 días, con referencia a la salida del hipocótilo y cotiledones del tegumento seminal, este subestadio surge entre 25 a 27 días.

2.5.1.2 Estado fenológico principal 1a: Desarrollo de las hojas en fase de vivero

Según la escala extendida BBCH, el despliegue completo de los cotiledones toma en promedio 34 días después de la siembra para formar la primera hoja verdadera. Surge más de dos meses para formar la cuarta hoja. Estas plantas alcanzan un tamaño de tres a cinco centímetros.

2.5.1.3 Estado fenológico principal 1ª. Desarrollo de las hojas del tallo en la parcela

Para alcanzar la formación de la novena hoja se registra un tiempo de 124 días. La planta para alcanzar la formación de 18 a 26 hojas transcurre 230 días.

2.5.1.4 Estadio fenológico principal 1b: Desarrollo de las hojas

Las plantas de tomate desarrollan 28 o más hojas a partir de los 258 días después de la siembra.

2.5.1.5 Estadio fenológico principal 2: Desarrollo de los brotes laterales

Para la formación del primer brote se requiere un tiempo alrededor de 202 días y para el segundo un promedio de 208 días después de la siembra.

2.5.1.6 Estadio fenológico principal 3: Elongación del tallo

El subestadio 30% de la longitud final se registró a los 210 días.

2.5.1.7 Estadio fenológico principal 5: Emergencia de la inflorescencia

El desarrollo de la primera inflorescencia inicia entre los 247 y 256 días después de la siembra. Mientras que la cuarta inflorescencia puede tomar hasta 278 días.

2.5.1.8 Estadio fenológico principal 6: Floración

La apertura de la primera flor se presenta a los 251 días de la siembra

2.5.1.9 Estadio fenológico principal 8: Maduración del fruto

El inicio de la maduración se registra a partir de los 400 días de la siembra y la cosecha total de frutos a 430 días.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

3.1.1 Ubicación política

Provincia: Chimborazo

Cantón: Penipe

Parroquia: El Altar

Sector: Palictahua

3.1.2 Ubicación geográfica

Latitud: 779102

Longitud: 9831779

3.1.3 Ubicación ecológica

Región: Sierra

Clima: frio

Precipitación anual: 750-1000mm

Altitud: 2500 m.s.m

Temperatura media: 13°C

Zona ecológica: Relieve montañoso

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Material experimental

Plantas de tomate de árbol.

3.2.2 Material complementario

Insumos. - Sulfato de Calcio, Oxido de Magnesio, fungicidas, insecticidas.

Herramientas. -Bomba de mochila, tanque de mezcla, azadones, cajas.

Equipos. - balanza analítica, bascula, calibrador pie de rey.

3.3 Tipo de investigación

El presente proyecto se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un tipo de investigación experimental en un nivel aplicativo.

3.4 Procesamiento de la información y análisis estadístico

3.4.1 Factores en estudio

Los factores en estudio fueron:

Tres equilibrios catiónicos más un testigo absoluto

Número de tratamientos: 4

Número de repeticiones: 3

Número de unidades experimentales: 12

3.4.2 Tratamientos

Los tratamientos en estudio se detallan en la tabla 11

TABLA 11 EQUILIBRIOS CATIÓNICOS, BASE DE LOS TRATAMIENTOS.

Factor	Símbolo	Descripción		
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ¹⁺
Equilibrio 1	T1	55	20	25
Equilibrio 2	T2	60	30	10
Equilibrio 3	T3	80	15	5
Testigo	T4	0	0	0

3.4.3 Diseño experimental

Se implementó un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con tres repeticiones y un testigo absoluto, para ello se utilizó tres tratamientos con base en el equilibrio catiónico y un testigo.

3.4.3.1 Área de investigación

Se detalla a continuación las características de la unidad experimental

Número total parcelas:	12
Largo y ancho de parcelas:	10 x 5 m
Área de cada parcela:	50 m ²
Área total:	600 m ²

3.4.3.2 Densidad de transplante

Distancia entre hilera: 2,5m

Distancia entre planta: 2m

Número de plantas a evaluarse: 120

Número de plantas por tratamiento: 10

3.4.4 Análisis estadístico

Se realizó un ANDEVA para todas las variables evaluadas, a través del método de la prueba de tukey al 5%.

TABLA 12 ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	3
Repeticiones	2
Error	6
Total	11

3.5 Variables de estudio

Se recolectó los datos del área de investigación, mediante observación directa en campo con la utilización de equipos e instrumentos de medida. Esta información se registró en fichas de campo cada 15 días por 4 veces, a partir de la madurez de cosecha posterior a la aplicación de los tratamientos. Esto permitirá la identificación del comportamiento de los balances catiónicos sobre la productividad de tomate de árbol.

3.5.1 Variables dependientes

3.5.1.1 Diámetro de fruto

Se tomó el diámetro ecuatorial del fruto con la ayuda de un calibrador pie de rey, a partir de la madurez de cosecha, cada 15 días por 4 veces.

4.5.1.2 Peso del fruto (kg)

Se procedió a pesar la fruta con la ayuda de una balanza analítica.

3.5.1.2 Rendimiento por planta (Kg)

Se recolectaron los frutos correspondientes a cada planta y se procedió a pesar con la ayuda de una balanza gramera y para obtener el rendimiento total se procedió a multiplicar por el número plantas del tratamiento en estudio.

3.5.1.3 Número de frutos por planta

Se contabilizo los frutos por cada planta

3.5.2 Variables independientes

Influencia del equilibrio catiónico del Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}) y Potasio (K^+).

3.5.3 Unidad de investigación

Se analizaron plantas de tomate en 12 parcelas, con dimensiones de 10 m de largo y 5 m de ancho, y se consideró 10 plantas por tratamiento, un total por parcela de 50 m² y un área total de 600 m² en todo el experimento.

3.6 Manejo del ensayo

3.6.1 Identificación del cultivo

El estudio se lo realizo en un cultivo establecido de tomate de árbol en etapa de crecimiento

3.6.2 Muestreo de suelo

Se realizó la toma de muestra de suelo y posterior envió a laboratorio Agrarprojekt de la ciudad de Quito para su respectivo análisis físico químico.

3.6.3 fertilización

Una vez obtenido los resultados de análisis de suelo se procedió a realizar los cálculos de fertilización en base a los equilibrios catiónicos en estudio y de esta manera se determinó el uso de sulfato de calcio y oxido de magnesio como fuentes de fertilizante. La aplicación de los balances catiónicos se lo realizo una sola vez en la etapa de desarrollo del cultivo.

3.6.4 Control de plagas y enfermedades

Se realizó aplicaciones de fungicidas y plaguicidas cada 15 días, especialmente para el control de *atrachnisis* y *bactricera cockerelli*.

3.6.5 Cosecha

La cosecha se lo realizo 5 meses después de la aplicación de los balances catiónicos al suelo, durante 2 meses y cada 15 días, se utilizó sacos y baldes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificar el balance catiónico óptimo en tomate de árbol

4.1.1 Número de frutos por planta

De acuerdo con la prueba de medias Tukey al 5%, el T2 que corresponde al equilibrio catiónico 60% de Ca, 30% de Mg y 10% de K alcanzó de manera significativa el mayor número de frutos por planta de tomate de árbol (tabla12). Este resultado coincide con lo expuesto por ANCUPA (2015), que a través del manejo de la relación (60%Ca-30%Mg-10%K), se logró mejorar de manera significativa el balance catiónico de los tres elementos y mayor rendimiento del cultivo.

TABLA 13 EQUILIBRIO CATIÓNICOS SOBRE EL NÚMERO DE FRUTOS PLANTA¹ DE TOMATE DE ÁRBOL (*solanum betaceum cav.*) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.

Tratamientos	Promedio
T2	43 a
T3	46 ab
T1	31 b
T4	19 c

4.1.2 Peso de fruto

La aplicación del balance catiónica del T2 (60% Ca, 30% Mg y 10% K) presenta un incremento de manera significativa el peso del fruto de tomate de árbol (tabla 13). Así mismo en la investigación de relaciones catiónicos en palma africana realizada por Calvache (2012), demostró que la relación (60% Ca, 30% Mg y 10% K) tienen una injerencia directa sobre el desarrollo de los frutos y la planta en general.

TABLA 14 EQUILIBRIO CATIONICO SOBRE EL PESO DEL FRUTO (G) DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav.*) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.

Tratamientos	Promedio
T2	165.33 a
T3	153.67 ab
T1	145.00 ab
T4	130.00 b

Las relaciones catiónicas manejadas de manera conjunta y balanceada permiten un mejor desarrollo del cultivo. Por tanto, se hace necesario conocer el estado nutricional de suelos y cultivos, a fin de generar un diagnóstico del sistema suelo-planta para elaborar un plan de manejo óptimo de los nutrimentos del sistema de producción (Calvache, 2012).

4.1.2 Diámetro del fruto

La aplicación del balance catiónico (60% Ca, 30% Mg y 10% K) T2 denota mayor diámetro de fruto con un valor de 6,20cm en relación a los demás tratamientos (Tabla 14).

TABLA 15 EQUILIBRIO CATIONICO SOBRE EL DIAMETRO DEL FRUTO (CM) DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav.*) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.

Tratamientos	Promedio
T2	6.20 a
T1	5.88 b
T3	5.86 b
T4	5.43 c

Ramírez, (2018), menciona que el N, P y K fueron los nutrientes con mayor demanda a través del tiempo en las plantas de tomate de árbol, por otro lado, al utilizar diferentes formulaciones de fertilizantes comerciales, concluyó que el suministro ideal para el cultivo

de tomate de árbol es 16%N, 8% P₂O₅, 12% K₂O, 2%MgO, con otros elementos como 2%MgO, 5% SO₄, 0,004% Fe, 0,05% Cu, 0,06% Mn, 0,02% Zn, 0,02% B, 0,015% Mo, además explica que la asociación de los macronutrientes en la fase de floración y fructificación mejora el incremento del peso, número y diámetro de frutos.

4.1.3 Rendimiento por planta

De acuerdo con la prueba de medias de Tukey al 5%, se determinó el mejor comportamiento agronómico del tomate de árbol se obtuvo con el tratamiento (T2), en el que se aplicó el balance catiónico con una dosis de (60% Ca, 30% Mg y 10% K), en donde se observa un incremento en el rendimiento por planta a diferencia de los demás tratamientos. Del mismo modo Cevallos y Calvache (2010), afirman que la relación 60%, 30%, 10% de Ca, Mg y K fue la mejor respuesta en productividad.

TABLA 16 EQUILIBRIO CATIONICO SOBRE EL RENDIMIENTO PLANTA⁻¹ (Kg) DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav.*) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.

Tratamientos	Promedio
T1	17,96 b
T2	26,24 a
T3	21.80 ab
T4	9,96 c

4.1.4 Rendimiento t. ha⁻¹. año

Según los resultados con la prueba de medias Tukey al 5%, tabla 16, muestra significancia estadística entre tratamientos para la variable rendimiento de tomate de árbol por hectárea, con un promedio de 44Tn/ha/año en respuesta a la relación (60% Ca, 30% Mg y 10% K) del T2. Este efecto concuerda con la investigación de relaciones catiónicas sobre cultivares de rosas por Calvache (2012), quien menciona que la mejor relación en el suelo es 6:3:1 de: Ca, Mg y K ya que, mediante esta, se alcanza un mayor promedio en productividad. Concierta lo expuesto por Cevallos y Calvache (2010), quienes afirman que la relación 60%, 30%,

10% de Ca, Mg y K fue la mejor respuesta al comportamiento agronómico en el cultivo de Palma aceitera.

TABLA 17 EQUILIBRIO CATIONICO SOBRE EL RENDIMIENTO (T. HA⁻¹) DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav.*) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE.

Tratamientos	Promedio
T1	30 b
T2	44 a
T3	36 ab
T4	17 c

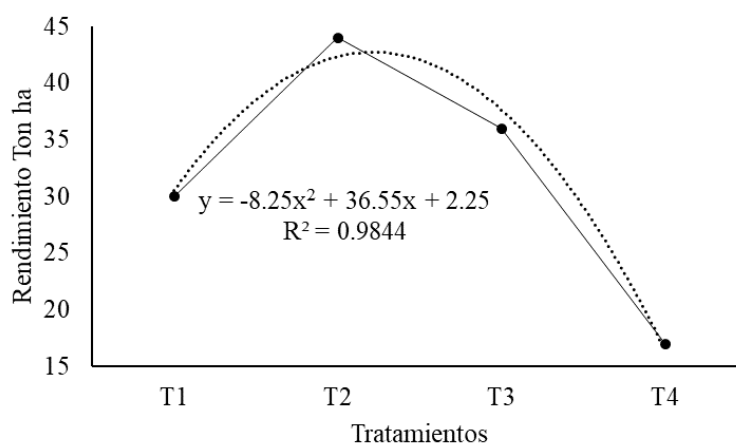
El tomate de árbol variedad amarillo gigante puede alcanzar rendimientos de al menos 32 t. ha⁻¹según INIAP (2004). Sin embargo, este valor puede variar por diferentes factores ambientales y nutricionales. La relación catiónica Ca, Mg, K en desequilibrio pueden causar trastornos en la planta y por lo tanto bajas en la productividad (Calvache, 2012). Los requerimientos nutricionales para tomate de árbol de 400 kg/ha de N, 750 kg/ha de k y 47 kg/ha de Mg expuesto por Calderón (2009), presentan rendimientos promedios de 16 t. ha⁻¹año. Otro estudio menciona que el cultivo de tomate de árbol con un rendimiento promedio de 20 t. ha⁻¹, requiere un aproximado de 312 kg/ha/año de Nitrógeno, 40 kg/ha/año de fosforo, 385 kg/ha/año de K, 188 kg/ha/año de Calcio, 60 kg/ha/año de Magnesio (Acosta 2011). El rendimiento promedio en la provincia de Chimborazo es de 8,85 t. ha⁻¹ con un costo de 1,20-1,24 dólares el kilo de fruta (MAG-SIPA, 2022).

El efecto del balance catiónico T2 (60% Ca, 30% Mg y 10% K) en la productividad de tomate de árbol supera a los rendimientos T/ha/año obtenidos en los estudios antes expuestos. Además, se puede observar que el requerimiento nutricional para la producción de tomate de árbol el calcio debe estar asociado al magnesio y al potasio considerar que la dosificación del calcio debe ser mayor a los demás elementos. Por otro lado, las aplicaciones deben estar sujetas a evaluación y de esta manera determinar de forma precisa la dosificación adecuada en función al análisis de suelo y etapa fenológica del cultivo (Becerra, 2019).

4.2 Relación entre el equilibrio catiónico y la productividad (t. ha-1 año)

Se identificó que existe una relación polinómica cuadrática positiva entre las dosis de balance catiónico sobre el rendimiento de tomate de árbol, con un coeficiente de correlación de 0.98 y un modelo matemático que se observa en la Figura 1

FIGURA 1 RENDIMIENTO DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav.*) VARIEDAD AMARILLO GIGANTE A LA APLICACIÓN DE CUATRO BALANCES CATIÓNICOS.



La relación del tratamiento T2 (60% Ca, 30% Mg y 10% K) presenta un efecto positivo sobre la productividad del cultivo de tomate de árbol, acertada al principio general de la fertilización del cultivo basada en la Ley de Liebig que pone en evidencia la relación entre los elementos nutricionales y la necesidad de alcanzar un balance en cada uno de ellos, para alcanzar el rendimiento ideal del cultivo (Bonadeo, E. et. al (2017). El manejo ideal de la nutrición mineral incrementa el rendimiento del cultivo con un menor desarrollo de enfermedades, y mejorar de manera positiva la calidad del órgano de interés (Ramírez, 2017).

La aplicación del balance catiónico (55% Ca, 20% Mg y 25% K) que corresponde al tratamiento (T1), refleja una baja productividad en relación al tratamiento (T2) de concentración (60% Ca, 30% Mg y 10% K) , debido a la baja concentración de calcio y magnesio, sin embargo, al incrementar la dosis de calcio al 80% que corresponde al (T3) la productividad tiende a disminuir, esto hace referencia que a concentraciones altas de calcio en el suelo inhibe la absorción de potasio y magnesio, por tanto, el rendimiento tiende a disminuir. Así mismo un resultado similar expuesto por Calvache (2010), quien manifiesta

que con una concentración del 60% de calcio se incrementa la producción ya que la planta asimila la mayor cantidad de este elemento para formar sus órganos y producir frutos, pero el exceso del mismo provocara una disminución en la producción de manera considerable.

Macas, (2018), en su investigación indica es imprescindible manejar las relaciones catiónicas de manera conjunta, ya que la fertilización con un solo elemento genera un desequilibrio entre las mismas, como resultado un desbalance inminente y posibles trastornos nutricionales en la planta.

Según Bernal, *et al*, (2015), al aplicar la relación catiónica de 60%Ca-30%Mg-10%K disminuye la clorosis, presenta mayor área foliar y por ende mayor capacidad fotosintética, por lo que una óptima fertilización con este balance catiónico trasciende a través del tiempo y su importancia para mantener la producción de fruta y al mismo tiempo mantener un buen estado fitosanitario.

4.3 Análisis costo beneficio de los tratamientos

En la Tabla 18, se describe el análisis beneficio costo por cada tratamiento, se determina que la mejor relación es de 2.9 USD, es decir que por cada dólar invertido se obtendrá dos dólares con 90 centavos americanos de ganancia. De esta manera de acuerdo con este análisis se determina el tratamiento T2 como el que mejor rentabilidad genera con una productividad de 44 Ton ha⁻¹.

TABLA 18 RELACIÓN BENEFICIO COSTO-1 DE CUATRO BALANCES CATIÓNICOS, EL ALTAR, PENIPE.

Tratamientos	Costos de producción (USD)	Productividad	Utilidad (USD)	Relación beneficio costo ⁻¹	B.C-1
		Ton ha ⁻¹			
T1	12232,65	30	36000	2,9	1,9
T2	13240,54	44	52800	3,9	2,9
T3	13251,99	36	43200	3,3	2,3
T4	10857,04	17	20400	1,9	0,9

CAPITULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1 Conclusiones

- La dosificación del T2 (Ca 60%, Mg 30% y K 10%) alcanza los mejores resultados en cuanto a número de fruto, peso del fruto, diámetro del fruto y rendimiento por hectárea.
- La relación beneficio costo indica que el T2 (Ca 60%, Mg 30% y K 10%) es el que mayores beneficios alcanza, es decir por cada dólar invertido existe un margen de ganancia de 2,90 dólares, con un rendimiento de 44 Tn. ha⁻¹.
- Se concluye que el balance catiónico óptimo en la productividad del cultivo de tomate de árbol es el tratamiento (T2), con una concentración del 60% de calcio, 30% de magnesio y 10% de potasio.

5.2 Recomendaciones.

- Se recomienda que los agricultores apliquen el equilibrio catiónico del T2 (60% Ca, 30% Mg y 10%) en la producción de tomate de árbol que permita comprobar el incremento de productividad.
- Realizar el análisis foliar que permita determinar la influencia de los tratamientos sobre los contenidos organolépticos del fruto.
- En una futura investigación se recomienda evaluar varias fuentes de Ca, Mg y K y su influencia sobre la eficiencia.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- Abrego, F. (2012). Calidad Ambiental del suelo. Determinación la capacidad de intercambio catiónico. Universidad Nacional, Noroeste Buenos Aires (UNNOBA). Recuperado en 01 de agosto de 2023 https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/_archivos/002012_Ronda%202012/000300_Lic.%20Fabio%20L.%20Abrego%20-%20UNNOBA/000300_Determinaci%C3%B3n%20de%20CIC.pdf
- Agrios, G. (2008). Fitopatología. 5 ed. México: Lumisa.
- Álvaro, G. (2020), El magnesio y su importancia en el crecimiento vegetal. Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/magnesio-agricultura>
- Álvaro, G. (2020). Importancia del Magnesio en la producción de cultivos. Journal Nutrición Mineral. Recuperado de <https://www.compo-expert.com/sites/default/files/2020-07/Journal%20Nutrici%C3%B3n%20Mineral.pdf>
- ANCUPA. (2015) Boletín técnico Octubre 2015, Desbalance Catiónico Calcio-Magnesio-Potasio, causa principal del problema amarillamiento - secamiento de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el Bloque Occidental Ecuatoriano (pp 1-5).
- Ayala A., Calvache M. y Lalama M. 2010. Evaluación de diferentes relaciones de Ca, Mg y K en Palma Aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) bajo condiciones de riego y sin riego. La Concordia, Esmeraldas. Rumipamba. 24(1):63-64
- Bautista, L.; Bolaños, M.; Argüelles, J.; Fischer, G. (2019), Fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en mora (*Rubus glaucus* Benth.): Efecto sobre Antracosis bajo condiciones controladas. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v68n3/0120-2812-acag-68-03-228.pdf>
- Becerra, E. (2019). Evaluación del efecto de tres niveles de fertilización sobre la producción de un cultivo comercial de tomate de árbol *Solanum betaceum* Cav. en la vereda Cimitarigua, Pamplona, Norte de Santander. Recuperado en 10 de septiembre del 2023,

dehttp://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5847/1/Becerra_2019_TG.pdf

- Bernal, G., Cristian, V., Calvache, M., Cevallos, G., Ayala, A., Parra, J., Guerra, M., Guañuna, O., Morales, R & Sánchez, J. (2015). El Desbalance Catiónico Calcio-Magnesio-Potasio, causa principal del problema amarillento-secamiento de la planta aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el Bloque Occidental Ecuatoriano. Recuperado en 03 de octubre del 2023, de https://www.researchgate.net/publication/304014273_DESBALANCE_CATIONICO_DE_CaMgK_EN_PALMA_ACEITERA_EN_ECUADOR
- Buono, S., Aguirre, C., Abdo, G., Perondi, H y Ansonnaud, G. (2018). Tomate de árbol. Recuperado de https://www.procisur.org.uy/adjuntos/01e8c39fb854_e-arbol-PROCISUR.pdf
- Cakmak, I y Yazici, A. (2010). Magnesium: A Forgotten Element in Crop Production. Recuperado en 17 julio del 2023 <https://www.ks-minerals-and-agriculture.com/en/pdf-articles/article-201006-better-crops-magnesium.pdf>
- Cakmak, I. (2015). Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes Minerales Durante la Absorción y Transporte en las Plantas. Curso Internacional sobre Nutrición de Cultivos.
- Carranza, G. (2017). Evaluación de la actividad antifúngica in vitro de cinco extractos vegetales (ev) contra *colletotrichum* spp. Aislado de tomate de árbol (*solanum betaceum*) (pp 16 – 23). Documento Final del Proyecto de Investigación como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato.
- Castro, J. (2014), Fenología y crecimiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt). Cultivado con coberturas plásticas en el suelo, (pp 24)
- Cevallos, G. y Clavache, M. (2008). evaluación de diferentes relaciones de Ca, Mg y K en palma aceitera (*elaeis guineensis jacq.*) bajo condiciones de riego y sin riego. la concordia, esmeraldas

- FAO. (2021), Portal de Suelos de la FAO. Propiedades Químicas. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Feican, C., Encalada, C y Becerril, A. (2016). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). Recuperado de <https://core.ac.uk/reader/249320590>
- García, I. (2021), CANNA Research. Interacciones entre nutrientes. Disponible en: https://www.canna.es/interacciones_entre_nutrientes
- Gonzalez, A. (2015), Relaciones catiónicas y su interpretación en los análisis de suelos. Disponible en: <http://aqmlaboratorios.com/relaciones-cationicas-analisis-de-suelos/>
- Guachizaca, A. (2016), Caracterización fenológica acorde a la escala BBCH de dos grupos agronómicos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), cultivados en condiciones controladas. Título de ingeniero Agropecuario. Universidad técnica particular de Loja. (pp 34-56).
- Hang, S. (2014), El complejo de intercambio (ci) del suelo capacidad de intercambio cationica (CIC). Disponible en: https://blog.ucc.edu.ar/edafologia/files/2014/08/Microsoft-PowerPoint-CIC-_UCC_2014.pdf
- INTAGRI, (2018). Funciones del Calcio (Ca) en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal, Núm. 122. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p
- Kumari, *et al.* (2022). Physiological mechanisms and adaptation strategies of plants under nutrient deficiency and toxicity conditions. *Plants perspectives to global climate changes*. Pages 173-194.
- Llomitoa, A., Comboza, W., Chanaguano, B & Llomitoa, N. (2019). Evaluación agronómica del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), con dos fertilizantes químicos en diferentes dosis en el cantón pangua. Recuperado en 23 de septiembre del 2023, de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/27701>

- Ministerio de Agricultura y Ganadería .SIPA, (2022). Información agroproductiva territorial.<http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Macas, J. (2018). Manejo de las Mejores Prácticas Agrícolas en la Nutrición Balanceada de Calcio, Magnesio y Potasio en el Cultivo de Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). Recuperado en 06 de octubre del 2023, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5461/1/doc3.pdf>
- Mena, G. (2017). Evaluación de tuza del maíz y azolla anabaena como sustratos para la producción en plantas de Brócoli. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26057/1/Tesis-163%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20492.pdf>
- Merchan, O. y Alvarez, J. (2023). Evaluación de fitopatógenos y deficiencia nutricional en producción de tomate de árbol, Unidad Central de Valle del Cauca.
- Moral, X.; Pérez, M.; Alcántara, E. (2014). El calcio como herramienta para el control de la antracnosis del olivo causada por *Colletotrichum* spp. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/159366>
- Pantoja, J. (2021). pH del suelo y uso de enmiendas. Agronegocios LATAM. <https://www.facebook.com/watch/?v=1031797727341912>.
- Pino, A. (2010), CATIONES Calcio – Magnesio - Potasio Sodio. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/cationes.pdf>
- Prusky, D., Kobilier, I., Jacoby, B., Sims, J.J. y Midland, S.L. (1992). Efecto de los inhibidores de la actividad lipoxigenasa y su posible relación con la latencia de *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de aguacate. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 27 (1), 269-279.
- Ramírez, C. (2017). Respuesta fisiológica de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) bajo deficiencias y diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio. Recuperado en 5 de octubre del 2023, de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59898/Tesis%20Claudia%20Helena%20Ramirez%20Soler%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ramírez, C., Magnitskiy, S., Melo, S & Melgarejo, L. (2018). Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el crecimiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en etapa vegetativa. Recuperado en 26 de septiembre del 2023 de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v12n1/2011-2173-rcch-12-01-31.pdf>
- Ramirez, F. (2021). Tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) grafted with a wild *Solanum* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Vol. 68, Iss: 6, pp 2265-2271.
- Ross, M. (2016), Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. (pp 2-3).
- Rosales, P., Spínola, G., Montoya, B., Rosales, A.P., Spínola, A.G., Montoya, R.B., Marcela, T. y Mendoza, H. (2017), capacidad de intercambio catiónico, Resumen. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 8, no. 2007-0934, pp.171-177.
- Sadeghian Khalajabadi, S. (2012), Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8983>
- Sela, G.(2020), Fertilizacion y Riego, teoría y mejores practicas
- VITRA. (2020), La gran importancia del Potasio en las plantas. Disponible en: <https://www.agrovitra.com/wp/wp-content/uploads/2020/11/Potasio-Fernanda-Habit.pdf>
- Walworth, Y. (2016), Elementos químicos esenciales y sus principales funciones. Disponible en: [http://morfo-fisio-vegetal.yolasite.com/resources/2da%20parte%20de%20unidad%203\(1\).pdf](http://morfo-fisio-vegetal.yolasite.com/resources/2da%20parte%20de%20unidad%203(1).pdf)
- Wharton, P., Diéguez, J. (2004). The biology of *Colletotrichum acutatum*. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 61(1), 3-22.

5.4 ANEXO



Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148
 info@agrarprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

INFORME: ANÁLISIS DE SUELO

PT0901.REV01

Pág 1/2

Código Agrarprojekt:	JRH-140522	Informe de Ensayo N°	665
Fecha de recepción:	14-05-22	Fecha de Informe:	26-05-22

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	Jean Carlos Ruiz Hernandez		
Solicitado por:	Jean Carlos Ruiz Hernandez		
Ubicación:	Riobamba	Teléfono:	0994512717

PROCESO DE ANÁLISIS

Método utilizado para la preparación de la muestra y elaboración de extractos:
 Secado → Tamizar para excluir partículas mayores y desmenuzar terrones → Mezcla homogénea
 pH: en H₂O y KCl, Método Volumen 1:2
 C.E.: Método Volumen 1:2 (extracto en H₂O)
 NH₄, K, Ca y Mg: Extracción con NaCl 0.05 M
 Fe, Mn, Zn y Cu: Extracción con DTPA / CaCl₂
 P: Extracción con NaHCO₃ 0.5 M (Método Olsen)
 NO₃, SO₄, Na, Cl y B: Extracto Agua

MÉTODOS DE REFERENCIA UTILIZADOS

PARÁMETROS	MÉTODO
pH	EPA 9045 D
Conductividad (C.E.)	SM 2510 B
Nitrato (NO ₃)	DIN-38405-D9-2 /ISO 7890-1
Amonio (NH ₄)	SM 4500-NH3 D
Fosfato (PO ₄)	SM 4500-P C
Potasio (K)	SM 3500-K B
Magnesio (Mg)	EPA 7000 B
Calcio (Ca)	EPA 7000 B
Sulfato (SO ₄)	SM 4500-SO4 E
Sodio (Na)	SM 3500-Na B
Cloruro (Cl ⁻)	SM 4500-Cl G/SM-450-CL-D Método Potenciométrico
Hierro (Fe)	EPA 7000 B
Manganeso (Mn)	EPA 7000 B
Cobre (Cu)	EPA 7000 B
Zinc (Zn)	EPA 7000 B
Boro (B)	DIN-38405-D17
Molibdeno (Mo)	EPA 7010
Silicio (Si)	EPA 7010
Aluminio (Al)	EPA 7010
Acidez y Aluminio Intercambiable	ISO 14254
Bicarbonatos (HCO ₃)	SM 2320 B
Materia Orgánica (L.O.I., "Loss on Ignition")	AOAC 967.05 / DIN 19604-3
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	EPA 9081
% Saturación de Bases	EPA 9081
Fracción de Partículas	ISO 11277

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: JRH-140522 Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS	
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Tomate de Árbol
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Muestra de Suelo

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

Análisis	Unidad	*Método Extracción	*Niveles Óptimos para Tomate de Árbol - Cultivo Intensivo	Resultado
Características del Suelo				
Materia Orgánica	%	-	3 - 12	2,2
Textura	-	-	"arena franca" hasta "franca limosa"	franca arenosa
Fración de Partículas	%	-		Arena: 65 %, Limo: 30 %, Arcilla: 5 %
% Saturación de Bases	%	-	> 65	75 % (Calificación: rico en bases)
Distribución de las Bases en el % de Saturación	%	-	-	Ca: 40 %, Mg: 18 %, K: 14 %, Na: 3 %
**Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq/100g	-	> 15	4,0
Acidez Intercambiable	meq/100g	-	< 0,5	0,27
Aluminio Intercambiable	meq/100g	-	< 0,3	< 0,05
Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0,4 - 0,8	1,60
pH (en H ₂ O)	-	Vol. 1:2	-	6,5
pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5,7 - 6,3	6,1
Macronutrientes				
Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	119
Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	17,8
(NO ₃ +NH ₄)-N	mg/kg	-	30 - 45	137
Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO ₃ 0.5M	25 - 40	37,6
Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	125 - 280	410
Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	45 - 135	89,0
Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	500 - 1400	171
Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 15	53,6
Bicarbonatos (HCO ₃)	mg/kg	Extracto Agua	< 120	29,3
Micronutrientes				
Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	20 - 50	50,5
Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	6 - 30	5,2
Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1,0 - 4,0	2,9
Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1,2 - 6,0	12,5
Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0,15 - 0,60	0,42
Molibdeno (Mo)	mg/kg	Extracto Agua	0,03 - 0,10	0,02
Silicio (SiO ₂ -Si)	mg/kg	Extracto Agua	5 - 25	8,3
Riesgo de Salinidad				
Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	49,5
Cloruro (Cl ⁻)	mg/kg	Extracto Agua	< 210	182
Sales Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	1329

* Fuente: Soil Science Society of America Inc. (Ed.). 2001. Methods of Soil Analysis. 1390 pp.

** CIC-Potencia, utilizando Acetato de Amonio 1M pH= 7,0

- - No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

Karel Willeke Gysse

Agrarprojekt S.A.

Figura 2 Resultados análisis de suelo

TABLA 19 RESPUESTA DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS DEL TOMATE DE ÁRBOL A LOS EQUILIBRIOS CATIONICOS, EL ALTAR, PENIPE. 2022-2023.

DESCRIPCION	TRATAMIENTO	REPETICIÓN	NUMERO DE FRUTOS/PLANTA	PESO DEL FRUTO (gr)	DIAMETRO DEL FRUTO (cm)	RENDIMIENTO (KG)/PLANTA/AÑO	% DE MATERIA SECA
55% Ca	T1B1	1	31	166	5,94	14,47	16,63
55% Ca	T1B2	2	27	130	5,88	12,13	17,21
55% Ca	T1B3	3	36	139	5,83	18,27	16,88
60%Ca+30%Mg	T2B1	1	45	170	6,20	22,07	17,79
60%Ca+30%Mg	T2B2	2	41	161	6,14	21,47	16,24
60%Ca+30%Mg	T2B3	3	44	165	6,26	22,04	16,96
80%Ca	T3B1	1	42	156	5,85	20,07	16,69
80%Ca	T3B2	2	32	158	5,91	16,47	17,07
80%Ca	T3B3	3	35	147	5,81	17,92	17,78
0	T4B1	1	19	126	5,51	8,27	16,71
0	T4B2	2	21	127	5,37	8,93	15,88
0	T4B3	3	17	137	5,40	7,73	15,48

TABLA 20 COSTOS DE PRODUCCION DE TOMATE DE ARBOL/TRATAMIENTO (18meses)

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE TOMATE DE ARBOL (18 meses)							
COSTOS VARIABLES							
			TRATAMIENT	TRATAMIENT	TRATAMIENT	TRATAMIENT	
			O 1	O 2	O 3	O 4	
RUBRO	ACTIVIDADES	UNIDA D	VALOR TOTAL (USD/ha)	VALOR TOTAL (USD/ha)	VALOR TOTAL (USD/ha)	VALOR TOTAL (USD/ha)	
Mano de obra	Preparación del terreno	JORNAL	200,00	200,00	200,00	200,00	
	Desinfección	JORNAL	200,00	200,00	200,00	200,00	
	Siembra	JORNAL	300,00	300,00	300,00	300,00	
	Aplicación de controles fitosanitarios	JORNAL	320,00	320,00	320,00	320,00	
	Aplicación de fertilizantes edáficos	JORNAL	240,00	240,00	240,00	240,00	
	Labores Culturales	JORNAL	240,00	240,00	240,00	240,00	
	Cosecha, selección y ensacado	JORNAL	800,00	800,00	800,00	800,00	
			0,00	0,00	0,00	0,00	
Insumos	Plantas	UNIDA D	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00	
	Fungicidas		0,00	0,00	0,00	0,00	
	Daconil	Frasco 400 cc	46,40	46,40	46,40	46,40	
	Quadris Top	125ml	108,00	108,00	108,00	108,00	
	Uniform	250ml	149,60	149,60	149,60	149,60	
	Kasumin	500ml	57,60	57,60	57,60	57,60	
	Fijafix	1 LITRO	116,80	116,80	116,80	116,80	
	Ridomil	250 gr	68,80	68,80	68,80	68,80	
	Insecticidas		0,00	0,00	0,00	0,00	
	Engeo	Frasco 250 cc	160,00	160,00	160,00	160,00	
				0,00	0,00	0,00	0,00

	Voliam Flexi	100ml	318,00	318,00	318,00	318,00
	Tryclan	100 gr	116,00	116,00	116,00	116,00
			0,00	0,00	0,00	0,00
	Match	250ml	127,20	127,20	127,20	127,20
	Fertilizantes Edáficos		0,00	0,00	0,00	0,00
	18-46-0	Saco 50 kg	340,00	340,00	340,00	340,00
	0-0-60	Saco 50 kg	192,00	192,00	192,00	192,00
	15-15-15	Saco 50 kg	135,00	135,00	135,00	135,00
	Sulfato de Calcio	Saco 50 kg	872,00	1024,00	1640,00	0,00
	Oxido de Magnesio	Saco 50 kg	0,00	336,00	0,00	0,00
	Materia orgánica	Saco 50 kg	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00
	Fertilizantes Foliare		0,00	0,00	0,00	0,00
	42-3-3+microelementos	900Kg	96,00	96,00	96,00	96,00
	20-30-10	1	50,88	50,88	50,88	50,88
	calcio boro	1litro	312,00	312,00	312,00	312,00
	Coadyuvantes		0,00	0,00	0,00	0,00
			0,00	0,00	0,00	0,00
	Indicate	Frasco 100 cc	33,00	33,00	33,00	33,00
	Break-thru	Frasco 100 cc	96,00	96,00	96,00	96,00
			0,00	0,00	0,00	0,00
	Otros		0,00	0,00	0,00	0,00
	Sacos	Unidad	233,10	342,00	279,90	132,00
Maquinaria y Equipos Alquilados	Preparación del terreno	HORA	120,00	120,00	120,00	120,00

Transporte de cosecha	Transporte a Mercado	Saco	777,00	1140,00	933,00	440,00
TOTAL COSTOS VARIABLES			10825	11785	11796	9515
COSTOS FIJOS						
Gastos Administrativos	Análisis de suelo	N°	1	66		66,00
	Costo Administrativo (5 % DE COSTOS VARIABLES)					475,76
	Arrendamiento de Terreno	N°	1	800		800,00
Gastos Financieros	Costo Financiero					
TOTAL COSTOS FIJOS						1341,76
COSTO TOTAL POR HECTÁREA (USD)			12232,65	13240,54	13251,99	10857,04
COSTO POR KILO (USD)						1,20



Figura 3 Diámetro del fruto

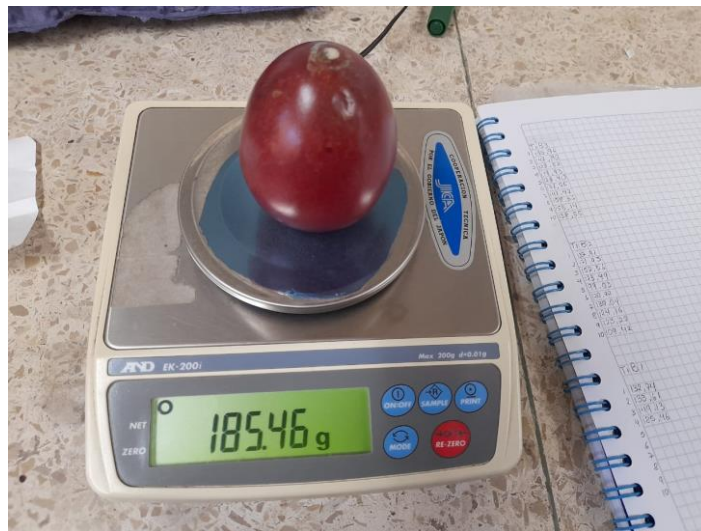


Figura 4 Peso del fruto