

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Académico Profesional de Agronomía

**“EFECTO DE CUATRO NIVELES DE CALCIO EN LA PUDRICIÓN APICAL
DEL FRUTO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) VAR. LIA”**

Tesis

Presentada por

Bach. Carmen Mercedes Matos Soriano

**Para optar el título de
Ingeniero Agrónomo**

TACNA – PERÚ

2012

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Académico Profesional de Agronomía

**“EFECTO DE CUATRO NIVELES DE CALCIO EN LA PUDRICION APICAL
DEL FRUTO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* *ml*) VAR. LIA”**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 07 DE SETIEMBRE DEL 2012,
ESTANDO EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

PRESIDENTE:

.....

DRA. ROSARIO ZEGARRA ZEGARRA

SECRETARIO:

.....

DR. OSCAR FERNÁNDEZ CUTIRE

VOCAL:

.....

MSc. NELLY AREVALO SOLSOL

ASESOR:

.....

ING. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

DEDICATORIA

A mis queridos padres por su apoyo incondicional, a mis hermanas, a mi esposo y mi querido hijo Fabián.

A todos los que me brindaron su apoyo en la realización de este trabajo especialmente a mi amigo Julio Espinoza.

A mi asesor Ing. Arístides Choquehuanca por su apoyo.

ÍNDICE

RESUMEN	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	05
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
V. CONCLUSIONES	60
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. BIBLIOGRAFÍA	63
VIII. ANEXOS	70

RESUMEN

El presente trabajo titulado “EFECTO DE CUATRO NIVELES DE CALCIO EN LA PUDRICIÓN APICAL EN EL FRUTO DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) variedad LIA” se realizó entre los meses de enero y junio del año 2010. En el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones”, de la propiedad de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, del distrito, provincia, de la región Tacna, ubicado a 508 msnm con latitud sur 17° 54' 38" y longitud oeste 70° 14' 22", con una temperatura media promedio de 26,36°C y humedad promedio de 76,16% registradas entre los meses que duró el experimento.

El factor de estudio fue la aplicación de una fuente de calcio vía directa al suelo (nitrato de calcio) en distintas etapas de desarrollo de la planta para así suplir la deficiencia de este elemento y evaluar su efecto en la pudrición apical y rendimiento comercial de los frutos. Los tratamientos fueron: T1 (0 kg de nitrato de calcio/UE), T2 (0,28 kg de nitrato de calcio/UE), T3 (0,70 kg de nitrato de calcio/UE), T4 (1,1 kg de nitrato de calcio/UE). Se realizaron 03 aplicaciones: Primera aplicación: a los 45 días después de transplante,

segunda aplicación: a los 10 días después de la primera aplicación, tercera aplicación: a los 15 días después de la segunda aplicación. El diseño estadístico utilizado fue el de bloques completos aleatorizados con 4 tratamientos y 6 repeticiones.

Las cosechas se iniciaron el día 12 de mayo y culminaron el día 17 de junio, efectuándose en total 6 labores de cosecha.

En cuanto al peso total de tomate se encontró diferencias altamente significativas. Mientras que para la variable peso de fruto existen diferencias significativas entre los tratamientos, se obtuvo al T1 con promedio de 20,59 respectivamente, seguidos del T2 con 23,71; el T3 con 25,08; el T4 con 33,43.

En cuanto el diámetro ecuatorial y polar no se encontró diferencias estadísticamente significativas. En el análisis del rendimiento por hectárea se encontró que no existen diferencias significativas para bloques, en cambio en el efecto tratamiento T1, T2, T3, T4 existen diferencias significativas.

En cuanto al análisis de altura de planta no existen diferencias significativas tanto en bloques como en tratamientos. En cuanto al análisis

depudrición apical, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) es una hortaliza de gran importancia socio-económica para el grande, mediano y pequeño agricultor, teniendo importancia significativa en la agroindustria mundial.

En el ámbito mundial el tomate es uno de los cultivos más importantes del mundo. Existen muchas variedades y cada corto tiempo salen nuevas al mercado, este cultivo requiere de mucho cuidado y esmero en la realización de las diferentes labores agronómicas, pues desde que germina hasta que termina el periodo de cosecha se halla susceptible de ser afectado por diversas plagas, enfermedades, condiciones nutricionales y desordenes fisiológicos de diverso origen.

El consumo de tomate, en fresco aumenta en grandes proporciones como alimento por su delicado sabor que se adapta fácilmente al paladar más exigente, como también, por ser rico en aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas A y C y en menor cuantía vitaminas B y D. Las sales de hierro, de potasio y de magnesio se encuentran en una relación cuantitativa perfectamente equilibrada para los fines alimenticios.

En el Perú, el área cultivada es de aproximadamente 8 700 hectáreas. La mayoría de ellas ubicadas en la costa central como Chancay, Cañete, Huaura, Pisco, Ica, Huaral, Chiclayo, Lambayeque y Trujillo.

Las variedades de tomate que se cultivan en la región Tacna son: variedades de consumo como: variedad Híbrido Lia, y variedades industriales como: Río grande mejorado.

Sin embargo, en nuestro país la ampliación del cultivo de tomate se mantiene un tanto estacionaria, esto a causa de no abrirnos nuevos mercados, a los que sí concurren otros países que poseen climas menos favorables que el nuestro, así como también, el hábito de consumo de nuestra población; son factores que sin duda alguna impiden que las 8 700 hectáreas de tomate, aproximadamente, se incrementen.

Uno de los principales problemas en la producción de tomate, en campo abierto o en invernadero, es la pudrición apical del fruto asociada con la deficiencia de calcio. Esta condición se presenta cuando existe baja humedad relativa, en combinación con alta temperatura del aire y del suelo, incrementando la evapotranspiración y promoviendo un vigoroso crecimiento de la planta y el fruto y una mayor demanda de nutrientes. Este problema de deficiencia de calcio está asociado a la concentración de sales

que poseen estos suelos, ya que el calcio se precipita junto a otros elementos dejando de ser disponibles para las plantas.

Lo anterior provoca la acumulación de calcio en las hojas, pero puede al mismo tiempo ocasionar deficiencia de este nutriente en los frutos, debido a que la movilidad del calcio dentro de la planta es baja y el crecimiento del fruto es muy intenso. De esta forma, la cantidad de calcio que llega al fruto no es suficiente para cubrir la demanda nutricional del cultivo de tomate.

Tacna posee una gran diversidad de suelos, algunos muy ricos en nutrientes para la agricultura y otros con problemas de deficiencias o toxicidad de ciertos elementos químicos. En los suelos de nuestra zona sur, La Yarada, Magollo, etc., se presenta la deficiencia del elemento calcio, importante para el desarrollo de la membrana celular del fruto. Este problema se puede apreciar fácilmente en cultivos como: tomate, sandía, melón, paprika, pepinillo entre otros, el calcio es un mineral cuya deficiencia es fácilmente reconocida y está asociada con alteraciones fisiológicas ocasionadas por la pudrición en la parte apical de los frutos que acarrea problemas fitosanitarios y de conservación del producto que entorpecen el rendimiento del cultivo y desestabilizan la economía del agricultor.

La mejor manera de evitar la deficiencia es mantener buen nivel de calcio en la solución del suelo. La fertilización foliar o al suelo con fertilizantes portadores de calcio es una buena alternativa si se busca rendimientos altos de buena calidad.

Ante esta situación, se ha visto la necesidad de realizar un ensayo basado en el estudio del calcio como elemento importante ante la pudrición apical y el rendimiento del fruto del tomate y evaluar la respuesta de la aplicación de calcio directamente a la planta, para suplir tal deficiencia y evitar problemas fitosanitarios en la producción y comercialización de los frutos ya que el calcio forma parte de la estructura del fruto.

OBJETIVOS:

GENERAL:

- Obtener una producción con baja incidencia de pudrición apical en el fruto de tomate.

ESPECÍFICO:

- Evaluar la influencia del calcio en el rendimiento comercial del tomate.
- Determinar la cantidad adecuada de calcio para reducir la pudrición en los frutos del tomate.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes

Se realizaron diversos trabajos de investigación, referente a la influencia del calcio como elemento funcional y su interacción con otros elementos en diversos cultivos: En el trabajo de investigación “**Efecto del calcio en la reducción de la pudrición apical en el fruto de pepinillo (*Cucumis sativus L.*)**” se aplicó calcio vía foliar nitrato de calcio al 0,5% en distintas etapas de desarrollo de la planta para así suplir la deficiencia de este elemento y evaluar su efecto en la pudrición apical. Los tratamientos fueron: T₁ (aplicación de calcio en prefloración), T₂ (aplicación de nitrato de calcio en post floración), T₃ (aplicación de nitrato de calcio durante el desarrollo del fruto), T₄ (aplicación de nitrato de calcio en cada uno de los estados fenológicos) y un testigo. En cuanto a la pudrición apical se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

En cuanto al análisis de rendimiento total de frutos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, obteniendo un promedio de 257,39 TM/has, pero en cuanto al rendimiento comercial, el calcio sí afecta de manera significativa (15).

En el trabajo de investigación “Influencia de la fertilización con boro, calcio y zinc, en la producción del cultivo de vid (Vitis vinífera) variedad. Italia en las condiciones del valle de Moquegua”. Como material experimental se utilizó la variedad de uva Italia la cual fue sometida a 04 niveles de fertilización foliar: T₁ (calcio boro foliar); T₂ (calcio sin foliar); T₃ (calcio boro sin foliar); T₄ (boro sin foliar) más un testigo. Las conclusiones que se tuvieron son: el análisis estadístico de los resultados demostró que los tratamientos que alcanzaron el mayor promedio de peso del racimo fueron: T₁ (Calcio boro foliar), T₃ (Calcio boro sin foliar) con un promedio de 533,13 y 507,50 gr respectivamente.

Los tratamientos que tuvieron mayor efecto sobre el rendimiento fueron los tratamientos: T₁ (calcio boro foliar); seguido del tratamiento T₃ (calcio boro sin foliar); con un promedio de 22 489 y 21 227 kg/has respectivamente.

En cuanto al peso de bayas los tratamientos que alcanzaron el mayor promedio de peso fueron: T₁ (calcio boro foliar) y T₃ (calcio boro sin foliar) con un promedio de 6,16 y 5,99 g (26).

En el siguiente trabajo de investigación “Efecto de la aplicación foliar de óxido de calcio sobre la clorosis marginal en hojas jóvenes de tomate cv. Fortaleza bajo invernadero frío” de la universidad católica de Valparaíso, el ensayo constó de cuatro tratamientos: T₁ (CaO 680

g /ha), T₂ (CaO 1020 g/ha), T₃ (aspersión con agua) y T₄ (testigo sin aspersión). Y se llegaron a las siguientes conclusiones: T₁ y T₂ mostraron un aumento en rendimiento de calidad primera, en T₂ obtuvo mayor peso promedio de fruto y racimo con respecto al T₁; 183,2 y 192,1 g. Las aplicaciones de óxido de calcio aumentan el peso de los frutos. Ello se relaciona con un aumento de la proporción de frutos de mayor tamaño (primera), y una disminución de la cantidad de frutos de tamaño pequeño (tercera) (08).

2.2 Generalidades

El tomate, (*Lycopersicon esculentum Mill*), es una planta cuyo origen se localiza en Sudamérica y más concretamente en la región andina, aunque posteriormente fue llevado por los distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndose por todo el Continente (30).

El tomate es originario de la zona peruano-ecuatoriana, de donde su cultivo se difundió por migraciones precolombinas, siendo llevado por los Mayas hasta México donde tuvo su segunda área de distribución y diversificación. Además, la civilización quechua dispersó su cultivo al resto de los países de América del sur y que a mediados del siglo XVI fue llevado a Europa, de donde se distribuyó al resto del mundo (13).

Todavía en la actualidad se encuentra silvestre en algunas de esas zonas, y precisamente algunas de las investigaciones y mejoras genéticas, para lograr cierto tipo de resistencia, se realizan sobre esas plantas autóctonas. Su nombre deriva de la lengua nahuac de México, donde se le llamaba tomatl (30).

La planta fue aceptada durante mucho tiempo en Europa como ornamental, dado que se la creía venenosa, por su relación con las plantas de la familia de las solanáceas, como el beleño, la belladona y otras; y esta creencia se ha mantenido en muchas regiones hasta entrando el siglo XX (30).

El tomate proviene de las poblaciones de Perú y México, estos nunca utilizaron sus frutos en la alimentación. En Italia se inició su cultivo a fines del año 1600, pero solo hasta el siglo XIX no se comprende su cultivo; este adquiere su importancia en el año 1900 cuando la industria conservera inicia su actividad (5).

2.3 Botánica del cultivo

Clasificación taxonómica:

Reino: Vegetal.

División: Spermatophitae.

Subdivisión: Angiosperma.

Clase: Dicotiledónea.

Orden: Tubiflorales.

Familia: Solanaceae.

Género: *Lycopersicum*.

Especie: *Lycopersicum esculentum* Mill.

Nombre Común: Tomate.

Variedad: Lia

Morfología de la planta:

El tomate es una planta perteneciente a la familia de las Solanáceas, denominada científicamente *Lycopersicum esculentum* Mill, potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad.

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva en forma anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semi erecta o erecta y el crecimiento es ilimitado en las variedades indeterminadas, pudiendo estas llegar a 10 m en un año (8).

El sistema radicular de la planta presenta una raíz principal, pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen (30).

Las hojas se disponen sobre los tallos alternadamente y son compuestas e imparipinadas, constituídas generalmente por 7-9 foliíolos lobulados o dentados, de tamaño variable. Las hojas están recubiertas por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis, los que le confieren el olor característico (24).

La iniciación de las hojas se produce a intervalos de 2-3 días, en función de las condiciones ambientales. En general, la producción de hojas y primordios foliares aumenta con la irradiación diaria y con la temperatura, siendo constantes cuando las condiciones ambientales lo son. La velocidad de iniciación de las hojas no se ve afectada por la irradiación diaria durante el verano, pero sí resulta afectada en el invierno (07).

Las flores se presentan formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara. La flor está formada por un pedúnculo corto, el cáliz es gamosépalo, es decir, con los sépalos soldados entre sí, y la corola gamopétala.

El fruto es una baya de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopina y carotina, en distintas y variables proporciones. Su forma puede ser redondeada, achatada o en forma de pera, y su superficie lisa o asurcada, siendo el tamaño muy variable según las variedades (30).

2.4 Funciones fisiológica del calcio

La mayoría de las funciones del calcio como componente estructural de macromoléculas tienen relación con su capacidad de coordinación, mediante el cual el calcio provee mecanismos de conexión intermoleculares estables, pero reversibles, predominantemente en las paredes celulares y en la membrana plasmática (25).

En los últimos años, el calcio ha generado mucho interés en la fisiología vegetal y en la biología molecular, debido a su función como mensajero secundario en la conducción de señales entre los factores medioambientales y las respuestas de las plantas, en términos de crecimiento y de desarrollo (14).

a) Estabilización de la pared celular

El calcio es un componente integral de la pared celular y está involucrado en la unión de las moléculas pépticas. La unión del calcio

como un pectato en la lámina media es esencial para fortalecer las paredes celulares y los tejidos de las plantas. Esta función del calcio se refleja claramente en la estrecha y positiva correlación entre la capacidad de intercambio de cationes de las paredes celulares y el contenido de calcio en los tejidos de las paredes celulares y el contenido de calcio en los tejidos de la planta, requeridos para un óptimo crecimiento (25).

La degradación de los pectatos es mediada por la poligalacturonasa, la cual es inhibida drásticamente por las altas concentraciones de calcio. De acuerdo con esto, en el tejido deficiente de calcio, la actividad de la poligalacturonasa aumenta y un síntoma típico de la deficiencia de calcio es la desintegración de las paredes celulares y el colapso de los tejidos afectados, como los peciolos y las partes superiores del tallo. En las hojas de las plantas que reciben altos nivel de calcio durante el crecimiento o que son cultivadas bajo condiciones de alta intensidad de luz, una gran proporción del material péptico está presente en forma de pectato de calcio.

Esto hace al tejido altamente resistente a la degradación por la poligalacturonasa. La proporción de pectato de calcio en las paredes celulares también es importante, tanto para la susceptibilidad del tejido a las infecciones fúngicas y bacterianas, como para la maduración de la fruta (25).

b) Estabilización de la membrana

La función fundamental del calcio en la estabilidad de la membrana y en la integridad celular se refleja de varias formas. Esto se puede demostrar por el aumento de la fuga de solutos de bajo peso molecular desde las células de tejidos deficientes en calcio y, en las plantas con deficiencia severa de este, por una desintegración de las estructuras de la membrana y una pérdida de la compartimentación de la célula (25).

El calcio estabiliza las membranas celulares al unir el grupo fosfato y el carboxílico en fosfolípidos y proteínas, preferentemente en la superficie de la membrana (25).

Por lo tanto, para cumplir su función en la membrana del plasma, el calcio debe estar siempre presente en la solución externa, donde regula la selectividad de la absorción de iones y previene la pérdida desde el citoplasma (25).

c) El calcio como mensajero secundario

La función del calcio como mensajero secundario puede influir sobre la actividad enzimática de la célula y regular procesos tan importantes como la elongación y división celular, además de los procesos bioquímicos de la senescencia, en los cuales el calcio inhibe la acción de enzimas pectolíticos (14).

En forma general, el proceso comienza con la recepción del estímulo en la membrana y continua con la liberación de calcio de ciertos organelos, como la vacuola, para aumentar la concentración citoplasmática, lo que permite su unión a una proteína conocida como calmodulina. Esto induce un gran cambio conformacional que posibilita al calcio para funcionar como un activador de numerosas enzimas, liberando un retraso o una aceleración de respuestas fisiológicas (27).

d) Absorción del calcio

El calcio es absorbido como ion divalente Ca^{++} a través del sistema radicular por el flujo generado por la corriente transpiratoria, o por difusión desde una zona de mayor concentración a una zona de menor concentración de iones, siendo la primera responsable del grueso de la absorción. Estos procesos ocurren principalmente en los pelos radicales y en los ápices de raíces jóvenes, aun no suberizadas (33).

La absorción de calcio es esencialmente proporcional a la absorción de agua y esta es afectada por la transpiración de la canopia, por la luz, por la humedad y por la temperatura de las raíces (20).

Las plantas pueden absorber todos los elementos nutritivos vía foliar. Sin embargo, en la práctica, la fertilización foliar no se utiliza para aportar todos los nutrientes, porque las absorciones son relativamente pequeñas

y para satisfacer los requerimientos de los macro nutrientes se deberían efectuar numerosas aplicaciones, las cuales seían económicamente imposibles de realizar (35).

e) Transporte de calcio en el interior de la planta

Una vez que ha ocurrido la absorción, las sustancias nutritivas se mueven dentro de la planta, utilizando las siguientes vías: la corriente de transpiración vía xilema, las paredes celulares y los espacios intercelulares.

Es bien conocido que el calcio se desplaza unidireccionalmente a larga distancia vía xilema, y que es prácticamente inmóvil en el floema, por lo que los factores que afectan al ritmo de transpiración afectan de forma notable la disponibilidad de calcio en los tejidos distales de la raíz y de los órganos en crecimiento no transpirantes (18).

Muy poco calcio es traslocado fuera de las hojas una vez que ha sido asimilado por ellas. De esta forma los tejidos que están activos son dependientes del transporte de calcio con el agua a través del xilema (01).

Bajo condiciones de baja humedad gran parte del agua es transportada hacia las hojas viejas para mantener la tasa de transpiración. Como resultado, una baja cantidad de calcio llega a la célula en crecimiento activo, afectando su crecimiento. Sin embargo, durante la

noche la humedad aumenta y la tasa de transpiración decrece notablemente, permitiendo que el agua y el calcio se muevan en dirección a los tejidos de baja transpiración. Se sabe que el calcio es movilizado por la presión de la savia que se desarrolla durante la noche debido a la actividad de la raíz (01).

2.5 Factores que afectan la absorción de calcio

a) Déficit de presión de vapor

La humedad, expresada como déficit de presión de vapor, se puede usar como control de la transpiración y absorción del agua de un cultivo en sistemas de producción en invernadero. Sin embargo, si se genera una reducción de la transpiración en un ambiente de humedad alta, puede reducirse la absorción y la distribución de cationes, tales como el Ca y el K en cultivos de invernadero (02).

Ya que el movimiento del calcio se restringe casi exclusivamente al xilema, se podría esperar que la reducción del flujo de la transpiración disminuyera la acumulación de calcio (21).

La humedad ambiental afecta el desarrollo foliar. Si la hoja es expuesta en forma prolongada a una humedad alta, se reduce en forma irreversible su tamaño y rendimiento; además, la humedad alta prolongada reduce indirectamente y, en menor grado, la calidad de la

fruta. Una alta humedad favorece el transporte de calcio hacia el interior del fruto del tomate (04).

b) Temperatura de la zona radicular

La temperatura de la zona radicular puede afectar la absorción y la acumulación de nutrientes. La temperatura de la zona radicular óptima para el crecimiento de la planta tiene relación con la absorción más alta de agua y de nutrientes y con la acumulación de materia seca en el tallo (22).

Sin embargo, en el cultivo de tomate de temporada larga, la temperatura de la zona radicular óptima para el crecimiento, rendimiento y absorción de nutrientes puede aumentar con la carga de fruta y con la temperatura del aire (06).

La temperatura de la solución rizosférica influye de manera importante en la absorción de agua y de elementos minerales, así como en el desarrollo y crecimiento del sistema radical. La temperatura óptima de la rizófora para favorecer la absorción debe alcanzar cerca de 25°C. Una disminución en la temperatura de la rizósfera produciría una disminución, tanto en el crecimiento como en la absorción de agua, nitratos y fosfatos. Cuando la temperatura radical se incrementa de 14° a 26 °C, se produce un incremento en la absorción de agua y calcio en plantas de tomate de

hasta un 30%. Otros autores han descrito fuertes disminuciones en la absorción de N, P, K y Ca, para temperaturas radicales inferiores a los 13°C (18).

c) Incidencia de Luz:

La calidad de radiación interceptada por la superficie foliar se considera el factor principal que determina el rendimiento y la producción de biomasa, y está estrechamente relacionada con la intercepción de la radiación acumulada (17).

Salinidad: Una alta salinidad reduce la absorción de agua en la planta y en el fruto, debido a que un efecto de la salinidad es la inhibición de los vasos xilemáticos, lo que aumenta así la resistencia al movimiento de agua en la xilema y, por lo tanto, disminuye el contenido de calcio en las plantas, particularmente en el fruto y en los tejidos jóvenes (03).

d) Deficiencia localizada de calcio en el fruto:

El transporte de calcio desde las raíces al fruto en tomate es intrínsecamente bajo, debido a que el calcio se mueve con la corriente transpiración. En consecuencia, la concentración de calcio en el fruto es menos que en cualquier otro órgano de la parte aérea. La concentración de calcio del fruto puede ser reducido aún más si la transpiración de la canopia es alta, porque entonces, más calcio es dirigido lejos del fruto hacia las hojas en transpiración. Además, la distribución del calcio en el

fruto no es uniforme. El sistema xilemático, que lleva el flujo transpiratorio, está muy escasamente desarrollado hacia el extremo distal del fruto, y así muy poco flujo transpiratorio alcanza esta región. En consecuencia, la concentración de calcio en el tejido distal es menor en el fruto. El sistema xilemático en la parte distal del fruto está especialmente poco desarrollado en los cultivos susceptibles, y su desarrollo se reduce aún más si la solución nutritiva es muy salina. Por lo tanto, una alta salinidad no solo se reduce la absorción de calcio en las raíces, sino que también reduce el transporte de calcio hacia el tejido distal. Además, la concentración de calcio en el fruto desciende sustancialmente durante el periodo de rápido expansión (cerca de dos semanas después de la antesis). En consecuencia, la concentración de calcio del tejido distal del fruto puede volverse críticamente baja durante este periodo (podredumbre apical). Cuando la concentración de calcio en el tejido distal se produce bajo un nivel crítico para la permeabilidad de la membrana celular, se desarrolla blossom-end rot (20).

2.6 La Interacción de los nutrientes minerales y la importancia de la nutrición

Un cambio excesivo en el contenido de un elemento en el tejido de la planta, va acompañado de cambios secundarios en el contenido de otros elementos. Un elemento es antagónico con otro, cuando al aumentar el

contenido de dicho elemento provoca un déficit en aquel. Cuando ocurre este caso contrario, que el incremento en la concentración de un elemento provoca también un incremento en el otro, se denomina sinergismo. No siempre las interacciones se manifiestan solo entre parejas de elementos, estas pueden suceder entre varios elementos (36).

El exceso de amoníaco produce deficiencia de calcio el exceso de potasio contribuye a la deficiencia de nitrógeno, calcio, magnesio, zinc o hierro. El exceso de calcio impide la absorción de potasio y de amonio. El exceso de calcio puede contribuir a deficiencias de magnesio y boro (07).

Los niveles elevados de magnesio suelen producir deficiencia de calcio.

El alto contenido de calcio, manganeso, fósforo cobre o zinc dificulta la absorción de fierro y reduce la toxicidad del aluminio y manganeso (38).

2.7 El calcio en el suelo

En general, el calcio es el catión de intercambio más importante que existe en los suelos fértiles. Sin embargo, la mayor proporción de calcio del suelo se encuentra en forma no intercambiable, unida químicamente a minerales primarios del tipo de la anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Por efecto de la meteorización, este calcio puede pasar a forma utilizable. Gran parte del calcio intercambiable existente en el suelo se encuentra absorbido sobre

la superficie de las micelas de la arcilla. Las cargas negativas de las micelas atraen cationes tales como el H^+ y Ca^{++} con bastante fuerza, de modo que estos cationes queden absorbidos sobre la superficie de la micela (11).

El calcio en el suelo se presenta formando parte de numerosos minerales (caliza, dolomita, yeso) y en forma de ion calcio. Bajo esta forma está en la solución del suelo y absorbidas por el complejo; inversamente cuando la solución contiene pocos iones, una cierta cantidad de iones adsorbidos pasan del complejo a la solución del suelo pueden perderse arrastrados por el agua de percolación, lo que provoca la acidificación del suelo (16).

La cantidad total de calcio en el suelo fluctúa entre 0,1 hasta 25%. Los suelos áridos y calcáreos contienen los niveles más altos de calcio. Los suelos viejos de los trópicos contienen muy poco calcio y tienen un valor de pH muy bajo. Los suelos arcillosos contienen más calcio que los suelos arenosos (23).

El calcio tiene en el suelo una función doble, es un nutriente fundamental, pero las cantidades que absorben la mayoría de los cultivos no son muy grandes. El calcio es también la base dominante y hace que se mantenga en los suelos una reacción neutra. En los suelos saturados de calcio los iones Ca^{++} neutralizan la mayor parte de las cargas

negativas. Si los iones de calcio que se pierden por infiltración no se reemplaza, los iones de hidrógeno con carga positiva (que producen la acidez del suelo) toman su lugar y el terreno se vuelve ácido (09).

El contenido en calcio de los suelos de las regiones áridas es generalmente alto, de acuerdo con la textura, como un resultado de lluvias pobres y poca filtración. Los factores de suelo que se cree son de la máxima importancia para determinar la disponibilidad del calcio para las plantas son los siguientes:

- a) La cantidad de calcio cambiante presente.
- b) El grado de saturación del complejo de intercambio.
- c) El tipo de coloide del suelo.
- d) La naturaleza de los iones complementarios adsorbidos por la micela.

La cantidad absoluta de calcio cambiante presente con frecuencia no es tan importante, para la nutrición de la plantas, como la cantidad presente en relación a las cantidades y tipos de otros cationes retenidos por la micela, o el grado de saturación del calcio (34).

2.8 Rol fisiológico del calcio en las plantas

El calcio juega un rol vital nutricional y fisiológico en el metabolismo de la planta. Es esencial en los procesos que preservan la estructura y la integridad funcional en las membranas de las plantas, estabiliza las

estructuras de la pared celular, regula el transporte de iones y controla el intercambio iónico así como también la actividad de las enzimas de la pared celular. Debido a que el Ca^{++} es fácilmente desplazado de sus sitios de enlaces extracelular por otros cationes, estas funciones pueden ser seriamente afectadas por una disponibilidad reducida de Ca^{++} . El crecimiento radicular y sus funciones pueden ser restringidas por una alta relación $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{++}$ (10).

El calcio y el magnesio son elementos menos móviles, como resultado el calcio se acumula en las hojas durante la temporada de crecimiento, ya que sube por el xilema después de su absorción posiblemente por intercambio iónico, pero no baja o lo hace muy difícilmente por el floema (36).

2.9 Nutrición mineral en el cultivo del tomate

Existen 16 elementos químicos que se consideran esenciales para la vida de las plantas, de tal forma que estas no se desarrollan normalmente cuando falta uno de ellos. De estos elementos esenciales el carbono, el oxígeno y el hidrógeno son suministrados por el aire y el agua. Los 13 elementos restantes tienen que ser utilizados por el suelo y estos son los llamados elementos nutritivos que deben ser aportados por medio de la fertilización. Según la cantidad de elemento que toma la planta, los elementos nutritivos se clasifican en: Elementos primarios nitrógeno,

fósforo y potasio, elementos secundarios calcio, magnesio y azufre, micro elementos como el hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, boro y cloro (16).

Los nutrientes disponibles para la nutrición vegetal se encuentran en el suelo en varias formas. De acuerdo a su disponibilidad se pueden agrupar en la forma siguiente: Disuelto en la solución del suelo (aniones, algunos cationes y trazas de sales solubles); los iones adsorbidos en las partículas coloidales (principalmente cationes como Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , etc.); compuestos orgánicos. La planta puede absorber fácilmente los nutrientes de la solución del suelo, así como los absorbidos en los coloidales. Los demás son inaccesibles y deben disolverse o descomponerse para liberar los nutrientes (36).

El pH del suelo es un factor muy importante en la nutrición y, en general en la vida de la planta; los cultivos toleran mejor la alcalinidad y se considera que los suelos cultivables tienen un pH entre 5 y 9. Puede considerarse que el pH del suelo es importante en la vida de la planta por cuatro razones:

- a) Por causar deficiencias de algunos elementos en la planta.
- b) Por inducir exceso nocivo de ciertos elementos a la planta.
- c) Por interaccionar con ciertos patógenos.
- d) Por efecto directo en el desarrollo del vegetal.

Así, con un pH alcalino el hierro queda en forma inasimilable para la planta y el calcio y el sodio se concentran hasta en un 15%. Por el contrario, en suelos con pH 6 o menor, el fósforo se vuelve poco asimilable, el calcio, sodio y magnesio se lavan en exceso, y se puede producir toxicidad por exceso de hierro y aluminio (31).

2.10 Síntomas de deficiencia de Calcio

Las deficiencias de elementos móviles suelen aparecer primero en las hojas más viejas de la planta, mientras que las deficiencias en elementos no móviles tales como el calcio suelen aparecer primero en las hojas jóvenes (36).

La necrosis apical es una anomalía que se presenta porque en la extremidad de los frutos aparecen zonas circulares de color blanquecino que más tarde se deprimen necrosándose y adquiriendo una coloración negruzca. Sobre esta zona puede proliferar el ataque de diferentes hongos de tipos saprofitos. Esta anomalía se cree está desencadenada por causas diversas, entre ellas el bloqueo de la absorción de calcio y en general, todos aquellos factores que pueden inducir una mala traslocación del calcio (24).

Las regiones meristemáticas y apicales del tallo, de las hojas y de las raíces resultan fuertemente afectadas y pueden acabar muriendo, por la

cual, cesa el crecimiento de estos órganos. Las raíces pueden acortarse, engrosarse y adquirir una coloración parda, como ocurrió en las tomateras deficientes del calcio (11).

2.11 Requerimientos nutricionales del cultivo del tomate

Para producir 1 TM de frutos, la planta de tomate necesita absorber en promedio 2,5 a 3,0 kg de Nitrógeno; 0,2 a 0,3 kg de fosforo; 3,0 a 3,5 kg de potasio; 4,2 kg de calcio y 0,8 kg de magnesio. La absorción de nutrientes es constante durante el crecimiento y desarrollo de la planta de tomate. Si la disponibilidad de nutrientes en el suelo es la adecuada, las necesidades de la planta podrán ser cubiertas por la absorción que las raíces hagan al suelo, si la disponibilidad de nutrientes está limitada los requerimientos nutricionales para el desarrollo de los frutos estará en función de la traslocación de los tejidos vegetativos en combinación con la absorción radicular, en este sentido el más perjudicado es el calcio, que no puede ser traslocado desde los otros órganos, debido a su inmovilidad dentro de la planta, presentándose la deficiencia de este nutriente en los frutos, que se manifiesta con la presencia de la enfermedad denominada podredumbre apical (37).

El consumo de elementos nutritivos por planta para una densidad de siembra de 2,4 plantas por metro cuadrado es la siguiente:

Cuadro Nº 01: Consumo de elementos nutritivos.

Elemento	Cantidad	
	(g)	Mg
Nitrógeno	14,00	
Fósforo	1,50	
Potasio	23,80	
Calcio	7,01	
Magnesio	2,86	
Azufre	2,22	
Hierro		85
Manganeso		99
Cobre		4
Zinc		55
Boro		30
Sodio		274

Fuente: Infoagro - 2004

La extracción de calcio en tomate indeterminado varía entre 255 y 390 kg/ha, dependiendo del rendimiento obtenido. La mayor extracción de calcio coincide con el periodo de máximo crecimiento vegetativo (38).

2.12 La podredumbre apical en el fruto del tomate

Síntomas. En el extremo de los frutos se desarrolla una necrosis. La zona manchada en principio es incolora y más tarde marrón oscura,

circular, deprimida, y con bordes bien marcados. Puede abarcar, a veces, la mitad de fruto.

Causas: No están aun bien definidas, pero se sabe que están relacionados con:

- Deficiencia de calcio, sobre todo, bajo contenido de calcio en los frutos.
- Elevada conductividad eléctrica del suelo por concentración salina.
- Riegos irregulares, exceso o falta de agua de riego.

El mecanismo de la “necrosis apical” es como sigue: Las plantas en mala situación para alimentarse, por las causas ya apuntadas, a través de las raíces, lo hacen de los frutos donde se produce una necrosis.

Control, riego y fertilización bien controlados, para que no se produzcan desequilibrios. Aumento del nivel de calcio, por aplicación foliar o al suelo (29).

2.13 Requerimientos edafoclimáticos del tomate

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la interacción con cada uno de ellos incide sobre el resto.

a) Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30 °C durante el día y entre 1 y 17 °C durante la noche, temperaturas superiores a los 30 y 35 °C suelen afectar a la fructificación, por mal desarrollo de óvulos, al crecimiento de la planta en general y al sistema radicular en partículas. Temperaturas inferiores a 12° o 15° C, también originan problemas en el desarrollo de la planta.

b) Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre 60% y 80%, humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades del follaje y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rasgado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad del suelo o riego abundante tras un periodo de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

c) Luminosidad

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración y fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos, durante el periodo

vegetativo, resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad.

d) Suelo

Los terrenos que más se prestan al cultivo de tomate, son los neutros o ligeramente ácidos (pH de 5,8 a 7,0). Los terrenos de consistencia media favorecen a la planta tanto en la captación de nutrientes y el agua. En los terrenos sueltos la planta desarrolla un área foliar muy reducido y sus frutos se exponen a daños solares y en los terrenos compactos, las plantas pueden sufrir por exceso de humedad o por intensa sequía (05).

Los suelos favorables al cultivo de tomate son los sueltos, ricos en materia orgánica y bien drenados, es medianamente tolerante a la acidez y a la salinidad con un pH de 5,5 – 6,8 (10).

El tomate es una planta especialmente exigente, creciendo en las más variadas condiciones y, aunque prefiere los suelos profundos con un buen drenaje, su sistema radicular poco profundo le permite adaptarse a los suelos pobres y de poca profundidad con tal de que tenga asegurado un buen drenaje. El pH ideal es el más próximo a la neutralidad (pH de 7,0), debiéndose realizar enmiendas calizadas o ácidas si está por debajo o por encima de la misma. Terrenos con pH de 4,0 – 5,0 deben ser enmendados a base de dolomita o cal apagada, así como la inversa con

pH de 8,0 – 9,0 bajar estas mediante acidificaciones. Además, la materia orgánica que es recomendable en el suelo es de 1,5 a 2,0%, si es inferior aplicar 2 – 3 kg/m² en la zona cultivada (30).

El tomate se adapta bien a casi todos los suelos, por lo que deben seleccionarse los mismos en función del tipo de explotación. Así los arenosos más calientes son apropiados para el cultivo precoz, en tanto que no son indicados para el cultivo durante el verano. Se requieren, en general, suelos bien saneados, con buen nivel de materia orgánica y con elevada fertilidad. Además, que el tomate es un cultivo bastante tolerante a la salinidad (4-8 mmhos/cm.) y también al exceso de sodio. Se adapta mejor a los suelos ligeramente ácidos (12).

e) Luminosidad y radiación

La luz solar es un pre-requisito para el crecimiento de la planta. El crecimiento es producido por el proceso de fotosíntesis, el cual se da solo cuando la luz es absorbida por la clorofila (pigmento verde) en las partes verdes de la planta, mayormente ubicadas en las hojas del tomate, es un cultivo que no lo afecta el fotoperiodo o largo del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas aunque requieren buena iluminación. Los días soleados y sin interferencia de nubes, estimulan el crecimiento y desarrollo normal del cultivo. Por lo que esperaríamos que en nuestro

medio, no se tengan muchos problemas de desarrollo de flores y cuaje de frutos por falta de luz.

f) Temperatura

La temperatura del aire es el principal componente del ambiente que influye en el crecimiento vegetativo, desarrollo de racimos florales, el cuaje de frutos, desarrollo de frutos, maduración de los frutos y la calidad de los frutos.

Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28 - 30° C durante el día y 15 - 18° C durante la noche. Temperaturas de más de 35° C y menos de 10° C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto, aunque puede haber diferencias entre cultivares, ya que las casas productoras de semillas, año con año, mejoran estos aspectos a nivel genético, por lo que hoy en día podemos encontrar variedades que cuajan perfectamente a temperaturas altas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El experimento fue conducido en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones”, de propiedad de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, del distrito, provincia, región de Tacna, ubicada a 508 msnm con latitud sur 17°54'38" y longitud oeste 70°14'22".

El desarrollo del experimento se realizó los meses de enero a junio del año 2010.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Se realizó el análisis físico químico del suelo en el que se llevó a cabo el experimento, los valores permitieron conocer la estructura y textura del suelo así como la fertilidad actual presente en el suelo. Los resultados se pueden apreciar en el cuadro siguiente:

Cuadro Nº 02: Análisis físico químico del suelo.

PARÁMETRO	MUESTRA
Ph	4,20
CE (mmhos/cm)	10,42
CaCO ₃ (%)	0
MO (%)	1,68
P (ppm)	26,96
K ₂ O (ppm)	357,30
CIC (meq/100)	19,70
Ca (meq/100)	6,70
Mg (meq/100)	2,30
K (meq/100)	1,52
Na (meq/100)	1,30
Arena (%)	61,90
Limo (%)	30,21
Arcilla (%)	7,90
Clase textural	Franco-arenoso

Fuente: Laboratorio regional de análisis de suelos y plantas
– UNSA, Arequipa - 2010.

El análisis químico nos muestra que según la conductividad eléctrica un suelo altamente salino, donde el rendimiento de cultivos sensibles puede verse restringido, el pH es moderadamente ácido, lo cual es una limitante para la absorción de ciertos elementos del suelo.

No hay presencia de carbonatos de calcio, el porcentaje de materia orgánica es bajo, el fósforo disponible está dentro de lo normal, muy alto contenido de potasio y muy bajo contenido de nitrógeno.

Son muy importantes las relaciones entre los distintos cationes intercambiables del suelo, ya que afectan en la disponibilidad de los mismos y por consiguiente afectan el desarrollo de los cultivos.

El sodio se encuentra elevado, por tal motivo antagonizan la absorción del calcio siendo poco factible su absorción por las plantas, esto sumado al lento movimiento de este elemento en el suelo se tiene por conveniente aplicar calcio a los cultivos.

3.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Cuadro N° 03: Datos meteorológicos para la región

Tacna – Moquegua - 2010.

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA (°C)	27,9	29,1	27,2	24,9	22,2	18,8	17,7	19,2	20,3	2,1	24,1	26,8
TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA (°C)	15,9	17,2	15,7	15,8	13,6	10,5	8,2	9,0	10,4	11,8	13,0	13,7
HUMEDAD RELATIVA MENSUAL (%)	69	66	69	76	80	83	81	80	83	75	78	74

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Dirección Regional Tacna-Moquegua).

3.4 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizó la semilla de tomate híbrido de la variedad Lia, es un tomate híbrido con altos rendimientos en campo, de acuerdo a un adecuado plan de fertilización y manejo.

El tomate híbrido de variedad Lia es tipo roma con características de frutos firmes, de color rojo intenso y forma ovalada. Planta muy fuerte y vigorosa con un periodo de madurez intermedia. Variedad para campo abierto, el fruto llega alcanzar un tamaño promedio de 65 – 70 mm con un peso promedio de 120 – 160 g.

Se determinó el porcentaje de germinación; de 100 semillas sembradas se contaron 91 semillas germinadas y vigorosas, sin problemas de crecimiento anormal en la plántula, esto nos indica que las semillas tienen un 91 % de germinación y con buenas características fitosanitarias.

Además, se utilizó nitrato de calcio soluble $((\text{NO}_3)_2\text{Ca}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, cuya ley es 15,5% de Nitrógeno y 28% de CaO, como fuente de calcio.

3.5 TRATAMIENTOS

En los tratamientos se aplicaron calcio en las etapas de pre floración, post floración y durante el desarrollo del fruto.

La aplicación se realizó de forma directa a cada planta de tomate, en las cantidades adecuadas de acuerdo a cada tratamiento:

T₁: 0 kg/ha CaO _____ 0 kg de Nitrato de Calcio/UE

T₂: 20 kg/ha CaO _____ 0,26 kg de Nitrato de Calcio/UE
(prefloración – post floración – durante desarrollo de fruto)

T₃: 50 kg/ha CaO _____ 0,70 kg de Nitrato de Calcio/UE
(prefloración – post floración – durante desarrollo de fruto)

T₄: 80 kg/ha CaO _____ 1,1 kg de Nitrato de Calcio/UE
(prefloración – post floración – durante desarrollo de fruto)

Se realizaron 03 aplicaciones:

- *Primera aplicación:* a los 45 días después de transplante.
(T₁= 0 kg; T₂= 0,26 kg; T₃= 0,70 y T₄= 1,1 kg de Nitrato de Calcio/Unidad Experimental)
- *Segunda aplicación:* a los 10 días después de 1era aplicación. (T₁= 0 kg; T₂= 0,26 kg; T₃= 0,70 y T₄= 1,1 kg de Nitrato de Calcio/Unidad Experimental)
- *Tercera aplicación:* a los 15 días después de 2da aplicación. (T₁= 0 kg; T₂= 0,26 kg; T₃= 0,70 y T₄= 1,1 kg de Nitrato de Calcio/Unidad Experimental)

3.6 VARIABLES EN ESTUDIO

Se realizó las evaluaciones en base a lo dispuesto para cada variable en estudio.

- a) **Peso Total de fruto:** Se evaluó el peso total de 05 plantas seleccionadas aleatoriamente, en las 06 cosechas.
- b) **Diámetro ecuatorial de fruto:** Se evaluó 05 frutos al azar de 05 plantas marcadas por cada tratamiento, la evaluación se realizó en cada cosecha, las plantas de tomate fueron seleccionadas y marcadas aleatoriamente.
- c) **Diámetro polar de fruto:** Se evaluó 05 frutos al azar de 05 plantas marcadas por cada tratamiento, la evaluación se hizo en cada cosecha las plantas de tomate fueron seleccionadas aleatoriamente por cada tratamiento.
- d) **Rendimiento por hectárea:** Se determinó el rendimiento por hectárea de cada tratamiento.
- e) **Altura de planta:** Se evaluó la altura de 05 plantas por cada tratamiento, escogidas aleatoriamente, se evaluó solo una vez durante la etapa de floración.
- f) **Peso por categorías (1º, 2º y 3º):** Se evaluó el peso de tomates por cada categoría de toda la cosecha.

g) Número de frutos con pudrición apical: Se evaluó en cada cosecha 05 frutos de tomate al azar, por cada planta de tomate. Se eligieron y marcaron 05 plantas por tratamiento para todas las cosechas.

3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos se desarrollaron bajo el diseño de bloques completos aleatorizado (DBCA), con cuatro tratamientos y seis repeticiones.

Características del campo experimental:

Número de tratamientos: 04

Nº de unidades experimentales: 24

Unidad experimental

- Largo de unidad experimental: 13,0 m
- Ancho de unidad experimental: 1,5 m
- Área Unidad Experimental: 19,50 m²

Campo experimental

- Largo: Campo 26,0 m
- Ancho: Campo 17,6 m
- Área: Campo 457,60 m²

Distancia entre golpes 0,6 m

Distancia entre filas 1,5 m

Número de líneas del campo experimental: 12

Número de golpes por unidad experimental: 20

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los parámetros en estudio se realizó mediante la técnica del análisis de varianza para determinar si existe diferencias significativas entre las dosis de calcio en la producción de tomate, para comparar los promedios de los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan, al nivel de significación del 0,05.

Modelo

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable de respuesta media en la j-ésima repetición y i-ésimo tratamiento.

μ : Media general.

τ_i : Efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j Efecto del bloque j

ε_{ij} : Error experimental.

3.9 CONDUCCIÓN DEL CULTIVO

Preparación del terreno

Consistió en la roturación del terreno utilizando un arado de discos de tal manera que favoreciera a la aireación del suelo y también para mullir y desterronar el terreno en que se iba a trabajar.

Se aplicó al terreno a chorro continuo 600 g de Fosfato diamónico y 400 g de Sulfato de potasio ambos mezclados.

Colocación de cintas

Una vez terminado el proceso de abonamiento de fondo y de nivelación del terreno, se procedió al estirado y colocación de las cintas de goteo para iniciar el riego y asegurar el proceso de incorporación de los fertilizantes al suelo.

Siembra

La siembra de semilla de tomate variedad Lia se hizo en bandejas las cuales fueron un total de 05, se regaron con fungicida Benomex.

Un mes después se procedió al transplante definitivo en campo a una profundidad de 8 cm, cubriéndolas con tierra haciendo un poco de presión para fijarlas al suelo.

Fertilización

La fórmula de abonamiento empleada fue de 200 – 120 -180 -20, N P K, Ca respectivamente. Se aplicó en la preparación del terreno 600 gr de fosfato diamónico y 400 gr de sulfato de potasio, también se aplicó Vitawuxal 100 ml abono foliar mediante aspersión.

Los fertilizantes fueron aplicados de manera directa.

Riegos

Los riegos fueron programados según un programa ya diseñado para el cultivo en especial, los riegos fueron por goteo, se tuvo mucho cuidado en que el cultivo no tenga deficiencias de agua ya que de eso dependía la calidad del fruto.

Control de malezas

Se debe realizar un adecuado control de malezas para evitar la pérdida de agua y nutrientes, las cuales son necesarias para el buen desarrollo del cultivo, además, es importante para evitar cualquier tipo de plaga que pueda dañar a los frutos. Se presentaron principalmente las siguientes malezas:

Gramma dulce (*Cynodon dactylon*), Gramma salada (*Distichlis spicata*), Yuyo (*Amaranthus spp*), Chamico (*Datura stramonium*).

El desmalezado se realizó de forma manual, utilizando herramientas.

Control de plagas

Es necesario realizar un control preventivo de ciertas plagas frecuentes en estos cultivos. Ya que en campo abierto es más fácil la proliferación de plagas.

Para evitar la proliferación de gusanos de tierra y cortadores se aplicó preventivamente Lorsban a razón de 20 ml por mochila. Para controlar polillas del fruto del tomate se aplicó Sunfire 10 ml por mochila. Para el control de mosca blanca se aplicó Rescate a razón de 10 g por mochila. Se presentaron principalmente las siguientes plagas:

Gusanos cortadores (*Prodenia spp*), Polilla de tomate (*Tuta absoluta*), Mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Control de enfermedades

Se controló la aparición de enfermedades fungosas aplicando Benomex a razón de 20 ml por mochila. Se presentaron las siguientes enfermedades:

Chupadera (*Rhizoctonia solani*), Botrytis (*Botrytis cinérea*), Mancha azul (*Phytophthora capsici*).

Podas

La poda nos sirve para obtener plantas equilibradas y vigorosas, y a su vez buscar que los frutos no queden ocultos entre el follaje y mantenerlos aireados y libres de condensaciones.

La poda se presenta como una alternativa para la obtención de frutos de mayor calidad, existe mayor precocidad en la maduración de los frutos, y facilita la recolección de frutos, la poda se realizó eliminando los brotes axilares cuando aparece el primer racimo floral.

Cosechas

La cosecha es el resultado final del manejo de un cultivo, que nos indica la rentabilidad de acuerdo a los costos de producción y al precio del mercado.

Para la cosecha se tomaron los siguientes criterios:

- El fruto debe tener una coloración entre anaranjado y rojiza.
- El fruto debe desprenderse fácilmente del racimo.

Es importante realizar la cosecha de manera oportuna, ya que si se retrasa, perjudicará la calidad comercial del fruto. Las cosechas iniciaron el día 12 de mayo y culminaron el día 17 de junio, fueron un total de 6 cosechas realizadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. PESO TOTAL DE TOMATE

Los resultados sobre el peso total de fruto de tomate se presentan en el Anexo 01. Los resultados fueron los siguientes:

CUADRO 04:

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PESO TOTAL DEL TOMATE (g)

<i>F de V</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>Fc</i>	<i>F tabla</i>
TRATAMIENTOS	541 800 520	3	180 600 173	4,191*	3,28
BLOQUES	534 946 155	5	106 989 231	2,483	2,90
ERROR	646 405 199	15	430 936 799		
TOTAL	1 723 151 874	23			

Fuente: Elaboración propia

CV: 25,54% $\alpha = 0,05$ * = Significativo

Promedio= 25701,46

Según el cuadro, se puede observar que efectuado el análisis de varianza para bloques resultó no significativo, Mientras que para el peso de fruto de tomate existen diferencias significativas entre los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄. Por lo tanto, la aplicación de nitrato de calcio influye en el peso del tomate debido a que cumple un rol importante en el crecimiento y desarrollo de la pared celular.

CUADRO 05:
PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNCAN PARA EL PESO TOTAL
DE TOMATE (g).

Orden Mérito	Tratamiento	Promedio	Grupos Homogéneos
1	T4: 80 kg/ha CaO	33,43	a
2	T3: 50 kg/ha CaO	25,08	b
3	T2: 20 kg/ha CaO	23,71	b
4	T1: 0 kg/ha CaO	20,59	b

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la diferencia entre los promedios, mediante la prueba de Duncan, se observó que la aplicación de 80 kg/ha (T₄) resulto superior a los otros tratamientos con un peso promedio de 33 432,5 g.

En base a los resultados obtenidos, podemos interpretar que con las 03 aplicaciones de Nitrato de calcio (15,5% de Nitrógeno y 28% de CaO) antes de la etapa de floración del tomate, se lograron resultados significativos para el peso total de frutos. Según Marschner (1995) la mayoría de las funciones del calcio es como componente estructural, mediante el cual el calcio provee mecanismos de conexiones intermoleculares estables, predominantemente en las paredes celulares y en la membrana plasmática.

Para determinar el mejor de los tratamientos se realizó la prueba de Duncan, cuyos resultados nos muestran que el T₄ (80 kg/ha) se ubica en primer lugar, es decir, presentó un mayor efecto en el peso total de tomate, mientras T₃ (50 kg/ha), T₂ (20 kg/ha) y T₁ (0 kg/ha) se ubican en segundo lugar y con un efecto similar en peso de tomate. A pesar de que en el suelo está presente el calcio, como remanentes de cultivos anteriores, la dosis mayor de calcio produjo el mejor efecto. Debido a que el Ca⁺⁺ es fácilmente desplazado de sus sitios de enlaces extracelulares por otros cationes, estas funciones pueden ser seriamente afectadas por una disponibilidad reducida de Ca⁺⁺. El crecimiento radicular y sus funciones pueden ser restringidas por una alta relación Na⁺/ Ca⁺⁺. Así como lo menciona Delgado. (1988).

Si la disponibilidad de nutrientes está limitada los requerimientos nutricionales para el desarrollo de los frutos estará en función de la translocación de los tejidos vegetativos en combinación con la absorción radicular, en este sentido el más perjudicado es el calcio, que no puede ser traslocado desde los otros órganos, debido a su inmovilidad dentro de la planta. Según Agro estrategias. Esto se observa en los tratamientos T₃, T₂ y T₁ ya que tienen menor efecto en el peso de tomate.

CUADRO 06:

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DEL PESO TOTAL DEL
TOMATE (g).**

<i>F de V</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>Fc</i>	<i>F tabla</i>
REGRESION	485 815 533,70	1	485 815 533,70	8,64*	4,30
RESIDUO	1 237 336 340,26	22	56 242 560,62		
TOTAL	165,269	23			

Fuente: Elaboración propia

$\alpha = 0,05$ * = Significativo

Evaluada la relación entre las cantidades de calcio y el peso total de frutos de tomate, esta resultó significativa ($\alpha = 0,05$), con lo que podemos afirmar que el calcio afecta en el peso total de frutos de tomate.

En el cuadro N^o 06, el análisis de varianza de regresión lineal simple de peso total de tomate fue significativo ($\alpha = 0,05$), lo que indica que conforme se incrementa la cantidad de calcio se incrementa el peso de fruto de tomate, siendo una respuesta lineal.

Por consiguiente no fue posible determinar la cantidad adecuada de calcio no fue posible, ya que el tratamiento T₄ (80 kg/ha) fue superior a los demás tratamientos, es necesario ampliar el espacio de exploración en los niveles de calcio a partir del tratamiento T₄ (80 kg/ha). En otros trabajos similares concluyen que el calcio incrementa el peso del tomate, tal como lo comprueba Flores M (2003).

2. DIÁMETRO ECUATORIAL

Los resultados sobre el diámetro ecuatorial del fruto se presentan en el Anexo 2. Los resultados fueron los siguientes:

CUADRO 07:

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL DIÁMETRO ECUATORIAL DE FRUTO DE TOMATE (mm).

<i>F de V</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>Fc</i>	<i>F tabla</i>
TRATAMIENTOS	36,5750	3	12,1917	2,62	3,28
BLOQUES	58,7778	5	11,7556	2,52	2,90
ERROR	69,9159	15	4,6610		
TOTAL	165,269	23			

Fuente: Elaboración propia

CV: 3,98% $\alpha = 0,05$ * = Significativo

Promedio= 325,39

En el cuadro anterior se puede apreciar que no existen diferencias significativas, tanto para el efecto de bloques como para tratamientos, lo que demuestra que los tratamientos son estadísticamente similares entre sí. Por lo tanto el calcio no influye en el diámetro ecuatorial del fruto de tomate, de tal manera no es factible realizar otro análisis del cuadro.

El calcio no tiene un efecto directo en el parámetro de longitud ecuatorial ya que como dice Fuentes (2002) el calcio no tiene mayor influencia en el

tamaño y producción de frutos, sino en factores de calidad y conservación por ser un elemento cuya deficiencia es representada básicamente en alteraciones fisiológicas típicas de escasez de este elemento.

3. DIÁMETRO POLAR

Los resultados sobre el diámetro ecuatorial del fruto se presentan en el anexo 3. Los resultados fueron los siguientes

CUADRO 08:

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL DIÁMETRO POLAR DE FRUTO DE TOMATE (mm)

<i>F D E V</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>C.M</i>	<i>Fc</i>	<i>F tabla</i>
TRATAMIENTOS	2,4561	3	0,8187	0,09	3,28
BLOQUES	53,9515	5	10,7903	1,15	2,90
ERROR	140,4650	15	9,3643		
TOTAL	196,8730	23			

Fuente: Elaboración propia

CV: 5,09% $\alpha = 0,05$ * = Significativo

Promedio= 60,175

En el cuadro podemos apreciar que no existen diferencias significativas tanto para el efecto bloques como para tratamientos, lo que demuestra que

los tratamientos son estadísticamente similares entre sí. Por lo que se deduce que el calcio no tiene influencia en la variable de diámetro polar, de tal manera no es factible realizar otro análisis del cuadro.

De acuerdo a los resultados obtenidos, vemos que las aplicaciones de calcio durante todas las etapas de desarrollo de la planta no causaron un mayor efecto en la longitud polar de los frutos en comparación con los demás tratamientos ya que el calcio no tiene una participación determinante en la variación de ese parámetro, como lo menciona Fuentes (2002), una de las funciones del calcio en la planta está abocada a preservar la estructura y firmeza de los frutos, pero no es determinante en el incremento de la producción ni del tamaño de los frutos.

4. RENDIMIENTO POR HECTÁREA

Los resultados sobre el rendimiento por hectárea del fruto de tomate se presentan en el anexo 4. Los resultados fueron los siguientes:

CUADRO 09:

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO POR HECTÁREA
(Tm/ha).

<i>F DE V</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>C.M</i>	<i>Fc</i>	<i>F tabla</i>
TRATAMIENTOS	28,4728	3	9,4909	0,1492	3,28
BLOQUES	1753,1830	5	350,6365	5,5153*	2,90
ERROR	140,4650	15	936,4340		
TOTAL	196,8730	23			

Fuente: Elaboración propia

CV: 15,59% $\alpha = 0,05$ * = Significativo

Promedio= 51,1375

En el cuadro podemos apreciar que para la variable tratamientos se observa que no existen diferencias significativas, lo que nos indica que el efecto es similar para todos los tratamientos. Pero sí es significativo entre bloques, lo que significa que se ha controlado adecuadamente la gradiente de variabilidad, para la variable rendimiento por hectárea.

De acuerdo a los resultados vemos que las aportaciones del elemento calcio en las etapas fenológicas específicas no estimulan el logro de resultados óptimos de la producción final; sin embargo, se pudo notar que en comparación con el testigo, la simple aplicación durante la fase de crecimiento permitió mejorar la estructura y capacidad productiva de la planta.

Según Devlin (1982), afirma que el calcio influye indirectamente en el rendimiento ya que reduce la acidez del suelo y mejora las condiciones de crecimiento de raíces estimulando la actividad microbiana. Podemos afirmar que el calcio ayuda a la planta a lograr un buen desarrollo, pero no es determinante en el rendimiento de los cultivos.

5. ALTURA DE LA PLANTA

Los resultados sobre altura de la planta del fruto de tomate se presentan en el anexo 5. Los resultados fueron los siguientes:

CUADRO 10:

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA (cm)

<i>F DE V</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>C.M</i>	<i>Fc</i>	<i>F tabla</i>
TRATAMIENTOS	42,8433	3	14,2811	0,82	3,28
BLOQUES	105,0900	5	21,0180	1,20	2,90
ERROR	262,2870	15	17,4858		
TOTAL	410,2200	23			

Fuente: Elaboración propia

CV: 6,69% $\alpha = 0,05$ * = Significativo Promedio= 62,5

En el cuadro se puede apreciar que no existen diferencias significativas tanto en el efecto bloques como tratamiento, lo que demuestra que los tratamientos son estadísticamente similares entre sí, por tal motivo, el nitrato de calcio no influye en la altura de planta.

Podemos apreciar que las aplicaciones de calcio durante las etapas de desarrollo de la planta no causaron un mayor efecto en la altura de planta, ya que el nitrógeno es el elemento que regula esta característica, Según Tisdale y Nelson (1991) reportan que un adecuado suministro de nitrógeno está asociado con vigorosos crecimientos vegetativos y un intenso color verde.

Cantidades excesivas de nitrógeno pueden prolongar el periodo de crecimiento y retrasar la madurez.

6. PESO POR CATEGORÍAS (1º, 2ºy 3º)

Los resultados sobre el peso total en kg de las cosechas efectuadas del fruto de tomate. Los resultados fueron los siguientes:

CUADRO 11

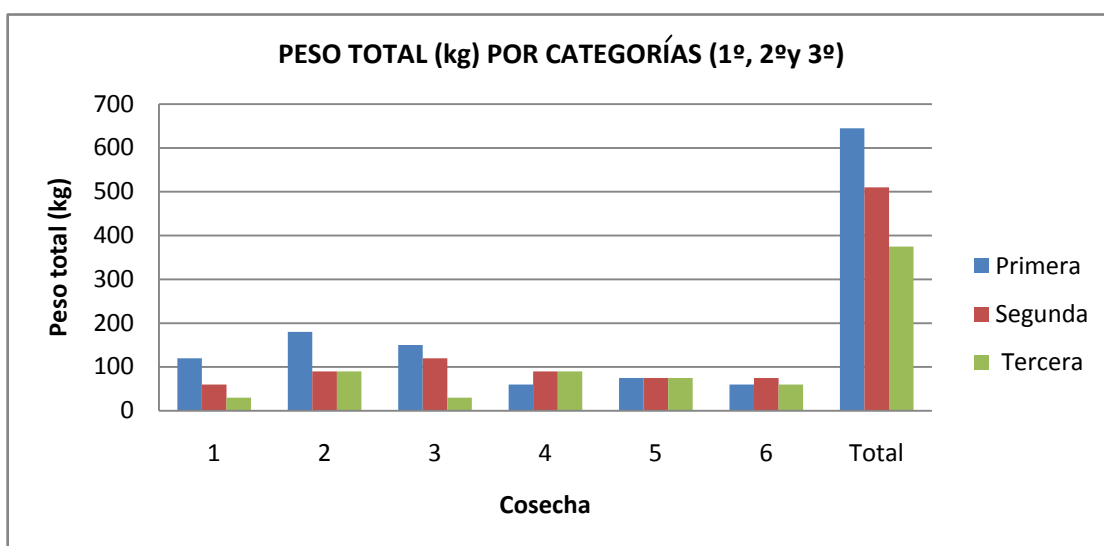
PESO TOTAL (kg) POR CATEGORÍAS: PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA.

Cosecha	Primera			Segunda			Tercera		
	Nº Jaba	Peso total (kg)	P. Apical (Kg)	Nº Jaba	Peso total (kg)	P. Apical (Kg)	Nº Jaba	Peso total (kg)	P. Apical (Kg)
1	4	120	0,31	2	60	0,75	1	30	1,65
2	6	180	0,50	3	90	0,60	3	90	0,56
3	5	150	0,05	4	120	0,24	1	30	0,80
4	2	60	0,38	3	90	0,45	3	90	0,20
5	2,5	75	0,23	2,5	75	0,28	2,5	75	1,07
6	2	60	0,55	2,5	75	0,83	2	60	1,08
Total	21,5	645	2,03	17	510	3,16	12,5	375	5,36
Porcentaje	Primera (%)		0,31	Segunda (%)		0,62	Tercera (%)		1,43
Producción total (kg)			1540,54						
producción comercial (kg)			1530,00						
Pudrición apical (kg)			10,54						
Pudrición apical (%)			0,68						

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior podemos observar que la mayor producción de frutos se encuentra en la primera y segunda cosecha. Ya que posteriormente se observan más frutos con síntomas de pudrición apical, ya que en este estado la planta tiene una máxima exigencia de calcio para poder suministrarlo al fruto, debido a la lentitud en que se moviliza el calcio al interior de la planta es más frecuente encontrar síntomas de pudrición en las últimas cosechas.

GRÁFICO 01



Fuente: Elaboración propia

CUADRO 12

PUDRICIÓN APICAL EXPRESADO EN (TM/HAS)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4
Rendimiento (Tm/has)	50,16	50,34	51,14	52,91
P. Apical (Tm/has)	0,38	0,35	0,34	0,30

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior podemos apreciar que el tratamiento T4 tiene el mayor rendimiento (52,94 ton/has) y menor incidencia de pudrición apical (0,30 ton/has), en comparación con el tratamiento T1, en donde se observa un rendimiento de 50,16 TM/has y 0,38 TM/has de tomate con pudrición apical.

7. PUDRICIÓN APICAL

Los resultados sobre pudrición apical del fruto de tomate se presentan en el anexo 6. Los resultados fueron los siguientes:

CUADRO N° 13

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA NÚMERO DE FRUTOS CON PUDRICIÓN APICAL.

<i>F de V</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>Fc</i>	<i>F tabla</i>
Tratamientos	1,9028	3	0,6342	1,37	3,28
Bloques	5,4157	5	1,0831	2,34	2,90
Error	6,9449	15	0,4462		
Total	12,1549	23			

Fuente: Elaboración propia

CV: 35,39% $\alpha = 0,05$

En el cuadro podemos apreciar que no existen diferencias significativas, tanto como para el efecto bloques como para tratamiento, lo que demuestra que los tratamientos son estadísticamente similares entre sí.

Según los resultados obtenidos, podemos decir que no hay significancia en las aplicaciones de calcio (T_1 , T_2 , T_3 y T_4), por lo tanto, el efecto es estadísticamente similar o igual para todos los tratamientos. Sin embargo, se ha logrado observar en campo que los tratamientos con mayor cantidad de calcio aplicado (como el T_3 y T_4), presentaban menor número de frutos dañados con pudrición apical.

El calcio es un elemento que juega un papel importantísimo en la estructura de la pared celular, dándole rigidez a la célula y participando en la formación de la membrana celular, además, por ser un elemento poco móvil, frecuentemente no llega a distribuirse equitativamente por toda la planta afectándose así las zonas meristemáticas de la planta y apicales de los frutos, teoría que coincide con lo dicho por Ramírez (1993) donde afirma que la capacidad limitada de la planta por regular la distribución de calcio internamente conlleva a desórdenes fisiológicos típicos tales como necrosis apical en tomate y pimiento.

Según HO (1999), cuando la concentración de calcio en el fruto desciende sustancialmente durante el periodo de rápido expansión (cerca de dos semanas después de la antesis). En consecuencia, la concentración de calcio del tejido distal del fruto puede volverse críticamente baja durante este periodo ocasionando la podredumbre apical.

Por lo tanto, podemos concluir que el calcio es un elemento esencial durante todas las etapas de crecimiento de la planta, que evita la presencia de desórdenes fisiológicos, especialmente si se trata de especies exigentes en nutrición mineral.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se efectuó el estudio inducen a establecer las siguientes conclusiones:

1. Evaluado el peso de la producción de tomate, el tratamiento T_1 (0 kg/ha CaO) produjo un total de 123,52 kg, tratamiento T_2 (20 kg/ha CaO) un total de 142,23 kg, tratamiento T_3 (50 kg/ha CaO) un total de 150,49 kg y el tratamiento T_4 (80 kg/ha CaO) un total de 200,60 kg. Con lo que concluimos que el Calcio sí tiene un efecto favorable en producción de tomate.
2. Mediante una regresión para la relación de cantidad de calcio y peso de fruto, se obtiene una respuesta lineal, siendo el máximo nivel el T_4 (80 kg/ha) que fue superior a todos los tratamientos, por consiguiente no se pudo determinar el óptimo ya que es necesario ampliar los niveles de exploración para el calcio.
3. Evaluado el diámetro ecuatorial y polar del tomate mediante el análisis de varianza esta resultó no significativa ($\alpha = 0,05$), con lo que se puede concluir que el calcio no influye directamente en el diámetro ecuatorial y polar del tomate. Ya que estas variables son influenciadas por otros factores.

4. Para la variable rendimiento por hectárea, los tratamientos (T_1 , T_2 , T_3 y T_4) no lograron diferencias significativas en la producción final; sin embargo, se pudo notar que en comparación con el testigo, la simple aplicación durante la fase de crecimiento permitió mejorar la estructura y capacidad productiva de la planta.
5. Evaluada la altura de planta mediante el análisis de varianza esta resultó no significativa ($\alpha = 0,05$), podemos concluir que el Calcio no influye en la altura de las plantas de tomate. Ya que esta variable está influenciada por otros factores.

VI. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se efectuó el estudio inducen a establecer las siguientes recomendaciones:

1. Repetir el presente trabajo considerando el nivel de Calcio superior a 80 kg/ha para determinar la cantidad adecuada de Calcio en rendimiento del peso del fruto de tomate y otras características.
2. Para evaluar las causas de la pudrición apical se debe realizar trabajos de investigación tomando otros factores como condiciones climáticas, ya que esto también ocasiona la pudrición apical.
3. Se recomienda aplicaciones frecuentes de calcio, ya sea foliares o por sistema de riego, para obtener rendimientos adecuados.

VII. BIBLIOGRAFÍA:

- 1.- ADAMS, P. 1986 "Comparación en efecto de monocalcio fosfato, amonio fosfato y calcio disponible" pág. 59-70.
- 2.- ADAMS, P. 1991 "Efectos de la fluctuación diurna en la humedad y la acumulación de nutrientes en la planta de tomate". J. Hort. Pág. 550.
- 3.- ADAMS, P; HO, L. 1989 Efectos de la constante y fluctuativa salinidad en el fruto, calidad y estatus del calcio de los tomates". J. Hort. Sci pág. 732.
- 4.- ADAMS, P; HOLDER, R. 1992 "Efecto de la humedad y salinidad en la acumulación de calcio de materia seca y calcio del fruto de tomate".

- 5.- ADERLINE R.** 1976 Cultivo del tomate. Edit. Mundi – Prensa. Madrid – España.
- 6.- BAKKER, J.C.; SONNEVELD,C** 1988 “Deficiencia del calcio de los pepinos de invernadero, cómo afecta la humedad en el medio ambiente y la nutrición mineral”.J.Hort.Sci,246 pág.
- 7.- CALDERÓN SÁENZ, F.** 1990 “Requerimientos nutricionales de un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en la sabana de Bogotá” Bogotá D.C., Colombia.
- 8.- CHAMORRO R., CRISTIAN,** 2003 “Efecto de la aplicación foliar de óxido de calcio sobre la clorosis marginal en hojas jóvenes de tomate cv. fortaleza bajo invernadero frio”, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Chile.
- 9.- COOKE, G. W.,** 1986 “Fertilización para rendimientos máximos”, editorial continental S.A, segunda edición, México.

- 10.- DELGADO DE LA FLOR F.** 1988 “Cultivo Hortícolas” Concytec
Lima – Perú.
- 11.- DEVLIN R.,** 1982 “Fisiología Vegetal”, edición
Omega, cuarta edición, Barcelona.
- 12.- DOMINGUEZ V.A.** 1984 Tratado de fertilización. Edit.
Mundi-Prensa S.A Madrid – España.
- 13.- DOUSSOLIN E.** 1981 “El tomate y su cultivo en la
provincia de Arica, avances y técnicas
de producción “. Dpto. de Agricultura.
Universidad del Norte. Arica – Chile.
- 14.- FERGUSON, I.B, DROBACK, B.** 1988 “Calcio y la regulación en el
crecimiento de las plantas y la
senescencia”. Hortscience. 266 pág.
- 15.- FLORES MANTEGAZZA, D.,** 2003 “Efecto del calcio en la reducción
de la pudrición apical y rendimiento de
fruto de pepinillo (*Cucumis sativus*) bajo
condiciones de invernadero en la
irrigación de Magollo”, Univ. Nacional

Jorge Basadre Grohmann, Facultad Ciencias Agrícolas, 2003. Tacna.

- 16.- FUENTES J. L.,** 2002 “Manual práctico sobre utilización de suelos y fertilizantes”, editorial Mundi – prensa, España.
- 17.- GALLAGHER, JN.P.V BISCOE.** 1978 “Absorción de radiación, crecimiento y producción de cereales”. J Agric. Sci. 60 pág. 197.
- 18.- GUZMAN I** 2000 “La comparación del cloruro de calcio y lactato de calcio y la efectividad de mantener su propia estabilidad y calidad, fresca en el melón”. 72 pág.
- 19.- HO, L.;M BROWN,J ANDREWS Y P . ADAMS** 1993 “Consumo y transporte de calcio y las posibles causas de pudrición apical en tomate” J. Exp. Bot 500 pág.
- 20.- HO,L.C.** 1999 “Las fases fisiológicas para mejorar la calidad del fruto de tomate. Acta Hort. 487 pág.

- 21.- HOLDER Y COCKSHULL** 1990 “Efectos de la humedad en el crecimiento y la producción de los tomates en el invernadero”. J.Hortic. Sci, 65 pág.
- 22.- HOOD. T.M, MILLS.H.A** 1994 “La temperatura de la raíz afecta el consumo de nutriente y el crecimiento de la planta”.
- 23.- INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO,** 1997 “Manual internacional de fertilidad de suelos”, editorial Reseach Education, primera edición, España.
- 24.- MAROTO, J.,** 1983 “Horticultura herbáceo especial, edición Mundi- Prensa, Madrid - España.
- 25.- MARSCHNER H.** 1995 “Nutrición mineral de las plantas superiores”. Segunda edición 889 pág. Londres.
- 26.- PEREZ CALIZAYA, R. O.,** 2008 “Influencia de la fertilización con boro, calcio y zinc en la producción del

cultivo de vid (*Vitis vinífera*) Var. Italia en las condiciones del valle de Moquegua”, Univ. Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad Ciencias Agrícolas, Tacna.

27.- POOVAIAH, B.W.

1988 “Revista Hortícola” N° 10 pág. 22.

28.- RAMIREZ FEDERICO

1993 “Prácticas de Fertilidad Avanzada de suelo I”, escuela de Post grado, Universidad nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

29.- RINCON, L., SAÉZ,

1991 “Extracción de macro nutrientes en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de crecimiento indeterminado”, Universidad Católica de Valparaíso, Agrícola Vergel.

30.- RODRIGUEZ R., R

1984 “Cultivo Moderno del Tomate”, ediciones Mundi – prensa Madrid España.

31.- ROJAS GARCIDUEÑAS, M.,

1979 “Fisiología Vegetal Aplicada”, editorial Mc Graw – Hill, segunda edición, México.

- 32.- SALISBURY, F Y ROSS, C** 1994 “Fisiología Vegetal”. Grupo Editorial Iberoamericana. S.A México 759 pág.
- 33.- SILVA, F.** 1991 “Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y agua para riego”. Ed sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. Bogotá, Colombia.
- 34.- TISDALE Y W. L. NELSON** 1988 “Fertilidad de suelos y fertilizantes”, editorial Montaner y Simón S.A., primera edición, Barcelona – España.
- 35.- TRINIDAD S.A Y AGUILAR MD** 1999 “Fertilización Foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos latinoamericanos. 225 pág. México.
- 36.- VEJARANO, AUGUSTO.** 1990 “Nutrición mineral de las plantas”, Universidad Nacional Agraria La Molina – Departamento de Biología, Lima – Perú.

Páginas web

- 37.- AGROESTRATEGIAS** Consultoría: www.agroestrategias.com.
- 38.- RED AGRARIA** www.redagraria.com.

VII ANEXOS

Anexo 1

Peso total de tomate (g)

	TRATAMIENTO				
BLOQUE	T1	T2	T3	T4	X
I	12 600	13 840	20 100	36 100	20 660
II	22 650	16 270	20 450	25 750	21 280
III	16 550	22 770	22 390	26 400	22 028
IV	19 470	29 500	32 100	35 345	29 104
V	36 300	23 050	37 150	37 200	33 425
VI	15 950	36 800	18 300	39 800	27 713
X	20 587	23 705	25 082	33 433	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

Diámetro ecuatorial (mm)

	TRATAMIENTO				
BLOQUE	T1	T2	T3	T4	X
I	302,68	309,96	325,52	329,07	316,81
II	323,01	300,84	317,36	328,23	317,36
III	321,70	335,61	316,69	324,54	324,64
IV	318,36	330,52	351,79	365,42	341,52
V	336,20	321,28	339,25	339,49	334,06
VI	29,42	336,69	308,78	332,03	317,98
X	31 60	322,48	326,57	336,46	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3

Diámetro polar (mm)

BLOQUE	TRATAMIENTO				X
	T1	T2	T3	T4	
I	56,95	60,21	60,99	59,01	59,29
II	61,10	58,07	58,98	58,33	59,12
III	63,57	60,83	57,87	57,57	59,96
IV	58,25	60,78	64,44	68,70	63,04
V	62,17	58,61	63,18	60,27	61,06
VI	55,78	63,07	57,37	58,10	58,58
X	59,64	60,26	60,47	60,33	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4

Rendimiento por hectárea (tm/ha)

BLOQUE	TRATAMIENTO				X
	T1	T2	T3	T4	
I	41,64	28,19	36,67	55,59	40,52
II	53,56	49,38	39,19	52,39	48,63
III	43,64	38,94	45,61	38,28	41,62
IV	41,78	62,14	64,78	47,75	54,11
V	65,22	62,25	67,00	63,94	64,60
VI	55,14	61,11	53,58	59,53	57,34
X	50,16	50,34	51,14	52,91	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5

Altura de la planta (cm)

BLOQUE	TRATAMIENTO				X
	T1	T2	T3	T4	
I	63,33	57,00	55,00	63,00	59,58
II	61,67	65,67	58,33	63,00	62,17
III	62,67	71,33	66,33	58,67	64,75
IV	59,33	57,67	66,33	57,67	60,25
V	65,67	67,67	59,33	68,00	65,17
VI	62,33	68,33	60,67	61,00	63,08
X	62,50	64,61	61,00	61,89	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6

Pudrición apical

BLOQUE	TRATAMIENTO				X
	T1	T2	T3	T4	
I	1	1	1	4	2
II	6	6	0	2	4
III	1	1	4	0	2
IV	12	12	1	7	8
V	5	5	5	2	4
VI	5	5	4	1	4
X	5	5	3	3	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7
Pudrición apical

Transformación Raíz (X + 0,5)

BLOQUE	TRATAMIENTO			
	T1	T2	T3	T4
I	1,2247	1,2247	1,2247	2,1213
II	2,5495	2,5495	0,7071	1,5811
III	1,2247	1,2247	2,1213	0,7071
IV	3,5355	3,5355	1,2247	2,7386
V	2,3452	2,3452	2,3452	1,5811
VI	2,3452	2,3452	2,1213	1,2247