



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“EFECTO DE ENMIENDAS MINERALES CON BASE EN CALCIO Y
MAGNESIO A DISTINTAS GRANULOMETRÍAS EN EL CULTIVO DE
TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.) VARIEDAD FORTALEZA EN EL
CANTÓN CAYAMBE”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

AUTORA:

Tipanluisa Ulcuango Inti Ñusta

DIRECTOR:

MSc. Juan Pablo Aragón Suárez

Ibarra, 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**“[EFECTO DE ENMIENDAS MINERALES CON BASE EN CALCIO Y
MAGNESIO A DISTINTAS GRANULOMETRÍAS EN EL CULTIVO DE
TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) VARIEDAD FORTALEZA EN EL
CANTÓN CAYAMBE]”**

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

INGENIERA EN AGROPECUARIA

APROBADO:

[MSc. Juan Pablo Aragón]

DIRECTOR


FIRMA

[MSc. Miguel Gómez]

MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA

[MSc. Alexandra Jácome]

MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA :	172610057-9
NOMBRES Y APELLIDOS:	Inti Ñusta Tipanluisa Ulcuango
DIRECCIÓN:	Cayambe-Cangahua
EMAIL:	intipanluisau@utn.edu.ec
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	0968341954

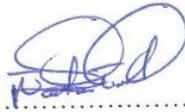
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EFECTO DE ENMIENDAS MINERALES CON BASE EN CALCIO Y MAGNESIO A DISTINTAS GRANULOMETRÍAS EN EL CULTIVO DE TOMATE (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) VARIEDAD FORTALEZA EN EL CANTÓN CAYAMBE”
AUTOR:	Inti Ñusta Tipanluisa Ulcuango
FECHA:	26 de mayo del 2022
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
DIRECTOR:	MSc. Juan Pablo Aragón Suárez

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 26 días del mes de Mayo del 2022

EL AUTOR



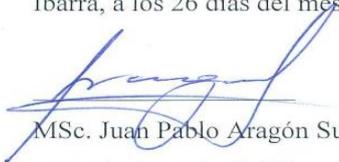
.....
Inti Ñusta Tipanluisa Ulcuango

C.I.: 172610057-9

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Tipanluisa Ulcuango Inti Ñusta, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 26 días del mes de mayo de 2022



MSc. Juan Pablo Aragón Suarez
DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 26 días del mes de Mayo del 2022

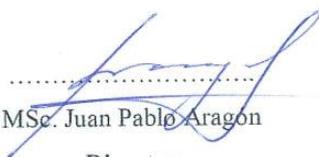
Inti Ñusta Tipanluisa Ulcuango: “EFECTO DE ENMIENDAS MINERALES CON BASE EN CALCIO Y MAGNESIO A DISTINTAS GRANULOMETRÍAS EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.) VARIEDAD FORTALEZA EN EL CANTÓN” /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 26 días del mes de Mayo del 2022.

DIRECTOR (A):

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el efecto de enmiendas minerales con base en calcio y magnesio a distintas granulometrías en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Fortaleza, en el cantón Cayambe.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Determinar el efecto de tres granulometrías de la enmienda mineral en la productividad del cultivo de tomate riñón, variedad Fortaleza. Comprobar el efecto de las granulometrías de las enmiendas en las características químicas del suelo. Realizar el análisis económico de la producción de tomate riñón, bajo las condiciones de cada enmienda mineral.


.....
MSc. Juan Pablo Aragón

Director


.....
Inti Ñusta Tipanluisa Ulcuango

Autor

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por haberme dado la vida, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y felicidad.

Gracias a mis padres, hermanos y toda mi familia, quienes siempre me motivaron para alcanzar la meta, por ser los promotores principales de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas.

Mi agradecimiento profundo a la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, en especial, a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, por haberme permitido formar parte de esta prestigiosa institución y formarme como profesional.

A mis docentes, por ser los guías, quienes con su carisma y paciencia brindaron muchos conocimientos, gracias por brindarme apoyo y conocimiento durante mi formación académica.

A la Empresa LA COLINA AGROTECNOLOGÍA por haber confiado en mí, para llevar a cabo esta investigación, y su aporte durante el desarrollo de la misma.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi familia, en especial a mis padres, Miguel y Juliana, gracias por su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo condicional, a lo largo de toda mi carrera universitaria. También a mis hermanos Rosa, Tupac y Miguel, quienes también fueron parte importante en esta etapa. Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy y cumplir un sueño más.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	6
1.3. JUSTIFICACIÓN	8
1.4 OBJETIVOS	9
1.4.1. Objetivo general	9
1.4.2 Objetivos específicos	9
1.5. HIPÓTESIS	10
CAPÍTULO II	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1. Importancia del cultivo	11
2.1.1. Generalidades del cultivo	11
2.1.3. Origen	11
2.1.4. Características botánicas del tomate	12
2.1.5. Exigencias del cultivo	12
2.1.6. Requerimientos edafoclimáticos	13
2.1.7. Etapas del cultivo	13
2.1.8. Etapas fenológicas del cultivo de tomate	13
2.1.9. Labores pre culturales	14
2.1.10. Nutrición en tomate	15
2.1.11. Fertilización	15
2.1.12. Riego	15
2.1.13. Labores culturales	16

2.3. Acidez del suelo.....	18
2.3.1. Naturaleza de la acidez del suelo.....	18
2.3.2. Aluminio intercámbiale	19
2.4. Encalado	19
2.4.1. Encalado en tomate riñón	19
2.4.2. Reacciones de la cal en el suelo	19
2.4.3. Determinación de los requerimientos de cal.....	20
2.4.4. Requerimientos de cal en andisoles.....	20
2.4.5. Método y época de aplicación	22
2.4.6. Beneficios del encalado	22
2.4.7. Toxicidad de aluminio	22
2.4.8. Tamaño de partícula	22
2.5. Enmienda.....	23
2.5.1. Enmienda con fuentes de calcio y magnesio.....	24
2.5.2. Carga mineral de la enmienda	25
2.5.6. Mecanismo de acción	25
2.5.7. Aplicación.....	25
2.5.8. Beneficios	25
2.6. Marco legal.....	26
CAPÍTULO III	27
MARCO METODOLÓGICO	27
3.1. Caracterización del área de estudio	27
3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas	28
3.3. Métodos	28
3.3.1 Factor en estudio.....	28
3.3.2. Niveles	28
3.3.3 Diseño experimental.....	29
3.3.4. Características del experimento.....	30
3.3.4.1. Características de la unidad experimental	30
3.3.5 Análisis estadístico	31
3.4. Variables a evaluar	32
3.4.1. Número de flores por racimo, por planta.....	32

3.4.3. Número de frutos por racimo y planta.....	32
3.4.2. Porcentaje de cuajado	33
3.4.4. Peso de fruto y rendimiento t ha ⁻¹	34
3.4.5. Rendimiento por categoría kg planta ⁻¹ , y t ha ⁻¹	35
3.4.6. Clasificación de frutos	35
3.4.7. Características químicas y nivel de extracción de nutrientes	35
3.4.8. Análisis financiero.....	36
3.5. Manejo específico del experimento.....	36
3.5.1. Selección del área de ensayo	36
3.5.2. Análisis del suelo.....	36
3.5.3. Labores preculturales.....	37
3.5.4. Labores culturales.....	45
3.5.5. Cosecha y pesaje.....	48
CAPÍTULO IV	50
4.1. Número de flores por racimo.....	50
4.2. Número de frutos cuajados por racimo.....	52
4.3. Porcentaje de cuajado	54
4.4. Rendimiento t ha ⁻¹	56
4.5. Rendimiento por categoría.....	59
4.6. Clasificación de frutos por categoría	62
4.7. Características químicas y nivel de extracción de nutrientes	64
4.7.1. Materia orgánica.....	64
4.7.2. Porcentaje de saturación de bases.....	64
4.7.3. Capacidad de Intercambio Catiónico.....	65
4.7.4. Aluminio, acidez intercambiable, pH.....	66
4.7.5. Conductividad eléctrica	69
4.7.6. Nivel de extracción de nutrientes	70
4.8. Análisis financiero.....	72
CAPÍTULO V.	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5.1. Conclusiones.....	76
5.2. Recomendaciones	77

REFERENCIAS	78
CAPITULO VII.....	93
ANEXOS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Clasificación categórica del tomate riñón.</i>	18
Figura 2 <i>Mapa del área de estudio.</i>	27
Figura 3 <i>Esquema del diseño experimental DBCA, con distribuciones de los niveles de las distintas granulometrías de enmiendas aplicadas.</i>	29
Figura 4 <i>Características de una unidad experimental, con distribuciones de plantas y señalética de parcela neta.</i>	31
Figura 5 <i>Número de flores por racimo de la variedad Fortaleza.</i>	32
Figura 6 <i>Número de frutos por racimo de la variedad Fortaleza.</i>	33
Figura 7 <i>Frutos cuajados por racimo de la variedad Fortaleza.</i>	34
Figura 8 <i>Pesaje de frutos de la variedad Fortaleza.</i>	35
Figura 9 <i>Toma de muestra de suelo, por el método del cuadrante.</i>	37
Figura 10 <i>Construcción de la estructura del invernadero para el cultivo de tomate riñón variedad Fortaleza.</i>	37
Figura 11 <i>Delimitación del área del experimento.</i>	38
Figura 12 <i>Remoción del suelo y formación de camas para el trasplante de plántulas de tomate riñón variedad Fortaleza.</i>	39
Figura 13 <i>Aplicación de distintas granulometrías de la enmienda mineral al suelo.</i>	41
Figura 14 <i>Instalación del sistema de riego por goteo para el cultivo de tomate riñón variedad Fortaleza.</i>	42
Figura 15 <i>Trasplante de plántulas de tomate riñón variedad Fortaleza.</i>	43
Figura 16 <i>Fertilización de fondo y productos de complementación nutricional.</i>	45
Figura 17 <i>Colocación de postes y piola para el tutorado en el cultivo de tomate riñón.</i>	46
Figura 18 <i>Aplicación foliar de productos para el control de plagas y enfermedades.</i> ..	47
Figura 19 <i>Plántulas con riego por sistema goteo de acuerdo a la fenología del cultivo.</i>	48
Figura 20 <i>Cosecha de frutos de todos los tamaños de la variedad Fortaleza.</i>	49
Figura 21 <i>Número de flores por racimo en el cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.</i>	51
Figura 22 <i>Número de frutos cuajados por racimo, en el cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.</i>	53
Figura 23 <i>Rendimiento, en el cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.</i>	57

Figura 24 Rendimiento por categoría, en el cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de la enmienda mineral.....	61
Figura 25 Número de frutos por categoría en el cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Efecto de la aplicación de cal en un suelo andisol	21
Tabla 2 Eficiencia relativa de la enmienda según tamaño de partículas en base a mallas	23
Tabla 3 Carga mineral de la enmienda	25
Tabla 4 Listado de materiales, equipos, insumos y herramientas.....	28
Tabla 5 Descripción de los niveles o enmienda de distintas granulometrías aplicadas.	29
Tabla 6 Características de la unidad experimental para el establecimiento del ensayo	30
Tabla 7 Análisis de varianza para un diseño de bloques completamente al azar.....	31
Tabla 8 Cálculo de la cantidad de enmienda mineral, para la aplicación de cada nivel, de acuerdo a la recomendación de la empresa La Colina Agrotecnología.	39
Tabla 9 Aplicación de fertilización edáfica de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo de tomate riñón, variedad Fortaleza.	43
Tabla 10 Aplicación de productos de complementación nutricional y bioestimulantes de aplicación foliar.	44
Tabla 11 Plan de aplicación de productos para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de tomate.....	46
Tabla 12 ADEVA para el número de flores por racimo en el cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	50
Tabla 13 ADEVA para el número de frutos cuajados en el cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	52
Tabla 14 ADEVA del porcentaje de frutos cuajados en el cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	55
Tabla 15 Valores de las pruebas de media de la variable porcentaje de cuajado en el tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.....	55
Tabla 16 ADEVA para el rendimiento en t ha ⁻¹ en el cultivo de tomate riñón variedad Fortaleza, tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.....	56

Tabla 17 ADEVA de rendimiento en t ha ⁻¹ por categoría, en el cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), tratado con la aplicación de distintas granulometrías de la enmienda mineral.	60
Tabla 18 ADEVA del número de frutos por categoría en el cultivo de tomate riñón (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	62
Tabla 19 Contenido de materia orgánica, tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	64
Tabla 20 Saturación de bases tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	65
Tabla 21 Contenido de capacidad de intercambio catiónico, tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	65
Tabla 22 Contenido de Acidez intercambiable, Aluminio intercambiable y pH, tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	67
Tabla 23 Contenido de conductividad eléctrica tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	69
Tabla 24 Nivel de extracción de nutrientes tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.	70
Tabla 25 Costos fijos de producción del tomate riñón bajo invernadero por hectárea por ciclo.	72
Tabla 26 Costos variables en la producción de una hectárea de tomate.	73
Tabla 27 Precios en el mercado mayorista de Quito de acuerdo a la categoría.	74
Tabla 28 Relación beneficio /costo en una hectárea de producción.	74
Tabla 29 Beneficio/costo por hectárea por mercados.	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Análisis de suelo inicial.	93
Anexo 2 Análisis de suelo, al finalizar la cosecha (Testigo y EM40).	94
Anexo 3 Análisis de suelo al finalizar la cosecha (EM100 y EM200).	95
Anexo 4 Plan de aplicación de enmiendas y fertilización para el cultivo de tomate riñón de acuerdo al análisis del suelo del presente estudio.	96

“EFECTO DE ENMIENDAS MINERALES CON BASE EN CALCIO Y MAGNESIO A DISTINTAS GRANULOMETRÍAS EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.) VARIEDAD FORTALEZA EN EL CANTÓN CAYAMBE”

Autora: Inti Ñusta Tipanluisa Ulcuangp
Universidad Técnica del Norte
Correo: intipanluisa@utn.edu.ec

RESUMEN

El tomate riñón, es una de las hortalizas más consumidas y cultivadas a nivel mundial, y uno de los problemas para su producción ha sido la acidez en andisoles, que son suelos que conforman toda la sierra ecuatoriana, lo que provoca la baja o no asimilación de nutrientes en el suelo, provocando la disminución en rendimiento y calidad del fruto. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de enmiendas minerales a distintas granulometrías en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Fortaleza, en el cantón Cayambe. El suelo presentó inicialmente un pH de 5.2. Se evaluaron tres enmiendas minerales de distintas granulometrías (EM40, EM100 y EM200) más el testigo, se aplicó tres dosis 2.3, 1.5, y 1.1 y 0 t ha⁻¹. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño de bloques completos al azar, los tratamientos se aplicaron una sola vez, previo a la siembra, en las tres unidades experimentales que comprende cada tratamiento, en un área de 22.5m² cada uno. Las variables evaluadas fueron rendimiento y características químicas del suelo y el análisis beneficio/costo. Los resultados de la productividad indicaron que los tratamientos superaron al testigo, siendo el mejor EM200 con 115.74 t ha⁻¹, y 112.65, 104.86 y 99.21 t ha⁻¹ para el resto, en las características químicas, se observó cambios en el pH, MO, AI, AI, CE, mientras que para Mg, K, Ca y N se disminuyó. La mejor relación beneficio/costo presentó EM200 con una diferencia de 0.29 USD, con respecto al testigo.

Palabras clave: enmienda mineral, acidez intercambiable, productividad, granulometría, andisol.

"EFFECT OF MINERAL AMENDMENTS BASED ON CALCIUM AND MAGNESIUM AT DIFFERENT GRANULOMETRIES IN TOMATO (*Lycopersicum esculentum* Mill.) VARIETY FORTRESS IN THE CAYAMBE CANTON"

Author: Inti Ñusta Tipanluisa Ulcuango
Universidad Técnica del Norte
Email: intipanluisa@utn.edu.ec

ABSTRACT

The kidney tomato is one of the most consumed and cultivated vegetables worldwide, and one of the problems for its production has been the acidity in andisols, which are soils that make up the entire Ecuadorian highlands, causing low or no assimilation of nutrients in the soil, leading to a decrease in yield and fruit quality. The objective of the research was to evaluate the effect of mineral amendments at different granulometries on the tomato crop (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Fortaleza variety, in the Cayambe canton. The soil initially presented a pH of 5.2. Three mineral amendments of different granulometries (EM40, EM100 and EM200) plus the control were evaluated. Three doses of 2.3, 1.5, and 1.1 and 0 t ha⁻¹ were applied. For the statistical analysis, a randomized complete block design was used, the treatments were applied only once, prior to planting, in the three experimental units comprising each treatment, in an area of 22.5 m² each one. The variables evaluated were yield and chemical characteristics of the soil and the benefit/cost analysis. The results of productivity indicated that the treatments outperformed the control, being the best EM200 with 115.74 t ha⁻¹, and 112.65, 104.86 and 99.21 t ha⁻¹ for the rest, in the chemical characteristics, changes were observed in pH, MO, AI, AI, EC, while for Mg, K, Ca and N decreased. The best benefit/cost ratio was presented by EM200 with a difference of 0.29 USD, with respect to the control.

Keywords: mineral amendment, exchangeable acidity, productivity, granulometry, andisole.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El tomate es una de las hortalizas más importantes y consumidas a nivel mundial, ocupa el primer lugar en volumen y superficie de producción, por su alto contenido nutricional (Flaño, 2012). Se puede cultivar a campo abierto o invernadero, desde el nivel del mar hasta alturas de 3200 msnm es decir en zonas tropicales, valles y zonas andinas en condiciones de invernadero (Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar, 2003).

En el año 2016, la producción fue de 177 millones de t, siendo China el mayor productor con 56 millones, seguido por la India, Estados Unidos y Turquía, como los principales productores. En América del Sur, Brasil es el mayor productor con cuatro millones de t por año. Además, la producción y consumo se ha incrementado con el paso de los años (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2016). Por otro lado, la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2019) menciona que, la producción de tomate a nivel nacional ocupa el cuarto lugar con respecto al cultivo de hortalizas, donde se cultivan alrededor de 1381 hectáreas de superficie, de las cuales el 60%, se cultiva bajo invernadero con una producción de 22.5 t ha⁻¹ (Barreiro, 2015).

El Ecuador está compuesto por diferentes órdenes de suelos, en la región Andina predominan el orden de los andisoles, con una superficie de 3 819 796 hectáreas, que comprenden el 19% del territorio nacional (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica, [SIGTIERRAS], 2017).

Los suelos ácidos a nivel nacional, son formados por la acción de materiales de origen volcánico, en la región andina existen inmensas cantidades de este material, que al ser arrastrados hacia los suelos agrícolas, han provocado la conformación de suelos ácidos en andisoles, promoviendo un gran contraste en las condiciones del suelo agrícola (Espinoza y Molina, 1999).

El aluminio intercambiable y la acidez intercambiable producida por H^+ , son los mayores responsables de la acidez del suelo, por lo que una de las formas de evaluar la misma es midiendo la actividad del H^+ en la solución del suelo y se expresa como potencial de hidrógeno (pH) (Osorno y Osorno, 2010 y Zapata, 2004).

Las prácticas de manejo que conllevan a la mejora química de suelos afectados por problemas de acidez, es el uso de materiales de encalado, el cual ha sido una de las alternativas, en su mayoría con contenido mineral de calcio, que neutraliza el Al^{3+} intercambiable, además, cabe mencionar que en el país existe poca información acerca del uso de las enmiendas minerales, en suelos ácidos andisoles y cultivos (Valerio y Molina, 2012).

Debido a esto, se ha llevado a cabo diferentes investigaciones percibiendo la importancia de los suelos volcánicos y su acidez.

En los andisoles, la cantidad de encalado para precipitar el aluminio, depende de la capacidad del tampón. Los métodos tradicionales para determinar la cantidad de la enmienda, no funcionan adecuadamente, por ello se han realizado experimentos simples, para determinar exactamente los requerimientos del material (Espinoza y Molina, 1999).

El efecto de las enmiendas agrícolas, está basado en la eficiencia agronómica del material, donde se considera factores como: pureza química, forma química, y tamaño de partícula (Molina, 1998). Los materiales de enmienda son principalmente carbonatos, hidróxidos, óxidos de Ca, Mg y fuentes de Si, que presentan diferente naturaleza química para la corrección de Al e H, e incrementar el pH del suelo (Alcarde, 1992 y Valerio y Molina 2012).

Es así como, la granulometría de las enmiendas ha sido uno de los factores importantes, donde la finura del material representa una medida de velocidad de reacción (Beegle y Lingenfelter, 1996). Mientras más fino es el material, mayor es el área del suelo que está en contacto, por lo tanto, mayor es la velocidad de reacción, es así como, el tamaño de las partículas afecta la reactividad del material en el suelo por

unidad de tiempo, con un periodo de reacción más rápida de alrededor de 50 días (Cerqueira et al., 2010).

Se ha establecido que las partículas de material encalante de 60 a 100 mesh (0.3 mm), poseen una eficiencia de 60 a 100%, mientras que aquellas de 8 y 60 mesh, (0.83 mm) del 50%, finalmente, de 8 mesh, es de 0%, debido a que son lentas en reaccionar, pero es sostenida a largo plazo (Halvin et al., 1999; International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2019 y Demanet, 2017).

Los efectos de las enmiendas en la productividad de los cultivos en suelos ácidos han demostrado excelentes resultados en diversas investigaciones, principalmente por la disminución de la acidez y una estimulación del crecimiento en las plantas (Solorzano, 1974; Lopez, 1986; Berettino y Loredo, 2005 y Gómez et al., 1996).

En la evaluación de requerimientos de cal en suelos ácidos volcánicos y no volcánicos, del Ecuador, con diferentes cantidades de carbonato de calcio (CaCO_3), en cultivo de cebada. Se analizaron las propiedades físicas-químicas y reducción del aluminio. Los resultados muestran que a nivel de invernadero los mejores rendimientos con la cantidad de 6 t ha^{-1} , mientras que, para todos los suelos, disminuyó la acidez intercambiable, la disponibilidad de K y Mg; incrementó la CICE, el pH (Alvarado, 1999).

En Ecuador, en la provincia de Orellana se evaluó el efecto de las enmiendas (carbonato de calcio, y magnesio, dolomita, y oxido de calcio) en el control de la acidez, en suelos rojos ácidos, con un pH inicial de 5.2, acidez intercambiable de 0.52 cmolkg^{-1} y aluminio intercambiable de 0.38 cmolkg^{-1} (Calva y Espinoza, 2017). Se evaluaron dosis, en fase de invernadero y laboratorio, en el cultivo de trigo. El mejor resultado en invernadero fue de biomasa de la planta con incremento en rendimiento, con carbonato de calcio, con dosis de 1.0 y 1.5 t ha^{-1} . Mientras que en laboratorio el pH se incrementó a medida del incremento de dosis de enmiendas, lo contrario se observó con los contenidos de $\text{H}^+\text{+Al}^{+3}$ y Al^{+3} (Calva y Espinoza, 2017).

En Ecuador en la investigación del efecto de la aplicación de cinco enmiendas calcáreas (carbonato de calcio (CaCO_3), y magnesio (MgCO_3), dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]

óxido de magnesio MgO, y silicato de magnesio (Mg₂SiO₄) en el control de acidez de cinco suelos ácidos de diferente material parental, se evaluó distintas dosis las cuales fueron 0; 1.5; 3.0; 4.5; 6.0; 7.5; 9.0 y 10.5 t ha⁻¹, donde la acidez y el aluminio intercambiable se reducen y al pH incrementa, conforme aumentan las dosis de las enmiendas, en todos los suelos estudiados (Cabezas, 2016).

Se ha evaluado el efecto de enmiendas líquidas en la fertilidad de un ultisol, en cultivo de maíz bajo condiciones de invernadero en Costa Rica. El estudio se llevó a cabo en macetas de 1 y 0.5 l de suelo, con acidez intercambiable de 4.64 cmolkg⁻¹, a partir de enmiendas líquidas de Cal (0.83 y 1.25 ml) de CaO de 54% y carbonato de calcio en polvo, (4.16 y 8.32 g), con 56%, con un mesh de 600, con eficiencia del 100%. Se analizó el pH y acidez intercambiable a 61 días después de la aplicación, destacando que si se disminuyó la acidez intercambiable y elevó el pH (Garbanzo et al., 2016).

También, se evaluó el uso de fertilizantes líquidos con Ca y Mg sobre el crecimiento del sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en un ultisol bajo invernadero. Se utilizaron carbonato de calcio de 56%, y óxido de magnesio de 48%, con un mesh mayor a 2500 (0.005 mm), aplicados al suelo en dosis de 2 y 4 ml maceta⁻¹. Se realizó un análisis de suelos y de planta al final del ensayo, donde la aplicación de Ca y Mg incrementaron de manera significativa el crecimiento y la absorción de nutrientes del sorgo. El carbonato de calcio promovió los valores más altos de absorción de N, P, Ca, S, Cu, Zn, Mn y B. Mientras que, los dos materiales incrementaron significativamente el pH, el contenido de Ca y Mg, disminuyeron la acidez y el Al intercambiable, (Araya et al., 2015).

Por otra parte, se ha evaluado dosis y tipos de enmiendas en el crecimiento de las plantas de banano, en condiciones de vivero, y en diferentes parámetros de acidez y fertilidad, donde se ha aplicado carbonato de calcio, de malla 170, con dosis de 8 t ha⁻¹ donde, presentó mayor efecto en el aumento de pH y reducción de la acidez (Solano, 2013).

El encalado en suelos ácidos sembrados con maíz optimizó la producción, así como la disponibilidad de K, Ca, Mg, Zn, y presentó una reducción significativa en la concentración de Al y Mn (Solórzano 1974; Gómez et al., 1996; Echeverría et al., 2001;

Andric et al., 2012). Por otra parte, pruebas efectuadas con enmiendas líquidas en arroz mostraron un incremento en el rendimiento y en el contenido de Ca en el suelo (Valerio y Molina, 2012).

En Venezuela, se ha realizado estudios de aplicación de sulfato de calcio con una concentración de 33% de calcio, para el control de pudrición apical en la producción guayabo donde, se aplicó 6 kg de sulfato de calcio por planta, y evaluaron la variable de producción de frutos, registrando los mayores valores de producción, la aplicación de calcio, con respecto a la aplicación de materia orgánica (Pérez et al., 2008), el número de frutos incrementó, resultados similares reportaron, Ebert et al. (2002) y Gambaudo (2005) con la aplicación de sulfato de calcio demostrando mejora en crecimiento y productividad.

Las aplicaciones de silicatos como el silicato de calcio tienen un efecto positivo en la recuperación de la fertilidad del suelo, eleva la capacidad de intercambio catiónico, y mejora el contenido mineral de Ca, P, Mg (Furcal, 2012). La aplicación de esta enmienda incrementa la disponibilidad de fósforo (P), fijación de nitrógeno (N), aumenta la mineralización de N y nitrificación, recuperación de nutrientes en el suelo y crecimiento de plantas con buen desarrollo radicular (International Plant Nutrition Institute [IPNI], 2019).

El proceso químico que desarrollan los productos carbonáticos en el suelo, es una reacción, de neutralización, facilitando la precipitación del Al^{+3} por encima de pH 5,5, a la vez que aportan Ca y Mg, con efectos directos e indirectos sobre el crecimiento de las plantas (Vázquez et al., 2012).

1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El Ecuador se caracteriza por la gran diversidad de recursos naturales, con diferentes divisiones geográficas conformada por las regiones: Costa Sierra Oriente y Galápagos dentro de los cuales se destaca la presencia de suelos con gran potencial agrícola (Instituto Geográfico Militar, 2017).

En el país el 58.4% de la superficie muestra condiciones de acidificación, donde en el 33.84% intervienen la textura arcillosa y acumulación de aluminio cambiante, que aumentan el proceso de la acidificación, estos suelos en su mayoría están concentrados en las regiones amazónica, debido a sus altos niveles de precipitación y andina en suelos de origen volcánico (Mejía, 1997).

La diversidad climática ha dado lugar a la formación de diferentes ambientes geográficos, donde los suelos se han visto influenciados en sus aspectos físico-químicos y morfológicos (García y Vollmann, 2012). Sin embargo, la acidez causada por eventos de precipitación, drenaje de suelos potencialmente ácidos, deposición ácida, aplicación excesiva de fertilizantes, deforestación y prácticas de uso del suelo quitando los restos de cosecha han afectado a los suelos agrícolas (De Noni y Trujillo, 2010) lo que provoca el incremento de aluminio (Al^{3+}) e hidrógeno (H^+) cambiante.

Así mismo, en el suelo por procesos de acidificación las propiedades físicas, químicas y biológicas y el pH se reducen, otras causas que deterioran son la pérdida de carbono orgánico y compactación (Espinoza y Molina, 1999; Cabezas, 2016 y Zapata, 2004).

La parroquia de Cangahua, de la provincia de Pichincha, del cantón Cayambe, posee diferentes texturas de suelo, donde la Comunidad de Cochapamba, cuenta con un suelo ácido, de textura franco; poco profunda, determinada por una clase de IV, que restringe el establecimiento de cultivos, y admite un buen desarrollo de cultivos siempre y cuando se realicen buenas prácticas de manejo y conservación, y a su vez presentan moderadas limitaciones (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, del GAD Parroquial de Cangahua, 2014 - 2019).

La mala calidad de suelos hace que los cultivos, no desarrollen de una manera adecuada y disminuyan su rendimiento en producción (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, del GAD Parroquial de Cangahua, 2014-2019). Sin embargo, la acidez en los suelos, es el que limita el desarrollo óptimo del cultivo, causando la deficiencia de macro y micronutrientes, en este caso del aluminio que es el más reconocido, esté en condiciones de acidez se libera al suelo (Fabara, 1977). El aluminio es un elemento que limita la productividad, abarca el 40% de la superficie agrícola a nivel mundial (Casierra y Aguilar, 2018).

La presencia del aluminio en el suelo genera como consecuencia la inmovilidad de minerales como Ca, Mg, y K provocando la falta de nutrientes requeridos para la nutrición y desarrollo de la planta (Juca, 2017). Como mencionan Badole et al. (2015) aumenta a medida que el pH reduce. Se considera que un valor de $>0.5 \text{ cmol (+) l}^{-1}$ es problemático para los cultivos (Molina, 1999).

El tomate riñón además de ser un cultivo tolerante a la acidez del suelo, que pueden ser desde ligeramente ácidos, hasta ligeramente alcalinos, el pH ideal debe ser de 6.0 a 6.8, porque menores a este rango pueden afectar la disponibilidad de minerales y puede ocasionar problemas de toxicidad de Al y Mn, entonces es necesario, hacer las correcciones de pH, considerando los resultados de los análisis de laboratorio (Martínez, 2016). Por lo tanto, es importante realizar un previo análisis de suelo, para determinar el grado de acidez o saturación de bases del mismo, porque las condiciones extremas de acidez pueden provocar problemas nutricionales en la planta, causando menor porcentaje de producción.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Ecuador por su riqueza en diversidad natural, pisos climáticos y variedad de suelos, permite cultivar una amplia variedad de hortalizas, donde se incluye el tomate riñón, que se adapta a diferentes zonas: tropicales, subtropicales y templadas. Al mismo tiempo, es una hortaliza que forma parte de la canasta básica familiar, debido a sus altos valores nutricionales (Barahona y Manobanda, 2015).

La aplicación de enmiendas minerales, incrementa la concentración de bases disponibles para el suelo y para la planta, reduciendo la disponibilidad de elementos fitotóxicos como, Al^{+3} e H^{+1} y Mn (Espinoza y Molina, 1999). Con ello reducir la acidez e incrementar el pH del suelo (Castro y Crusciol, 2013). Al mismo tiempo Calva y Espinoza (2017) mencionan incremento de la actividad microbiana del suelo, acelera la descomposición de materia orgánica, que libera nutrientes y la capacidad de intercambio catiónico.

El presente trabajo genera una alternativa, mismo que evoca discernimiento en conocimiento, sobre la corrección de problemas de acidez en suelos agrícolas, el cual ha sido un tema muy poco estudiado a nivel local, y nacional en suelos andisoles. Además, es de gran importancia, debido a que la fertilización que recibe el cultivo, genera una tasa de acidificación de los suelos constante y permanente (Solano, 2013).

La importancia de una enmienda mineral y su finura, es la capacidad del material para corregir la acidez del suelo (Toledo, 2016). Por ello, con el propósito de contribuir, al mejoramiento de la fertilidad química de suelos ácidos, se evaluarán experimentalmente distintas granulometrías (mesh de 40, 100 y 200), mediante una enmienda mineral (en base a calcio y magnesio). Donde se estimará, el tamaño de la partícula más efectiva, en la reducción de la acidez intercambiable e incremento del pH, de esta manera contrarrestar los efectos tóxicos de Al^{3+} e H, también permitirá que la planta absorba más nutrientes para su desarrollo.

La aplicación de las enmiendas, son beneficiosas y económicas, además será un aporte importante, para lograr rendimientos altos y rentables, ambientalmente

amigables, en distintas zonas del país donde normalmente la acidez es la mayor limitante para la producción de cultivos. Se evaluará en laboratorio de suelos AGRARPROJEKT, S.A. el efecto de la aplicación de la enmienda mineral en las propiedades químicas del suelo, mediante la determinación de parámetros como materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), macronutrientes y micronutrientes según el pH (aluminio intercambiable, acidez intercambiable) y conductividad eléctrica.

La investigación será una herramienta importante, ya que garantizará potencializar las dinámicas productivas, principalmente a los productores del cultivo de tomate riñón, esto permitirá mejorar los resultados en cuanto a rendimiento, calidad del producto, mejorar las condiciones del suelo y sus ingresos económicos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de enmiendas minerales con base en calcio y magnesio a distintas granulometrías en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) variedad Fortaleza, en el cantón Cayambe.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres granulometrías de la enmienda mineral en la productividad del cultivo de tomate riñón, variedad Fortaleza.
- Comprobar el efecto de las granulometrías de las enmiendas en las características químicas del suelo.
- Realizar el análisis económico de la producción de tomate riñón, bajo las condiciones de cada enmienda mineral.

1.5. HIPÓTESIS

Hipotesis nula

La aplicación de enmiendas minerales con base en calcio y magnesio a distintas granulometrías en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), no incide en la acidez intercambiable, no incrementa el pH y no mejora la productividad

Hipotesis alterna

La aplicación de enmiendas minerales con base en calcio y magnesio a distintas granulometrías en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), reduce la acidez intercambiable e incrementa el pH del suelo y mejora la productividad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia del cultivo

El cultivo del tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Mill.) es la hortaliza más cultivada a nivel mundial, por su contenido nutricional y su demanda en la dieta diaria, por esta razón en el país se lo realiza en forma intensiva y bajo invernadero para obtener el mayor rendimiento y a campo abierto (Pazmiño, 2008). Se lo puede cultivar desde el nivel del mar hasta una altura de 3200 msnm, es decir desde zonas calientes hasta frías, (Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar, 2003).

2.1.1. Generalidades del cultivo

El cultivo de tomate posee ciertas particularidades que denotan importancia de estudio, mientras que obedece a una clasificación botánica que se muestra en la siguiente descripción de acuerdo a Trópicos, Jardín Botánico de Missouri (1768):

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Equisetopsida C. Agardh
Subclase:	Magnoliidae Novák ex Takht.
Orden:	Solanales Juss. ex Bercht. & J. Presl
Familia:	Solanaceae Juss.
Género:	<i>Lycopersicon</i> Mill.
Especie:	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.

2.1.3. Origen

El tomate de nombre científico (*Lycopersicum esculentum* Mill.), pertenece a la familia de las solanáceas, con origen de los Andes, Perú y Ecuador, posteriormente se extendió hacia México, en el año 1990 se dio a conocer como alimento humano a nivel del mundo, como una hortaliza de mayor valor económico (Caceres,1980).

Haefl (2008) menciona que es una hortaliza con amplia diversidad genética, con distinto aspecto, color y sabor, lo que determina las diferentes variedades, lo cual ha hecho que su demanda incremente continuamente, de esta forma el aumento en su producción y comercialización. El mismo autor menciona que su incremento de producción es debido a su gran rendimiento debido a la introducción de tecnologías, para el control de factores ambientales, manejo y practicas adecuadas para su desarrollo, que permite producir y ofertar durante todo el año.

2.1.4. Características botánicas del tomate

El tomate es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia Solanaceae herbácea perenne, que se cultiva durante todo el año, para satisfacer las necesidades del requerimiento de esta hortaliza (Cestoni et al., 2006). De esta manera a continuación se describe las características de cada parte:

Monardes (2009) menciona que, el tallo es grueso, pubescente, color verde de 2 y 4 cm de ancho, delgado en la parte superior. Hoja pinnada y compuesta, de siete a nueve foliolos, color verde, cubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo. Por otra parte, de acuerdo al Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria [INTA], (2017) la flor es perfecta y regular, se agrupan en inflorescencias de tipo racimo, en grupos de tres a diez, se ubicadas en las axilas, en grupos dos o tres hojas. Fruto, baya bilocular o plurilocular, en estado inmaduro es verde posteriormente de color rojo. Y el Sistema radicular ayuda a la planta a anclarse al suelo o al sustrato, absorbe y transporta nutrientes y agua a toda la planta (Monardes 2009 e INTA 2014).

2.1.5. Exigencias del cultivo

Es importante el manejo de factores climáticos como temperatura, humedad relativa, para el desarrollo óptimo del cultivo, estos factores distinguen variaciones de una zona a otra. En los invernaderos se puede controlar la temperatura a través de riegos, ventilación, uso de tipo de plástico donde se consideran los siguientes factores.

a. Cultivo bajo invernadero.

El invernadero es una estructura cerrada, cubierta por plástico, donde es posible mantener las condiciones adecuadas y cultivar plantas en condiciones óptimas (Jaramillo et al., 2007).

Suquilanda (2005), INIA (2017), Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (2003) e INTA (2017) manifiestan que el cultivo de tomate riñón se desarrolla de forma óptima con las siguientes condiciones: clima, cálido a frío moderado, aunque se produce en una amplia gama de condiciones de clima, el tomate prospera mejor en climas secos con temperaturas moderadas. Altitud, 0 a 3200 m.s.n.m. Temperatura, 18 a 30°C. Humedad relativa, 60 a 80%.

2.1.6. Requerimientos edafoclimáticos

Barahona y Manobanda (2015), mencionan que los requerimientos para obtener una producción buena en rendimiento y calidad del producto, el suelo debe tener las siguientes características, textura, arcillosa, franca arenosa; acidez, pH 6 a 7; profundos con buen drenaje y materia orgánica, sobre el 2%.

2.1.7. Etapas del cultivo

Según Serrano (2004) las etapas que comprende el cultivo de tomate riñón, son las siguientes, desarrollo de plantación de 80 a 210 días; inicio de la cosecha, 90 a 120 días, estas dos etapas dependen de la variedad y por último la etapa de vida económica, tiene un solo ciclo de vida de producción

2.1.8. Etapas fenológicas del cultivo de tomate

Según Haifa Chemicals (2014) la fenología del cultivo de tomate riñón comprende cinco periodos, y esta a su vez depende de la variedad y condiciones del ambiente de la zona donde se establece el cultivo.

Establecimiento de la planta joven, es el periodo de formación inicial de las partes aéreas de la planta; crecimiento vegetativo, comprende los 40 y 45 después de la siembra de la semilla, comienza su desarrollo continuo.

La variedad Fortaleza puede alcanzar una altura de 1.88 m posterior a los 95 días del trasplante llegando a alcanzar hasta los tres metros (Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar, 2003).

Floración e inicio del cuaje de la fruta, es el inicio de la floración (20 a 40 días luego del trasplante), hasta finalizar crecimiento, el número de racimos puede alcanzar hasta 12 por planta, variando de 4 a 12 flores por racimo.

Uno de los aspectos importantes posterior a la floración es el cuajado donde interviene la polinización, el cual bajo invernadero ocurre a través de varios métodos como, vibradores eléctricos, sopladores de aire, aspersión de agua pulverizada sobre las flores, vibración de alambre de tutor, entre otros.

Inicio del desarrollo de la fruta, posterior a la polinización, el fruto iniciado su crecimiento, puede llegar a producir frutos uniformes (80 % de primera), la variedad Fortaleza, produce de ocho a diez y hasta 12 por racimo.

Maduración de la fruta, a los 80 días después del trasplante, dependiendo del cultivar, la nutrición y las condiciones climáticas, luego la cosecha continúa hasta llegar a los 210 días con una duración de cosecha de tres meses. Puede alcanzar un rendimiento de 7 kg por planta, varía de 8 a 10 frutos, con un peso de 200 a 300 g, de 7 a 8 cm de diámetro dependiendo de la variedad (Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar, 2003).

2.1.9. Labores pre culturales

Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (2003) determina que las labores culturales más importantes para el cultivo de tomate riñón son: preparación del suelo, surcado, preparación de camas, abonamiento, acolchado plástico, trasplante, es importante preparar el suelo un mes previo a la siembra con una arada, rastrada y una alomillada para los surcos de unos 30 cm de alto.

2.1.10. Nutrición en tomate

Los 3 elementos principales, con mayor requerimiento en el cultivo de tomate para un desarrollo adecuado de raíces, tallo, hojas, y fruta son el C, H, y O. por otra parte los macronutrientes esenciales son: primarios N, K y Ca.; y secundarios: P, Mg y S, para suministrar estos insumos es importante realizar un análisis previo del suelo, para determinar el programa nutricional durante el desarrollo del cultivo (INIA, 2017).

2.1.11. Fertilización

Grupo Haifa (2014) cuantifica las recomendaciones de fertilización para tomate riñón, depende de variedades, pero generalmente se considera en kg ha^{-1} lo siguiente: Nitrogeno, 134 kg; P_2O_5 , 127 kg; K_2O , 332 kg; MgO, 73 kg; y Calcio 126 kg.

2.1.12. Riego

Es elemental, para asegurar rendimientos altos, el más utilizado es el sistema de riego por goteo, pero una elección óptima de riego depende, de la disponibilidad de agua, clima, economía.

a. Riego por goteo.

Este sistema de riego posee una eficiencia del 90%, de esta manera el agricultor puede aprovechar al máximo y doblar la superficie de cultivo. Este sistema también permite controlar la cantidad de agua aplicada, e incluso la aplicación de fertilizantes, pesticidas disueltos en el sistema de riego (Rojas y Castillo 2007). La frecuencia de riego depende del desarrollo del cultivo, de las condiciones climáticas, del invernadero y del tipo de suelo. Uno de los métodos para medir el requerimiento de riego es el método empírico-práctico.

Método empírico-práctico: sirve para establecer las necesidades de riego, la cantidad de agua a suministrar por planta en función del tamaño, se ha determinado la cantidad de agua requerida de acuerdo a la etapa fenológica de la planta Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (2003):

- Primera semana de trasplante $100 - 150 \text{ cm}^3$

- Segunda y cuarta semanas 250 – 300 cm³
- Quinta y sexta semanas 400 – 500 cm³
- Séptima y novena semanas 600 – 800 cm³
- Decima semana en adelante 1000 – 1200 cm³

Es normal que la cantidad de agua varíe, porque depende de las condiciones ambientales, como en lluvias y fríos el agua disminuye, las frecuencias de riego varían de una a dos veces por día, o también tres veces por semana, con una duración de 30 minutos, es importante tomar en cuenta los días de insolación porque aquí se debe evitar riegos, de esta manera evitar quemaduras (Anderline, 1989).

2.1.13. Labores culturales

Son todas las actividades que se deben realizar en el área del cultivo, que comprende desde la siembra hasta la etapa final de la cosecha, para que las plantas se desarrollen sin ningún problema y se optimice la producción (Rivera y Nogales, 2015).

a. Siembra.

Se lo realiza en un ambiente protegido, bajo invernadero, con un ambiente controlado, o a su vez puede efectuarse con estructuras de bajo costo y poco sofisticadas, este sistema permite la siembra en cualquier época del año y las plántulas obtenidas son de mejor calidad que a campo abierto (EDIFORM, 2006).

b. Trasplante.

Las plántulas del semillero pasan a su lugar definitivo (suelo), puede ser a campo abierto o invernadero, se debe realizar en horas de la mañana, efectuando un riego previo, para evitar estrés en las plantas, y que dispongan de humedad suficiente, utilizar plantas con un buen desarrollo radicular y libres de plagas o enfermedades (Monge 2016).

De acuerdo a la Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (2003) la densidad de siembra comprende la superficie de una hectárea de 10000 m², con una distancia de siembra de 0,4 m entre planta por 0.70 m ancho de cama y 0.70 m ancho de camino, depende de la variedad, con un total 18000 de plantas aproximadamente.

c. Colocación de postes o tutorado.

Sirve para mantener la planta recta, facilita el manejo de la plantación y evita que los frutos toquen el suelo (Rojas y Castillo, 2007). Se realiza de quince a veintidós días posteriores al trasplante. Se colocan al centro de cada cama y generalmente con una distancia entre postes de 2.5 m a 3 m de largo, para dar sostén y mantener las plantas erectas, es colocado a partir de los primeros 60 cm de altura de la planta, conforme la planta va creciendo se colocan hilos de tutoreo tomatero que sirve como espaldera para la planta (Monge, 2016).

d. Poda.

Escobar y Lee (2009) mencionan que, para controlar el desarrollo de la planta, limitando el número de tallos productivos y la cantidad de frutos por planta, para obtener mayor precocidad, con frutos más grandes con un mejor cuajado y de mayor calidad se lleva a cabo las siguientes podas:

Poda de formación, se realiza entre los veinte y treinta días posteriores al trasplante, consiste en dejar uno, dos o tres ejes (tallos). Poda de brotes axilares o destallados, es la eliminación de los brotes axilares o yemas, para mejorar el desarrollo del tallo principal, se realiza una vez cada quince días. Poda de hojas o deshojado: eliminación de hojas bajas viejas o enfermas se realiza de manera continua.

e. Aporca de la planta.

La aporca es una práctica de campo que se realiza después de la poda de formación, para favorecer el desarrollo de un mayor número de raíces, es el apegado de tierra a la base del tallo de la planta (Rojas y Castillo 2007).

f. Manejo de malezas.

La época crítica de competencia ocurre entre los 35 y los 70 días después del trasplante, se lo realiza de manera continua, una vez por semana, una vez que el cultivo está establecido, se realizan las deshieras con azadón, moto guadaña o machete, (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Agropecuaria [INTA], 2016).

g. Cosecha.

Se realiza de forma manual, a partir de 90 a 120 hasta 210 días, para consumo fresco, con el uso de baldes y canastas, se extrae los frutos con pedúnculo, los frutos se cosechan rojos, pintones y de todos los tamaños, no se debe dejar madurar demasiado, porque pierde la capacidad de comercio y por ende el precio (Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar, 2003).

h. Poscosecha.

Los frutos de tomate conforme, a las normas de calidad es necesario seleccionar y clasificar de acuerdo al tamaño y color como se observa en la figura 1. Una de las clasificaciones es separar de acuerdo al tamaño, de la siguiente manera los más gruesos (primera), los medianos (segunda) los siguientes (tercero) y por último los pequeños (cuartos), dependiendo del cultivar (Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar, 2003).

Figura 1

Clasificación categórica del tomate riñón.



Nota: Figura tomada de Cajamarca (2013).

2.3. Acidez del suelo

Es la disminución del pH, determinada por la capacidad del suelo para ceder iones hidrógeno H^+ , y una forma de comprobar la acidez es evaluando la actividad de la misma (Espinosa y Molina, 1999).

2.3.1. Naturaleza de la acidez del suelo

La acidez en el suelo empieza con la disminución de cationes, debido a la actividad de las raíces, porque la planta cuando absorbe cationes para su desarrollo

adecuado y equilibrio tiende a liberar hidrogeno, disminuyendo el pH del suelo (Espinoza y Molina, 1999; Sollins et al., 1988).

2.3.2. Aluminio intercámbiale

Es conocido como uno de los elementos principales en el proceso de formación de suelos ácidos, por la presencia de aluminio en el suelo (Bernier y Alfaro, 2006).

a. Acidez intercambiable.

Son el Aluminio e Hidrogeno (H^+ , Al^{3+}) elementos retenidos en el suelo, la evaluación de la acidez intercambiable se obtiene a través de la utilización de una sal neutra, el cual induce a que los iones ácidos Aluminio (Al^+) e Hidronios (H^+) pasen a la solución de esta forma poder determinar la acidez (Laboratorio de suelos Foliare CIA/UCR, 2014).

2.4. Encalado

2.4.1. Encalado en tomate riñón

El primer paso para agregar algún tipo de material encalante es imprescindible realizar un previo análisis de suelo, para agregar calcio, y corregir su acidez y reducir su contenido de Al y Mn, que en cantidades altas es tóxico para las plantas. Ya que el encalado favorece el crecimiento radicular, incremento de biomasa, rendimiento y sanidad del cultivo, para su efectividad se aplica a los primeros 15 a 20 cm en la superficie del suelo (Molina, 2001).

2.4.2. Reacciones de la cal en el suelo

La reacción de los materiales de encalado permite la neutralización de los iones H^+ en el suelo por medio de los iones OH^- que se produce al entrar en contacto la cal con el agua del suelo, para la reacción es importante que el suelo este húmedo para que la cal actúe de manera correcta. Una vez en contacto los óxidos reaccionan con el agua del suelo convirtiéndose en hidróxidos y neutralizan la acidez, por lo que son más efectivos a corto plazo (Espinoza y Molina, 1999).

El resultado final de la reacción de la cal es la reducción la acidez (incrementa el pH) al convertir el exceso de hidrogeno en agua, el aumento del pH precipita el Al^{3+} como $\text{Al}(\text{OH})_3$, excluyendo el efecto tóxico, del Al^{3+} e H^+ en las plantas, también elimina el Mn y el Fe que a veces se encuentran en exceso en los suelos ácidos, para evaluar esta reacción es recomendable esperar un tiempo mínimo de uno a dos meses (Espinoza y Molina, 1999).

2.4.3. Determinación de los requerimientos de cal

Para determinar la cantidad es importante realizar un análisis de suelo y pH, que es un indicador de la acidez, pero este parámetro no fija el requerimiento o cantidad de material necesario para alcanzar al rango de pH requerido en el sistema de producción y suelo que se está utilizando (Molina y Espinoza, 1999).

2.4.4. Requerimientos de cal en andisoles

La cantidad de cal en estos suelos no se ha establecido debido a que tienen una alta capacidad de tampón y una moderada CIC; debido a que las arcillas de la meteorización de las cenizas volcánicas están compuestas de una superficie muy reactiva. Estos factores hacen que la determinación de la cantidad requerida de cal en estos suelos sea más complicada (Molina y Espinoza, 1999).

a. Capacidad de tampón.

Es la cantidad de ácido o base necesario para modificar una unidad de pH, y se estima como el correspondiente de la pendiente de la curva de titulación con ácido o base. Mientras mayor es la capacidad de tampón, incrementa la necesidad de base o ácido para modificar el valor del pH (Pinochet et al., 2005).

En suelos andisoles por esa razón no existe una fórmula o regla que determine la cantidad o requerimiento de cal, una de las formas para aplicar ha sido tomando en cuenta el Al intercambiable que, en muchos casos, subestima o sobreestima la cantidad requerida (Molina y Espinoza, 1999).

Este problema al cambio de pH de los suelos con carga variable como andisoles, provoca al uso de cantidades altas de material encalante para alcanzar a pH 7.0, pero para determinar la cantidad, una de las formas ha sido llevar a cabo experimentos simples con diferentes cantidades, que determinen los requerimientos exactos de cal en un sitio determinado.

En el caso del ejemplo de la tabla 1, debido a que la capacidad tampón del suelo, es muy alta se ha aplicado diferentes cantidades de cal, donde se ha determinado que 6 t ha⁻¹ es la cantidad requerida para precipitar el Al³⁺ e incrementar rendimientos de cultivos susceptibles al Aluminio, se observa el efecto de la aplicación de cal en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de cultivos en un andisol de Ecuador.

Tabla 1

Efecto de la aplicación de cal en un suelo andisol

CaO3	pH	Al	K	Ca	Mg	CIC*	Rendimiento		
							Haba	Cebada	Avena
----- cmoles(+) kg -----							tha ⁻¹		
0	5.0	2.1	0.31	2.54	0.36	6.0	13.9	2.2	3.6
1.5	5.1	1.5	0.29	2.58	0.36	6.2	12.8	3.0	4.4
3.0	5.2	1.6	0.29	3.30	0.44	6.6	17.1	2.9	4.3
4.5	5.2	1.5	0.31	4.67	0.48	7.2	18.9	3.7	4.4
6.0	5.3	0.6	0.24	4.67	0.45	7.2	10.2	3.9	4.7
9.0	5.4	0.4	0.28	4.60	0.46	7.4	21.5	3.9	5.2
12.0	5.4	0.2	0.30	5.59	0.55	8.4	21.6	4.1	4.8
15.0	5.8	0.1	0.30	8.60	0.80	10.7	21.0	4.3	4.7

Fuente: (Molina y Espinoza, 1999).

Se debe aplicar e incorporar completamente la cal en la parcela determinada, tomando en cuenta que una parcela no debe llevar enmienda (testigo) y tratar de cubrir un buen rango de dosis para asegurar la reacción, por ejemplo, dosis de 0, 1.5, 3.0 y 6.0 t ha⁻¹. En una parcela de 25 m², la aplicación de 2.5 kg de cal de buena calidad equivale a 1.0 t ha⁻¹. Partiendo de esta relación se pueden calcular diferentes dosis de aplicación (Hicks, et al., 1997 y Caudle, 1991).

2.4.5. Método y época de aplicación

Para que la aplicación del material encalante sea efectivo, es recomendable aplicar en los primeros 15 a 20 cm de la superficie del suelo y de la capa arable, de esta manera se asegura mayor contacto y reacción eficiente del producto aplicado en el suelo (Espinoza y Molina, 1999). En gran parte los materiales de encalados no son fácilmente solubles en agua, por lo tanto, es muy importante una incorporación completa al suelo, para un resultado eficaz (Meléndez y Molina, 2001)

2.4.6. Beneficios del encalado

Un análisis de problemas de acidez y el manejo adecuado de materiales de encalado, ayuda a mejorar las condiciones químicas del suelo, que causa problemas en la absorción de nutrientes Espinoza y Molina (1999) se indica los beneficios al aplicar material de encalado:

Incrementa el pH, reactiva la actividad microbiana en el suelo, aporta de calcio y magnesio, disponibilidad de P, K y Mo, elimina el Al y Ma que son elementos tóxicos, mejora la estructura del suelo, incrementa la CIC, rendimiento y calidad de cosechas.

2.4.7. Toxicidad de aluminio

El mayor beneficio de la aplicación de enmiendas en un suelo ácido es la disminución de Al^{+3} y Mn^{+4} , que son elementos tóxicos para la mayoría de cultivos aun en bajas concentraciones, causando desarrollo pobre del sistema radicular, evitando la absorción adecuada de nutrientes como P, Ca, Mg, pero no absorbe el nitrógeno (Batista et al., 2012).

2.4.8. Tamaño de partícula

Es importante tomar en cuenta el tamaño de la partícula, debido a que los materiales más finos, tienen una reacción más rápida y efectiva que los gruesos, pero los materiales muy finos pueden perderse fácilmente, por del viento al momento de la aplicación, lo que hace un poco complicada una aplicación uniforme (Molina y Espinoza, 1999).

En la tabla 2 se describe la eficiencia granulométrica, de las enmiendas que es determinada por distintos tamaños o mallas (mesh).

Tabla 2

Eficiencia relativa de la enmienda según tamaño de partículas en base a mallas

Número de mallas	Tam. De los orificios (mm)	Eficiencia relativa (%)
<8	>2.36	0
8 – 20	2.36 – 0.85	20
20 – 40	0.85 – 0.42	40
20 – 60	0.85 – 0.25	60
>60	<0.25	100

Fuente: Alfaro y Bernier (2008).

Las cales y enmiendas presentan granulometrías que varían entre 0.3 a 2.0 mm, además el tamaño de las partículas afecta la reacción del material en el suelo por unidad de tiempo. De esta forma los gránulos se retienen en un tamiz de 0.64 mm, con una eficiencia del 20%, aquellos de 0.3 mm con una eficiencia de 60 a 100%, con una reacción en el periodo de alrededor de 50 días (Cerqueira et al., 2010)

2.5. Enmienda

Esta palabra viene del latín “enmenditus” que significa, corregir, mejorar o ajustar la acidez del suelo; y se aplica completamente en el contexto de la agricultura, para aquellos productos que hacen lo propio para los suelos de un cultivo (Arevalo y Castellano, 2009). Es un producto que se le agrega al suelo para la corrección y mejora de al menos una condición física, química o biológica del mismo, de forma tal que las nuevas condiciones sean más adecuadas para las plantas sembradas, o por sembrar en éste (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2014).

Las enmiendas inorgánicas están compuestas generalmente por Calcio y/o Magnesio, que están presentadas en forma de óxido, hidróxido, carbonato o silicato, utilizada especialmente para mantener o incrementar el pH del suelo y hacer disponibles las propiedades físicas, químicas y/o biológicas (Real Decreto 506, 2013).

2.5.1. Enmienda con fuentes de calcio y magnesio

a. Silicato de calcio.

Este es un producto residual de la industria del hierro y se le denomina escoria de horno. Tiene la misma capacidad para neutralizar la acidez que el carbonato de calcio (caliza) (Toledo, 2016). Neutraliza la acidez del suelo, además aporta calcio para la nutrición de los cultivos, es usado en la agricultura para corregir los suelos ácidos, y reducir el aluminio en el suelo (Solano, 2013).

b. Sulfato de Calcio.

El sulfato de calcio (SC) ocupa una posición notable en el universo de materiales renovables (Lopez y Alarcón, 2011). Es una fuente directa de aporte de Ca y S, promueve el desarrollo de las plantas, el Ca mejora la absorción de N a través de las raíces de las plantas, cuando estas están en crecimiento, por otro lado, reacciona al K a través de los silicatos complejos que libera las sales solubles de este mineral para que de esta manera la planta pueda asimilarlo (Lapporto, 2016).

c. Carbonato de calcio.

De acuerdo a (IPNI) 2019, manifiesta que es una enmienda muy utilizada para neutralizar la acidez del suelo y suministrar calcio (Ca) para la nutrición de las plantas, en el uso agrícola se refiere a la piedra caliza molida.

Producción: La piedra caliza es una roca sedimentaria común que se encuentra ampliamente distribuida en depósitos geológicos. Se ha utilizado en la agricultura para mejorar los suelos ácidos.

d. Oxido de Magnesio.

Es un material de encalado que contiene solamente Mg en una concentración de 60%. Su capacidad de neutralizar la acidez es mucho más elevada que la de otros materiales, pero, por su poca solubilidad en agua, debe ser molido finamente para que controle adecuadamente la acidez del suelo. Es una fuente excelente de Mg en suelos ácidos que frecuente-mente tienen también deficiencia de este nutriente (Espinoza y Molina, 1999).

2.5.2. Carga mineral de la enmienda

En la tabla 3 se detalla el porcentaje de composición mineral de la enmienda:

Tabla 3

Carga mineral de la enmienda

Carga mineral	Concentración %
Calcio (Cao)	43
Azufre (SO ₄)	14
Silicio (Si)	4
Magnesio (MgO)	1

Fuente: Datos tomados de La Colina Agrotecnología (2019).

2.5.6. Mecanismo de acción

Las enmiendas son materiales capaces de generar cambios en las propiedades o características en el suelo (ICONTEC, 2014). Gracias a sus principios activos hace que los suelos con pH ácido aumenten por acción de sus cationes, lo cuales reemplazan el exceso de los iones tóxicos de Hidrogeno H⁺¹ y Aluminio Al⁺³ en el suelo (Espinoza y Molina, 1999).

2.5.7. Aplicación

Es edáfica, se aplica al voleo antes de la siembra o en pleno crecimiento del plantío, según la solubilidad del producto utilizado (ICONTEC, 2014).

2.5.8. Beneficios

Según Sierra (2019) menciona que los beneficios de aplicación de la enmienda son las siguientes; cambia el pH ácido llegando hasta 6.5 a 7.3, donde los elementos como el P, Ca, Mg y Mo están disponibles en el suelo y para la planta donde se puede observar su desarrollo adecuado, el proceso de mineralización de materia orgánica acelera de esta forma haciendo disponible el N, estimula el crecimiento e incremento de microorganismos en el suelo, evita la compactación, manteniendo un tierra suelta.

2.6. Marco legal

Del plan Nacional Todo una Vida hace referencia al objetivo tres donde menciona garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, donde se debe llevar a cabo prácticas agrícolas de forma responsable que sean amigables con el medio ambiente y la población. También hace referencia al objetivo seis de desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el buen vivir rural (República del Ecuador, Consejo Nacional de Planificación, 2017).

El art. 15 de la constitución de la República del Ecuador menciona que el estado promoverá el sector privado y público el uso de tecnologías, ambientalmente limpias, y de energías alternativas no contaminantes, y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. En el artículo 281, en el capítulo tercero menciona que la soberanía alimentaria, constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

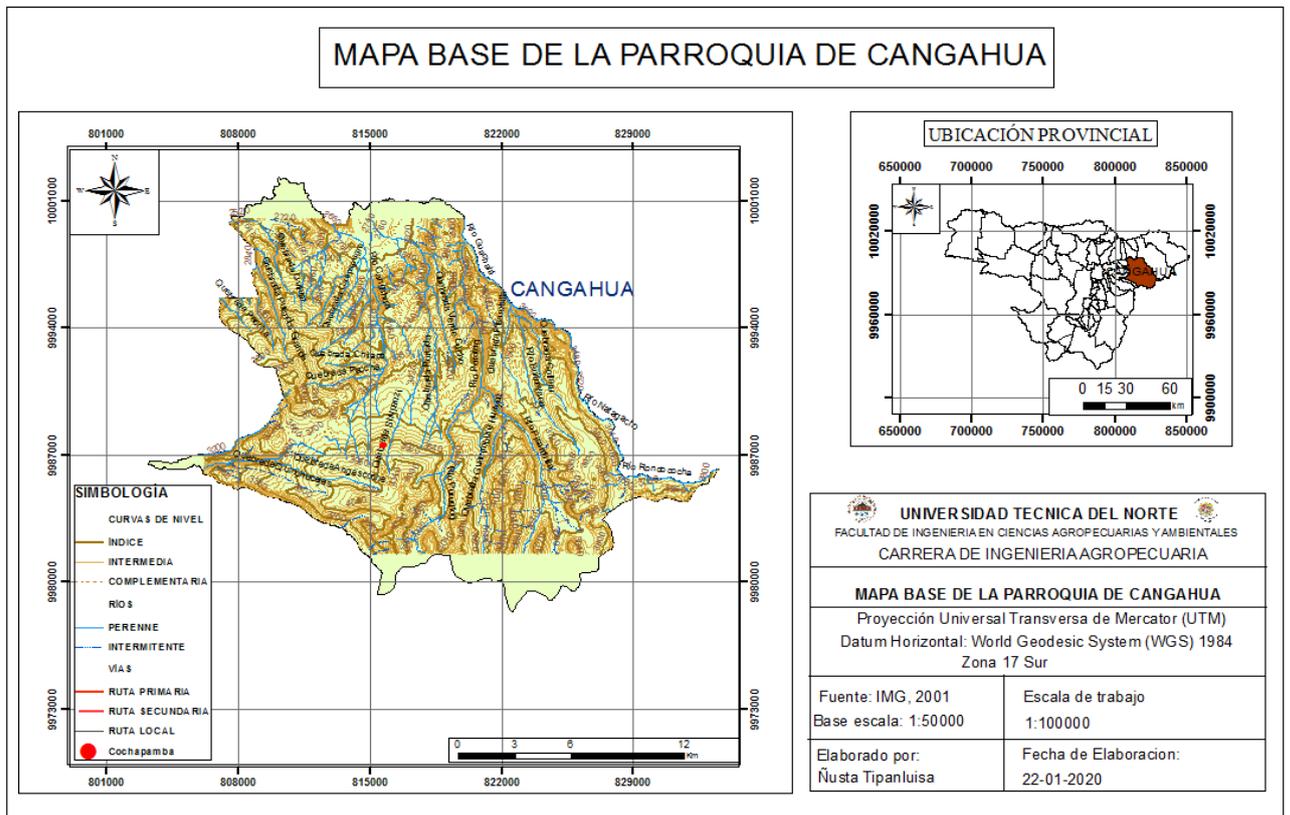
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en la Comunidad Cochapamba, ubicada en la parroquia Cangahua, cantón Cayambe, provincia de Pichincha, bajo las coordenadas geográficas de altitud, 3400 msnm, latitud 00° 02' 30", longitud, 00° 02' 30", con clima frío, temperatura promedio de 14°C (figura 2).

Figura 2

Mapa del área de estudio.



3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas

Para llevar a cabo la presente investigación a continuación se detalla los materiales, equipos, insumos y herramientas, como se observa en la tabla 4.

Tabla 4

Listado de materiales, equipos, insumos y herramientas

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Estructura del invernadero	Cámara fotográfica	Plántulas de tomate riñón	Carretilla
Clavos	Maquinaria		Excavadora manual
Sistema de riego	Balanza	Enmienda	Tecele
Estacas piola	Calculadora	Malla 40	Costales
Postes de madera	Impresora	Malla 100	Flexómetro
Grapas	Bomba de mochila	Malla 200	Martillo
Alambre	Grapadora	Fertilizantes	Tijera de podar
Hilo (tutorado)	Traje de protección	Insecticidas	Cuaderno de campo
Rótulos		Fungicidas	Guantes
Tríplex			Azadón
Estacas			Palancón
Pintura			Funda siplox
			Brocha
			Lápiz
			Baldes
			Alicate
			SERRUCHO

Nota: Enmienda se hace referencia al material mineral que se aplicó

3.3. Métodos

3.3.1 Factor en estudio

- Factor enmienda en tres niveles
- Interacción enmienda - categoría

3.3.2. Niveles

En la tabla 5 se describen los niveles de granulometría a evaluar: N1 (Enmienda malla 40), N2 (Enmienda malla 100), N3 (Corrector malla 200), más un testigo N₀ (sin enmienda).

con su respectivo PRNT, calculado de acuerdo a Pantoja (2020), donde se ha tomado en cuenta la estructura del suelo y el pH, con una eficiencia granulométrica del 100%.

Tabla 5

Descripción de los niveles o enmienda de distintas granulometrías aplicadas

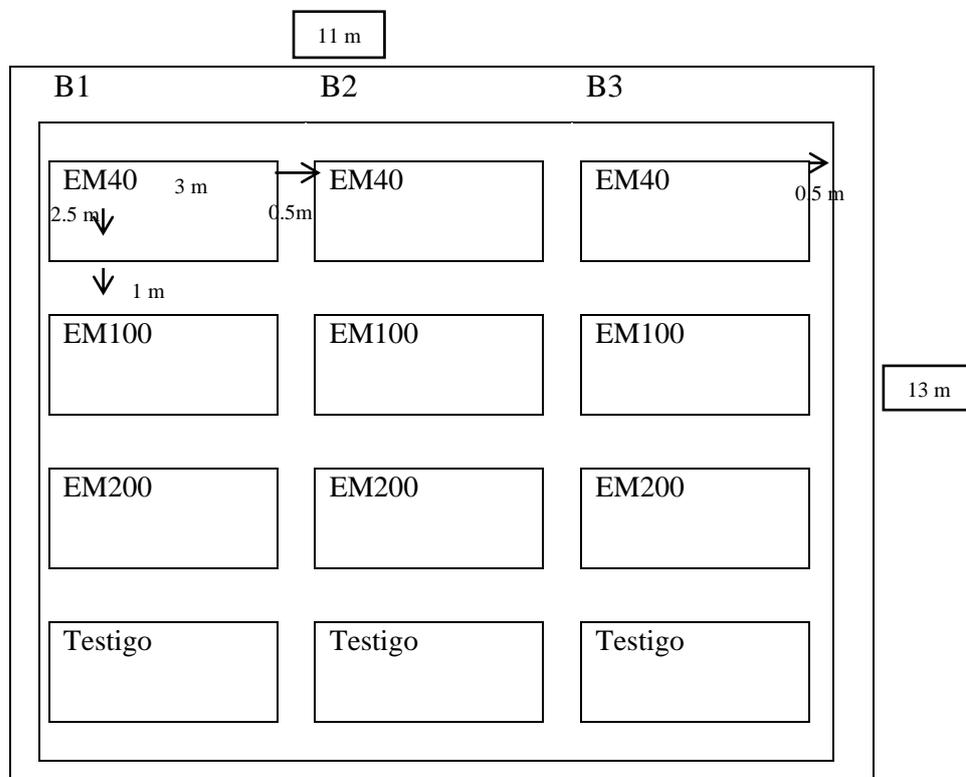
Niveles	Descripción	Código	PRNT (%)
N0	Sin enmienda	Testigo	-
N1	Enmienda malla 40	EM40	31.78
N2	Enmienda malla 100	EM100	63
N3	Enmienda malla 200	EM200	79.45

3.3.3 Diseño experimental

En la figura 3 muestra que se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con tres niveles de enmienda (EM40, EM100 y EM200), más un testigo.

Figura 3

Esquema del diseño experimental DBCA, con distribuciones de los niveles de las distintas granulometrías de enmiendas aplicadas.



3.3.4. Características del experimento.

El área de estudio estará conformada de la siguiente manera:

- Factor en estudio: 1
- Bloques: 3
- Niveles: 4
- Unidades experimentales: 12
- Largo del área: 13 m
- Ancho del área: 11 m
- Área total del ensayo: 143 m²
- Área por niveles 25 m²
- Camas por nivel 3
- Número de plantas por nivel 63
- Número de plantas totales 252

3.3.4.1 Características de la unidad experimental

La unidad experimental comprende lo siguiente como se detalla en la tabla 6.

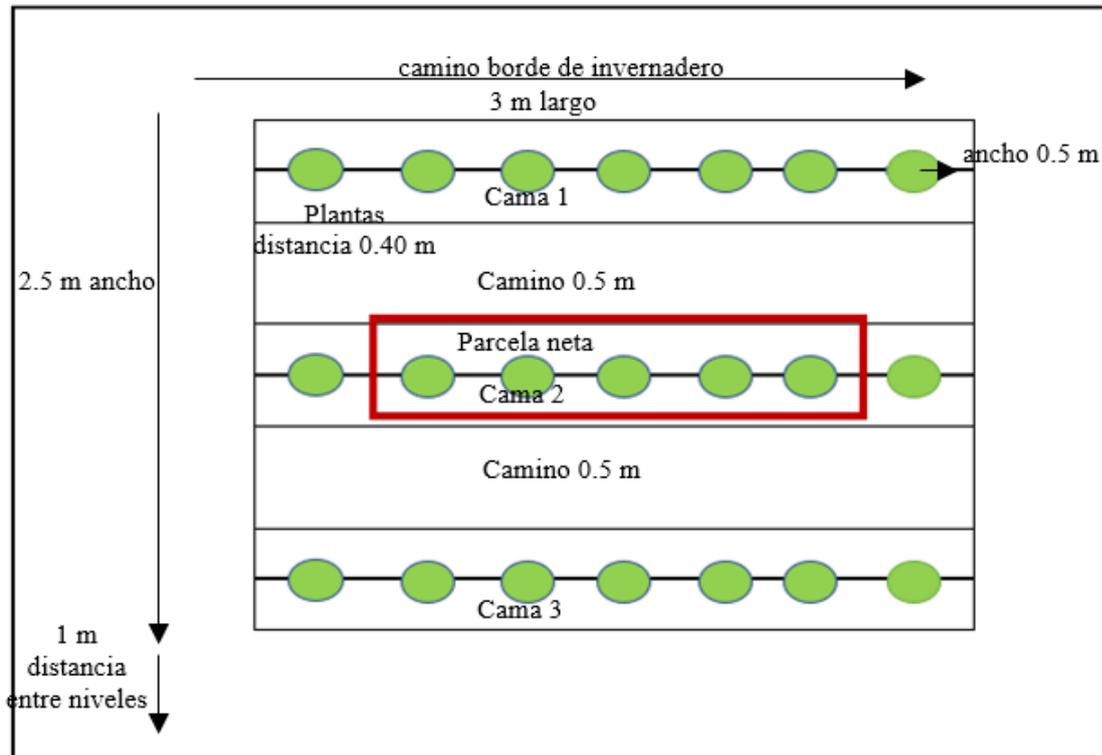
Tabla 6

Características de la unidad experimental para el establecimiento del ensayo

Datos	Medidas
Forma	Rectangular
Área de la unidad experimental	7.5 m ² (2.5 m x 3 m)
Largo	3 m
Ancho	2.5 m
Área neta	1.79 m ²
Distancia entre nivel	1 m
Distancia camino entre bloque	0.5 m
Camino bordes del invernadero parte larga	0.50 m
Camino bordes del invernadero parte ancha	0 m
Camas por unidad experimental	3
Distancia entre camas	0.50 m
Ancho de cama	0.50 m
Distancia entre plantas	0.40 m
Número de plantas por unidad experimental	21
Número de plantas por parcela neta	5

Figura 4

Características de una unidad experimental, con distribuciones de plantas y señalética de parcela neta.



3.3.5 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico InfoStat, versión 2020, se realizó una prueba LSD Fisher a un nivel de significancia del 5% para obtener el valor de las pruebas de media. En cuanto a las variables número de flores por racimo, número de frutos cuajados, porcentaje de frutos cuajados, rendimiento por planta, rendimiento por categoría, clasificación para lo cual se realizó una matriz de datos donde las filas contienen bloques, nivel, número de planta, la variable, y las columnas contienen los números de bloques, nivel, y los valores de las respectivas variables, el ADEVA se muestra en la tabla 7.

Tabla 7

Análisis de varianza para un diseño de bloques completamente al azar

Fuentes de Variación	GL
Total	19
Bloques	2

Tratamientos	3
Categoría	2
Tratamiento x categoría	6
E. Experimental	6

3.4. Variables a evaluar

A continuación, se describen los procedimientos realizados, para el registro de datos en cada una de las variables evaluadas en el ensayo:

3.4.1. Número de flores por racimo, por planta

Una vez iniciada la floración, posterior a los 45 días del trasplante, hasta el día 130 se contabilizó el número de flores presentes en cada racimo, efectuando la toma de datos de las cinco plantas seleccionadas de la parcela neta, de cada unidad experimental, de forma periódica (15 días) (figura 5). Una vez concluida la etapa de floración, se contabilizó el número total de flores por planta.

Figura 5

Número de flores por racimo de la variedad Fortaleza.



3.4.3. Número de frutos por racimo y planta

Una vez iniciado el cuajado, desde el día 80 hasta el día 160, se contabilizó el número de frutos por racimo hasta culminar esta etapa, efectuando la toma de datos de las cinco plantas seleccionadas de la parcela neta, de cada unidad experimental, en forma periódica (15 días)

(figura 6). Una vez concluida esta etapa se obtuvo el número total de frutos cuajados de cada planta.

Figura 6

Número de frutos por racimo de la variedad Fortaleza.



3.4.2. Porcentaje de cuajado

Se determinó una vez que se culminó la etapa de floración y cuajado que comprende desde el día 45 hasta 160, donde se contabilizó el número total de flores por planta y el número de frutos cuajados por planta de la parcela neta, de cada unidad experimental (figura 7). Para al final saber el porcentaje de cuajado de frutos, donde se determinó con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Cuajado} = \frac{\text{Número de frutos cuajados por planta}}{\text{Número de flores por planta}} \times 100$$

Figura 7

Frutos cuajados por racimo de la variedad Fortaleza.



3.4.4. Peso de fruto y rendimiento t ha⁻¹

La cosecha se dio lugar desde el día 135 hasta el día 210, donde se procedió a la recolección de frutos, racimo por racimo, cada ocho días, hasta finalizar esta etapa, de las cinco plantas de la parcela neta, de cada unidad experimental, con el uso de fundas para cada planta. Se pesó fruto por fruto en una balanza gramera, de esta manera se obtuvo el rendimiento de fruto por planta, esto transformándolo a rendimiento en t ha⁻¹, para cada nivel estudiado (figura 8).

Figura 8

Pesaje de frutos de la variedad Fortaleza.



3.4.5. Rendimiento por categoría kg planta⁻¹, y t ha⁻¹

Una vez culminada la clasificación se realizó la suma de los pesos de los frutos de cada categoría, por planta de la parcela neta, de cada unidad experimental, de esta forma obteniendo el rendimiento en kg por planta y t ha⁻¹, por cada categoría grande, mediano y pequeño.

3.4.6. Clasificación de frutos

Una vez finalizada la cosecha, se procedió a clasificar los frutos de acuerdo al tamaño y peso de la siguiente manera: frutos grandes (primera) de 80 hasta 113 g, frutos medianos (segunda) de 50 a 79 g y finalmente frutos pequeños (tercera) de 50 g y menores, de esta forma obteniendo el número de frutos para cada categoría, de las cinco plantas de la parcela neta, de cada unidad experimental.

3.4.7. Características químicas y nivel de extracción de nutrientes

Se evaluó a través de un análisis del suelo completo, que comprendió dos fases, previo al establecimiento del cultivo y una al finalizar el ciclo de producción a los 225 días, donde se realizó, el respectivo análisis correspondiente a una muestra de cada nivel estudiado, EM40, EM100, EM200 y testigo, donde se realizó la comparación de los parámetros inicial, con el análisis final. Se realizó en el laboratorio AGRARPROJECKT S.A. de la ciudad de Quito.

Se determinó los siguientes parámetros, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), macronutrientes y micronutrientes, según el pH (Aluminio intercambiable acidez intercambiable) y conductividad eléctrica.

3.4.8. Análisis financiero

Una vez finalizado el ciclo de producción, se determinaron los costos totales de producción de cada nivel estudiado, con el objetivo de obtener el nivel que mayor beneficio-costo presente.

3.5. Manejo específico del experimento

El ensayo se realizó en el cultivo de tomate riñón, bajo invernadero.

3.5.1. Selección del área de ensayo

El estudio se realizó en la Comunidad Cochapamba, Parroquia Cangahua.

3.5.2. Análisis del suelo

Se realizó en dos muestreos, el primero previo a la siembra donde se tomó 10 submuestras de suelo de todo el sitio experimental, que comprende un área de 500 m² utilizando el método zig-zag, se mezcló todas y se tomó 1 kg de muestra (figura 9). Se envió para el respectivo análisis en el Laboratorio de Suelos AGRARPROJECKT S.A. (Quito).

El segundo muestreo fue al finalizar el ciclo de producción del cultivo, a los 225 días se tomó dos submuestras por cada unidad experimental, de esta forma obteniendo seis muestras de cada nivel, realizando la mezcla de las mismas, de esta forma obteniendo cuatro muestras de suelo que corresponden a EM40, EM100, EM200 y testigo.

En todas las muestras de suelos se determinó información de los parámetros como, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), macronutrientes y micronutrientes, según el pH (Aluminio intercambiable, acidez intercambiable) y conductividad eléctrica, obteniendo los resultados como se pueden observar el respectivo análisis inicial y final en los anexos 1, 2 y 3.

Figura 9

Toma de muestra de suelo, por el método del cuadrante.



3.5.3. Labores preculturales

Se realizó la preparación del suelo con la arada y rastrada, del suelo previo a la siembra y construcción del invernadero.

a. Instalación del invernadero.

Se llevó a cabo la construcción de la estructura del invernadero con un área de ensayo previamente determinada de 13 m x 11 m, que comprende un área de 143 m², figuras 10 y 11.

Figura 10

Construcción de la estructura del invernadero para el cultivo de tomate riñón variedad F Fortaleza.



b. Delimitación del área del experimento.

Con la ayuda de un flexómetro se delimitó el área del ensayo que comprende 143 m², con el uso de estacas y piola, se demarcó los cuatro niveles aplicados que comprende un área

de 25 m² cada una y se estableció las 12 unidades experimentales que conforman tres camas cada una.

Figura 11

Delimitación del área del experimento.



c. Remoción del suelo y formación de camas.

Con la ayuda del azadón se procedió a remover la tierra, de las áreas de los niveles ya establecidos, de esta manera facilitar la formación de camas. La formación de las camas se realizó con una altura de 0.20 m, largo de 10 m y de ancho 0.50 m.

Figura 12

Remoción del suelo y formación de camas para el trasplante de plántulas de tomate riñón variedad Fortaleza.



d. Aplicación de enmienda al suelo.

La aplicación de las distintas granulometrías de la enmienda mineral, se realizó cinco días previo a la siembra de las plántulas (figura 13). De acuerdo al análisis del suelo y recomendación de la empresa La Colina como se observa en el anexo 5, la misma que ya tiene establecida el cuadro de las recomendaciones, tomando en cuenta el pH, que en este caso fue de 5.2 siendo este el resultado como un suelo ácido, de esta forma determinando la cantidad para la aplicación, para una hectárea, para establecer la cantidad para el área de cada nivel estudiado, se dividió el área del ensayo de 143 m² para cuatro que comprende el número de niveles, siendo un área des de 35.75 m² para cada una.

Finalmente, para determinar la cantidad de la enmienda de cada granulometría, se realizó una regla de tres simple para obtener la cantidad a aplicar, y esta se dividió en tres que es el número de camas de cada nivel, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8

Cálculo de la cantidad de enmienda mineral, para la aplicación de cada nivel, de acuerdo a la recomendación de la empresa La Colina Agrotecnología

Enmienda granulometría	kg ha ⁻¹	kg/nivel	kg/cama
------------------------	---------------------	----------	---------

EM40	2357	8.4	2.8
EM100	1536	5.4	1.8
EM200	1152	4.1	1.3
Testigo	0	0	0

A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo para determinar las eficiencias granulométricas de cada enmienda mineral, tomando en cuenta que si la eficiencia fuera del 100%, donde se ha tomado referencia a Pantoja (2020) especialista en manejo y fertilidad de suelos, para poder determinar al pH que se desea llegar en este caso para el cultivo de tomate riñón es entre 6 a 6.5, por lo que el pH obtenido con el análisis inicial fue de 5.2, que es calificado como fuertemente ácido, como lo determina Chaves (1984) teniendo que incrementar entre 0.8 a 1.3 de pH, con una estructura de suelo franco limoso se requiere aplicar una dosis de 4 t ha⁻¹, para una reacción en tres meses.

Para lo cual lo primero que se calculó fue el equivalente químico de la enmienda mineral con la fórmula establecida por Espinosa y Molina (1999). Además, el producto aplicado en teoría contiene CaO: 43% y Mg 1%.

$$EQ \text{ CaCO}_3 = \text{CaO}(\%) \times 1.79 + \text{MgO}(\%) \times 2.48$$

$$EQ \text{ CaCO}_3 = 43 \times 1.79 + 1 \times 2.48$$

$$EQ \text{ CaCO}_3 = 76.97 + 2.48$$

$$EQ \text{ CaCO}_3 = 79.45$$

De acuerdo a lo establecido por Espinosa y Molina (1999) la eficiencia relativa para EM40 es del 40%, mientras que para EM100 y EM200 se tomó en cuenta de Pantoja (2021) quien menciona que la eficiencia relativa es del 80% y 100% respectivamente. Esta eficiencia relativa se calculó tomando en cuenta que la eficiencia granulométrica fuera del 100%, para una reacción en tres meses a partir de la aplicación.

$$EG \text{ m40} = 100 \times 0.40 = 40\%$$

$$EG \text{ m100} = 100 \times 0.80 = 80\%$$

$$EG \text{ m200} = 100 \times 1 = 100\%$$

A continuación, también se calcula los PRNT de cada granulometría con la fórmula establecida por Espinosa y Molina (1999):

$$PRNT = \frac{EG * EQ}{100}$$

PRNT= Poder relativo de neutralización total

EG= Eficiencia granulométrica

EQ= Equivalente químico de la enmienda

$$PRNT \text{ EM40} = \frac{40 * 79.45}{100}$$

$$PRNT \text{ EM40} = 31.78\%$$

$$PRNT \text{ EM100} = \frac{80 * 79.45}{100}$$

$$PRNT \text{ EM100} = 63\%$$

$$PRNT \text{ EM200} = \frac{100 * 79.45}{100}$$

$$PRNT \text{ EM200} = 79.45\%$$

Figura 13

Aplicación de distintas granulometrías de la enmienda mineral al suelo.



e. Instalación del sistema de riego.

Se estableció mediante la composición de una manguera principal de 15 m de largo, la cual se realizó la conexión con la válvula y filtro que capta el agua del reservorio, luego se procedió a cortar las mangueras secundarias de 10 metros de largo cada una, siendo un total de 120 metros, para las camas de cada nivel, así mismo con la ayuda de una varilla y fuego se

realizó hoyos en la manguera principal a una distancia de 1 metro para cada cama y 1.5 m entre nivel, finalmente conectando a la manguera principal con los conectores y mangueras secundarias, estableciendo así el sistema de riego por goteo (figura 14).

Figura 14

Instalación del sistema de riego por goteo para el cultivo de tomate riñón variedad Fortaleza.



f. Trasplante de plántulas.

Cinco días posterior a la aplicación de las enmiendas se realizó la respectiva siembra (figura 15). Previo a esto, se procedió a dar un riego, se sembraron 252 plántulas de tomate variedad Fortaleza, distribuyendo de 21 plántulas en cada unidad experimental, con una distancia de 0.40 m entre plantas y una distancia de 1 metro entre hileras.

Figura 15

Trasplante de plántulas de tomate riñón variedad Fortaleza.



g. Fertilización.

La fertilización se realizó en tres etapas de acuerdo a las necesidades y fenología del cultivo (figura 16). También se aplicó productos para la complementación nutricional y bioestimulantes, para inducir al cuajado, formación y engrose de frutos, de acuerdo al tamaño del área del ensayo, como se observa en las tablas 9 y 10.

Tabla 9

Aplicación de fertilización edáfica de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo de tomate riñón, variedad Fortaleza

Aplicación	Días después de la siembra	Producto	Concentración	Cantidad producto (kg)
1	20	N-P-K	10-30-10	5
2	35	N-P-K	10-30-10	2.5
	35	N-P-K	8-20-20	2.5
3	50	N-P-K	10-30-10	3
	50	N-P-K	8-20-20	3

Tabla 10

Aplicación de productos de complementación nutricional y bioestimulantes de aplicación foliar.

Aplicación	Días después del trasplante	Producto	Concentración	Cantidad producto (ml o g)	Cantidad H ₂ O (l)	Función
4	60	M.O.	50%	20 g	20	Estimulante
		K (K ₂ O)	20%			
		N	1%			
		P (P ₂ O ₅)	1%			
		Mg	1%			
		Ca	1%			
5	80	Calcio-Boro	10% y 1%	15 ml	20	Formación del fruto
6, 7 y 8.	115, 122 y 130.	Citoquinina Potasio (K ₂ O)	0.01% 6.34%	25 ml	20	Bioestimulante
		Boro	5.75 g	50 ml		Formación del fruto
		Fosforo (P ₂ O ₅) POTASIO (K ₂ O)	10% 9%	50 ml		Engrose del fruto
9, 10, 11 y 12.	150,157, 165, 172 y 180.	N-P-K	12-12-36	100 g	20	Estimulante

Nota: Para el caso de los productos para cada aplicación se utilizó las cantidades antes mencionadas.

Figura 16

Fertilización de fondo y productos de complementación nutricional.



3.5.4. Labores culturales

a. Control de malezas.

Se realizó de forma manual cada 15 días durante todo el ciclo del cultivo.

b. Poda.

Se realizó cortes a la planta para favorecer su desarrollo, que consistió en la poda de sanidad y formación, en caso de que se presentó algún agente de plaga o enfermedad que afecte al cultivo, con la ayuda de una tijera de podar, se procedió a podar hojas viejas, enfermas, brotes mal situados, chupones, hijuelos innecesarios durante todo el ciclo del cultivo, de esta manera evitando que el resto del cultivo se contagie.

c. Tutorado.

Se realizó a los 60 días después del trasplante, donde la planta tuvo una altura considerable de aproximadamente 0.50 m. Se procedió a realizar hoyos de 0.70 m de profundidad en los laterales de cada bloque, utilizando 48 postes de madera de 2.5 m. Posteriormente se colocaron alambres de 11 metros en la parte alta de los postes, a lo largo de todo los niveles, para asegurar y sostener el mismo fue con el uso de clavos y grapas, que se colocaron con la ayuda del martillo, finalmente con la piola de tutorado de tomate de 2.5 m de largo, se enrolló la piola en la cada planta empezando desde la base, hasta amarrar en el alambre, donde se va enrollando la planta cada semana dependiendo de su crecimiento (figura 17).

Figura 17

Colocación de postes y piola para el tutorado en el cultivo de tomate riñón.



d. Control de plagas y enfermedades.

Se realizaron monitoreos permanentes; para verificar la presencia de plagas o enfermedades de acuerdo a lo que se presenten, para evitar que se disperse o contagie en el cultivo, se aplicó los siguientes productos, como se observa en la figura 18 y se detalla continuación las cantidades y concentraciones aplicadas (tabla 11).

Tabla 11

Plan de aplicación de productos para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de tomate

Aplicación	Días después del trasplante	Producto	Concentración	Cantidad producto (ml o g)	Cantidad H ₂ O (l)	Control
------------	-----------------------------	----------	---------------	----------------------------	-------------------------------	---------

1	50	Boscalid	2 g	10 ml	20	<i>Botrytis cinérea</i> <i>Erysiphe polygoni</i> Minador de follaje Trips Pulguilla
		Sulfato de cobre pentahidratado	4.2 g	20 ml		
		Deltametrina	0.25 g	10 ml		
		Methomyl	9 g	10 g		
2	75 y 100	Propineb	28 g	40 g	20	Minador de follaje Lancha
		Silicio		50 g		
		Cyromazine		5 g		
3	150 y 180.	Boscalid	2 g	10 ml	20	<i>Botrytis cinérea</i>

Figura 18

Aplicación foliar de productos para el control de plagas y enfermedades.



e. Riego.

Se llevó a cabo de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo de un tiempo de cinco minutos en la etapa inicial y diario, desde la etapa media a los 60 días se realizó con un tiempo de 10 minutos pasando un día hasta finalizar la cosecha (figura 19). El tiempo de aplicación de riego depende mucho del estado del clima ya sea invierno o verano.

Figura 19

Plántulas con riego por sistema goteo de acuerdo a la fenología del cultivo.



Método empírico-práctico: sirvió para determinar las necesidades de riego, y la cantidad de agua a suministrar por planta en función del tamaño en épocas de invierno debe ser a diario, mientras que en invierno tres veces a la semana, de acuerdo a como recomienda la Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (2003).:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| - Primera semana de trasplante | 100 – 150 cm ³ |
| - Segunda y cuarta semanas | 250 – 300 cm ³ |
| - Quinta y sexta semanas | 400 – 500 cm ³ |
| - Séptima y novena semanas | 600 – 800 cm ³ |
| - Decima semana en adelante | 1000 – 1200 cm ³ |

3.5.5. Cosecha y pesaje

La cosecha de los frutos de tomate, dio inicio a los 135 ddt, hasta el día 210. Realizando semanalmente, siempre y cuando los frutos presentaron madurez fisiológica (coloración) rojos, pintones y de todos los tamaños, se cosechó de forma manual, con la ayuda de una tijera de podar para obtener tomates con pedúnculos, con el uso de baldes y fundas

para poder cosechar de cada planta, de las cinco plantas que comprende la parcela neta, de cada unidad experimental, finalmente se procedió a pesar los frutos, uno a uno, en una balanza gramera (figura 20).

Figura 20

Cosecha de frutos de todos los tamaños de la variedad Fortaleza.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para cada variable en el presente estudio, se encuentran especificadas para el efecto de las enmiendas en la producción del tomate, así como en las características del suelo, y se determina un análisis económico financiero de cada tratamiento investigado.

4.1. Número de flores por racimo

Los resultados para la variable número de flores por racimo se encuentran detallados en la tabla 12, donde se evidencia diferencias estadísticas ($F=3.20$; $gl=3, 550$; $p<0.0229$), lo que infiere que los tratamientos tuvieron influencia en la floración de la planta.

Tabla 12

*ADEVA para el número de flores por racimo en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Nivel	3	550	3.20	0.0229

En la figura 21, se muestran los resultados de la prueba de Fisher al 5%, donde se aprecian las diferencias de las medias, y se evidencia que el nivel EM200 obtuvo mayor número de flores, por encima de todos los tratamientos, pero comparte el mismo rango con la enmienda EM100; en tanto el tratamiento EM40 y el testigo registraron el menor conteo de flores y comparten el mismo rango entre ellos.

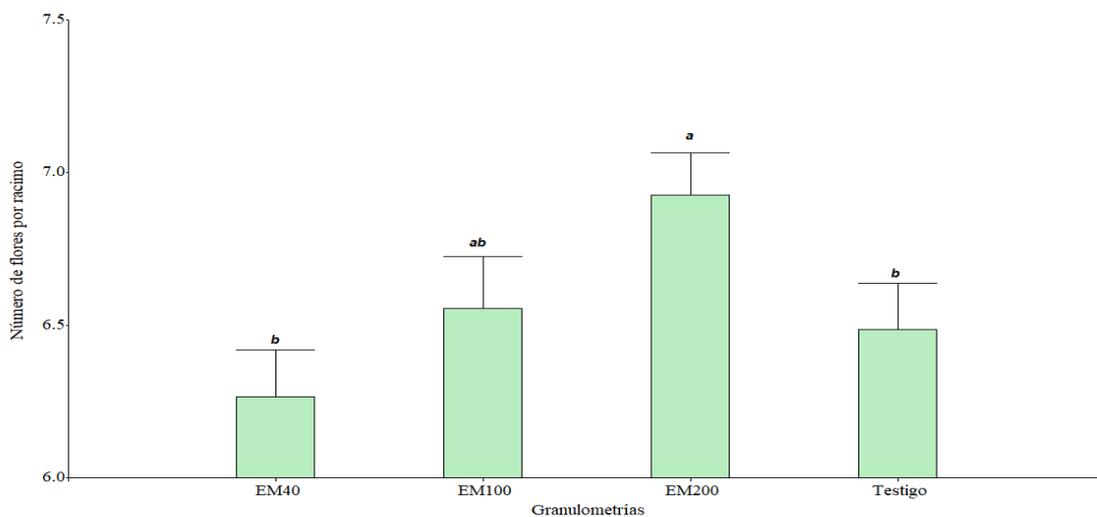
El promedio que alcanzó el tratamiento EM200 es 6.93, el cual representa diferencias de hasta 2.5% con el resultado más bajo, mientras que con el segundo mejor tratamiento se obtuvo una diferencia del 1.4%. Para corroborar estos reportes es importante tomar en cuenta el PRNT de las granulometrías que fueron de EM40: 31.78, EM100: 63% y EM200 79.45%, para su reacción en tres meses. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ricse (2018) quien al evaluar distintas enmiendas minerales en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) a una dosis de 2 t ha⁻¹, reportó que la adición de estos materiales presentó

diferencias estadísticas altamente significativas para el número de flores, mencionando que al menos una de las enmiendas aplicadas, modifica esta variable.

Así mismo, Quiranza (2018) al evaluar óxido de calcio, líquido a una dosis de 3000 ml ha⁻¹, reportó diferencias estadísticas significativas en el cultivo de la papa, obteniendo mayor número de tallos a diferencia del testigo. De esta manera para el número de flores por racimo, se destaca el suministro de calcio en el cultivo de tomate riñón, siendo esta la razón para que los racimos se hayan presentado en mayor número de flores con las enmiendas más finas por su capacidad de reacción y eficiencia en el suelo.

Figura 21

*Número de flores por racimo en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.*



Otro de los factores, con respecto al testigo, fue el bajo suministro de calcio lo cual provocó menor desarrollo de la planta, puesto que la aplicación de enmiendas minerales está ligado al contenido del aluminio y la disponibilidad de nutrientes minerales que dependen del pH (Ortiz, 2008). Mientras que para el caso del nivel EM40 se obtuvo menor número de flores debido a que el PRNT es del 31.78%, llegando a reaccionar en el suelo, de seis a 18 meses, que es el tiempo establecido por su condición granulométrica (Molina y Espinosa 1999). Además, pese a que se obtuvo el mayor pH, acidez intercambiable, CIC, por la dosis que se aplicó, no garantiza una medida correctiva suficiente para el cultivo (Braeuner et al., 2005).

Por otra parte, Acosta et al. (2019) reportaron que la aplicación de calcio, a través de cal, entre dosis de 1 a 4 t ha⁻¹, tuvo efectos con diferencias altamente significativas, donde hasta las dosis 1 y 2 t ha⁻¹, incrementó el número de flores, mientras que con dosis más elevadas permanecieron constantes, donde se determina que la aplicación de la enmienda mayor cantidad es inaprovechable para este cultivo, pese a que su aplicación fue de forma líquida. De esta forma la aplicación de cal influye positivamente para el número de flores producidas por cada planta de tomate, debido a que este órgano requiere abundante calcio para su proceso fisiológico.

4.2. Número de frutos cuajados por racimo

Los resultados para la variable número de frutos cuajados se encuentran detallados en la tabla 13, donde se evidencia la presencia de diferencias estadísticas (F=3.81; gl=3, 550; p=<0.0101), esto indica que los tratamientos tuvieron influencia en el desarrollo de esta variable.

Tabla 13

ADEVA para el número de frutos cuajados en el cultivo de tomate riñón (Lycopersicum esculentum Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Nivel	3	550	3.81	0.0101

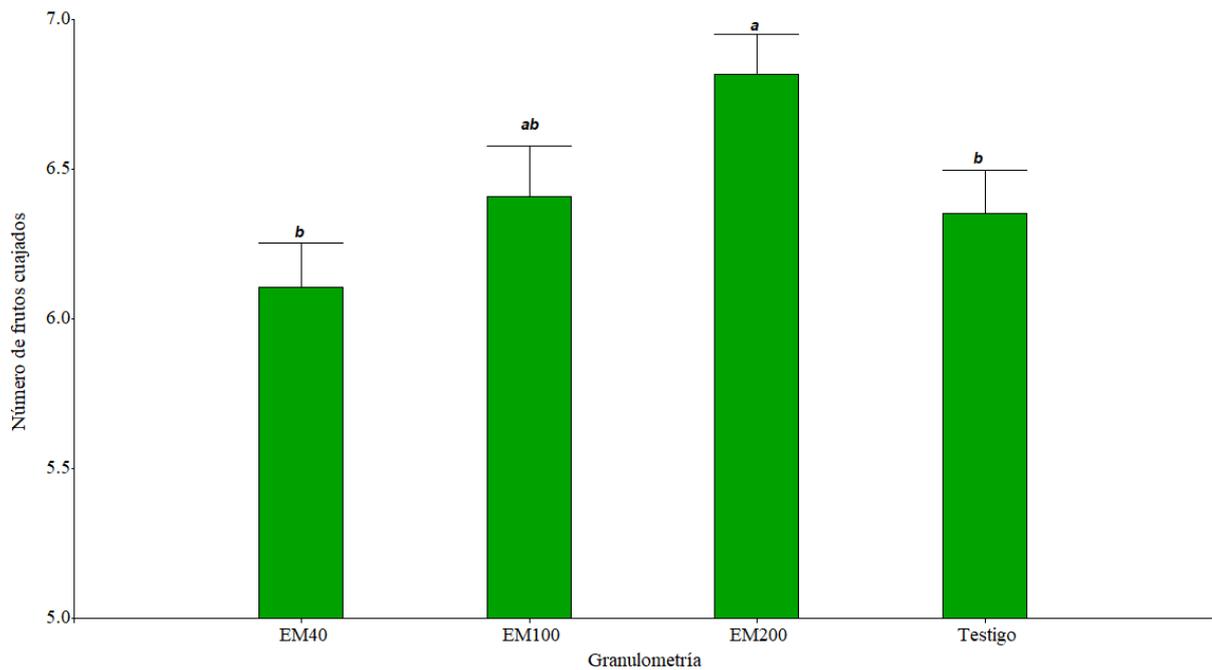
En la figura 22 se muestran los resultados de la prueba de Fisher al 5%, en donde se puede evidenciar dos rangos de significancia, lo que indica que el tratamiento EM200 obtuvo mejor cuajado de frutos, por encima de todos los tratamientos, pero comparte el mismo rango con la enmienda EM100; por otra parte, el tratamiento EM40 y el testigo registraron las medias más bajas y comparten el mismo rango entre ellos.

El promedio que alcanzó el tratamiento EM200 es 6.83, siendo el mejor, representando diferencias de hasta 1.97% con el resultado más bajo, mientras que con el resto de tratamientos se obtuvo diferencias del 0.76% y 1%. Estos resultados son similares con los obtenidos por Ricse (2018) que evaluando distintas enmiendas minerales obtuvo diferencias

estadísticas para el número de vainas en el cultivo de fréjol, destacando que la granulometría fina, privilegia con mejor eficiencia la asimilación del calcio, siendo este el motivo para que los racimos hayan presentado mejor cuajado de flores.

Figura 22

*Número de frutos cuajados por racimo, en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.*



El número de frutos cuajados se relaciona a factores como la variedad genética, el comportamiento fisiológico de la planta y el equilibrio de las reservas, es aquí donde la enmienda con el suministro de calcio puede incrementar el potencial de productividad (Núñez 1995). Destacando estos resultados para las enmiendas de granulometrías fina por su tiempo de reacción y contacto con el suelo (Espinosa y Molina 1999).

Ortega et al. (2010) al evaluar el crecimiento y rendimiento de tomate, bajo condiciones de invernadero, reportaron un promedio de 8.8 frutos por racimo, estos resultados difieren con los obtenidos para la variedad Fortaleza en esta investigación, porque el mejor tratamiento resultó con 6.83. Donde se puede decir que aquí intervienen las características de la variedad, la interacción con el ambiente, competencia por luz, nutrientes y otros factores. Además, es importante tomar en cuenta, que el lugar donde se estableció el cultivo, se

encuentra a una altura de 3400 msnm. Por otra parte, Ausay (2015) para la variedad Dominic reportó entre 6.35 a 6.88 frutos por racimos, siendo estos los valores, más similares con los obtenidos para la variedad Fortaleza.

Del mismo modo, Acosta y Cabrales (2019) reportaron diferencias estadísticas altamente significativas, en donde se comprueba que la aplicación de calcio (CaO) con una concentración del 37%, a distintas dosis, en un suelo ácido, influyen positivamente para el número de frutos, siendo la dosis más representativa de 2 t ha⁻¹, siendo similar a dosis aplicadas en el estudio.

Martínez et al. (2013) mediante el ensayo realizado para la producción de tomate de mesa, con la aplicación de seis dosis calcio, que comprende entre 0.3 a 2.47 g l⁻¹, donde la solución nutritiva de 1.06 g l⁻¹ que fue el segundo tratamiento, tuvo efectos significativos, incrementando el rendimiento en frutos del híbrido Aníbal, lo que indica que el suministro de calcio con mayor disponibilidad tiene relación con mayor número de frutos cuajados, circunstancia que sucedió en la presente investigación para las enmiendas de granulometría fina EM100 y EM200, por su eficiencia de reacción en el suelo.

Efectos similares se reportan en el cultivo de frejol, con la aplicación de dolomita a una dosis de 1.5 t ha⁻¹, los cuales presentaron mayor número de vainas con respecto al tratamiento control, con un incremento de 24, 27 y 32%, lo cual indica que el uso de enmiendas minerales, promueve mayor desarrollo y crecimiento del cultivo, en condiciones de suelos ácidos (Cuenca et al.; 2020). Mientras que en las investigaciones llevadas a cabo por Fekadu et al. (2018) mediante la aplicación de distintas dosis de cal 3.6 y 7.2 t ha⁻¹, reportó que, con la aplicación de la primera dosis, en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) presentó incremento, con respecto al número de vainas por planta, marcando una ventaja significativa con respecto al control.

4.3. Porcentaje de cuajado

Los resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de cuajado, se encuentran detallados en la tabla 14, donde se evidencia que no existe diferencias estadísticas significativas (F=1.24; gl=3, 54; p=0.3029), esto indica que los tratamientos no influyeron en el porcentaje de cuajado de flores.

Tabla 14

*ADEVA del porcentaje de frutos cuajados en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Nivel	3	54	1.24	0.3029

En la tabla 15, se encuentran detallados los resultados de la prueba de Fisher al 5%, donde se aprecia que las pruebas de medias, de la variable porcentaje de cuajado, donde se evidencia que el tratamiento EM200 registró el mayor porcentaje de cuajado, por encima de todos los tratamientos, pese a que comparten el mismo rango de significancia entre todos los tratamientos, esto indica que no se obtuvo diferencias estadísticas.

El promedio que alcanzó el tratamiento EM200 es de 98.52%, siendo el más representativo, el cual representa una diferencia del 1.64% con el resultado más bajo que corresponde al testigo, el cual registró 96.88%, mientras que los otros tratamientos EM100 y EM40, registraron diferencias menores al 1% con 0.65% y 0.97%, obteniendo un porcentaje de cuajado por encima del 96%.

Tabla 15

*Valores de las pruebas de media de la variable porcentaje de cuajado en el tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral*

Nivel	Media	±Error estándar
EM100	97.87	±0.45a
EM200	98.52	±0.37a
EM40	97.55	±0.54a
TESTIGO	96.88	±1.10a

El porcentaje de cuajado de acuerdo a los estudios realizados por Rengel (2004), en la adaptabilidad de cuatro variedades de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Mill.) a campo abierto, en la provincia de Loja, obtuvo un promedio general del 92.5%, dentro de las cuales la variedad Fortaleza presentó el 91.07% de fructificación, mientras que en la presente

investigación el porcentaje de cuajado resultó sobre el 96%, en todos los tratamientos estudiados.

Por otra parte, Florido et al. (2021) en el estudio de heredabilidad de porcentaje de fructificación del cultivo de tomate obtuvieron diferencias estadísticas significativas, lo que difiere con los resultados obtenidos en la presente investigación, debido que se ha reportado una media del 75.27% hasta el 99.43%, encontrándose resultados dentro de este rango para la variedad Fortaleza.

4.4. Rendimiento $t\ ha^{-1}$

Los resultados del análisis de varianza para la variable rendimiento, se encuentran detallados en la tabla 16, en el cual se puede evidenciar que existe diferencia significativa ($F=10.19$; $gl=3, 6$; $p=0.0090$), esto indica que los tratamientos tuvieron influencia en la producción de tomate riñón.

Tabla 16

ADEVA para el rendimiento en $t\ ha^{-1}$ en el cultivo de tomate riñón variedad Fortaleza, tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Nivel	3	6	10.19	0.0090

En la figura 23 se muestran los resultados de la prueba de Fisher al 5%, donde se aprecia que las pruebas de media para la variable rendimiento, presentaron tres rangos de significancia, donde se puede observar que el tratamiento EM200 y EM100 son similares, registrando mayor rendimiento, mientras que EM40 presentó un rendimiento intermedio a comparación de los dos superiores y el testigo que expresó lo contrario.

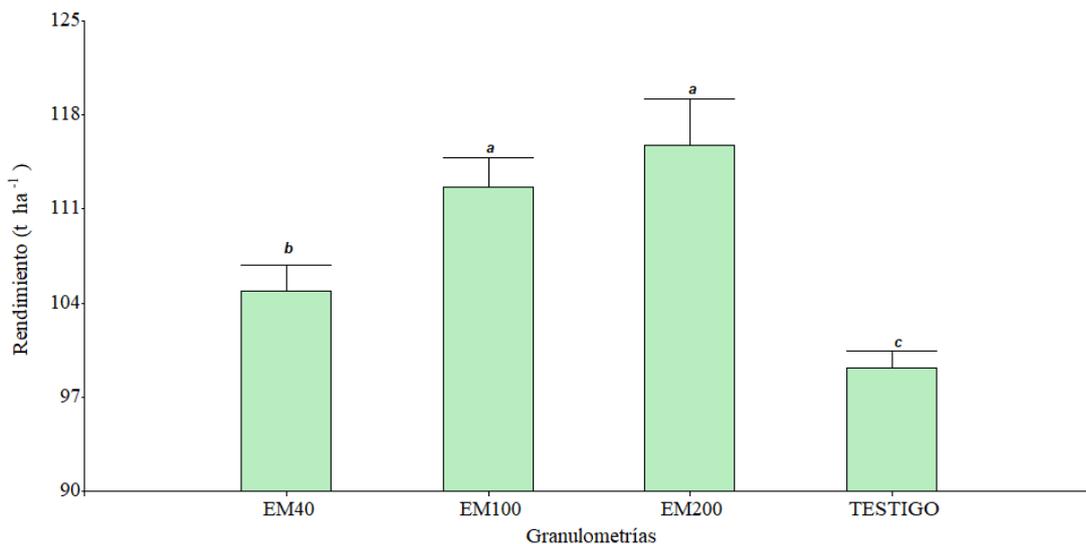
Los promedios que alcanzaron los mejores valores fueron EM200 y EM100, con rendimientos similares de $115.74\ t\ ha^{-1}$ y $112.65\ t\ ha^{-1}$, los cuales representan diferencias de hasta por el 3.8% con el resultado más bajo que es el testigo con $99.21\ t\ ha^{-1}$, y un valor intermedio para EM40, con una diferencia del 1%. Por consiguiente, Acosta y Cabrales (2019) manifiestan que la respuesta de la variable rendimiento es en función a la cantidad de calcio o su granulometría, aplicada en el suelo, que es una relación fuerte, esto posiblemente

se deba a que la disponibilidad de calcio en el suelo, mejoró su reacción y equilibrio químico, debido a esto las plantas se nutren mucho mejor e incluso son tolerantes al ataque de patógenos. Por ende, en la planta proporcionó mayor cantidad, aumento de tamaño y mejoró la calidad de frutos.

Mientras para el nivel EM40 se obtuvo un rendimiento intermedio, como menciona Pantoja (2021) debido a que su Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT), fue de 31.78%, para una reacción a los tres meses, que es una reacción baja a comparación de otras granulometrías.

Figura 23

*Rendimiento, en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.*



Para corroborar estos resultados, los estudios realizados por Sadeghian, (2016) hacen referencia a que uno de los factores a tomar en cuenta es la acidez del suelo, que es una limitante principal para el rendimiento de los cultivos en suelos andisoles.

Por otra parte, la fineza de las partículas del material encalante es lo que determina la velocidad de reacción, mientras más fina sea el material mayor es el área de contacto, y reacción en el suelo e incrementa el rendimiento (Espinosa y Molina, 1999). Las eficiencias de la aplicación de las enmiendas tienen que ver con su granulometría, para el caso de EM40 con que posee una eficiencia del 31.78%, son poco efectivas debido a que su reacción es lenta, lleva un tiempo de 6 hasta 18 meses, posiblemente esta sea la causa, del porque se obtuvo menor rendimiento, mientras para EM100 y EM200, poseen una eficiencia del 100%

por su finura, incluso se puede verificar su reacción de uno a tres meses, aduciendo los valores más representativos para la variable rendimiento.

Rosas et al. (2019) al evaluar el efecto del encalado en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) a una dosis de 7 t ha⁻¹, con un PRNT de 78.4%, reportó incremento en el rendimiento, determinando que el encalado en suelos con problemas de acidez es indispensable.

Los resultados hallados por Acosta y Cabrales (2019) demostraron que el análisis de varianza para el cultivo de tomate riñón, reportó diferencias estadísticas, donde se evidencia que la aplicación de calcio favoreció el crecimiento de las plantas, y por lo tanto el rendimiento varía e incrementa en relación a las dosis del calcio aplicada siendo los más representativos de 1 y 2 t ha⁻¹, dosis que son similares con la aplicación del presente estudio, determinando que dosis muy bajas o dosis muy altas no son aprovechables para el cultivo como fue el caso de las dosis de 3 a 5 t ha⁻¹.

Analizando de otra manera para el caso de EM40, pese a que se aplicó mayor dosis, debido a su eficiencia de reacción granulométrica, se obtuvo menor rendimiento a comparación de los dos superiores, con una diferencia intermedia, siendo menor el testigo (Espinosa y Molina 1999).

Los resultados también reportan que hubo respuesta favorable del cultivo de tomate riñón variedad Fortaleza, a la aplicación de distintas granulometrías de la enmienda mineral en suelos ácidos andisoles, siendo el calcio como un elemento nutricional, con una reacción favorable al encalado en el cultivo, para los tres tratamientos siendo superiores la testigo (Molina, 1998). Por su parte Jarrin (2014) en la investigación realizada en tomate riñón reporta que, al existir mayor cantidad de calcio absorbido, el cultivo presenta mayor productividad, como es el caso de EM100 y EM200 por su velocidad de reacción los rendimientos son altos, mientras que EM40 por su capacidad de reacción granulométrica presentó un rendimiento intermedio, sin embargo, es superior al testigo.

En el estudio realizado por Rengel (2004) en la adaptabilidad de cuatro variedades de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill), manifiesta que el rendimiento por planta fue de un promedio de 4.5 kg planta⁻¹, obteniendo para la variedad Fortaleza un rendimiento de 3.6 kg planta⁻¹, con una productividad de 90 t ha⁻¹, estos resultados difieren con los obtenidos en

el estudio, probablemente a que estuvo establecido bajo invernadero, superó presentando valores superiores incluido el testigo.

Por otro lado, los resultados obtenidos en producción de diferentes cultivos reportan resultados similares, como es el caso del estudio realizado por Pérez et al. (2008) quienes al evaluar sulfato de calcio con una concentración del 33% de Ca, a través del agua de riego, en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.), obtuvieron mayores valores de producción las plantas que recibieron calcio, a una dosis de 7.5 t ha⁻¹. Este es para el caso de EM40, que presenta valores superiores al tratamiento testigo. Así mismo, Ebert et al. (2002) mencionan que la aplicación de calcio en plantas favorece el crecimiento óptimo de plantas, que es el factor que refleja incremento en la productividad.

Así mismo, Araya et al (2015) mediante la aplicación de calcio líquido en forma de carbonato de calcio a un mesh de 2500 (0.05mm), a una concentración del 56%, a dosis de 2 y 4 ml por planta, reportaron que influyó de manera significativa presentando mayor producción de sorgo, en relación a las dosis del producto. Tomando en cuenta la reacción granulométrica los tratamientos EM100 y EM200 y presentaron rendimientos similares.

El calcio mejora la absorción de nitrógeno por las raíces de las plantas sobre todo cuando las plantas son jóvenes. Sin el calcio adecuado, los mecanismos de absorción podrían fallar, como es el caso del testigo con relación al rendimiento (Cano, 2014).

Por su parte, Baquero et al. (2018) mencionan, que la aplicación de yeso agrícola al suelo, induce al mejor desarrollo en el crecimiento y desarrollo radicular de los cultivos, lo que permite a mejorar el aprovechamiento de los nutrientes en el suelo, de esta forma incrementando su rendimiento.

4.5. Rendimiento por categoría

Los resultados del análisis de varianza para la variable rendimiento por categoría, se encuentran detallados en la tabla 17, donde se evidencia que existe interacción entre nivel y categoría (F=23.43; gl=6, 22; p=<0.0001).

Tabla 17

ADEVA de rendimiento en t ha⁻¹ por categoría, en el cultivo de tomate riñón (Lycopersicum esculentum Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de la enmienda mineral

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Nivel	3	22	35.12	<0.0001
Categoría	2	22	597.97	<0.0001
Nivel: categoría	6	22	23.43	<0.0001

En la figura 24, se muestran los resultados del rendimiento por categoría, donde se puede observar que varía de acuerdo a las granulometrías aplicadas.

En todos los niveles se obtuvo mayor rendimiento para la categoría grande y mediana con valores similares para las tres granulometrías, a diferencia del testigo, al cual la categoría mediana, sobrepasó a la grande. Mientras que para la categoría pequeña para todos los tratamientos se obtuvo valores bajos.

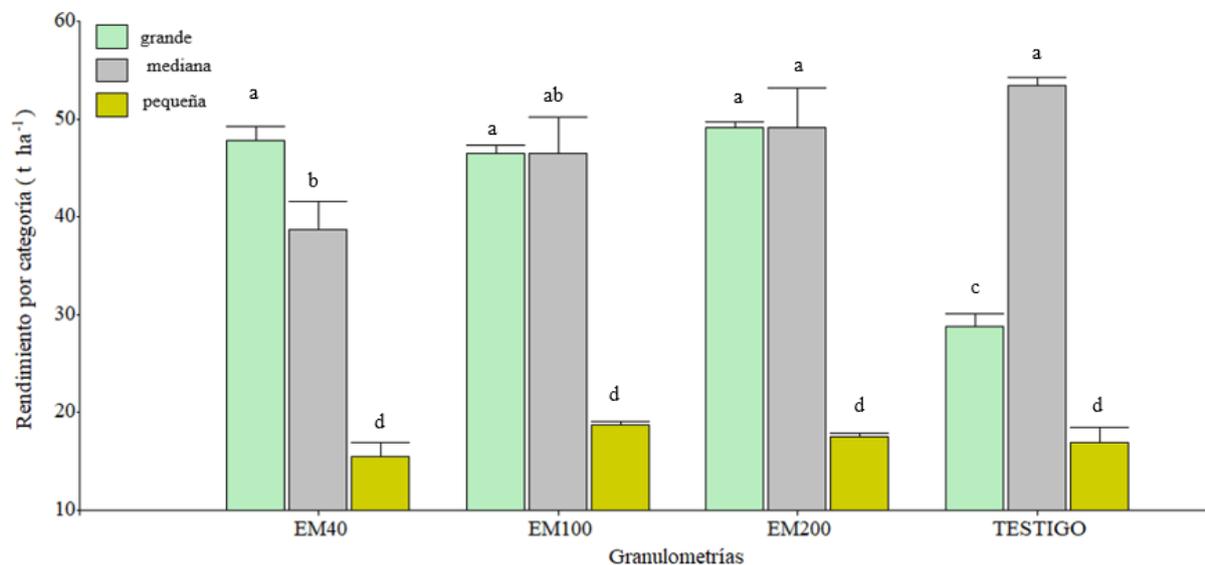
En la categoría grande, los tres tratamientos EM40, EM100 y EM200, presentaron rendimientos similares entre 46.50 t ha⁻¹ y 49.16 t ha⁻¹, a diferencia del testigo que fue menor en un 10.26%. con 17.52 t ha⁻¹.

Para la categoría mediana, pues los valores obtenidos son similares a la categoría grande para dos tratamientos granulométricos EM100 Y EM200, con valores entre 46.44 t ha⁻¹ y 49.19 t ha⁻¹. Donde el tratamiento EM40 fue el que presentó menor rendimiento para esta categoría con una diferencia del 3% con respecto a los dos anteriores. Mientras que el testigo superó en un 8%, debido a que presentó mayor número de frutos en esta categoría, con rendimiento de 53.41 t ha⁻¹.

Por último, en la categoría pequeña, se obtuvo valores similares para todos los tratamientos, con valores entre 15.47 t ha⁻¹ y 18.70 t ha⁻¹.

Figura 24

*Rendimiento por categoría, en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de la enmienda mineral.*



La norma INEN 1745 clasifica los frutos de tomate riñón, en función de su tamaño, existiendo tres categorías: primera, segunda y tercera. Por su parte Quintana et al. (2010) al evaluar el efecto del número de racimos por planta sobre el rendimiento de tomate obtuvo el 60%, 20% y 20%, para cada categoría, además menciona que la clasificación depende del cultivar por lo tanto estos resultados difieren para los obtenidos en la variedad Fortaleza.

Evaluada, la relación entre granulometría y rendimiento por categoría, se puede afirmar que el calcio interviene en el peso del fruto de tomate. En la figura 24 se indica que conforme a la granulometría se obtiene mayor valor de rendimiento para EM200, pese a una dosis menor, por su alto grado de fineza y reacción, también conforme a la dosis se obtiene mayor rendimiento, a diferencia del testigo.

De esta forma, Matos (2012) mediante la aplicación de óxido de calcio líquido, a distintas dosis, con 680 g ha⁻¹ y 1020 g ha⁻¹, reportó que estos tratamientos incrementaron el rendimiento en la calidad de categoría primera, con valores similares para los dos tratamientos pese a la diferencia de dosis, siendo similares estos reportes para los tratamientos granulométricos, donde se obtuvo rendimientos parecidos a pesar de las diferencias de dosis. En tal sentido la aplicación del óxido de calcio incrementa el peso de los frutos y reduce en la

cantidad de frutos de tamaño pequeño (tercera) resultados parecidos para la categoría pequeña en el cual se obtuvo menor rendimiento a comparación de la categoría grande.

El incremento en el peso de frutos de la categoría grande para los tres tratamientos sea posiblemente, a que el calcio aplicado, haya influido en la extensibilidad epidermal (Thompson, 2011), el desarrollo de los tejidos del pericarpio, que comprende las 2/3 partes del peso del fruto, la fragmentación y elongación de los tejidos del pericarpio son importantes para el crecimiento del fruto de tomate.

4.6. Clasificación de frutos por categoría

Los resultados del análisis de varianza para la variable clasificación de frutos por categoría, se encuentran detallados en la tabla 18, donde se evidencia que existe interacción entre nivel y categoría ($F=16.82$; $gl=16.82, 166$; $p<0.0001$).

Tabla 18

*ADEVA del número de frutos por categoría en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V.	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Nivel	3	166	36.05	<0.0001
Categoría	2	166	87.88	<0.0001
Nivel: categoría	6	166	16.82	<0.0001

En la figura 25, se muestran los resultados de la clasificación por categoría, donde se puede observar que varía de acuerdo a las granulometrías aplicadas.

De acuerdo a los resultados, para la variable número de frutos para la categoría grande, se reportó rangos similares, con un promedio de 19 frutos, con una diferencia del 23% con respecto al resultado más bajo correspondiente al testigo, con un valor de 12. Por lo tanto, la aplicación de las tres granulometrías de la enmienda mineral presentó interacción para la clasificación de frutos por categoría.

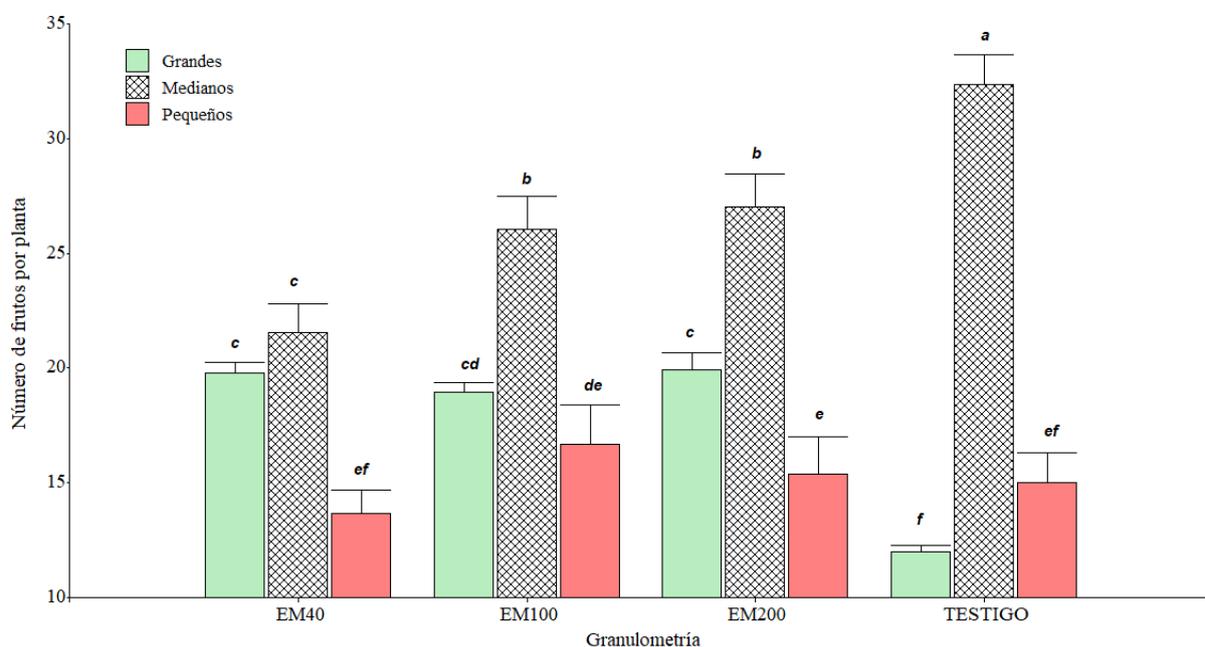
Para la categoría mediana, se reportó tres rangos de significancia, donde se puede apreciar que el testigo resalta mayor valor, con 32 frutos, mientras para las granulometrías

EM200 y EM100 se presentó valores similares, entre 26 y 27 frutos, por otra parte, EM40, presentó el menor de frutos medianos, con 13% de diferencia con respecto al testigo.

Por último, en la categoría pequeña se obtuvo valores similares para EM100, EM200 y testigo, entre 15 a 16.67 frutos, mientras que EM40 reportó los valores más bajos con 13 frutos.

Figura 25

Número de frutos por categoría en el cultivo de tomate riñón (Lycopersicon esculentum Mill.) tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral.



En la investigación realizada por Silva (2015) al evaluar programas de fertilización determinó que el contenido de calcio, tiene una relación directa con el número de frutos, a mayor cantidad de calcio presentan más altos niveles en número de frutos, y mayor peso, como se observa, en la figura 25, para los tres tratamientos se obtuvo mayor número de frutos de la categoría grande, mientras testigo se reporta mayor número de frutos en la categoría mediana.

En la figura 28 se reporta que el número de frutos por categoría varía, a mayor número de frutos, influye en el peso, predominando de esta forma la categoría mediana, esta causa debido a que como menciona Gates (1995) por el número de frutos, se incrementó el potencial de competencia entre frutos, dando como resultado frutos de menor tamaño.

4.7. Características químicas y nivel de extracción de nutrientes

Los efectos de la aplicación de las enmiendas minerales en el suelo, ayuda a mejorar las características químicas en el suelo, que varía de acuerdo a la dosis y malla aplicada, a continuación, se detalla la interpretación de cambios a partir del análisis inicial con las enmiendas aplicadas y el testigo con dosis cero.

4.7.1. Materia orgánica

El efecto de las enmiendas en la materia orgánica fue evaluada, en un periodo de 225 días, a partir de la aplicación, donde se finalizó la etapa de ciclo de producción de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill.) obteniendo los siguientes resultados, en la etapa inicial 7.9%, que al comparar este resultado, con respecto a las granulometrías, EM40, EM100 y testigo se disminuyó entre 3.79% y 6,32%. Mientras que el nivel EM200 tuvo efectos positivos con un incremento del 1.25%, como se observa en la tabla 19. Sin embargo, todos los tratamientos se encuentran dentro del rango óptimo para el cultivo de tomate riñón que es entre 5% al 12%.

Tabla 19

Contenido de materia orgánica, tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral

Nivel	Materia orgánica %
Inicial	7.9
EM40	7.5
EM100	7.4
EM200	8
Testigo	7.6

4.7.2. Porcentaje de saturación de bases

En la tabla 20 se observa el porcentaje de saturación de bases, con un valor de análisis inicial del 84% lo que indica que es un suelo rico en bases, mientras que los análisis determinados con la aplicación de las enmiendas minerales, redujeron de forma significativa en un rango del 25% al 42%, con lo que se puede apreciar que se encuentran en una

clasificación moderada de bases, que no es apta para el cultivo de tomate porque el rango óptimo es >65%.

Tabla 20

Saturación de bases tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral

Nivel	Saturación de bases %
Inicial	84
EM40	42
EM100	29
EM200	30
Testigo	25

4.7.3. Capacidad de Intercambio Catiónico

En la tabla 21 se puede apreciar que la capacidad de intercambio catiónico a comparación del análisis inicial de un valor de $16.2 \text{ meq}100\text{g}^{-1}$, incrementó en todos los niveles donde se puede reportar efectos positivos para todos los tratamientos, con valores similares para todos los tratamientos, EM40, EM100, EM200 y testigo con un incremento promedio del 24.64% con respecto al análisis inicial. Estos valores se encuentran en un rango óptimo para el cultivo que es $>15\text{meq } 100\text{g}^{-1}$.

Tabla 21

Contenido de capacidad de intercambio catiónico, tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral

Nivel	CIC $\text{meq } 100\text{g}^{-1}$
Inicial	16.1
EM40	20
EM100	21.7
EM200	21.3
Testigo	22.6

Los reportes obtenidos por Ricse (2018), coinciden con los obtenidos en el estudio llevado a cabo, quien a través de la aplicación de diferentes materiales encalantes como cal agrícola, yeso agrícola, dolomita y magnocal, que son fuentes de calcio y magnesio, a una dosis de 2 t ha^{-1} , en líquido, obtuvo valores superiores a comparación del análisis inicial con valores similares entre todos los tratamientos con valores entre 4.03 a 4.66 meq/100 g suelo, resultados parecidos se obtuvo para todos los tratamientos.

Además, Pantoja (2021) menciona que la capacidad de intercambio catiónico, al ser un conjunto de cargas negativas, retienen elementos con carga positiva pero la naturaleza de estos elementos cambia a medida que cambia el pH.

4.7.4. Aluminio, acidez intercambiable, pH

En la tabla 22, independientemente de la granulometría, al final del experimento, en todos los niveles evaluados, se observó el aumento del pH, con respecto al análisis inicial, que fue de 5.2., por otra parte también el contenido de la acidez intercambiable, y aluminio, se encuentran en cantidades óptimas, tanto para el suelo como para cultivo, con los siguientes valores $<0.5 \text{ meq}100\text{g}^{-1}$, $<0.3 \text{ meq}100\text{g}^{-1}$, para todos los niveles, donde se puede inferir que en todos los niveles estudiados, excepto el testigo para la acidez intercambiable que se encuentra con un valor de exceso, por otra parte la acidez intercambiable y el aluminio intercambiable se encuentran en un rango muy bajo, para todas las granulometrías, que son valores óptimos para el cultivo.

Mientras que, para el pH se observó mayor valor para EM40 con un valor de 7, con un incremento del 25.71%, mientras que para el resto de tratamientos EM100, EM200 y testigo con los siguientes valores, 17.46%, 16.12% y 8.77% respectivamente. Con estos valores se puede determinar que el cambio de pH fue dependiendo de la granulometría y dosis (EM40: 2.3 t ha^{-1} , EM100: 1.5 t ha^{-1} , EM200: 1.1 t ha^{-1}) mientras mayor sea la aplicación mayor es el incremento (Espinoza y Molina 1999).

Por otra parte, para la acidez intercambiable disminuyó para todos los tratamientos, siendo positivos estos resultados, siendo el mejor EM40 restando en un 47.27%, EM100, EM200 y testigo, 40%, 12.72% y 3.63% siendo el más bajo.

Tabla 22

Contenido de Acidez intercambiable, Aluminio intercambiable y pH, tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral

Nivel	Parámetro meq/100g		
	Acidez intercambiable	Aluminio intercambiable	pH
Inicial	0.55	<0.05	5.2
EM40	0.29	<0.05	7
EM100	0.33	<0.05	6.3
EM200	0.48	<0.05	6.2
Testigo	0.53	<0.05	5.7

Corroborando los resultados obtenidos de la presente investigación, la aplicación de enmiendas minerales como la afirman Molina y Rojas (2005) disminuyó la acidez intercambiable, dependiendo de la cantidad de material aplicado, llegando a incrementar el pH, siendo estos resultados proporcionales a la dosis. Así mismo, la aplicación de materiales carbonáticos en el suelo mediante un proceso químico genera una reacción de neutralización proporcionando la precipitación del aluminio Al^{3+} por encima del pH 5.5, liberando el Ca y Mg con efectos directos e indirectos, durante el crecimiento de las plantas (Vázquez et al., 2012).

Rosas et al. (2019) al evaluar el efecto del encalado en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), a una dosis de 7 t ha^{-1} , con un PRNT de 78.4% para llegar de un pH de 4.36 a 5.5, a los 90 días alcanzó un pH de 5.91, alcanzando un pH requerido para el cultivo.

Así mismo Tasilla (2021) al evaluar distintas granulometrías de cal, entre 2-1 mm (malla 8-20), 1 - 0.5 mm. (malla 20-40), 0.5 - 0.3 mm (malla 60) y <0.3 mm (malla >60), a dosis de 1 t ha^{-1} y 2 t ha^{-1} por cada granulometría, determinó que esta aplicación causó efecto significativo en la corrección de pH, de un inicial de 4.1, siendo superior al resto de tratamientos la granulometría <0.3 mm de 2 t ha^{-1} alcanzando un pH de 5.57 a la primera aplicación en un periodo de 15 días, mientras que a los 60 días alcanzó un pH de 6.79, mientras que con 1 t ha^{-1} , incrementó a 6.29. Es decir que el pH del suelo se corrige con mayor eficiencia, dependiendo del tamaño de sus partículas, ya que este es el factor que determinan la velocidad de su reacción (Bernier y Alfaro 2006). Por otra parte, también el incremento dependiendo de la dosis aplicada.

Resultados similares reportó Solano (2013) evaluando diferentes dosis y enmiendas en el cultivo de banano, donde mediante la aplicación de CaCO_3 de malla 170 presentó mayor efecto en el incremento del pH y reducción de la acidez de acuerdo a la cantidad de enmiendas aplicadas.

Milán et al. (2010) al evaluar el efecto de enmiendas básicas sobre suelos ácidos manifiestan que todos los tratamientos de encalado aplicados incrementaron el pH, por lo tanto, este resultado reduce la presencia de Al^{3+} en el suelo. Resultados parecidos presentaron Cuenca et al. (2020) mediante la aplicación de dolomita a una dosis de 1.5 t ha^{-1} , que incrementó el pH, hasta 5.74, 5.76 y 5.85, de un pH inicial de 4.90. Además, los valores alcanzados mediante la aplicación de las tres enmiendas, superaron el valor de 5.5, en el presente estudio que son cantidades suficientes para precipitar el Al^{3+} en suelos ácidos (Castro y Munévar, 2013 y Rahman et al., 2018).

Por otra parte, Verde et al. (2013) para el cambio de pH, reportó similitud, elevando el pH de 5.05 alcanzando hasta 5.79 y 6.64, a través de la aplicación de cal. Por su parte Otieno et al. (2018) demostraron que el pH, alcanzó valores de 7.36 y 6.06, a comparación de los análisis iniciales que fueron de 4.8 y 4.1, mediante la aplicación de cal. También resultados próximos fueron alcanzados por Bekele et al. (2018) quienes obtuvieron con aplicaciones de cal.

De la misma forma Castro y Guerrero (2018) evidenciaron el alcance de distintos materiales encalantes para el aumento de pH, en un suelo ácido de Colombia, a través de la aplicación de escorias básicas, dolomitas mezcladas con gallinaza, alcanzaron valores de 5.5 de un inicial de 4.86. Finalmente, Yao et al. (2019) lograron incrementar el pH desde 5.49 hasta 6.55 con aplicaciones combinadas de cal y biochar.

Así mismo Parra (2011) reportó que la aplicación de carbonato de calcio y cal dolomita incrementó el pH, de la misma forma neutralizó el aluminio intercambiable Al^{3+} presente en el suelo. Mismos resultados reportaron Garbanzo et al. (2016) que a través de la aplicación de enmiendas minerales se elevó el pH en forma proporcional a la dosis y granulometría, coincidiendo con los resultados obtenidos.

Espinosa y Molina (1999) determinaron que la aplicación de distintas granulometrías de la enmienda mineral, redujo la acidez intercambiable, e incremento el pH, se observó este

efecto también en el desarrollo de las plantas debido al tiempo de evaluación que fue suficiente, para verificar la reacción.

4.7.5. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se disminuyó, para todos los tratamientos, como se puede observar en la tabla 23, siendo efectivos la aplicación de la enmienda mineral en distinta granulometría con una reducción del 84.24%, 84,93% 89,04% y 80,82%, con lo que se puede determinar que estos valores son bajos a comparación de 1.46 mscm^{-1} , que es un valor que está en exceso a lo requerido para el cultivo de tomate riñón, que es de 1.4 mscm^{-1} , con lo que se puede inferir que los valores de los niveles estudiados se encuentran en un rango óptimo, mientras baja sea la conductividad eléctrica, incluso menores a 1 mscm^{-1} facilita al manejo de fertilización y evita problemas de fitotoxicidad en los cultivos (Bárbaro et al., 2013).

Tabla 23

Contenido de conductividad eléctrica tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral

Nivel	CE ms/cm
Inicial	1.46
EM40	0.23
EM100	0.22
EM200	0.16
Testigo	0.28

La aplicación de enmiendas tanto como inorgánicas, y orgánicas reducen el contenido de la conductividad eléctrica (CE), donde los valores se difieren entre sí en todos los tratamientos, estos resultados discrepan con los obtenidos por García y Pérez (2014), quienes, al evaluar enmiendas, en el cultivo de tomate, obtuvieron valores inferiores para el parámetro conductividad eléctrica, lo que concuerda con los resultados de esta investigación. También Simanca y Cuervo (2018) obtuvieron los mismos resultados en la evaluación del efecto de enmiendas en las propiedades del suelo.

4.7.6. Nivel de extracción de nutrientes

En la tabla 24 se puede muestra los resultados del contenido de minerales, que varían de acuerdo a las granulometrías aplicadas.

En cuanto a potasio (K), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), sulfato (SO₄) y Cloro (Cl), donde se puede observar que se disminuyen de forma notoria de valores altos a muy bajos, a comparación con el inicial de 71 ppm a 10.7 ppm, 52.2 ppm a 4.6 ppm, de 122ppm a 14 ppm, de 162 ppm a 6.9 ppm, de 46.8 ppm a 6.9 ppm, de 108 ppm a 4.4 ppm respectivamente.

En los contenidos de micronutrientes Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeso (Ma), los valores se incrementaron, con todos los tratamientos, incluido el testigo, siendo óptimo para el cultivo de tomate riñón. Mientras que el Zn, Cl, B, se observó descenso en todos los tratamientos, esto se debe por el requerimiento del cultivo durante su desarrollo.

Tabla 24

Nivel de extracción de nutrientes tratado con la aplicación de distintas granulometrías de una enmienda mineral

Nivel	Parámetro										
	Ppm										
	K	Mg	Ca	SO ₄	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Inicial	71	52.2	122	162	46.8	108	0.098	0.049	0.026	0.079	0.233
EM40	8.4	7	26	7.5	7.5	5.5	0.611	0.059	0.041	0.027	0.168
EM100	10.7	5.2	19	8.4	8.4	8.8	0.59	0.071	0.049	0.045	0.14
EM200	11.2	4.6	14	6.9	6.9	4.4	0.943	0.065	0.038	0.049	0.173
Testigo	20.5	9	20	9.9	9.9	7.8	0.489	0.085	0.053	0.03	0.149

La granulometría de las enmiendas es uno de los factores más importantes a tomar en cuenta, por su condición granulométrica pueden llegar a ser solubles o no, por la tanto es necesario que el material este en contacto con un gran volumen del suelo, de esta forma obtener una mejor reacción de corrección (Cerqueira et al., 2010).

El beneficio de la aplicación de la enmienda mineral en el suelo se puede atribuir a que se ha realizado una aplicación con mayor concentración de CaO de las granulometrías mesh 200, 100 y 40, donde se ha podido observar que en el tiempo transcurrido de 225 días de aplicación ha presentado una reacción química muy fuerte en el suelo, con valores muy representativos en las tres granulometrías aplicadas (Valerio y Molina, 2012).

Es importante mencionar que la aplicación de enmiendas minerales en el suelo, no va mejorar los macro y micronutrientes, si no que su función está ligada a la corrección de la acidez del suelo.

Después de finalizar el ciclo del cultivo, los macronutrientes (K, Na y Mg, Ca) presentaron disminución considerable, este aspecto se debe a que está relacionado con el gran requerimiento de estos macronutrientes por parte del cultivo de tomate, e incluso puede llegar a empobrecer el suelo, si no se lleva un manejo adecuado, se obtuvo valores inferiores en todos los niveles, una vez finalizada la cosecha es consecuencia de las extracciones del cultivo (Sánchez et al., 2009).

Otro de los factores que menciona Pantoja (2021) es que los macronutrientes al ser disminuidos, se encuentran en forma no asimilable para la planta, a pesar de que estos elementos se encuentran disponibles en el suelo.

En cuanto a los estudios de micronutrientes (Fe, Cu, Mn), se aprecia un incremento con todos los tratamientos, estos resultados concuerdan con los realizados por Sánchez et al. (2009) con la aplicación de enmiendas, en el cambio de las propiedades físico-químicas del suelo, en el cultivo de tomate.

Los micronutrientes incrementaron de acuerdo a la dosis, y granulometría de la enmienda mineral, como menciona Pantoja (2021) este efecto hace que estos micronutrientes se encuentran disponibles y asimilables para la planta, encontrándose estos resultados dentro del rango requerido para la mayoría de cultivos que es entre 0.30 a 0.80 para Fe, 0.05 a 0.16 Ma, 0.01 a 0.05 Cu y 0.098 a 0.16 para Zn.

Solano (2013) en la investigación realizada de la evaluación de dosis y fuentes de enmiendas en la fertilidad del suelo, en el crecimiento de banano *in vitro* en condiciones de vivero, obtuvo respuestas o valores superiores al análisis inicial, sin embargo, para los macronutrientes no difieren, mientras que el testigo muestra valores superiores en Ca, así mismo para los micronutrientes indicaron valores similares.

4.8. Análisis financiero

Mediante el análisis beneficio (B/C) costo se realizó el análisis económico para cada nivel estudiado. Para lo cual se elaboró costos de producción para una hectárea de cultivo (10000 m²), expresando estos valores en dólares, como se puede observar en la tabla 25.

Tabla 25

Costos fijos de producción del tomate riñón bajo invernadero por hectárea por ciclo

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor U.	Valor T.
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación del suelo				
Arada, rastrada	horas	5.8	15	87
2. Mano de obra				
Invernadero	jornal 8h	90	25	2250
Delimitación	jornal 8h	8	12	96
Construcción de camas	jornal 8h	35	12	420
Instalación de sistema de riego	jornal 8h	8	12	96
Siembra	jornal 8h	9	12	108
Deshierbe/poda	jornal 8h	40	12	480
Fertilización	jornal 8h	17	12	204
Tutorado	jornal 8h	34	12	408
Cosecha	jornal 8h	209	12	2508
3. Insumos				
Hilo tutorado	Rollos	100	3.5	350
Tomate riñón	Plántulas	25000	0.15	3750
Fertilizantes				
10-30-10	sacos 50 kg	15	29.3	439.5
8-20-20	sacos 50 kg	8	26.5	212
Yaramila complex	Saco 50 kg	7	46	322
Silicio	Saco 50 kg	4	55	220
Ins/fung/nut				
Boscalida	cm ³ 500	3	32.5	97.5
Sulfato de cobre	cm ³ 250	5	12.35	61.75
Ascophyllum nodosum	g 200	20	7.15	143
Deltametrina	cm ³ 100	7	4.35	30.45
Metomil	cm ³ 100	7	4.25	29.75
Propineb	g400	7	6.15	43.05
Ciromacina	g 50	7	4.75	33.25
Calcio boro	cm ³ 250	13	3.5	45.5
Citoquinina	cm ³ 250	20	8.4	168
Boro	cm ³ 500	20	6.28	125.6
Ácido poli fosfórico	cm ³ 500	15	9.08	136.2
N-P-K 12-12-36	kg	5	4.95	24.75

TOTAL COSTOS A				12889.3
B. COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo		1	110	110
Transporte	Carrera	10	20	200
Otros costos				1000
subtotal b				1310
C. COSTOS INFRAESTRUCTURA				
		Costo unitario	Costo total	Valor depreciado
Sistema de riego	m ²	0.55	5500	366.66
Estructura metálica	m ²	10.5	105000	4200
Plástico	m ²	2.1	21000	2625
TOTAL COSTOS C				7191.66667
COSTO TOTAL A+B+C				21390.9667

Considerando los costos para la implementación del invernadero para una hectárea es de 145250 dólares, con estructura metálica, plástico y sistema de riego, mismos que son depreciados de acuerdo a la vida útil, además los costos de los insumos agrícolas, mano de obra, transporte, fertilización, control de plagas y enfermedades, genera un costo total de producción 21390.9667 dólares.

De acuerdo a cada nivel estudiado se puede observar en la tabla 26 que los costos varían de acuerdo a los precios y dosis aplicadas de enmiendas y la mano de obra.

Tabla 26

Costos variables en la producción de una hectárea de tomate riñón

Tratamiento	Codificación	Enmienda kg ha ⁻¹	Enmienda USD ha ⁻¹	Aplicación	Total costos que varían USD ha ⁻¹
T1	EM40	2349	469,9	36	505.9
T2	EM100	1510.4	332.3	36	368.3
T3	EM200	1147	275.24	36	311.24
T0	TESTIGO 0	0	0	0	0

En la Tabla 27 se puede observar precio de acuerdo a la categoría de clasificación, de cada nivel estudiado, donde se muestra la categoría, el precio por kg, rendimiento kg ha⁻¹, el ingreso por categorías y el ingreso total, tomando en cuenta el precio de 0.40, 0.32, y 0.22 USD por kg de tomate, de acuerdo al precio fijado por el (Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA], 2022) en el mercado Quito MMQ-EP.

Tabla 27*Precios en el mercado mayorista de Quito de acuerdo a la categoría*

Nivel	Categoría	Precio kg	Rendimiento kg ha ⁻¹	Ingreso	Ingreso total
EM200	Grande	0.40	49160	19664	39236.8
	Mediana	0.32	49120	15718.4	
	Pequeña	0.22	17520	3854.4	
EM100	Grande	0.40	46500	18600	37574.8
	Mediana	0.32	46440	14860.8	
	Pequeña	0.22	18700	4114	
EM40	Grande	0.40	47750	19100	34887.4
	Mediana	0.32	38700	12384	
	Pequeña	0.22	15470	3403.4	
Testigo	Grande	0.40	28830	11532	32352.2
	Mediana	0.32	53410	17091.2	
	Pequeña	0.20	16950	3729	

En la tabla 28 se puede observar el análisis económico de cada nivel estudiado, donde se muestra los costos variables y fijos, costos de producción, el ingreso total y la relación beneficio costo (B/C), en la producción del cultivo de tomate riñón.

Tabla 28*Relación beneficio /costo en una hectárea de producción del cultivo de tomate riñón*

Nivel	Total, costos variables USD ha ⁻¹	Total, costos fijos USD ha ⁻¹	Total, costos de producción USD ha ⁻¹	Ingreso total USD ha ⁻¹	Relación beneficio costo (B/C)
EM40	505.90	21390.9667	21896.8667	34887.4	1.59
EM100	368.30	21390.9667	21759.2767	37574.8	1.72
EM200	311.24	21390.9667	21702.2067	39236.8	1.80
TESTIGO	0	21390.9667	21390.9667	32352.2	1.51

En la tabla 28 se puede observar el análisis beneficio costo para cada uno de los niveles estudiados, el cual se obtuvo a través de la división de los costos totales de producción, para el ingreso total de producción, de esta forma obteniendo el beneficio de cada tratamiento.

El análisis fue lo siguiente, si el resultado es mayor a uno, es considerado como ganancia, si el resultado es igual a uno, no es considerado ni pérdida, ni ganancia, mientras si el resultado fue de menor a uno se considera como pérdida (FAO, 2019).

En la tabla 28 se puede apreciar que en todos los tratamientos incluido el testigo, se obtiene un beneficio/costo mayor a uno, con el cual se determina que todos presentan rentabilidad, estos valores concuerdan con los realizados por Varela (2018), quien realizó un estudio de producción y comercialización de tomate riñón en la provincia de Imbabura, obtuvo un beneficio/costo de 1.42 y 1.71 USD, siendo los valores más cercano en los mercados de Ibarra y Quito, esto determinado de acuerdo con los diferentes mercados, como se puede observar en la tabla 29.

Tabla 29

Beneficio/costo por hectárea, de acuerdo a los por mercados

Mercado	Ingresos	Egresos	B/C
Cuenca	68296.80	31197.00	2.19
Guayaquil	52774.80	30507.13	1.73
Ibarra	42685.50	30089.72	1.42
Latacunga	42685.50	30058.72	1.42
Quito	51998.70	30472.64	1.71

Nota. Varela (2018).

Cano (2014) indica que un análisis económico resulta tener una alta rentabilidad, es decir al aumentar el área de cultivo aumenta la rentabilidad del producto. De igual manera, Tejada (2013) indica que si se amplía el área de cultivo con un buen plan de enmiendas se puede obtener una mayor rentabilidad de producto y al mismo tiempo mejorar el rendimiento del cultivo.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En conclusión, los resultados para la productividad, indican que hubo respuesta del cultivo de tomate riñón, variedad Fortaleza a la aplicación de distintas granulometrías, con valores superiores al testigo, siendo el más representativo el tratamiento EM200 con un rendimiento de 115.74 t ha⁻¹, con una diferencia de aproximadamente 4% con respecto al resultado más bajo, correspondiente testigo.
- En cuanto a las características químicas y nivel de extracción de nutrientes en los parámetros como pH, aluminio intercambiable, CIC, Conductividad Eléctrica y micronutrientes como Fe, Cu, se obtuvieron valores óptimos para el cultivo a comparación del testigo, mientras que para los macronutrientes disminuyó, esta causa probablemente sea debido a que se realizó el análisis del suelo, una vez finalizada la cosecha, además puede ser consecuencia del requerimiento nutricional del cultivo.
- El análisis financiero muestra que el tratamiento EM200 logró el mayor valor de beneficio-costo con una diferencia de 0.29 USD con respecto al testigo, donde se puede decir que la aplicación de enmiendas es la forma más práctica y económica para cultivar tomate riñón, en suelos con problemas de acidez.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda la aplicación las distintas granulometrías aplicadas, siendo eficaz el nivel EM200 (granulometría fina), a una dosis de 1.1. t ha⁻¹, por el tiempo y capacidad de reacción en el suelo, y su efecto en el rendimiento y el beneficio-costo que presentó fue la mejor.
- Previo al establecimiento del cultivo es importante tomar en cuenta el PRNT del material encalante, para verificar si la dosis a aplicar es correcta, tomando en cuenta la estructura del suelo y el pH.
- La aplicación de enmiendas debe ser una práctica común para potenciar el crecimiento, rendimiento y respuesta al encalado del cultivo de tomate, en suelos andisoles ácidos.
- Realizar análisis del suelo de forma periódica, posterior a la aplicación, para poder observar el comportamiento de la enmienda mineral, durante el ciclo del cultivo.
- Para establecer el cultivo de tomate, es importante analizar los factores ambientales para ya que las condiciones pueden presentar factores desfavorables para el mismo.

REFERENCIAS

- Acosta, L. y Cabrales, E. (2019). Respuesta del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) a una enmienda cálcica en un suelo ácido de sucre – Costa Caribe colombiana. *Suelos ecuatoriales*, 49(1 y 2).
- Aguilar, J. (2009). *Evaluación de genotipos de tomate indeterminado (Lycopersicum esculentum Mill) bajo condiciones de invernadero, en el estado de Chiapas*. [Tesis profesional. División de Carreras Agronómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Mexico].
- Alcarde, J. C. (2005). *Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas*. Sao Paulo, Brasil: ANDA.
- Alfaro, M., y Bernier, R. (2008). *Enmiendas calcáreas y estimación de dosis de aplicación*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Osorno, Chile.
- Alvarado, P. 1999. *Determinación de un método para evaluar los requerimientos de cal en suelos ácidos de origen volcánico y no volcánico del Ecuador*. [Tesis de pregrado - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador].
- Anderline, R. (1989). *Cultivo de tomate*. Barcelona, España: Puresa.
- Andric, L., Rastija, M., Teklic, T., y Kovacevic, V. (2012). *Respuesta del maíz y la soja al encalado*. *TUBITAK*, 36(1).
- Antezana Taborga, J. R., Tabora, P., y Shintani, M. (1998). *Respuesta a diferentes enmiendas orgánicas para la producción de tomate bajo condiciones de invernadero y bajo condiciones abiertas*.
- Araya, M., Camacho, M., Molina, E. y Cabalceta, G. (2015) *Evaluación de fertilizantes líquidos con silicio, calcio o magnesio sobre el crecimiento del sorgo en invernadero*. *Agronomía Costarricense*, 39(2).
- Arevalo, G., y Castellano, M. (2009). *Manual de fertilizantes y enmiendas*. Escuela Agrícola Panamericana, Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras.

- Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar. (2003). *Cultivo de tomate bajo invernadero*. Cañar, Ecuador. Editorial Abya Yala,
- Ausay Basantes, E. C. (2015). *Respuesta de tomate riñón *Lycopersicum esculentum* Mill) cv Dominic bajo invernadero a dos relaciones nitrato/amonio mediante fertiriego por goteo* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Badole, S., Nirmalendu, N., Seth, A., Padhan, D., y Mandal, B. (2015). La limitación influye en las formas de acidez en los suelos que pertenecen a diferentes órdenes bajo la India subtropical. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*.
- Baquero Peñuela, J., Yacomelo Hernandez, M. y Orduz Rodríguez, J. (2018). Efecto del yeso sobre las características químicas de un Oxisol de la Orinoquia colombiana cultivado con lima ácida Tahití. *Temas Agrarios*, 23 (2), 154-163, <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1299>.
- Barahona, A., y Manobanda, M. (2015). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa asociativa de producción y comercialización de tomate riñón bajo invernadero de los pequeños agricultores de la parroquia de Ascázubi, Cantón Cayambe, Provincia Pichincha* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Barbaro, L. A., Karlanian, M. A. y Mata, D. A. (2013). *Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los para la planta*.
- Barcos, M. 2009. *Determinación de la influencia de calcio, cobre y boro en el desarrollo de plantas micropropagadas de banano variedad williams, e inoculadas con conidias y concentrado crudo toxico de *Mycosphaerella fijiensis** (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Barreiro, E. (2015). *Fluctuación de precios en el producto agrícola tomate riñón en el Mercado Mayorista de Montebello de la ciudad de Guayaquil en el periodo 2010-2013* (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Batista, M., Moscheta, C., Bonato , M., García, O., e Inoue, T. (2012). Aluminio en plantas de maíz: Influencia en el crecimiento y morfo-anatomía de raíz y hoja. *Brasil*, 37.
- Bekele, A., Kibret, K., Bedadi, B., Yli-Halla, M. y Balemi, T. (2018). Efectos de la cal, el vermicompost y el fertilizante químico P en propiedades seleccionadas de suelos

- ácidos del distrito de Ebantu, tierras altas occidentales de Etiopía. *Ciencia aplicada y ambiental del suelo*, 2018 .
- Berettino, D., y Loredo, J. (2005). *Acidificación de suelos y aguas: problemas y soluciones*. Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España.
- Bernier V., R., y Alfaro V., M. (2006). *Acidez de los suelos y efectos del encalado*. Osorno: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 151. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7075>
- Braeuner, M., MacVean, C., y Ortiz, R. (2005). *Efectos de la aplicación de cal dolomítica y yeso agrícola en cafetales (Coffea arabica) afectados con mal de viñas en Guatemala*.
- Braeuner, M., Ortiz, R., y MacVean, C. (2005). Efectos de la aplicación de cal dolomítica y yeso agrícola en cafetales (Coffea arabica) afectados con mal de viñas en Guatemala. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 76(1), 17-24.
- Cabezas, R. (2016). *Efecto de fuentes de encalado en las propiedades químicas de suelos ecuatorianos de diferente material parental* (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Quito, Ecuador.
- Caires, E., Garbuio, F., Barth, G., Churka, S., y Correa, J. (2008). Efectos de la mejora de la acidez del suelo por encalado de la superficie en el crecimiento y rendimiento de la labranza cero de maíz, soja y raíz de trigo. *European Journal of Agronomy*, 28(1).
- Calva, C., y Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. *Siembra*, 4(1), 110–120. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.505>
- Calvert, A. (1959). Effect of the early environment on development of flowerin in tomato II. Light and Temperature Interactions. *Journal of Horticultural Science*, 34(3), 154-262. <https://doi.org/10.1080/00221589.1959.11513954>
- Cano, M., (2014). *Acidez y Alcalinidad de los Suelos: Manejo y Corrección de la Acidez de los Suelos*. <http://tiposagricultura.blogspot.pe/2014/07/acidez-y-alcalinidad-de-los-suelos.html>
- Capacidad-Fertilidad*. Quito, Ecuador. S. Ed.

- Casierra, F., y Aguilar, O. (2018). Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. *Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 1(2).
- Castro, G., y Crusciol, C. (2013). Efectos de la aplicación superficial de cal y silicato sobre la fertilidad del suelo y el rendimiento del cultivo bajo rotación. *ELSEVIER*.
- Castro, H., y Munevar, O. (2013). Mejoramiento químico de suelos acidos mediante el uso combinante de materiales encalantes. *U.D.CA Act. y Div. Cient.*, 2(16).
- Caudle, N. (1991). *Manejo de la acidez del suelo*. Universidad Estatal Carolina del Norte, Raleigh.
- Cerqueira, P., Otto, R., Vitti, C., Aristides, T., Sacco, W., y Ikeda, R. (2010). *Optimización de la aplicacion de enmiendas y fertilizantes*.
- Cestoni, F., De Jovel, G., Urquilla, A. (2006). *Perfil de negocios de tomate cherry o cereza hacia el mercado de los Estados Unidos*. El Salvador.
- Chaves, M. (1988). *La acidez y el encalado de los suelos*.
- Constitución de la Republica del Ecuador [Const]. Art. 15 y 18 20 de octubre del 2008 (Ecuador).
- Cosmoagro. (2012). La importancia del Encalado en la regulación del pH (en línea blog). Bolivia.
- Cuenca, A., Castro, N., Cargua, J., Cedeño, G., y Cedeño, (2020). Efectividad de enmiendas sobre el crecimiento y rendimiento de fréjol común en suelo andisol ácido. *Temas Agrarios*, 25(1), 54-65.
- Damian Suclupe M. J., Gonzales Veintimilla, F., Quiñones Paredes, P. y Terán Iparraguirre, J. R. (2018). Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa*, 25(1), 141-158.
- De Noni, G., y Trujillo, G. (2010). *Degradación del suelo en el Ecuador, principales causas y algunas reflexiones sobre la conservación de este recurso*. Quito.

- Demagnet, R. (2017). *Enmiendas calcáreas*. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile: Plan Lechero Watt's.
- Ebert, G., Eberle, J., Ali-Dinar, J., y Ludders, P. (2002). Ameliorating effects of Ca(NO₃)₂ on growth, mineral uptake and photosynthesis of NaCl-stressed guava seedlings (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae*, 93, 125-135.
- Echeverría, H., Sainz, H., Calviño, P., y Barbieri, P. (2001). *Respuesta del cultivo de trigo al encalado*. Buenos Aires, Argentina: Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnológica Agropecuaria.
- EDIFORM. (2006). *Principales problemas fitosanitarios*. Tomo I. Curridabat, Costa Rica: Editorial Edifarm Internacional Costa Rica.
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). (2017). *Módulo de tecnificación agropecuaria*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2017/Principales_resultados_2017.pdf
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPCAC). (2019). *Estadísticas Agropecuarias*.
- Espinosa, J., Molina, E. (1999). *Acidez y encalado del suelo*. Quito, Ecuador y San José, Costa Rica: Internacional Plant Nutrition Institute.
- Fabara, H. 1977. *Determinación potenciométrica de F, Cl, B, S en harinas de banano y ramio* (tesis de grado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Fekadu, E., Kibret, K., Melese, A. y Bedadi, B. 2018. Yield of faba bean (*Vicia faba* L.) as affected by lime, mineral P, farmyard manure, compost and rhizobium in acid soil of Lay Gayint District, northwestern highlands of Ethiopia. *Agric and Food Secur* 7(16): 1 – 11.
- Flaño, A. (2012). *Situación del tomate para consumo fresco*. Chile: Ministerio de Agricultura de Chile. <https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/6395.pdf>

- Florido Bacallao, Lara Rodríguez, R., Plana Ramos, D., Álvarez Gil, M. (2021). Estudios de acción génica y heredabilidad del porcentaje de fructificación en tomate, cultivar Nagcarlan, en condiciones de estrés térmico. *Cultivos tropicales*, 42(1).
- Furcal, B. (2012). *Efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades en el rendimiento del cultivo de arroz (Oriza sativa)*. Instituto tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronomía. Sede San Carlos, Costa Rica.
- Gambado, S. (2005). Evaluación agronómica de sulfato de calcio sólido granulado en el cultivo de soja. *Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Campaña 2005* (104).
- Garbanzo León, G., Molina Rojas, E. y Cabalgaceta Aguilar, G. (2016). Efecto de la aplicación de enmiendas líquidas en el suelo, en el crecimiento de maíz bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 40(2), 33-52.
- Garbanzo, G., Molina, E. y Cabalgaceta, G. 2016. “Efecto de la aplicación de enmiendas líquidas en el suelo y en el crecimiento de maíz bajo condiciones de invernadero.” *Agronomía Costarricense*, 40 (2).
- García, L., y Vollmann, J. (2012). Caracterización de Suelos a Lo Largo de Un Gradiente Altitudinal En Ecuador. *Brasileira de Ciências Agraria*.DOI: 10.5039/agraria.v7i3a1736.
<http://agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=v7i3a1736>.
- Gates, G. (1955). The response of the young tomato plant to a brief period of wáter shortage 1. The whole plan and its principal parts. *Aust, J. Biol. Sci*, 8, 196-214.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Cangahua. (2014). *Suelos. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PD Y OT); Diagnostico*.http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplus_documentofinal/1768127530001_PDYOT%20CANGAHUA_29-10-2015_22-5503.pdf
- Gómez, T., Espitia, M., y Uder, U. (1996). *Evaluación del comportamiento agronómico, crecimiento y desarrollo de ocho genotipos de maíz (Zea mays L) bajo estrés de acidez por aluminio en los suelos de Ayapel (Córdoba)*. [Universidad de Córdoba].

- Grupo Haifa, (2014). Recomendaciones nutricionales para tomate. Recuperado de https://www.haifa-group.com/sites/default/files/crop/Tomate_2014.pdf
- Hicks, D. (1997) *Analysis and practical use of information from on farm strip trials*. Better Crops.
- http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1768127530001_PDYOT%20CANGAHUA_29-10-2015_22-55-03.pdf
- <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1612>
- <https://www.redalyc.org/pdf/461/46116015002.pdf>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2014). *Norma Técnica Colombiana NTC 1927: Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones, clasificación y fuentes de materias primas*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (2017). *Manual del cultivo de tomate bajo invernadero*. Santiago, Chile.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 1745). (1990). *Hortalizas frescas, tomate riñón, requisitos*.
- Instituto Geográfico Militar, 2017. *Regiones naturales del Ecuador: Infraestructura de datos espaciales para el Instituto Geográfico Militar*. <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>.
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Agropecuaria (INTA). (2016). *Manual Técnico del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum)*. San José, Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- International Plant Nutrition Institute (IPNI). (2019). *Fuentes de nutrientes específicos*. Quito. [http://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/0248CCB8DFC442E985257BBA0059D03A/\\$FILE/NSS-ES-18.pdf](http://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/0248CCB8DFC442E985257BBA0059D03A/$FILE/NSS-ES-18.pdf)

- Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M., y Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico de Buenas Prácticas Agrícolas para la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. (1ra ed.). Colombia.
- Jarrín, G. (2014). *Efecto de la aplicación foliar complementaria y laprofundidad de aplicación del fertirriego en dos variedades de tomate riñón (Lycopersicum esculentum mill)*. [Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas – Quito – Ecuador.].
- Juca, K. (2017). *Variación de la capacidad tampón en suelos ácidos de origen pluvial y piedemonte costero en la provincia de El Oro* (tesis de grado). Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.
- Kinet, J.M. (1977). Efecto de las condiciones de luz sobre el desarrollo de la inflorescencia en tomate. *Scientia horticultrae*, 6(1), 15-26. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(77\)90074-7](https://doi.org/10.1016/0304-4238(77)90074-7)
- Laboratorio de suelos foliares CIA/UCR. 2014. *Determinación de acidez y aluminio intercambiable en Suelos*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Lapporto, A. (2016). *Sulfato de calcio en la agricultura*. San Carlos: Zona Industrial de San Carlos.
https://connectamericas.com/sites/default/files/company_files/CATALOGO%20YESO%20VZLA%20-AGRICULTURA.pdf
- López, I. (1986). Efecto de diferentes fuentes de enmienda sobre la reacción del suelo y respuesta del cultivo de sorgo (*Sorghum vulgare pers*). *Agronomía Tropical*, 36(1).
- López, J., y Alarcón, M. (2011). Sulfato de calcio: propiedades y aplicaciones clínicas. *Clinica*, 4(3).
- Martínez Martínez, L., Velasco Velasco, V. A., Ruiz Luna, J., Enríquez-del Valle, J. R., Campos Ángeles, G. V., y Montaña Lugo, M. L. (2013). Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(SPE6), 1175-1184.

- Martínez, S. (2007). *Conjunto tecnológico para la producción de tomate: suelo y preparación del terreno*. Universidad de Puerto Rico, Estación Experimental Agrícola. Puerto Rico
- Matos, C. (2012). *Efecto de cuatro niveles de calcio en la pudrición apical del fruto de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) var. Lia*. [Tesis para optar Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Facultad de Ciencias Agropecuarias – Escuela Profesional de Agronomía - Tacna – Perú.]
- Mejía, V. 1997. *Reconocimiento General de Los Suelos Del Ecuador En Base a Su*
- Meza, A. (2013). *Políticas nacionales e internacionales tendientes a la conservación del medio ambiente en el Ecuador: Un análisis del calentamiento global y su efecto en nuestro país*. [Trabajo de masterado. Instituto de Post-Grado en Ciencias Internacionales. Universidad de Guayaquil].
- Milán, G., Vázquez, M., Terminiello, A. y Santos Sbsucio D. (2010). *Efecto de las enmiendas básicas sobre el complejo de cambio en algunos suelos ácidos de la región Pampeana*. [Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata].
- Molina, E. (1998). *Acidez de suelo y encalado*. International Plant Nutrition Institute [IPNI].
- Molina, E. (1998). *Encalado para la corrección de la acidez del suelo*. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Molina, E. 2001. *Manejo de la acidez y encalado de los suelos, curso de fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos en Costa Rica*. San José, Costa Rica. <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilidad%20de%20Suelos.pdf>
- Molina, E. y Espinosa, J. (1998). *Acidez de suelo y encalado*. International Plant Nutrition Institute [IPNI].
- Molina, E., y Rojas, A. (2005). Efecto del encalado en el cultivo de naranja valencia en la Zona Norte de Costa Rica. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 29(3), 81-95.
- Monardes, H. (2009). *Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill): Características botánicas*. Universidad de Chile, Chile.

- Núñez, F. (1995). *El cultivo del tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.* Ediciones Mundi Prensa.
- Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *Producción mundial de tomate.* <http://www.hortoinfo.es/index.php/6563-prod-mund-tomate-291217>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2019). *Guía de análisis beneficio costo. Aplicación para medidas de adaptación al cambio climático en el sector Agropecuario.* Montevideo, Uruguay.
- Ortega, L., Sánchez, J., Ocampo, J. Sandoval, E., Salcido, B. y Manzo F. (2010). Efectos de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai* 6(3), 339-346.
- Ortiz, E. (2008). *Evaluación del efecto de la cal dolomita sobre algunas características químicas en un suelo ácido y la absorción de nutrientes en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L) merr. Híbrido md-2 en Finca Ganadera la Flor s.a. en río cuarto, Grecia.* [Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de agronomía. Costa Rica.]
- Osorno, H., y Osorno, L. (2010). *Determinación de los requerimientos de cal.* Universidad Nacional de Colombia, Medellín, España.
- Otieno, H. y Zingore, S. (2018). Efecto de las aplicaciones de abono de granja, cal y fertilizantes inorgánicos sobre el pH del suelo, la absorción de nutrientes, el crecimiento y la nodulación de la soja en suelos ácidos del oeste de Kenia. *Journal of Agricultural Science* 10(4): 199 – 208.
- Pantoja, L. (2020, 2 de abril). *Webinar, Saturación de bases y pH del suelo.* [Publicación], Facebook.
- Pantoja, L. (2021, 16 de enero). *Webinar, pH del suelo y uso de enmiendas.* [Publicación], Facebook.
- Pazmiño, D. (2008). *Nutrición del cultivo de tomate riñón.* Quito, EC. SCS. p. 14.

- Pérez García, G. A. y Torres Pérez, A. s. (2014). La cachaza como enmienda orgánica del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), var. Roma (hibrido) en el asentamiento Cojedes-Sarare del estado Portuguesa. *Universidad&Ciencia*, 3(1), 80-101.
- Pérez Pérez, E., Nava, A., González, C., Marín, M., Sandoval, L., Casassa Padrón, A. M., y Fernández, C. (2008). Efecto de la aplicación de sulfato de calcio y materia orgánica sobre la incidencia de la pudrición apical de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(3), 507-524. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037878182008000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Perez, L. F. A., y Herrera, E. C. (2019). RESPUESTA DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) A UNA ENMIENDA CALCICA EN UN SUELO ÁCIDO DE SUCRE-COSTA CARIBE COLOMBIANA. *Suelos Ecuatoriales*, 49(1 y 2), 45-52.
- Pinochet T., Ramírez. F., y Suárez F. (2005). Variación de la capacidad tampón en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agricultura Técnica*, 65(1).
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, del GAD Parroquial de Cangahua. (2014-2019). *Suelos. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PD Y OT); Diagnostico*.
- Quintana, R., Balaguera, H., Álvarez, J., Cárdenas, J. y Pinzón, E. (2010). Efecto del número de racimos por planta sobre el rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* L.). *Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(2), 199-208.
- Quiranza, R. (2018). *Exploración del efecto que produce el óxido de calcio vía drench en el cultivo de la papa, Comunidad de El Capulí. Parroquia El Carmelo, Cantón Tulcán, Provincia del Carchi*. [Tesis para optar Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo – Facultad de Ciencias Agropecuarias – Carchi – Ecuador.]
- Rahman, M., Lee, S., Kabir, A. H., Jones, C. S. y Lee, K. W. (2018). Importancia de la nutrición mineral para mitigar la toxicidad del aluminio en plantas en suelos ácidos: estado actual y oportunidades. *Revista internacional de ciencias moleculares*, 19 (10), 3073.

- Ramos, F; Vásquez, O; García, A. (2015). *Hortalizas: Prepara el suelo para la producción de tomate*. Meister Media Worldwide. México. <http://www.hortalizas.com/cultivos/prepara-el-suelo-para-la-producción-de-tomate/>
- Real Decreto 506. (2013). *Normativa básica en materia de productos fertilizantes*. Madrid, España.
- Rengel, N. (2004). *Adaptabilidad de cuatro variedades de tomate riñon Lycopersicum esculentum Mill., sitio Cango, Canton Puyango*. [Tesis profesional. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja].
- República del Ecuador: Consejo Nacional de Planificación [CNP] (2017). Objetivos 3 y 6. Plan Nacional Todo una Vida (Ecuador).
- Ricse, E. (2018). *Efecto de enmiendas en un suelo ácido con cultivo de Phaseolus vulgaris L., variedad norteño – Satipo*. [Tesis para optar el Título de Ingeniera en Ciencias Agrarias - Especialidad: Agronomía. Universidad Nacional del Centro del Perú – Facultad de Ciencias Agrarias – Satipo– Perú].
- Rivera, M., y Nogales, M. (2015). *Labores culturales*. Fundación Alternativas. Sopocachi, La Paz: Wock ideas.
- Rodríguez, R., Tavares, R., y Medina, J. 1984. Cultivo moderno del tomate. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., y Menjivar-Flores, J. C. (2019). Efecto del encalado en el uso eficiente de macronutrientes para cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonia colombiana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(1), 5-28.
- Ruiz, J. (2014). Importancia Del Silicio En La Fertilización De Cultivos Agrícolas Y En Particular En La Producción Bananera. *El productor*. <https://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-agricolas/importancia-del-silicio-en-la-fertilizacion-de-cultivos-agricolas-y-en-particular-en-la-produccion-bananera/>

- Sadeghian, S. (2016). *La acidez del suelo una limitante común para la producción del café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ), Manizales, Caldas, Colombia.
- Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. *Avances Técnicos Cenicafe*, 466, 1-12.
- Sánchez, A., Marín, P. y Delgado, M. (2009). *Cambios en las propiedades físico-químicas del suelo por adición de enmiendas orgánicas en cultivo de tomate*. [Advances in studies on desertification: contributions to the International Conference on Desertification in memory of professor Jo. Universidad de Murcia].
- Serrano, Z. (2004). *Cultivos Protegidos Segunda edición*. Madrid, España: Mundi Prensa.
- Sierra, C. (2019). *Los beneficios de usar enmiendas orgánicas en la producción agrícola*. Empresa El Mercurio. <https://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2018/06/07/Los-beneficios-de-usar-enmiendas-organicas-en-la-produccion-agricola.aspx?disp=1>.
- Simanca Fontalvo, R. M. y Cuervo Andrade, J. L. (2018). Efecto de enmiendas orgánicas y azufre en propiedades químicas y biológicas de un suelo sódico. *Spanish Journal of Soil Science*, 8(3).
- Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2021). Quito, Ecuador: Precio referencia del Tomate riñón de invernadero. Información Agricultor Precios.
- Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS). (2017). *Memoria explicativa del Mapa de Ordenes de Suelos del Ecuador*. Quito. http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/MEMORIA_MAPA_DE_ORDENES_DE_SUELOS_MAG_SIGTIERRAS.pdf
- Solano, M. (2013). *Evaluación de dosis y fuentes de enmiendas en la fertilidad del suelo y el crecimiento de plantas de banano in vitro en condiciones de vivero*. [Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica].
- Sollins, P., Robertson, G., y Uehara, G. (1988). Movilidad de nutrientes en suelos de carga variable y permanente. *Biogeochemistry*, 6(3).

- Solórzano, P. (1974). *Efecto de la aplicación de dolomita en el crecimiento de maíz y soya, y cambios diferenciales en el pH de la rizosfera de estas especies como posible mecanismo de tolerancia a condiciones de acidez del suelo*. Congreso Venezolano de Ciencias de Suelo, Maracay, Venezuela.
- Suquilanda, M. (2003). *Producción orgánica de hortalizas en Sierra norte y central del Ecuador*. Cartillas divulgativas, Fundagro. Quito Ecuador.
- Tasilla, L. (2021). *Variación de la reacción del suelo a la aplicación de cal de diferente granulometría en la encañada*. [Tesis para optar Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Cajamarca – Facultad de Ciencias Agrarias – Escuela Académica de Formación de Agronomía - Cajamarca – Perú.]
- Tejada, J. (2013). *Rendimiento y calidad: Uso de enmiendas orgánicas*.
- Thompson, D. S. (2011). Determinación extensiométrica de las propiedades reológicas de la epidermis de la fruta de tomate en crecimiento. *Revista de botánica experimental*, (52).
- Toledo, M. (2016). Suelo ácido, Corrección del exceso de aluminio en el suelo. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*, Tegucigalpa, Honduras.
- Torres, A. (2017). *Manual de cultivo del tomate bajo invernadero*. Santiago-Chile. <http://www.inia.cl/wpcontent/uploads/ManualesdeProduccion/12%20Manual%20de%20Tomate%20Invernadero.pdf>
- Transviña, A., Borquez, R., Almanza, J., Castro, L., Gutiérrez, M. (2018). Rehabilitación en un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el Valle del Yaqui. *Terra Latinoamericana* 36 (1). <https://www.redalyc.org/jatsRepo/573/57355808009/movil/index.html>
- Trejo Escareño, H. I., Salazar Sosa, E., López Martínez, J. D., y Vázquez Vázquez, C. (2013). Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5), 727-738.
- Trópicos. (1768). *Jardín Botánico de Missouri*. <http://legacy.tropicos.org/Name/29602513>

- Valerio, J. M., y Molina, E. (2012). Evaluación de una fuente de enmienda líquida en el rendimiento del arroz en un Ultisol de la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 36(1), 89-96.
- Varela, A. (2018). Estudio de la producción y comercialización del tomate riñón (*Lycopersicon esculentum*) en el cantón Pimampiro, de la Provincia de Imbabura. [Tesis profesional. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Técnica del Norte].
- Vázquez, M., Terminiello, A., Casciani, A., Millán, G., Gelati, P., Guilino, F., García, M. (2012). *Evaluación del efecto de enmiendas básicas sobre la producción de alfalfa (Medicago sativa L.) y propiedades edáficas en ámbitos templados argentinos*. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.
- Verde, B. S., Danga, B. O., y Mugwe, J. N. (2013). Effects of manure, lime and mineral P fertilizer on soybean yields and soil fertility in a humic nitisol in the Central Highlands of Kenya. *International journal of Agricultural science research*, 2(9), 283-291.
- Vergani, R. (2002). *Lycopersicon esculentum: una breve historia del tomate. Investigación del bajo segura*, (3).
- Yao, L., Yu, X., Huang, L., Zhang, X., Wang, D., Zhao, X. y Guo, Y. (2019). Respuestas de *Phaseolus calcutus* a la aplicación de cal y biocarbón en un suelo ácido. *PeerJ*, 7 (e6346) 1-25.
- Zapata, R. (2004). En *Química de la acidez del suelo* (pág. 13). Medellín. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/1735/1/9583367125.1.pdf>

CAPITULO VII ANEXOS

Anexo 1

Análisis de suelo inicial.



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

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: IND-200820

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Tomate Riñón
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Ñusta Tipanluisa, Localidad: Cayambe

Contenido de macro- y micronutrientes en ppm (respectivamente mg / litro) en la solución del extracto Volumen 1:2

Análisis	Unidades	* Niveles recomendados de Holanda "Tomate - Grupo 2, Hortalizas"			Resultado
		Mín.	Ópt.	Máx.	
Materia Orgánica	%	-	5 - 12	-	7.9
Textura	-	Opt.: "arena franca" hasta "franca limosa"			franca limosa
Fracción de Partícula	%	-	-	-	Limo: 53 %, Arcilla: 16 %
% de Saturación de Bases	%	-	> 65	-	84 % (Clasificación: rico en bases)
Distribución de las Bases en el % de Saturación	%	-	-	-	Ca: 58 %, Mg: 18 %, K: 6 %, Na: 2 %
Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq/100g	-	> 15	-	16.1
Acidez Intercambiable	meq/100g	-	< 0.5	-	0.55
Aluminio Intercambiable	meq/100g	-	< 0.3	-	< 0.05
pH (en H ₂ O)	-	-	6.0 - 6.5	-	5.2
Conductividad (CE)	mS/cm	-	1.4	-	1.46
Nitrato (NO ₃)	ppm	153	305	610	388
Amonio (NH ₄)	ppm	-	-	< 1.0	0.1
Fosfato (PO ₄)	ppm	11	14	21	6.9
Potasio (K)	ppm	58	86	144	71.0
Magnesio (Mg)	ppm	24	41	69	52.2
Calcio (Ca)	ppm	50	100	200	122
Sulfato (SO ₄)	ppm	67	144	384	162
Sodio (Na)	ppm	-	-	< 92	46.8
Cloruro (Cl ⁻)	ppm	-	-	< 142	108
Hierro (Fe)	ppm	0.280	0.447	0.559	0.098
Manganeso (Mn)	ppm	0.055	0.110	0.165	0.049
Cobre (Cu)	ppm	0.013	0.045	0.057	0.026
Zinc (Zn)	ppm	0.098	0.131	0.164	0.079
Boro (B)	ppm	0.108	0.162	0.270	0.233
Silicio (Si)	ppm	-	-	-	27.2

* Fuente: C. Sonneveld & W. Voogt. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Heidelberg, London & New York. 431 pp.

- = 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.

Karl Wilhelm Sponagel

Agrarprojekt S.A.
Dr. Karl Sponagel
Director del Laboratorio

Anexo 2

Análisis de suelo, al finalizar la cosecha (Testigo y EM40).



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@agrارprojekt.com
www.agrarprojekt.com

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: IND-290521

Pág 2/3

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Información Adicional:	Tesis de la Srta. Nusta Tipanluisa Efecto de enmiendas minerales con base de Calcio y Magnesio a distintas granulometrías en el cultivo de Tomate variedad Fortaleza. Cantón Cayambe	
Tipo de Muestra:	Suelo	
Cultivo:	Tomate Riñón	
Número de Muestra:	# 1	# 2
Información Proporcionada por el Cliente:	Testigo	Enmienda Malla 40

Contenido de macro- y micronutrientes en ppm (respectivamente mg / litro) en la solución del Extracto en Agua - Volumen 1:2

Análisis	Unidades	* Niveles recomendados de Holanda "Tomate - Grupo 2, Hortalizas"			Resultado	Resultado
		Mín.	Ópt.	Máx.		
Materia Orgánica	%	-	3 - 15	-	7,6	7,5
% Saturación de Bases	%	-	> 65	-	25 % (Clasificación: moderado en bases)	42 % (Clasificación: moderado en bases)
Distribución de las Bases en el % de Saturación	%	-	-	-	Ca: 17 %, Mg: 6 %, K: 1 %, Na: 1 %	Ca: 34 %, Mg: 6 %, K: 1 %, Na: 1 %
**Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq/100 g	-	> 15	-	22,6	20,0
Acidez Intercambiable	meq/100 g	-	< 0,5	-	0,53	0,29
Aluminio Intercambiable	meq/100 g	-	< 0,3	-	< 0,05	< 0,05
pH (en H ₂ O)	-	-	6,0 - 6,5	-	5,7	7,0
Conductividad (CE)	mS/cm	-	1,4	-	0,28	0,23
Nitrato (NO ₃)	ppm	153	305	610	93,2	49,6
Amonio (NH ₄)	ppm	-	-	< 1,0	0,1	0,1
Fosfato (PO ₄)	ppm	11	14	21	12,0	2,7
Potasio (K)	ppm	58	86	144	20,5	8,4
Magnesio (Mg)	ppm	24	41	69	9,0	7,0
Calcio (Ca)	ppm	50	100	200	20,0	26,0
Sulfato (SO ₄)	ppm	67	144	384	13,6	9,9
Sodio (Na)	ppm	-	-	< 92	9,9	7,5
Cloruro (Cl ⁻)	ppm	-	-	< 142	7,8	5,5
Hierro (Fe)	ppm	0,280	0,447	0,559	0,489	0,611
Manganeso (Mn)	ppm	0,055	0,110	0,165	0,085	0,059
Cobre (Cu)	ppm	0,013	0,045	0,057	0,053	0,041
Zinc (Zn)	ppm	0,098	0,131	0,164	0,030	0,027
Boro (B)	ppm	0,108	0,162	0,270	0,149	0,168

* Fuente: C. Sonneveld & W. Voogt. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Heidelberg, London & New York. 431 pp.

- = No Aplica

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

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.

Karl Wilhelm Sponagel

Agrarprojekt S.A.

Dr. Karl Sponagel

Director del Laboratorio

Anexo 3

Análisis de suelo al finalizar la cosecha (EM100 y EM200).



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

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: IND-290521

Pág 3/3

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Información Adicional:	Tesis de la Srta. Nusta Tipanluisa Efecto de enmiendas minerales con base de Calcio y Magnesio a distintas granulometrías en el cultivo de Tomate variedad Fortaleza. Cantón Cayambe	
Tipo de Muestra:	Suelo	
Cultivo:	Tomate Riñón	
Número de Muestra:	# 3	# 4
Información Proporcionada por el Cliente:	Enmienda Malla 100	Enmienda Malla 200

Contenido de macro- y micronutrientes en ppm (respectivamente mg / litro) en la solución del Extracto en Agua - Volumen 1:2

Análisis	Unidades	* Niveles recomendados de Holanda "Tomate - Grupo 2, Hortalizas"			Resultado	Resultado
		Mín.	Ópt.	Máx.		
Materia Orgánica	%	-	3 - 15	-	7,4	8,0
% Saturación de Bases	%	-	> 65	-	29 % (Clasificación: moderado en bases)	30 % (Clasificación: moderado en bases)
Distribución de las Bases en el % de Saturación	%	-	-	-	Ca: 22 %, Mg: 5 %, K: 1 %, Na: 1 %	Ca: 22 %, Mg: 6 %, K: 1 %, Na: 1 %
**Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq/100 g	-	> 15	-	21,7	21,3
Acidez Intercambiable	meq/100 g	-	< 0,5	-	0,33	0,48
Aluminio Intercambiable	meq/100 g	-	< 0,3	-	< 0,05	< 0,05
pH (en H ₂ O)	-	-	6,0 - 6,5	-	6,3	6,2
Conductividad (CE)	mS/cm	-	1,4	-	0,22	0,16
Nitrato (NO ₃)	ppm	153	305	610	66,0	48,1
Amonio (NH ₄)	ppm	-	-	< 1,0	0,1	0,1
Fosfato (PO ₄)	ppm	11	14	21	3,3	4,3
Potasio (K)	ppm	58	86	144	10,7	11,2
Magnesio (Mg)	ppm	24	41	69	5,2	4,6
Calcio (Ca)	ppm	50	100	200	18,5	14,0
Sulfato (SO ₄)	ppm	67	144	384	11,4	9,0
Sodio (Na)	ppm	-	-	< 92	8,4	6,9
Cloruro (Cl ⁻)	ppm	-	-	< 142	8,8	4,4
Hierro (Fe)	ppm	0,280	0,447	0,559	0,590	0,943
Manganeso (Mn)	ppm	0,055	0,110	0,165	0,071	0,065
Cobre (Cu)	ppm	0,013	0,045	0,057	0,049	0,038
Zinc (Zn)	ppm	0,098	0,131	0,164	0,045	0,049
Boro (B)	ppm	0,108	0,162	0,270	0,140	0,173

* Fuente: C. Sonneveld & W. Voegt. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Heidelberg, London & New York. 431 pp.

- = No Aplica

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

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.

Karl Wilhelm Sponagel

Agrarprojekt S.A.
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio

Anexo 4

Plan de aplicación de enmiendas y fertilización para el cultivo de tomate riñón de acuerdo al análisis del suelo del presente estudio.

PLAN DE ENMIENDA Y FERTILIZACIÓN																	
# Parcela	Pres. [kg]	Producto	Nutrientes aplicados [kg/ha/año]														
			N	NO3	PO4	P	K	Ca	Mg	SO4	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Si	Cl
		Por aplicar [kg/ha]	155,6	661	203	66	341	41		174	0,57	0,14	101	3,6	3,3		
Em	200	25	Corrector M100						1536	28	700					200,0	
	307	25	Corrector M40						2357	44	1075						
	150	25	Corrector M200						1152	21	525						
Fertilización	7	50	Nitrato de amonio	117,25	518												
	6	50	DAP	54	239	184,0	60										
	5	50	Rocalina 18P			60	20		23		13						
	12	50	Muriato de potasio					300									
	4	50	Vid Mineral			8,0	2,6		61	24	24	0,50	2,00	8,0	2,0	2,00	21,40
TOTAL APLICADO			171,25	757	244	80	300	5067	93	2312	0,500	2,0000	8,00	2,000	2,0	221,40	