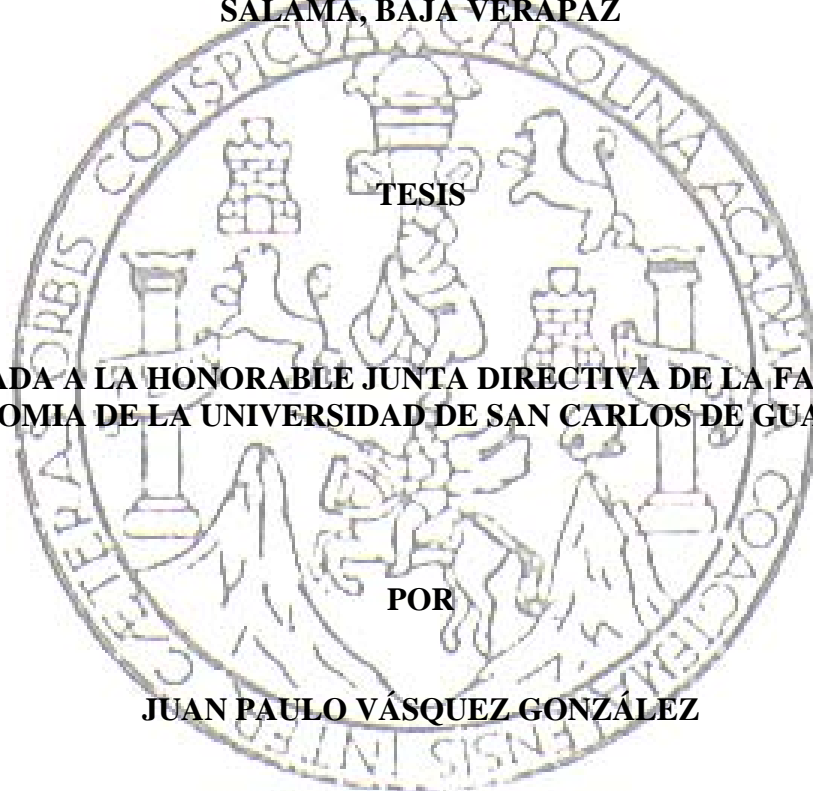


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CONCENTRACIONES Y FORMULACIONES DE CALCIO  
SOBRE EL TIEMPO DE VIDA COMERCIAL DEL TOMATE EN PERIODO DE POSCOSECHA,  
SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**



**TESIS**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**JUAN PAULO VÁSQUEZ GONZÁLEZ**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO**

**INGENIERO AGRÓNOMO  
EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADEMICO DE**

**LICENCIADO**

**GUATEMALA AGOSTO DE 2004**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**RECTOR**

**Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DECANO**

**SECRETARIO**

**VOCAL PRIMERO**

**VOCAL SEGUNDO**

**VOCAL TERCERO**

**VOCAL CUARTO**

**VOCAL QUINTO**

**Dr. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LÓPEZ**

**Ing. Agr. PEDRO PELÁEZ REYES**

**Ing. Agr. ALFREDO ITZEP MANUEL**

**Ing. Agr. MANUEL DE JESÚS MARTINEZ OVALLE**

**Ing. Agr. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ**

**Profesor JUVENCIO CHOM CANIL**

**Profesor BAYRON GEOVANY GONZALEZ CHAVAJAY**

Guatemala, Junio de 2004

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores representantes:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CONCENTRACIONES Y FORMULACIONES DE CALCIO SOBRE  
EL TIEMPO DE VIDA COMERCIAL DEL TOMATE EN PERIODO DE POSCOSECHA,  
SALAMÁ, BAJA VERAPAZ

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación satisfaga a los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato agradecerles la atención a la presente.

Atentamente

JUAN PAULO VÁSQUEZ GONZÁLEZ

## ACTO QUE DEDICO

A:

JESÚS:

Por ser quien me ha fortalecido y brindado la sabiduría necesaria para alcanzar esta meta.

MIS PADRES: Sebastián Vásquez y Alba González de Vásquez

Por haberme brindado apoyo incondicional desde el momento que elegí mi carrera y él hecho de no dejarme desfallecer en los momentos más difíciles, sus sabios consejos, trabajo duro y paciencia para juntos lograr este sueño que hoy se hace realidad.

MIS HERMANOS: Edgar Oswaldo, Franco Sebastián, Ana Miriam y Alba Carolina

Por sus palabras de aliento, con quienes comparto mis éxitos.

MI FAMILIA: Mis Abuelitas (Engracia y Mamá Celia), abuelitos (Papá Asisclo, Papá Chano), tíos, primos, sobrinos

Por ser una fuente de inspiración en valores, virtudes, trabajo duro y responsable que me ayudaron a forjar este trabajo.

MIS AMIGOS:

Por su apoyo en los momentos oportunos, mi amistad sincera.

## TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS

MI PATRIA GUATEMALA

MIS CENTROS DE ESTUDIO

LICEO GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA,  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

MI FAMILIA

## AGRADECIMIENTOS

A:

### ASESORES:

Ing. Agr. LUIS ALBERTO PABLO ESTRADA LIGORRIA  
Ing. Agr. FREDY ROLANDO HERNÁNDEZ OLA

### CATEDRÁTICO:

Ing. Agr. ANIBAL SALBAJA

### COLABORADORES:

Ing. Agr. ANTONIO JOSÉ CASTILLO FRATTI  
Ing. Agr. ALBERTO PAZ CASASOLA  
Ing. Agr. ROLANDO CORADO MONTEPEQUE  
Ing. Agr. ANDRE MAURICIO HOUDELLOT  
ASDRUAL CASTILLO  
JUAN JOSÉ CHAVARRÍA  
Dr. RICARDO BRESSANI CASTIGNOLI

### INSTITUCIONES:

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
ASOCIACIÓN DEL GREMIO QUÍMICO AGRICOLA

### AGRICULTORES:

FAMILIA DE DON FRANCISCO FLORES

### EMPRESAS:

QUÍMICAS STOLLER  
FITOQUÍMICOS Y FERTILIZANTES ESPECIALES, S.A.  
GRUPO DISAGRO

## INDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
INDICE DE CONTENIDOS	i
INDICE DE CUADROS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III. MARCO TEORICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 El Cultivo de Tomate	3
3.1.1.1 Morfología y Taxonomía	3
3.1.1.2 Requerimientos de Clima y Suelo	4
3.1.2 Nutrición	5
3.1.3 El Suministro de Calcio y los Niveles de Calcio en la Fruta	7
3.1.4 Manejo Poscosecha de Tomate	11
3.1.5 Transpiración o Perdida de Agua	11
3.1.6 Maduración	12
3.1.7 La Firmeza de la Fruta	14
3.1.8 Quelatos	15
3.1.8.1 Quelato con Aminoproteínas	15
3.1.8.2 Quelato con Ácido Fenólico	16
3.1.8.3 Factores Importantes a Considerar de un Agente Quelatante	17
3.1.9 Almacenamiento de Frutas y Hortalizas Frescas	18
3.1.9.1 Pretratamientos Básicos Anteriores al Almacenamiento y/o Mercadeo	19
3.1.10 Consideraciones Respecto a la Temperatura, Humedad y Tipos Productos	20
3.2 MARCO REFERENCIAL	21
3.2.1 Localización Geográfica	21
3.2.2 Clima	21
3.2.3 Características del Híbrido	21
3.2.4 Investigaciones Sobre el Efecto del Calcio en los Frutos	21
3.2.4.1 Importancia del Calcio en la Mejora de la Calidad de la Frambuesa	22
3.2.5 Cambios de Textura en la Maduración de los Frutos de Tomate	22
3.2.6 Diferencias Entre el Uso de Fertilizantes Quelatizados y Sales en las Fuentes Foliars	23
3.2.7 Metodología de Análisis de Calcio en los Frutos	23
3.2.7.1 Método de Digestión Seca y Determinación de Catión de Calcio por Absorción Atómica	23
3.2.8 La Información General del Penetrómetro	24
IV. OBJETIVOS	25
4.1 OBJETIVO GENERAL	25
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
V. HIPÓTESIS	26
VI. METODOLOGÍA	27
6.1 FACTORES Y NIVELES EVALUADOS	27

	<b>Página</b>
6.1.1 Descripción de los Tratamientos	27
6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	28
6.2.1 Tamaño Unidad Experimental	28
6.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO	29
6.3.1 Preparación del Terreno	29
6.3.2 Siembra	29
6.3.3 Fertilización	29
6.3.4 Control de Malezas	31
6.3.5 Control Fitosanitario	31
6.3.6 Riego	31
6.3.7 Tutorio	32
6.3.8 Cosecha	32
6.4 VARIABLES DE RESPUESTA	32
6.5 CORRELACIÓN LINEAL	34
VII. RESULTADOS	35
7.1 TIEMPO DE VIDA DEL TOMATE EN DÍAS DESPUÉS DEL CORTE	35
7.2 CONTENIDO DE CALCIO EN EL FRUTO DE TOMATE	36
7.3 FIRMEZA	39
VIII. CONCLUSIONES	42
IX. RECOMENDACION	43
X. BIBLIOGRAFÍA	44
XI. ANEXO	46

## **INDICE DE CUADROS**

	<b>Página</b>
Cuadro 1 Factores y Niveles Evaluados	27
Cuadro 2 Descripción de Tratamientos de la Evaluación	27
Cuadro 3 Resultado de tiempo de vida de los tomates después de cosechados con pérdida 5% de su peso original	35
Cuadro 4 ANDEVA para el tiempo de vida después del corte hasta que perdió el 5% de su peso original	35
Cuadro 5 Contenido de calcio en el fruto de tomate	36
Cuadro 6 ANDEVA para el Contenido de Calcio en el Fruto de Tomate	37
Cuadro 7 Análisis Correlación y Regresión Lineal Simple entre %Ca y Tiempo de Vida	38
Cuadro 8 Firmeza de los Frutos de Tomate	39
Cuadro 9 ANDEVA para la Firmeza del Fruto de Tomate	39
Cuadro 10 Análisis de Correlación y Regresión Lineal Simple entre %Ca y la Firmeza	40
Cuadro 11 Análisis de Suelo Efectuado en la Evaluación	46



Evaluación del Efecto de Concentraciones y Formulaciones de Calcio sobre el Tiempo de Vida Comercial del Tomate en Período de Poscosecha, Salamá, Baja Verapaz.

Evaluation of the Effect of Concentrations and Formulations of Calcium, About the Time of Commercial Life of the Tomatoes in Period Postharvest, Salamá, Baja Verapaz

### **RESUMEN**

La evaluación del efecto de concentraciones y fuentes nutricionales de Calcio sobre el tiempo de vida comercial del tomate en período de poscosecha, se llevó a cabo con la finalidad de determinar el efecto del Calcio a concentraciones y con formulaciones distintas sobre el tiempo de vida comercial del tomate ya cosechado.

En adición, como parámetro de predicción, se tomó en cuenta la dureza de los frutos utilizando para ello un penetrómetro, que permitió llevar un registro de la firmeza de los frutos de tomate durante el período en el cual los mismos después de cosechados llegaban a perder el 5% de su peso original que fue la información que se tomó como referencia para determinar el tiempo de vida de los tomates.

Así mismo se llevó a cabo un análisis de laboratorio en el cual se determinó el contenido de calcio de los frutos de tomate. De los resultados obtenidos, se observó comportamientos en los cuales los frutos que obtuvieron altos porcentajes de Calcio no fueron los que obtuvieron el tiempo de vida más largo, ni la mejor firmeza.

Los resultados indican que todos los tratamientos, fueron no significativos entre sí. Esto permite inferir que puede utilizarse cualquiera de las formulaciones y concentraciones evaluadas, ya que no se manifestaron diferencias estadísticamente apreciables para en el tiempo de vida después de cortado el tomate hasta que este perdió un 5% de su peso original. Al menos una de las tres formulaciones a distinta concentración dan un margen de 21 días que es tiempo que el agricultor espera al hacer aplicaciones de calcio.

## I. INTRODUCCIÓN

En el cultivo de tomate, se estima que la pérdida por efecto de maduración precoz de la producción en poscosecha es del 50 por ciento según la FAO 1993 (5). Los agricultores de la región de Salamá han observado que cuando no se hacen aplicaciones de calcio, el tomate tarda almacenado alrededor de 10 días, mientras que con aplicaciones se sube el margen a 21 días.<sup>1</sup>

El estudio pretendió evaluar diferentes concentraciones y formulaciones foliares de calcio con el fin de determinar si ambos factores pueden alargar el tiempo de vida del tomate después de cosechado, ya que es un problema constante la poca duración de vida de anaquel del tomate en el mercado, es un problema común.

La presente investigación es una alternativa para prolongar la vida del tomate en anaquel, utilizando distintas formulaciones de calcio que es un elemento que desempeña una función importante en la estabilidad de las membranas. El calcio provee de energía a las células y regula el flujo de nutrientes hacia ellas. La deficiencia de este elemento implica una excesiva permeabilidad en las células y un aumento de la hormona etileno que es la causante de la maduración de los frutos de tomate (3).

<sup>1</sup> Comunicación personal con los agricultores de la región.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema radica en la poca duración de vida de anaquel del tomate lo cual afecta su comercialización y se estima que la pérdida por efecto de maduración precoz de la producción en poscosecha es del 50 por ciento según la FAO 1993 (5).

Dicha problemática se da porque durante el proceso de formación, crecimiento y madurez de la fruta, no sólo es necesario que en ella se acumulen los azúcares, sino también que se forme el soporte para éstos. Este soporte no es otra cosa que la pared celular (cobertura exterior de las células vegetales) y que le da sostén físico y químico a cada célula y al conjunto de las mismas (1).

Una alternativa para aumentar la vida del tomate en anaquel, es utilizando fuentes nutricionales de Calcio que es un elemento que ocupa un lugar importante en estabilidad de las membranas. El 67% de los agricultores de la región estiman que cuando no se hacen aplicaciones de calcio, el tomate tarda almacenado alrededor de 10 días mientras que con aplicaciones sube el margen a 21 días.<sup>2</sup>

Es importante considerar que para obtener este soporte en la pared celular, para darle la firmeza deseada a la fruta es necesario la aplicación de calcio para que, simultáneamente, ocurra la formación de paredes celulares rígidas y la acumulación de azúcares adecuados, ya que las células acumulan los azúcares en el citoplasma y que las paredes funcionan como el marco físico químico. Esto quiere decir que las paredes débiles no soportan ni el tamaño ni el contenido del citoplasma y que si no están fuertemente constituidas, los líquidos intracelulares (azúcares) se exudan hacia fuera del citoplasma, iniciando los procesos de descomposición. Por tal motivo si se tiene una fruta sin firmeza, la misma carece de paredes celulares fuertes (1).

<sup>2</sup> Comunicación personal de los agricultores de la región.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 El Cultivo Del Tomate

###### 3.1.1.1 Morfología Y Taxonomía

Familia: Solanaceae.

Nombre científico: *Lycopersicon sculentum* Mill.

*Planta:* perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas) (8).

*Sistema radicular:* raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera a dentro se encuentra: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte acropetal de los nutrientes) y el floema (movimiento o transporte basipetal) (8).

*Tallo principal:* eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de fuera a dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (8).

*Hoja:* compuesta e imparipinada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alterna sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (8).

*Flor:* es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (8).

*Fruto:* baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (8).

### **3.1.1.2 Requerimientos De Clima Y Suelo**

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 (8).

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 30-35 ° C afectan a la fructificación por mal desarrollo de óvulos, al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular (8).

Temperaturas inferiores a 12-15 °C también originan problemas en el desarrollo de la planta.

La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10 °C así como superiores a los 30 °C originan tonalidades amarillentas. No obstante, los valores de temperatura descritos se deben tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos (8).

La humedad relativa óptima oscila entre un 60 % y un 80 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (8).

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, y fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (8).

La planta de tomate es muy exigente en lo que se refiere al drenaje, prefiere suelos sueltos de textura arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillo-arenosos. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos (8).

### **3.1.2 Nutrición**

En cuanto a la nutrición, cabe destacar la importancia de la relación N/K a lo largo de todo el ciclo de cultivo; esta suele ser de 1/1 desde el trasplante hasta la floración, cambiando hasta 1/2 e incluso 1/3 durante el período de recolección (8).

El fósforo juega un papel relevante en las etapas de enraizamiento y floración, ya que es determinante sobre la formación de raíces y sobre el tamaño de las flores. En ocasiones se abusa de él, buscando un acortamiento de entrenudos en las épocas tempranas en las que la planta tiende a ahilarse. Durante el invierno

hay que aumentar el aporte de este elemento, así como de magnesio, para evitar fuertes carencias por enfriamiento del suelo. El calcio es otro macroelemento fundamental en la nutrición del tomate para evitar la necrosis apical (8).

Entre los microelementos de mayor importancia en la nutrición del tomate se encuentra el cobre, que juega un papel primordial en la coloración de los frutos y en menor medida en cuanto a su empleo, se sitúan manganeso, zinc, boro y molibdeno. A la hora de abonar, existe un margen muy amplio de abonado en el que no se aprecian diferencias sustanciales en el cultivo, pudiendo encontrar “recetas” muy variadas y contradictorias dentro de una misma zona, con el mismo tipo de suelo y la misma variedad (8).

Actualmente se emplean básicamente dos métodos para establecer las necesidades de fertilizar: en función de las extracciones del cultivo, sobre las que existe una amplia y variada bibliografía y sobre la base de una solución nutritiva “ideal” a la que se ajustarán los aportes previo análisis de agua (8).

Los fertilizantes de uso más extendido son los fertilizantes en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato potásico, sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico, ácido nítrico), debido a su bajo coste y a que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva, aunque existen en el mercado fertilizantes complejos sólidos cristalinos y líquidos que se ajustan adecuadamente, solos o en combinación con los fertilizantes simples, a los equilibrios requeridos en las distintas fases de desarrollo del cultivo (8).

El aporte de microelementos, que años atrás se había descuidado en gran medida, resulta vital para una nutrición adecuada, pudiendo encontrar en el mercado una amplia gama de sólidos y líquidos en forma mineral y en forma de quelatos, cuando es necesario favorecer su estabilidad en el medio de cultivo y su absorción por la planta (8).

### **3.1.3 El Suministro Del Calcio Y Los Niveles Del Calcio En La Fruta**

El suministro del calcio a la fruta también es afectado por la relación de calcio a otros nutrientes en el suelo. La relación más importante es entre el calcio y magnesio. Si el nivel de magnesio es demasiado alto, la absorción del calcio en la fruta puede ser reducida.

La manera más eficaz de aumentar el nivel de calcio en la fruta, sobre todo a corto plazo, es usando las aspersiones de calcio aplicado directamente a la fruta en vías de desarrollo. El calcio también puede proporcionarse a través de riego por goteo en donde se usa nitrato del calcio, cloruro del calcio u otras formulaciones.

El boro es muy importante mejorando la capacidad de las plantas de usar el calcio. Si el boro en la planta es bajo, mientras se esta aplicando el calcio por cualquier medio, inhibe la capacidad de la planta de asimilar el calcio.

La planta de tomate con deficiencia de Ca tiene hojas nuevas que presentan márgenes necróticos y en plantas jóvenes las hojas se doblan hacia abajo. Además, se reduce la tasa de crecimiento y las partes nuevas de la planta no crecen. La punta de la raíz muere y la radícula se ramifica. El síntoma más conocido de la deficiencia de Ca en tomate es la pudrición apical de la fruta. Aplicaciones excesivas de nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) pueden intensificar la deficiencia de Ca y se debe tener cuidado con la aplicación foliar de este fertilizante sin antes comprobar los niveles de Ca en el suelo y en los tejidos de la planta, particularmente en las épocas de mayor demanda de Ca.



A los 65 días después de la siembra se incrementa la absorción de Ca por el fruto, mientras que el de las hojas disminuye drásticamente. También el porcentaje de Ca en base seca del fruto llega hasta 0.18% a los 105 días después de la siembra y el Ca absorbido por toda la planta puede representar hasta 4 gramos por planta en base seca. Es importante el monitoreo de los niveles de Ca en las hojas durante los momentos de expansión del fruto. En el momento de llenado, las hojas deben tener más de 3%. Niveles menores al 1% representan deficiencia y a niveles entre 1.5 y 3% se logra respuesta a las aplicaciones foliares de Ca.

Debido a que la movilidad del Ca dentro de la planta es baja y el crecimiento del fruto es muy intenso, la cantidad de Ca que llega al fruto no es suficiente para cubrir la demanda de las actuales variedades de tomate de alto rendimiento. Si además se considera que durante épocas de alta temperatura el funcionamiento de la raíz es afectado por la tensión osmótica ocasionada por la mayor concentración de sales en el suelo, se puede esperar una menor cantidad de Ca en el sistema en general.

Condiciones de salinidad del agua o del suelo agravan la situación ya que las sales dificultan la absorción de agua y Ca incrementando la pudrición apical del fruto. Existe evidencia científica que demuestra que la salinidad afecta los vasos conductores de agua y nutrientes en el fruto, bloqueando la asimilación de Ca y otros nutrientes. El calcio es un nutriente crítico para el crecimiento, calidad y la vida del estante de tomates. Por consiguiente, son necesarias aplicaciones pre y post-cosecha a los tomates.

Mientras las aplicaciones del calcio al suelo son esenciales para el crecimiento normal de tomates, las aplicaciones al follaje durante el período de crecimiento mejoran la calidad considerablemente. Subbiah y Perumal en 1990, concluyen que entre las diferentes fuentes y concentraciones de óxido del calcio, cloruro del calcio y sulfato del calcio; las aplicaciones de 0.2%  $\text{CaCl}_2$  pueden mejorar el lycopene (responsable para el color de la fruta de los tomates), el volumen del ácido ascórbico y el índice de firmeza del fruto de tomate.

Según Subbiah 1994, las aspersiones con 0.5%  $\text{CaCl}_2$  aumentan el índice de firmeza de frutas del tomate significativamente. Él mismo autor ha notado que el índice de firmeza es bajó por el aumento en los niveles de N agregando que esta conducta sugiere que  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  no pueda ser ninguna fuente del calcio

deseable para las tales aplicaciones.

Hong y Lee 1999, han demostrado los efectos del calcio en las frutas de tomate verde-maduro, haciendo una prueba, en la que se infiltró al vacío las frutas del tomate verde-maduro con 1ml al 0.2 y 8% cloruro del calcio y solución de nitrato de calcio y agua destilada, poniendo a la fruta bajo 250 torr (4.834 lb/plg<sup>2</sup>) durante 10 segundos y soltando el vacío despacio, permitiendo que la solución entrara en la fruta. El resultado fue que el contenido de calcio esta destinado a controlar el decrecimiento del fruto, mostrando un efecto de calcio en la firmeza de tomate verde-maduro, al incrementarse la concentración de CaCl<sub>2</sub> ó Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, sin embargo los datos de la prueba indican que el tratamiento con CaCl<sub>2</sub> produce mayor grado de firmeza de fruta que Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Los factores que no permiten que el calcio este disponible son:

1. El aumento de los niveles de la hormona etileno (hormona del envejecimiento).

Esta propicia el incremento de la enzima (poligalacturonasa) que disuelve la pectina, desorganizando la pared celular. Esta acción, dependiendo del momento y de la intensidad con que ocurre, puede causar no sólo poca firmeza en la fruta, sino aborto de flores o de frutas pequeñas o aumento de susceptibilidad a enfermedades. Mayores concentraciones de calcio disminuyen la actividad de esta enzima destructora de los pectatos. Las poligalacturonasas presentan una gran asociación temporal con la maduración de los frutos conforme a Huber, 1983, por lo que, a menudo, se las ha relacionado con el ablandamiento de los mismos. Existen muchas evidencias de que los frutos inmaduros, o en fase de crecimiento, presentan un bajo contenido en pectinas solubles, aumentando notablemente durante la maduración, al mismo tiempo que las pectinas de la pared celular son degradadas por la acción de las poligalacturonasas de acuerdo con Ahmed y Labavitch, 1980. Algunos autores como Knee, 1978; Aspinall, 1980; Glenn y Poovaiah, 1990 han sugerido que la solubilización de las pectinas podría ser un proceso ligado, fundamentalmente, al contenido de Ca<sup>++</sup> de la pared celular. Sin embargo, Fischer y Bennet 1991 han apuntado la posibilidad de la participación de otras hidrolasas, entre ellas las glicosidasas.

## 2. La salida del Calcio de la pared celular.

Una fertilización nitrogenada abundante no acompañada por un fuerte suministro de cationes, produce una migración del calcio de la pared hacia el citoplasma, pues debilita los tejidos, sin embargo se necesita aplicar más nitrógeno para mejorar la productividad. Al aumentar las dosis de nitrógeno, se aumentan las proteínas, pero también los ácidos orgánicos. Algunos de estos son tóxicos al citoplasma en altas concentraciones, pues reaccionan tomando calcio prestado de la pared y precipita el ácido oxálico como oxalato de calcio en la vacuola de la célula. Esto resuelve el problema del citoplasma pero debilita la pared (1).

## 3. La dificultad de movimiento que tiene el calcio dentro de la planta.

El calcio solamente se mueve en el sentido ascendente acompañando el flujo del agua, por tanto el tejido que está evaporando agua está recibiendo el calcio diluido en ella. Las frutas tienen menos capacidad de evaporar agua que las hojas, especialmente después que su epidermis se torna más resistente. A partir de este momento, el calcio comienza a diluirse en el nuevo tejido que se va formando a medida que la fruta crece en tamaño. Las hojas pueden tener calcio adecuado y al mismo tiempo las frutas pueden no tenerlo. Esto lleva a la necesidad de un suministro continuo por la raíz y también por la parte aérea de la planta, para proporcionar la llegada del calcio con la formación de las paredes celulares de los tejidos en crecimiento (1).

Conociendo que la deficiencia de Ca se produce por la pobre llegada del nutriente al fruto, la mejor manera de evitar la deficiencia es mantener un buen nivel de Ca en la solución del suelo o en la solución nutritiva en caso de producir tomate por hidroponía. Se debe considerar los momentos de mayor extracción para controlar posibles deficiencias temporales del nutriente. La fertilización foliar como complementos a los fertilizantes portadores de Ca aplicados al suelo o en hidroponía, es una buena alternativa. En el caso de fertilización foliar se puede utilizar nitrato de calcio  $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$  o cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en una concentración del 0.5% (7).

### **3.1.4 Manejo Poscosecha De Tomate**

En lo general existen dos tipos de frutos denominados climatéricos y no climatéricos. Los primeros incrementan su ritmo respiratorio y la producción de etileno después de la cosecha; y pueden cosecharse cuando han alcanzado su pleno desarrollo fisiológico pero no han empezado a madurar. Estos productos pueden madurarse natural o artificialmente. Tras el climaterio, el proceso de respiración se vuelve más lento, al tiempo que el fruto madura y adquiere mayor calidad de alimento. Ejemplos: el tomate, la manzana, el banano, el melón, la papaya (5).

En los frutos no climatéricos el ritmo respiratorio va disminuyendo hacia la senescencia. Los frutos sólo maduran en la planta y su calidad como alimentos disminuye si se recolectan antes de que maduren plenamente, pues su contenido de azúcares y ácidos no sigue aumentando. Ejemplos: la cereza, el pepino, la uva, el limón, la piña (5).

Tanto climatéricos como no climatéricos deben ser manejados en forma adecuada para evitar las altas pérdidas que se ocasionan durante la cosecha, acopio, clasificación, embalaje, conservación y manipuleo en la comercialización, por lo cual se debe entender la fisiología de la maduración y poscosecha del tomate para ser más eficiente el sistema productivo en la última etapa hasta llegar al consumidor (15).

### **3.1.5 Transpiración, O Pérdida De Agua**

La mayoría de los productos frescos contienen, en el momento de la cosecha, del 65 al 95 por ciento de agua. Dentro de las plantas en crecimiento existe un flujo continuo de agua. Esta se absorbe del suelo por las raíces, sube por los tallos y se desprende por las partes aéreas, sobre todo por las hojas, como vapor de agua (5).

El paso del agua a través de las plantas, propiciado por la presión que existe en el interior de éstas, se denomina corriente de transpiración y contribuye a mantener el contenido de agua dentro de la planta. La falta de agua hace que las plantas se agoten, y puede provocar su muerte (5).

La superficie de todas las plantas está recubierta de una capa cerosa o suberosa de piel o cáscara que limita la pérdida de agua. La pérdida natural de agua de la planta sólo se produce a través de estomas. Los estomas de la superficie de las hojas pueden abrirse o cerrarse en función de los cambios de las condiciones atmosféricas a fin de controlar la pérdida de agua y de mantener firmes las partes en crecimiento (5).

Los productos frescos siguen perdiendo agua después de la cosecha, pero, a diferencia de las plantas en crecimiento, ya no pueden reponer el agua a partir del suelo y tienen que recurrir al contenido de agua que tuvieron en el momento de la recolección. Esta pérdida de agua de los productos frescos después de la cosecha constituye un grave problema, que da lugar a las pérdidas de peso (5).

Cuando el producto recolectado pierde de un 5 a un 10 por ciento de su peso original, empieza a secarse y pronto resulta inutilizable. Para prolongar la vida útil, el nivel de pérdida de agua debe ser lo más bajo posible (5).

La velocidad a la que se pierde el agua en las distintas partes de la planta, depende de la diferencia entre la presión del vapor de agua en el interior de la planta y la presión de vapor de agua del aire. Para que la pérdida de agua de los productos frescos sea lo más baja posible es necesario conservarlos en ambientes húmedos (5).

Cuanto más deprisa se mueve el aire alrededor de los productos frescos más rápidamente pierden agua. La ventilación de los productos es esencial para eliminar el calor producido por la respiración. Pero la velocidad de renovación del aire debe mantenerse lo más baja posible. Materiales de embalaje bien diseñados y sistemas de apilamientos adecuados para canastas y cajas pueden contribuir a controlar la corriente de aire a través de los productos (5).

### **3.1.6 Maduración**

El concepto de maduración más apropiado, es el del proceso que involucra al conjunto de cambios que llevan a los frutos a obtener su máxima calidad comestible y estética, mediante cambios en el sabor, color, textura y otros atributos sensoriales. Estudiosos sobre el proceso de maduración han establecido cambios en

la velocidad de la respiración de los frutos después de cosechados, que demuestran disminuir hasta un mínimo respiratorio para luego observar una elevación muy súbita; éste aumento lleva a los frutos a experimentar cambios en el color, sabor, y firmeza de la pulpa, fase que se la denomina climaterio (15).

La respiración es el proceso por el que las plantas absorben oxígeno y despiden dióxido de carbono. En este proceso metabólico, el oxígeno del aire descompone los hidratos de carbono de la planta en dióxido de carbono y agua. Esa reacción produce energía en forma de calor. La respiración es una reacción básica de toda la materia vegetal, tanto en los campos como después de la cosecha (5).

Los productos frescos no pueden seguir reponiendo los hidratos de carbono ni el agua una vez recolectados, por lo que la respiración utiliza el almidón o el azúcar almacenados y se detiene cuando se agotan las reservas de esas sustancias; se inicia entonces un proceso de envejecimiento que conduce a la muerte y la putrefacción del producto (5).

La maduración es un fenómeno complejo y en función de estudios recientes se manejan hipótesis como:

1. La maduración es una actividad metabólica en la cual ocurre una desorganización celular, siendo el principal responsable el etileno, donde las células de los frutos son cada vez más permeables durante la maduración. Conduciendo a cambios en la estructura de la membrana celular, pérdidas de compartimentalización y consecuentemente a la mezcla de enzimas y sustancias al azar que antes estaban separados por la membrana con permeabilidad selectiva y desencadenando toda una serie de procesos irreversibles que conducen a la maduración del fruto. Activando ciertas hidrolasas (que provocan la degradación de la clorofila, almidón, sustancias pécticas); así como activación de aquellas enzimas responsables de la biosíntesis de aromas, pigmentos, compuestos de alta energía fosforilativa y polipéptidos. La importancia de la integridad de la membrana en la fisiología del fruto se pone de manifiesto mediante el efecto retardador que sobre la maduración y el envejecimiento tiene la infiltración de calcio en los tejidos del fruto, ya que este elemento tiene una función restauradora de la

integridad de la membrana y reestablece sus propiedades de permeabilidad selectiva (2).

2. La maduración se considera como una reorganización metabólica, es decir un proceso programado en el cual son sintetizadas las enzimas que conducen a la maduración. Se tienen evidencias de la síntesis de proteínas durante éste período ya que la aplicación de "inhibidores de proteínas" como la ciclohexamida afectan la maduración. En este caso el mecanismo interno implica que el etileno estimula el proceso de transcripción genética, ordenándose la formación de las enzimas que provocan la maduración (15).

En tomate se conocen tres estados de maduración: verde-maduro, rosado y rojo-maduro. Los frutos están en estado verde-maduro cuando en el extremo de la flor empieza a mostrarse un color crema (Villareal et al. 1972, Knott y Deanon 1967). Cuando se rebanan transversalmente, la pulpa que rodea a las semillas está gelatinosa y las semillas se escurren del cuchillo (Morrison 1962). Los tomates están en estado rosado cuando el extremo floral se vuelve rosado o rojizo. El término "maduro" indica que la mayor parte de la superficie tiene color rosado o rojo. En los estados rosado y maduro los frutos todavía están firmes. El color se emplea como un índice de la maduración y madurez del tomate (11).

La senescencia se considera como un proceso deteriorativo el cual naturalmente termina con la vida funcional de un órgano; por tanto la maduración se considera como un fenómeno parcial de la senescencia. En general los estudios sobre maduración y senescencia involucran cambios en respiración, niveles de etileno y constituyentes químicos (15).

### **3.1.7 La Firmeza De La Fruta**

Es parte normal de la fruta ablandarse en el proceso de su maduración. Cuando los tomates maduran, la capa de la pectina que liga las células en la fruta, se ablanda. Si la capa de la pectina es fuerte antes de que empiece a madurar, se ablanda despacio y la fruta retiene bien su firmeza en la fase madura roja. Cuando esta fruta alcanza el mercado se siente firme. Si la capa de la pectina es débil, la fruta ablanda rápidamente una vez empieza a madurar y pueden ser muy suave cuando este en el mercado. El factor más crítico que mantenga la firmeza de la fruta, está en un mantenimiento del suministro de calcio a lo largo de su ciclo de la

fructificación.

### **3.1.8 Quelatos**

El quelato se utiliza para neutralizar la carga positiva de los micronutrientes con lo cual pierden su actividad química y por lo tanto se utilizan en el suelo y forma foliar. Dentro de la planta, las enzimas descomponen el quelato y sacan los elementos para que ejerzan su función en el metabolismo de la misma.

Un quelato, básicamente está constituido por dos moléculas independientes. Usualmente suele ser una de naturaleza orgánica (con un alto porcentaje de carbono) y la otra una inorgánica (de naturaleza iónica). Visto de esta forma, se podría decir que el componente orgánico denominado también agente quelatante forma un compuesto con el componente inorgánico iónico formando una especie que es más estable que las dos moléculas constituyentes por separado (13).

Esto es más complejo de lo que parece, pues en función de las características físicas y químicas que se empleen en este proceso, se producirá una utilidad en mayor o menor grado. En función del pH al que se produzca la quelatación, la fuerza iónica de la disolución, la temperatura, y otros parámetros la quelatación puede ser alcanzada en un grado del 99% o bajar hasta el 10% o menos. Esto, es muy importante, pues el objetivo de quelatar un ión es para darle mayor estabilidad en condiciones extremas. Además, estos agentes proporcionan al ión una adsorción mayor debido a que tienen más afinidad por el quelato que por el calcio solo. Si en un preparado de fertilizante químico líquido el ión no está quelatado, éste va a ser mucho menos efectivo que si estuviese quelatado, siendo además directamente proporcional el grado de quelatación a la efectividad o asimilabilidad del mismo (13).

#### **3.1.8.1 Quelato Con Aminoproteínas**

El quelato con aminoproteínas es un proceso químico-biológico en el cual el mineral o ión metálico está suspendido entre 2 aminoácidos, rodeados de proteína vegetal hidrolizada, idéntico al proceso natural que desarrollan los vegetales; los cuales pueden ser absorbidos y traslocados muy fácilmente, pues su tamaño molecular es inferior a los 1 ángstrom y su peso molecular es muy inferior a los 1000 daltons, haciéndolos



ideales para la nutrición vegetal. El quelato con aminoproteínas aporta a la planta minerales y aminoácidos naturales, que pasan a formar parte de las rutas metabólicas de las proteínas. Las proteínas son muy importantes porque sin ellas no hay formación de nuevos compuestos, necesarios para el crecimiento y división celular (3).

Desde el punto de vista químico, el quelato con aminoproteínas es una sustancia constituida por un ión metálico y una molécula orgánica, que conforman una estructura heterocíclica anular. Esta estructura protege al mineral para que éste no entre en reacciones químicas indeseadas (4).

Hay muchos compuestos químicos que imitan la quelación de la naturaleza, pero sólo este sistema ha logrado desarrollar el proceso suspendiendo químicamente un mineral esencial entre dos o más aminoácidos. Este sistema requiere que el agente quelatante provea por lo menos dos grupos donadores para que se combinen con el mineral. Uno de estos grupos viene generalmente de un grupo AMINO ( $\text{NH}_2$ ) formando una ligadura covalente compleja. El otro grupo donador es CARBOXILO ( $\text{COOH}$ ) y forma una ligadura iónica (3).

Las moléculas del quelato en la estructura de los aminoácidos poseen un tamaño molecular menor a 10 ángstrom que facilitan su penetración en la hoja. El proceso de la quelación orgánica garantiza un pH estable del complejo mineral, asegurando la biodisponibilidad, porque la molécula es absorbida intacta. Da como resultado final un compuesto mineral neutro, sin carga eléctrica, evitando fitotoxicidades y facilitando la penetración por la hoja (3).

### **3.1.8.2 Quelato Con Ácido Fenólico**

Existe una prueba para determinar que tan fuerte puede ser el agente quelatante para aprisionar al elemento nutricional y neutralizar su química hasta que se introduzca a la planta. Si el agente quelatante es débil puede botar el elemento y este actuara como una sal. Esto quiere decir que el agente quelatante no tiene suficiente poder quelatizante. Existe un análisis químico que permite determinar el poder quelatizante del agente quelatante, sobre el metal. A este análisis se le denomina VALOR  $\log K$  y puede hacerse a cualquier

agente quelatante.

Por lo general un agente quelatante tiene la capacidad de retener más fuerte al Cobre que al Zinc. Al Zinc que al Hierro; al Hierro que al Manganeso y retiene mejor al Manganeso que al Magnesio y mucho mejor a este último que al Calcio. El poder quelatante de un agente, debe estar arriba de 14. En el caso del Ácido Fenólico la formulación es de origen orgánico, aunque su VALOR Log K para Cu no es tan alto como el de EDTA si es notorio los VALORES Log K del resto de elementos, que todos son altos y relativamente constantes, lo cual indica que el agente quelatante puede retener al metal con la misma fuerza para todos ellos.

### **3.1.8.3 Factores Importantes A Considerar De Un Agente Quelatante**

El agente quelatante debe ser efectivo, esto implica que su VALOR Log K deberá ser alto para todos los nutrientes.

Conviene que este sea compatible con insecticidas, funguicidas y herbicidas. La razón de considerar a este factor es porque el productor siempre quiere ahorrar y por lo tanto prefiere usar productos compatibles para hacer una sola aplicación de todos ellos. El quelato derivado del Ácido Fenólico tiene un amplio rango de pH, por lo tanto si puede ser usado con otros productos, sin decrecer la efectividad del agente quelatante como de los productos con los cuales será mezclado.

También debe tener un pH de 4.5 unidades. La razón es que, al ser mezclado con el químico o metal a quelatar, este será más efectivo por que estará en un medio ácido. Lo más importante de esta condición es con respecto a la absorción foliar, la cual es más eficiente cuando el nutriente se encuentra en una solución ácida (la efectividad de la absorción foliar aumenta conforme la acidez de la solución se aumenta, por lo tanto cuando más ácido sea la solución de mezcla del tanque, es más efectiva la absorción del nutriente).

Es muy difícil mantener un nutriente quelatizado en un medio ácido, cuando el agente quelatante tiene un pH 7 o más. En una solución ácida el agente quelatante suelta al metal (ión metálico). Se logra al considerar un agente quelatante líquido que es ácido por naturaleza, con un alto VALOR Log K que lo hace

que no pierda su poder quelatante en un medio ácido.

### **3.1.9 Almacenamiento De Frutas Y Hortalizas Frescas**

En los países con clima templado, gran parte de la producción de frutas y hortalizas está confinada a períodos de crecimiento relativamente cortos, por lo que el almacenamiento de productos frescos es esencial para abastecer a la población, una vez pasada la época de cosecha. En los países tropicales el período de producción puede extenderse, pero aún así, el almacenamiento siempre es necesario para prolongar el abastecimiento al consumidor. A medida que mejora el poder de compra del consumidor, las razones del almacenamiento pueden dejar de ser aquellas consideradas como tradicionales, para tratar en cambio de satisfacer sus demandas. Es probable que sus demandas incluyan mejoras en la calidad y en la disponibilidad, y a medida que la presión aumente, se exigirán mejoras en las técnicas de almacenamiento (6).

En la actualidad, la mayoría de los cultivos de raíz y algunas frutas y hortalizas se almacenan por períodos hasta de doce meses, como parte de la cadena normal de mercadeo. Todo tipo de productos son a veces almacenados por unos cuantos días o semanas, porque no hay un comprador inmediato, porque no existe disponibilidad de transporte u otras facilidades esenciales, para prolongar el período de mercadeo e incrementar el volumen de ventas y para esperar un alza en los precios (7).

Existen diferentes formas de almacenamiento, cuya elección dependerá de su costo y aplicabilidad. La vida máxima de almacenamiento de un producto cosechado depende del historial de su producción, calidad y de la madurez en el momento de la cosecha. La vida actual de almacenamiento que puede alcanzarse en la práctica, puede ser muy diferente, ya que depende de los procedimientos de cosecha y manejo y del medio ambiente del almacenamiento (6).

No todos los productos frescos son aptos para ser almacenados y algunos pueden requerir pretratamientos específicos previos como el "curado" o "encerado". Algunas características de la estructura o abastecimiento del mercado pueden crear condiciones negativas en virtud de las cuales los productos almacenados van a competir en desventaja con productos frescos recién cosechados. Englobando todas estas

interacciones están los aspectos económicos del almacenamiento (6).

### **3.1.9.1 Pre-Tratamientos Básicos Anteriores Al Almacenamiento y/o Mercadeo**

Existen ciertos pre-tratamientos que deben realizarse antes del almacenamiento y/o mercadeo de cualquier producto fresco.

Como la limpieza de todas las piedras, partículas de tierra y restos de plantas deben ser eliminadas antes del almacenamiento, especialmente si el producto va a ser almacenado a granel. Las piedras dañan el producto y las partículas de tierra y restos vegetales lo compactan y restringen la ventilación, dando origen a zonas en donde se acumula el calor, siendo además vehículos de gérmenes patógenos que dañan el producto.

La clasificación por grados de calidad y selección, si el fruto es muy pequeño pierde agua con rapidez durante el almacenamiento. Cuando a sufrido magulladuras o cortes pierde agua y es invadido fácilmente por los gérmenes patógenos presentes. Si esta infectado se deteriora rápidamente, se calienta y se convierte en una fuente de inóculo de infección para el producto sano. El fruto sobre maduro tiene menor resistencia a las enfermedades, un potencial reducido de almacenamiento y en el caso de frutas como plátanos y mangos, puede producir gas etileno que estimula la madurez prematura y el envejecimiento en toda la bodega. Por lo que estos frutos deben ser eliminados (6).

Sin considerar el tipo de instalación que se utilice para el almacenamiento, es importante disipar el calor que trae el producto del campo antes de introducirlo en la bodega. Esto puede hacerse en un área con sombra, fresca y ventilada o empleando algunas técnicas específicas de refrigeración. Si no se efectúa el pre-enfriamiento, puede producirse una acumulación de calor y elevarse la concentración de dióxido de carbono en la bodega hasta niveles perjudiciales (6).

Además de los pre-tratamientos básicos ya mencionados, dependiendo del mercado, pueden aplicarse ciertos tratamientos a cultivos específicos durante su manejo en la estación de empaque, o en una etapa posterior. Estos tratamientos son suplementarios al uso de la temperatura y vale la pena enfatizar que ninguno de ellos puede sustituir la utilización de una temperatura y humedad relativa óptima para prolongar la vida de

almacenamiento más allá de lo que sería posible cuando solamente se utiliza el control de la temperatura y la humedad relativa (6).

Algunos tratamientos son necesarios y de uso común para ciertas hortalizas, como el curado de raíces, y el uso de inhibidores de la brotación en papas y cebollas. Otros tratamientos como el encerado, uso de fungicidas y la fumigación, se usan principalmente en frutas debido al mayor valor que le proporcionan en el mercado minorista (6).

### **3.1.10 Consideraciones Respecto A La Temperatura, Humedad Y Tipos De Productos**

La respiración de todos los productos vegetales aumenta con la temperatura, razón por la cual, las técnicas de almacenamiento buscan reducir la temperatura del producto. Las bajas temperaturas del almacenamiento además tienen la ventaja que reducen la pérdida de agua del producto y la transpiración. La humedad relativa alta retarda la pérdida de agua y mejora la vida de almacenamiento del producto. Las bodegas deberían mantenerse idealmente a la mayor humedad relativa que el producto pueda tolerar, para ello existen humidificadores de varios tipos y aunque el 100% de humedad relativa impediría totalmente la pérdida de agua, rara vez puede ser mantenida (6).

En los tomates, las temperaturas de almacenamiento dependen de la madurez del fruto. Los tomates verde-maduros no se maduran a temperaturas de 0 a 7.2 °C y es muy probable que se presenten pudriciones y picaduras. Los tomates maduros-macizos son menos sensibles a los daños por temperaturas bajas. El almacenamiento a temperaturas de 1.7 a 7.2°C los conservará por un espacio de 7 a 21 días. La tasa de maduración es baja. En el estado de maduración amarillo a rojo, los frutos pueden almacenarse durante unos cuantos días de 1.7 a 4.4°C, periodos más prolongados de tiempo disminuyen la calidad (11).

Todas las hortalizas de fruto requieren de una humedad relativa elevada del orden de 92%. Con este nivel de humedad relativa no se presentan picaduras ni ablandamiento en los tomates. La pérdida de

agua es rápida con una humedad relativa menor del 80% y cuando pasa de 95% es posible que se presenten pudriciones (11).

## **3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1 Localización Geográfica**

La región en la que se llevó a cabo la evaluación se encuentra situada a 15° , 06` y 12", latitud norte, 90°, 16` , 00" longitud oeste, y se encuentra a una altura de 940.0 metros sobre el nivel del mar.

### **3.2.2 Clima**

La precipitación pluvial promedio oscila de 500 mm anuales en la parte baja de Salamá y 2800 mm anuales en la parte de altas montañas. Las temperaturas promedio anual oscilan de 15°C a 27°C. Por lo que el clima es variado, en el norte es frío debido a las altas montañas, en el centro y en el sur cálido (14).

### **3.2.3 Características Del Híbrido**

SILVERADO F1 es un híbrido saldete altamente productivo especialmente apropiado para las áreas de clima cálido y templado, de fruto tipo pera alargado firme de paredes gruesas que le permiten un fabuloso desempeño para el transporte y el almacenamiento, cosecha prolongada y de alto rendimiento.

Los frutos tienen un peso promedio de 80 gramos con un largo de 7 a 10 cm, es de habito determinado, su producción inicia a los 80 a 90 días después del transplante y puede ser de 1500 qq por manzana.

Este material es tolerante a *Verticillium*, *Fusarium* raza I y II y *Alternaria* a demás de ser la variedad predominante en el mercado de la Central de Mayoreo y ampliamente sembrado en el valle de Salamá.

### **3.2.4 Investigación Sobre El Efecto Del Calcio En Los Frutos**

Se hizo referencia de esta investigación para notar el efecto del calcio otros frutos, ya que en frutos de tomate son pocas las investigaciones que se asemejan a la evaluación.

#### **3.2.4.1 Importancia Del Calcio En La Mejora De Calidad Del Fruto De La Frambuesa**

Se asperjó dos productos de distinta composición a partir de calcio, Ecocal que es una solución

basado en calcio y boro que contiene L- Aminoácidos precursores de la L-Prolina que participa en la regulación estomática y por lo tanto en la velocidad de transpiración. El otro producto fue Stopit que es un liquido concentrado a partir de  $\text{CaCl}_2$  para aplicación foliar en 2 dosis y frecuencias de aplicación de 7 y 14 días, dando un total de 5 y 3 aplicaciones respectivamente. Se evaluaron parámetros como firmeza, sólidos solubles, daño físico, color y deshidratación de los frutos a la cosecha, después de 7 días a  $0^\circ\text{C}$  y 95% H.R y al final de un período de maduración de 2 días a  $20^\circ\text{C}$  conforme a Soto, M en 1997. La conclusión principal con relación a los productos aplicados; fue que las plantas tratadas con Ecolcal respecto a los asperjados con Stopit y los testigos, tienen una mayor firmeza y menor deshidratación, siendo ambas significativas en la evaluación de maduración (16).

### **3.2.5 Cambios De Textura En La Maduración De Frutos De Tomate**

La textura es un importante parámetro para evaluar la calidad de los frutos de tomate, y está determinada por las características morfológicas y fisiológicas del fruto: firmeza del epicarpio, cantidad de lóculos, y estados de madurez. En este trabajo se relacionan los cambios de textura con parámetros físicos, químicos y bioquímicos evaluados durante el almacenamiento de frutos de tomate. Se utilizaron dos híbridos: uno normal (Iván, BHN-USA) y uno larga vida (Graziella, Zeraim Gedera-Israel), almacenados a  $10^\circ\text{C}$  y  $20^\circ\text{C}$ . Se determinó pérdida de peso, firmeza con penetrómetro Effegi FT 327, actividad de la poligalacturonasa (PG) por Tucker *et al.*, (1980) y cationes ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) por electroforesis capilar, durante cinco semanas. Los datos obtenidos se evaluaron por correlaciones simples entre pares de parámetros. Los resultados indican que: a) se encontraron altas correlaciones entre la actividad de la poligalacturonasa y textura, y  $\text{Ca}^{++}$  con la textura, b) no se obtuvo relación entre textura y otros cationes analizados, c) diferencias estadísticas significativas se encontraron entre la actividad de la poligalacturonasa

con los diferentes tratamientos (4).

### **3.2.6 Diferencias Entre El Uso De Fertilizantes Quelatizados Y Sales En Las Fuentes Foliare**

Todos los elementos son absorbidos por el sistema radicular y traslocados a todas partes de la planta por los conductos conocidos como xilema. En las aspersiones foliares la entrada de los nutrimentos se da a través de los estomas y por la cutícula. Su translocación se da por el floema, pero los nutrientes con restringida movilidad en el floema como el calcio, se distribuyen en la hoja principalmente en forma acropética sin que exista una considerable translocación del nutriente fuera de la hoja. La selección de las fuentes foliares es importante tomar en cuenta el tipo de formulación o composición de cada producto foliar (12).

#### A) Compuestos a partir de sales:

Tienen la característica de poseer una molécula de gran tamaño (1800 gramo-mol). El peso y tamaño de dichos productos inciden directamente en la velocidad de absorción y translocación del nutriente con la probabilidad de realizarse de 1 a 2 semanas dependiendo del elemento. Pueden causar toxicidad o quemaduras si la dosis no es determinada adecuadamente (12).

#### B) Quelatos orgánicos de aminoproteínas:

Tienen características de poseer un tamaño de molécula más pequeño de 800 a 1000 gramo-mol. La velocidad de absorción y translocación es más rápida ya que se da en horas (12).

### **3.2.7 Metodología De Análisis De Calcio En Los Frutos**

#### **3.2.7.1 Método Digestión Seca Y Determinación De Cation De Calcio Por Absorción Atómica.**

Pesar de 0.5 a 1.0 g de muestra seca y ponerla en un crisol de platino o porcelana. Incinerar a 600°C durante 2 horas, como mínimo. Dejar que se enfríe durante 20 minutos. Disolver la ceniza con 5 ml de HCl 20%. Calentar si es preciso para favorecer la disolución del residuo. Filtrar la solución a través de papel filtro sobre un balón aforado (normalmente 100 ml). Llevar a volumen. Para la determinación del contenido de



calcio por absorción atómica se utilizan 5 ml de la solución anterior más 10 ml de solución  $\text{LaCl}_3$  50 g  $\text{L}^{-1}$ . Aforar a 50 ml. Leer (10).

### **3.2.8 La Información General Del Penetrómetro**

El Penetrómetro Universal se usa para determinar la consistencia de los materiales semi-sólido y sólidos. Desde que el modelo universal acepta todas las agujas y conos, su manejo está completo. Además de las pruebas de petróleo, el penetrómetro tiene muchas aplicaciones en otras industrias. Este aparato también puede usarse en la industria de la cocción y otros campos relacionados. Se han probado pasteles y panes con este aparato midiendo la penetración para determinar su grado de consistencia.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de las concentraciones y las formulaciones foliares de calcio sobre el tiempo de vida de anaquel, contenido de Calcio y firmeza del fruto de tomate después de cosechado.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Establecer cuál de las concentraciones, las fuentes de calcio y la interacción de ambas prolongan el tiempo de vida de tomate en almacenamiento.
- 2) Establecer si el contenido de calcio en los frutos está relacionado con el tiempo de vida y la firmeza del fruto de tomate.

## **V. HIPÓTESIS**

Las concentraciones, formulaciones de calcio y su interacción tendrán un efecto positivo y significativo sobre el tiempo de vida de los frutos de tomate después de cosechados.

A mayor contenido de calcio en los frutos se tendrá un mayor tiempo de vida y firmeza de los frutos de tomate.

## VI. METODOLOGÍA

### 6.1 FACTORES Y NIVELES EVALUADOS

Los factores evaluados fueron las formulaciones de foliares de calcio a concentraciones en partes por millón (ppm) de mismo tal como se observa en la Cuadro 1.

**Cuadro 1 Factores y Niveles Evaluados**

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>
Formulaciones	(A1) Quelato orgánico formulado con aminoácidos
	(A2) Quelato orgánico formulado a base de ácido fenólico
	(A3) Sal Soluble a partir de CaCl <sub>2</sub>
	<b>Niveles</b>
Concentraciones	800 ppm (B1) de Calcio
	1600 ppm (B2) de Calcio
	2400 ppm (B3) de Calcio

#### 6.1.1 Descripción De Los Tratamientos

En la Cuadro 2 se muestran, los tratamientos seleccionados de las combinaciones de los distintos factores y sus respectivos niveles, que dan lugar a los 9 tratamientos de la evaluación.

**Cuadro 2 Descripción de Tratamientos de la Evaluación**

<b>TRATAMIENTOS No.</b>	<b>DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS</b>	<b>NOMENCLATURA</b>
1	Quelato con aminoácidos [800ppm]	A1B1
2	Quelato con aminoácidos [1600ppm]	A1B2
3	Quelato con aminoácidos [2400ppm]	A1B3
4	Quelato con ácido fenólico [800ppm]	A2B1
5	Quelato con ácido fenólico [1600ppm]	A2B2
6	Quelato con ácido fenólico [2400ppm]	A2B3
7	Sal Soluble de CaCl <sub>2</sub> [800ppm]	A3B1
8	Sal Soluble de CaCl <sub>2</sub> [1600ppm]	A3B2
9	Sal Soluble de CaCl <sub>2</sub> [2400ppm]	A3B3

## 6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para evaluar los tratamientos diseñados según el Cuadro 2, se utilizó un diseño factorial de tres por tres en bloques completos al azar (existiendo como gradiente la pendiente del terreno), compuesto de nueve tratamientos, cuatro repeticiones, utilizando una significancia de 0.05 y el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + E_{ij}$$

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta de la  $ijk$  – esima unidad experimental

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto de la  $i$  – esima concentración

$\beta_j$  = Efecto de la  $j$  – esima fuente

$\alpha\beta_{ij}$  = Efecto de la interacción entre  $i$  – esima concentración con  $j$  – esima fuente

$\gamma_k$  = efecto del  $k$  – esimo bloque

$E_{ij}$  = Efecto del error experimental asociado a la  $ijk$  – esima unidad experimental

### 6.2.1 Tamaño De Unidad Experimental

La unidad experimental ( parcela bruta) fue de 3 surcos espaciados a 1.2 metros entre sí y 7 metros de largo cada uno para un área de 25.2 m<sup>2</sup> con un total de 51 plantas/parcela bruta. La unidad de muestreo (parcela neta) fue de 3 surcos espaciados a 1.2 metros entre sí y 5 metros de largo cada uno para un área de 6 m<sup>2</sup> con un total 13 plantas/parcela neta.

## **6.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **6.3.1 Preparación Del Terreno**

Se llevó a cabo la preparación del terreno efectuando un paso de arado y dos de rastra, luego se incorporo abono orgánico sobre la base de gallinaza, donde posteriormente se hicieron los camellones en donde se efectuó la siembra.

### **6.3.2 Siembra**

Ya efectuada la preparación del terreno se hizo el transplante de pilones del híbrido Silverado, de treinta días de siembra utilizando un “chuzo” para abrir hoyos.

### **6.3.3 Fertilización**

La fertilización se realizó de la siguiente manera: después de transplantado el pilón se hizo una aplicación de una mezcla de triple quince (15-15-15) con (10-50-0) en proporción de dos quintales de triple quince (15-15-15) por uno de (10-50-0) a razón de 6qq/mz (388.8 Kg/ha). A los 22 días después de transplante se realizó la segunda fertilización con (19-4-19) a razón de 6qq/mz (388.8 Kg/ha). En esta segunda fertilización se llevó a cabo la aplicación de Nitrato de Calcio a los testigos relativos a razón de 60g/m<sup>2</sup> de parcela bruta, esto ya que los agricultores de la región suelen hacer solamente una aplicación de Nitrato de Calcio en el ciclo del cultivo de tomate y lo hacen en la segunda fertilización. Y una tercera fertilización a los 44 días después de transplantada la planta de una mezcla de triple quince (15-15-15) con (13-0-46) en la siguiente proporción un quintal de triple quince (15-15-15) por uno de (13-0-46) a razón de 6qq/mz (388.8 Kg/ha); todos los anteriores son fertilizantes granulados aplicados al suelo.

En cuanto a las fuentes foliares de calcio que son tres, las mismas tienen distintos tiempos de absorción y traslocación en la planta, ya que dos de estos son quelatos orgánicos naturales, además de estar formulados de forma distinta ya que uno de ellos forma quelatos basándose en aminoácidos y rodeado de una proteína vegetal hidrolizada y la otra fuente forma quelatos con un derivado orgánico del fenol. Por último esta una sal soluble de calcio. Por las distintas fuentes de calcio, para uniformizar la evaluación se

trabajo basándose en concentraciones en partes por millón que según la recomendación técnica de químicas Stoller<sup>3</sup> para obtener una mejor nutrición en la planta se necesita de un 2% de calcio que equivale a una concentración de 1600 ppm. Se hicieron aplicaciones con 1% más de calcio y 1% menos de calcio que equivale a las concentraciones de 2400 ppm y 800 ppm respectivamente. Para completar las dosis (concentraciones + aplicaciones) se realizaron cuatro aplicaciones a los 35, 45, 55 y 65 días después de transplantado el pilón ya que según Lazcano (7) la absorción de calcio en el fruto empieza a incrementarse a los 65 días después de germinada la planta y como al momento de transplantar el pilón ya lleva 30 días de germinado por esto las aplicaciones se empezaron a los 35 días de transplantado el pilón. Además de estos tratamientos, están otros dos, que son un testigo relativo el cual tuvo una aplicación de nitrato de calcio en la segunda fertilización, ya que los agricultores de la región comúnmente hacen una aplicación de nitrato de calcio en todo el ciclo de cultivo y esta la hacen en la segunda fertilización a los 22 días de transplantado el pilón. Y por último está un testigo absoluto al que no se le hizo aplicaciones de calcio al suelo ni foliarmente. Se hicieron complementar con aplicaciones foliares zinc y boró al inicio de la floración.

Para determinar la cantidad de litros de agua y la cantidad correspondiente de Calcio que se utilizaron en las parcelas de 25.2 m<sup>2</sup>, fue preciso hacer una calibración de dichas parcelas para lo que se utilizó una bomba de aspersión con capacidad para 20 litros de agua. Para hacer dicha calibración se procedió a depositar 20 lt agua en la bomba de aspersión, luego se asperjó con la bomba una parcela de 25 m<sup>2</sup> y se llenó de nuevo hasta los 20 lt de agua. La cantidad de agua que se utilizó por parcela resulta de la cantidad que se tubo que depositar de nuevo para llenar la bomba de aspersión a 20lt de agua. Este procedimiento se utilizó en cada una de las 4 aplicaciones efectuadas en la evaluación, dichas volúmenes de agua se utilizaron para hacer las distintas soluciones a diferentes concentraciones. Utilizando 0.9 lt H<sub>2</sub>O en la primera aplicación, 1.0 lt H<sub>2</sub>O en la segunda, 1.6 lt H<sub>2</sub>O y 1.8 lt H<sub>2</sub>O en la cuarta aplicación esto por parcela de 25.2 m<sup>2</sup>.

<sup>3</sup> Comunicación personal con Ing. Luis Estrada Ligorria

### **6.3.4 Control De Malezas**

Se utilizaron prácticas de control mecánico como lo es arranque de malezas con azadón del centro del surco al pie de la planta de tomate, complementando con un control químico utilizando herbicidas como Sencor, Fusilade y Gramoxone a la dosis comercial que el agricultor acostumbra.

### **6.3.5 Control Fitosanitario**

Para el control de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y pulgones (*Aphis sp.*) Se aplicó el insecticida *Imidacloprid* (Confidor 70 WG), en el semillero hasta el momento del transplante de las plantas de tomate. Además para la mosca minadora (*Liriomyza munda*) se aplicó el insecticida *Diazinon* (Diazinon 60 EC). Para hacer un control de gusano del fruto (*Helicoverpa sp*) y gusano soldado (*Spodoptera exigua*) se aplicó insecticidas como *Indoxacarb* (Avaunt 30WG), *Lamda-Cihalotrina* (Karate Zeon 2,5CS), *Lufenuron* (Mach 5EC), *Clorfenapir* (Sunfire 24SC). Las aplicaciones se hicieron sobre la base de la dinámica de población de los insectos, haciendo rotaciones de insecticidas para evitar que los mismos adquieran resistencia y luego no sea posible controlarlos.

En cuanto el control de enfermedades como mal del talluelo (*Rhizoctonia*), tizón temprano (*Alternaria solani*) y tizón tardío (*Phytophthora infestans*), se utilizó fungicidas en forma preventiva y curativa como *Propineb* (Antracol 70WP), *Azoxistrobina* (Amistar 50WG), *Clorotalonilo* (Bravo 50SC), *Chorothalonil* (Daconil 82,5WG), *Carbendazim* (Derosal 50SC), *Mancozeb* (Mancozeb 80WP), *Propamocarb* (Previcur 72SL), *Metalaxyl-m-mancozeb* (Ridomild Gold Mz 68WP), *Iprodiona* (Rovral 50WP), *Oxicloruro de cobre*, *Sulfato de cobre*, *Carbonato de cobre*, *Mancozeb* (Tri-miltox Forte 41,5WP).

### **6.3.6 Riego**

En la evaluación se utilizó un sistema de riego por goteo, se regó con una frecuencia de cada 2 días durante 3 horas con una descarga por gotero de 1lt /hora, si no llovió, con precipitación pluvial se dejó 5 días para volver a regar.



### **6.3.7 Tutoreo**

Se sembraron tutores de madera a cada metro de distancia, estos tienen de 1.2 metros de largo y se colocó “rafia” (pita plástica) de acuerdo al crecimiento del cultivo.

### **6.3.8 Cosecha**

La cosecha del fruto de tomate se realizó cuando los frutos se encontraron en el estado rojo-maduro, donde se llevó un control del rendimiento en cada corte para cada uno de los tratamientos. Además en la tercera cosecha se extrajo una muestra de 10lb de tomate de primera para los análisis del contenido de calcio del tomate y el almacenamiento del mismo.

## **6.4 VARIABLES DE RESPUESTA**

### **1) *Tiempo de vida del tomate en días después del corte:***

El corte se llevó a cabo en el estado de maduración rojo-maduro, es decir que los frutos todavía estaban firmes. El tiempo de vida del tomate se determinó basándose en la pérdida de peso ya que de acuerdo con la FAO “Cuando el producto recolectado pierde un 5 por ciento de su peso original, empieza a secarse y pronto resulta inutilizable” (4).

Para la evaluación se recolectaron en el campo, en la parcela neta 10 lb, el peso fue tomado por medio de una balanza, la cual estaba calibrada, tanto en onzas como en libras pero las lecturas fueron tomadas de forma uniforme libras para obtener las 10 lb que van a ser analizadas en almacenamiento.

Se extrajeron 10 frutos de cada tratamiento; para realizarles el análisis de laboratorio que determinó el contenido de calcio del tomate. De estos frutos, a cinco se les efectuó el análisis de laboratorio para determinar el porcentaje de Ca; los otros cinco fueron sometidos a un monitoreo cada cuatro días hasta que perdieran el 5% de su peso original, utilizando una balanza monoplato graduada en gramos, para determinar la pérdida de peso. Los frutos sometidos al monitoreo se almacenaron junto con las muestras.

Estos tomates se almacenaron en cajas de madera ya que los agricultores de la región envasan el tomate de esta manera. El almacenamiento de las cajas de tomate se hizo en un cuarto ventilado donde también se

tomaron lecturas de temperatura para llevar el registro de las condiciones de almacenamiento.

En cuanto a la limpieza, los tomates que se cosecharon se colectaron en cubetas para evitar ponerlos en cualquier superficie donde pudieran haber estado en contacto con piedras, partículas de tierra y los restos de plantas que se suelen quitar de forma manual. Luego de colectados los tomates se procedió a su clasificación tomando en cuenta que se descartaron los tomates dañados por algún golpe en el manejo, que tengan algún tipo de pudrición o enfermedad. Después se realizó la clasificación basándose en el tamaño del tomate, siendo los de mayor tamaño los frutos de primera y conforme va decreciendo el tamaño del tomate así también decrece su categoría.

Esta clasificación se hizo en una galera para disipar el calor del tomate colectado en el campo para después envasarlo en las cajas y luego se almacenó en un cuarto ventilado. El almacenamiento se llevó a cabo en las condiciones normales que lo haría un agricultor de la región ya que el estudio pretende que a través de la nutrición previa en el campo el tomate adquiriera pared celular más rígida con lo que se pretende alargue el tiempo de vida.

## ***2) Contenido de Calcio en el Fruto y Análisis de Suelo del Área Experimental***

Se estableció el contenido de calcio del fruto mediante análisis de laboratorio. El análisis se efectuó en los Laboratorios Advanced Nutrition Albion of Miami USA; mientras que el análisis del suelo del área evaluada se realizó en el Laboratorio de Suelo-Planta-Agua Salvador Castillo Orellana, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## ***3) Firmeza:***

En los monitoreos también se hicieron las lecturas respectivas de firmeza de los frutos de tomate, para lo cual se utilizó un penetrómetro universal 73510 de Precision Scientific el cual da lecturas en 1/10 de mm. Dicho instrumento utiliza una punta de cono la cual penetra el fruto indicando la profundidad a la que penetra el fruto en 1/10 de mm. Para dicha variable de respuesta se utilizó 1 fruto por cada uno de los tratamientos que se llevaron a cabo hasta que los 5 frutos de cada tratamiento a los que les llevó el monitoreo

de su peso hayan perdido el 5% de su peso original.

A cada fruto que se utilizó para medir la firmeza se efectuaron 6 lecturas, las cuales se tomaron de la siguiente manera: 1 extremo del fruto, 1 centro fruto, 1 extremo contrario a la primera lectura y esta lectura se repetirán en la otra cara del tomate con lo que dio 6 lecturas por fruto. Esto debido a que el tomate puede estar menos firme en un extremo o el centro del fruto. Es de importancia resaltar que los frutos que son utilizados para dicha variable de respuesta se desecharon después de haber tomado las lecturas ya que de lo contrario podrían haber afectado el resultado de la evaluación debido a que con el penetrómetro se les ocasiona daño físico a los frutos, por lo cual no se ingresaron de nuevo para almacenarlos. Los frutos que se seleccionaron para dicha variable de respuesta se tomaron al azar de cada uno de los tratamientos.

## **6.5 CORRELACIÓN LINEAL**

Para determinar la tendencia del contenido de calcio a estar relacionado con el tiempo de vida del fruto y la firmeza de este, después de cosechado, en una forma definida, se utilizó la correlación lineal con el método estándar para el coeficiente de correlación lineal, que es una técnica para medir el grado de asociación de variables (9).

## VII. RESULTADOS

### 7.1 TIEMPO DE VIDA DEL TOMATE EN DÍAS DESPUÉS DEL CORTE

En el Cuadro 3 muestra los resultados de tiempo de vida de los tomates después de cosechados, los mismos se obtuvieron de los monitoreos efectuados a los frutos de tomate hasta que los mismo perdieron el 5% de su peso original.

**Cuadro 3 Resultado de tiempo de vida de los tomates después de cosechados con perdida 5% de su peso original en días.**

Perdida 5% Peso Original en (días)						
Tratamientos	Bloques				Yij.	Yij.
	B1	B2	B3	B4		
A1B1	24	24	22	19	89	22,25
A1B2	22	20	19	19	80	20
A1B3	26	20	15	22	83	20,75
A2B1	21	20	19	20	80	20
A2B2	20	19	17	20	76	19
A2B3	22	22	21	18	83	20,75
A3B1	24	20	22	18	84	21
A3B2	22	17	17	20	76	19
A3B3	23	21	20	20	84	21
<b>Y..k</b>	204	183	172	176		

Estos valores sirvieron de base para hacer el análisis de varianza, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4

**Cuadro 4 ANDEVA para el tiempo de vida después del corte hasta que perdió el 5% de su peso original**

factor B	factor A			Y.j.	Y.j.
	A1	A2	A3		
B1	89	80	84	253	84,3333333
B2	80	76	76	232	77,3333333
B3	83	83	84	250	83,3333333
<b>Yi..</b>	252	239	244	<b>735</b>	
Yi..	84	79,6666667	81,3333333		
			<b>Media</b>	20,4166667	

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F Calculada	Valor de F de Tabla
Bloques	3	67,6388889			
Tratamientos	8	34,5	4,3125	1,28394211NS	2.36
A	2	7,16666667	3,58333333	1,06685045NS	3.40
B	2	21,5	10,75	3,20055134NS	3.40
AB	4	5,83333333	1,45833333	0,43418332NS	2.78
Error	24	80,6111111	3,3587963		
Total	35	182,75			

\* Significativo

NS: No Significativo

Los resultados de este análisis de varianza indican que los tratamientos fueron no significativos entre sí, por lo que el efecto de los tratamientos es estadísticamente igual. Por esto se infiere que puede utilizarse cualquiera de las formulaciones con su dosis comercial o bien a la menor dosis evaluada, para obtener mayor tiempo de vida después de cortado el tomate hasta que haya perdido un 5% de su peso original; ya que como se aprecia en alguna de las tres formulaciones a distinta concentración proporciona un margen de 21 días, que es el tiempo que el agricultor espera al hacer aplicaciones de calcio.

## 7.2 CONTENIDO DE CALCIO EN EL FRUTO DE TOMATE

En el Cuadro 5 se observa el contenido de Calcio expresado en porcentaje en los frutos de tomate, después que estos perdieron el 5% de su peso original, con los cuales se efectuó el análisis de varianza.

**Cuadro 5 Contenido de calcio en el fruto de tomate**

Porcentaje de Calcio en Frutos						
	B1	B2	B3	B4	Yij.	Yij.
A1B1	0,1	0,08	0,13	0,09	0,4	0,1
A1B2	0,11	0,1	0,13	0,13	0,47	0,1175
A1B3	0,13	0,11	0,17	0,17	0,58	0,145
A2B1	0,12	0,1	0,22	0,07	0,51	0,1275
A2B2	0,12	0,12	0,11	0,08	0,43	0,1075
A2B3	0,05	0,14	0,1	0,12	0,41	0,1025
A3B1	0,08	0,24	0,16	0,08	0,56	0,14
A3B2	0,1	0,13	0,15	0,12	0,5	0,125
A3B3	0,13	0,13	0,09	0,11	0,46	0,115
Y..k	0,94	1,15	1,26	0,97		

Efectuando el análisis de varianza respectivo, como se observa en el Cuadro 6 manifiesto que no existen diferencias estadísticamente significativa en el contenido de calcio de los frutos de tomate después de cosechados, cuando estos ya han perdido el 5% de su peso original.

**Cuadro 6 ANDEVA para el Contenido de Calcio en el Fruto de Tomate**

	factor A				
factor B	A1	A2	A3	Y.j.	Y.j.
B1	0,4	0,51	0,56	1,47	0,49
B2	0,47	0,43	0,5	1,4	0,46666667
B3	0,58	0,41	0,46	1,45	0,48333333
Yi..	1,45	1,35	1,52	<b>4,32</b>	
Yi..	0,48333333	0,45	0,50666667		
			<b>Media</b>	0,12	

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F Calculada	Valor de F de Tabla
Bloques	3	0,007666667			
Tratamientos	8	0,008	0,001	0,67924528NS	2.36
A	2	0,001216667	0,00060833	0,41320755NS	3.40
B	2	0,000216667	0,00010833	0,07358491NS	3.40
AB	4	0,006566667	0,00164167	1,11509434NS	2.78
Error	24	0,035333333	0,00147222		
Total	35	0,051			

\* Significativo  
NS: No Significativo

Los análisis de laboratorio efectuados a los frutos de tomate después de cortados manifiestan que nivel nutriente en el fruto es bajo; también se tomó como referencia el contenido de Calcio de los frutos de tomate, expuesto en los síntomas de deficiencia de calcio, a los 105 días el porcentaje de Calcio en base seca en el fruto de tomate es 0.18%, confirmando así que a pesar de las aplicaciones foliares el contenido de este elemento en los frutos es bajo.

Estos resultados manifestados en los frutos de tomate pudieron deberse a la dificultad de movimiento que tiene el calcio dentro de la planta; la fertilización foliar debe ser complementos a los fertilizantes portadores de calcio aplicados al suelo o en hidroponía según Lazcano (7).

En la evaluación no se realizaron aplicaciones calcio al suelo, solamente se utilizaron foliares, y los análisis efectuados al suelo manifestaron que este elemento se encontraba deficiente en el mismo (anexo Cuadro 11). A pesar de las distintas formulaciones y concentraciones que se evaluaron, en la búsqueda de proporcionar un suministro adecuado de calcio a los frutos, estas no fueron suficientes. Ya que no se logro el equilibrio adecuado de calcio dentro de los frutos, por lo que se encuentra deficiente en los mismos.

Para establecer el grado de relación que existe entre el contenido de calcio de los frutos y el tiempo de vida de estos después de cosechado se utilizo el análisis de correlación y regresión simple, utilizando como variable independiente el porcentaje de calcio y como variable dependiente el tiempo de vida, como se muestra en el Cuadro 7.

**Cuadro 7 Análisis Correlación y Regresión Lineal Simple entre %Ca y Tiempo de Vida**

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,128484054
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,016508152
R <sup>2</sup> ajustado	-0,123990683
Error típico	1,100818993
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>g.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>P.C.</i>	<i>F</i>	<i>Valor de F</i>
Regresión	1	0,142382813	0,142382813	0,117496719NS	0,741828518
Residuos	7	8,482617188	1,211802455		
Total	8	8,625			

\* Significativo

NS: No Significativo

De acuerdo al análisis de varianza y al coeficiente de determinación, el modelo no es adecuado para explicar el fenómeno. Y el coeficiente de correlación que no existe relación entre las variables. Por lo que tanto el porcentaje calcio y el tiempo de vida no parecen tener relación alguna y actúan de forma independiente.

### 7.3 FIRMEZA

El Cuadro 8 se indican los resultados obtenidos en el laboratorio de firmeza de los frutos de tomate expresada en 1/10 de mm, utilizando el penetrómetro para determinar la misma.

**Cuadro 8 Firmeza de los Frutos de Tomate**

Firmeza en (1/10mm)						
	B1	B2	B3	B4	Yij.	Yij.
A1B1	42	35	34	48	159	39,75
A1B2	39	40	37	44	160	40
A1B3	40	42	47	41	170	42,5
A2B1	47	36	40	42	165	41,25
A2B2	44	43	38	43	168	42
A2B3	46	39	48	37	170	42,5
A3B1	42	37	36	39	154	38,5
A3B2	43	44	36	40	163	40,75
A3B3	46	46	37	43	172	43
Y..k	389	362	353	377		

En el Cuadro 9 se observa que el análisis de varianza indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en la firmeza de los frutos de tomate. Lo que manifiesta que estadísticamente la firmeza alcanzada por los frutos de tomate es la misma.

**Cuadro 9 ANDEVA para la Firmeza del Fruto de Tomate.**

factor A					
factor B	A1	A2	A3	Y.j.	Y.j.
B1	159	165	154	478	159,333333
B2	160	168	163	491	163,666667
B3	170	170	172	512	170,666667
Yi..	489	503	489	<b>1481</b>	
Yi..	163	167,666667	163		
			<b>Media</b>	41,1388889	



Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F Calculada	Valor de F de Tabla
Bloques	3	84,75			
Tratamientos	8	73,0555556	9,13194444	0,57298475NS	2.36
A	2	10,8888889	5,44444444	0,3416122NS	3.40
B	2	49,0555556	24,5277778	1,53899782NS	3.40
AB	4	13,1111111	3,27777778	0,20566449NS	2.78
Error	24	382,5	15,9375		
Total	35	540,305556			

\* Significativo

NS: No Significativo

A pesar de que la firmeza es parte esencial hay posibilidades que no se haya manifestado una diferencia significativa, debido a la dificultad del movimiento del calcio dentro de la planta, ya que debe existir un balance entre el suministro de calcio a la raíz y el suministro de la parte aérea de la planta para que la llegada del calcio proporcione a la misma una formación de paredes celulares de los tejidos en crecimiento apropiado.

Se busco establecer el grado de relación que existe entre el contenido de calcio de los frutos y la firmeza de los mismos, utilizando el análisis de correlación y regresión simple, la variable independiente el porcentaje de calcio y como variable dependiente la firmeza, como se muestra en el Cuadro 10.

#### Cuadro 10 Análisis de Correlación y Regresión Lineal Simple entre %Ca y la Firmeza

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coficiente de correlación múltiple	0,17331824
Coficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,03003921
R <sup>2</sup> ajustado	-0,10852662
Error típico	1,59083339
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>g.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>P.C.</i>	<i>F</i>	<i>Valor de F</i>
Regresión	1	0,548632812	0,54863281	0,2167866NS	0,655638503
Residuos	7	17,71525608	2,53075087		
Total	8	18,26388889			

\* Significativo

NS: No Significativo

El análisis de varianza y el coeficiente de determinación, indicaron que el modelo no es adecuado para explicar el fenómeno. Y el coeficiente de correlación que no existe relación entre las variables. Según los análisis efectuados al igual que con el tiempo de vida no parece existir relación alguna entre el porcentaje de calcio y la firmeza de los frutos por lo que estas variables actúan de forma independiente. Este comportamiento entre las relaciones del porcentaje de calcio, el tiempo y la firmeza de los frutos de tomate; pudo haber sido afectada porque en las mismas existen varias diferencias, consistentes en las distintas formulaciones y concentraciones. Además también se pudo deber a que la solubilización de las pectinas, puede ser afectada por la participación de otras hidrolasas, a demás del contenido de calcio según Fisher y Bennet.

## VIII. CONCLUSIONES

1. El tratamiento que manifiesta mayor tiempo de vida; es la fuente de quelato formulado con aminoácidos a una concentración de 800 ppm (A1B1), dando un tiempo de vida de 22 días.
2. Se puede emplear cualquiera de las fuentes utilizadas para la evaluación, con la dosis recomendada por las casas que la fabrican, ya que no tuvo influencia la concentración, para que los frutos alcanzaran por lo menos 20 días en almacenamiento.
3. El contenido de Calcio de los frutos no tiene relación apreciable con el tiempo de vida y la firmeza de los frutos después de cosechados como lo demuestran los análisis de correlación y regresión lineal simple efectuados entre las variables por lo que las mismas actúan de forma independiente.

## **IX. RECOMENDACIÓN**

- a. Que se evalué la aplicación tanto foliar como al suelo del calcio, para crear el equilibrio adecuado en el suministro de dicho elemento en la planta, ya que en la evaluación mostró que no es suficiente hacer solamente aplicaciones foliares.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Vicente, C. s.f. La incidencia del calcio en la calidad: porqué su fruta no es de la calidad que el mercado exige. US, Stoller Enterprises. p. 10-12.
2. Barcelo Coll, J. 1980. Fisiología vegetal. España, Ediciones Pirámide. 1022 p.
3. BIOAGRO, US. 2002. Metalosatos (en línea). Consultado 17 may. 2003. Disponible en [www . bioagro.org/Paginas/menú.htm](http://www.bioagro.org/Paginas/menú.htm).
4. Chiesa, A. 2000. Cambios de textura en la maduración de frutos de tomate (en línea). Chile. Consultado 17 may. 2003. Disponible en [www.uchile.cl/facultades/cs\\_agronomicas/publicaciones/iagricola/vol17/17p3.html](http://www.uchile.cl/facultades/cs_agronomicas/publicaciones/iagricola/vol17/17p3.html).
5. FAO, IT. 1993. Prevención de pérdidas de alimentos post-cosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Roma, Italia. 183 p. (Colección FAO: no. 17/2).
6. \_\_\_\_\_. 2002. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y ... (en línea). Italia. Consultado 17 may. 2003. Disponible en [www.fao.org/inpho/vlibrary/x0056s/X0056S00.htm](http://www.fao.org/inpho/vlibrary/x0056s/X0056S00.htm).
7. Lazcano, I. 2002. Deficiencia de calcio en tomate (*Lycopersicum esculentum* L. ). Informaciones Agronómicas no. 39. Consultado 17 may. 2003. Disponible en [www.ppi-far.org/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/1FEDD99571A87B2105256A15005A3D39/\\$file/Deficiencia+Ca+en+Tomate.pdf](http://www.ppi-far.org/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/1FEDD99571A87B2105256A15005A3D39/$file/Deficiencia+Ca+en+Tomate.pdf).
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2002. Agroalimentación. tomate. cultivo y manejo (en línea). Guatemala. Consultado 17 may. 2003. Disponible en [www.infoagro.com/hortalizas/tomate.asp](http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.asp).
9. Montgomery, D. 1991. Diseño y análisis de experimentos. México, Grupo Editorial Iberoamericana. 585 p.
10. Pacheco, R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. p. 62-63.
11. Pantastico, ER. 1984. Fisiología de la postrecolección manejo y utilización de frutas y hortalizas. México, Compañía Editorial Continental. 663 p.
12. PROCAFE, SV. s.f. Diferencia entre el uso de fertilizantes quelatizados y sales en fuentes foliares. El Salvador, ABECAFE. p. 22-24.
13. Quelatos; fundamentos y aplicaciones agrícolas (en línea). 2002. España, TAVAN. Consultado 17 may. 2003. Disponible en [www.tavan.es/quelatos.htm](http://www.tavan.es/quelatos.htm).
14. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación Económica, GT). 2001. Caracterización de Salamá. Guatemala. 12 p.

15. Soria Idrovo, N. 2002. Tecnología poscosecha del cultivo de tomate de arbol (en línea). Ecuador, SICA. Consultado 17 may. 2003. Disponible en [www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/tecnología\\_poscosecha.htm](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/tecnología_poscosecha.htm).
16. Soto, M. 1997. Tema a profundizar (en línea). Chile. Consultado 17 may. 2003. Disponible en [members.tripod.com/ironboy/frambuesa/tema.htm](http://members.tripod.com/ironboy/frambuesa/tema.htm).

## XI. ANEXO

**Cuadro 11 Análisis de Suelo Efectuado en la Evaluación**

IDENT	pH	ppm		meq		ppm			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
RANGO MEDIO		12,0-16,0	120-150	6,0-8,0	1,5-2,5	2,0-4,0	4,0-6,0	10,0-15,0	10,0-15,0
M-2	6,2	44,23	710	5	1,59	3	2,5	13	21,5