

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



Evaluación del efecto de seis programas de fertilización con calcio - boro y dos temperaturas de almacenamiento, en la prolongación de la vida en anaquel del tomate (*Lycopersicon sculentum* L.), híbrido Evaluna RZ F1, en el municipio de La Palma, cantón Los Planes, departamento de Chalatenango

POR:

ALFARO TORRES, ANA ERNESTINA  
GONZÁLEZ ASCENCIO, JOSÉ MARÍA  
RIVERA OSORIO, JAIME ERNESTO

SAN SALVADOR, NOVIEMBRE DE 2013



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



Evaluación del efecto de seis programas de fertilización con calcio - boro y dos temperaturas de almacenamiento, en la prolongación de la vida en anaquel del tomate (*Lycopersicon sculentum* L.), híbrido Evaluna RZ F1, en el municipio de La Palma, cantón Los Planes, departamento de Chalatenango

POR:

ALFARO TORRES, ANA ERNESTINA  
GONZÁLEZ ASCENCIO, JOSÉ MARÍA  
RIVERA OSORIO, JAIME ERNESTO

SAN SALVADOR, NOVIEMBRE DE 2013

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



Evaluación del efecto de seis programas de fertilización con calcio - boro y dos temperaturas de almacenamiento, en la prolongación de la vida en anaquel del tomate (*Lycopersicon sculentum* L.), híbrido Evaluna RZ F1, en el municipio de La Palma, cantón Los Planes, departamento de Chalatenango

POR:

ALFARO TORRES, ANA ERNESTINA  
GONZÁLEZ ASCENCIO, JOSÉ MARÍA  
RIVERA OSORIO, JAIME ERNESTO

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO (A) AGRÓNOMO

SAN SALVADOR, NOVIEMBRE DE 2013

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO.

**SECRETARIA GENERAL:**

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA.

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

ING. AGR. M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA.

**SECRETARIO:**

ING. AGR. M. Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO.

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

---

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

**DOCENTES DIRECTORES**

---

ING. AGR. M. Sc. SIGFREDO RAMOS CORTEZ

---

ING. AGR. EDIS ADALBERTO PINEDA CARIDAD

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN.**

---

ING. AGR. MARIO ANTONIO BERMÚDEZ

## RESUMEN

La investigación tuvo como principal objetivo evaluar el efecto de seis programas de fertilización con calcio y boro, en la prolongación de la vida en anaquel del tomate almacenado a dos temperaturas, con el propósito de dar respuesta a la interrogante: ¿son los cambios en las concentraciones de calcio y boro en la solución madre para el fertiriego y las temperaturas de almacenamiento del tomate, factores que prolonguen la vida en anaquel del fruto? Se midieron a nivel de campo el diámetro de tallo, la altura de planta, el peso de fruto y el rendimiento. A nivel de almacenamiento post cosecha se midieron el peso de fruto, diámetro de fruto, firmeza, grados brix, contenido de calcio, contenido de boro y duración del fruto.

Una vez montada la parcela con tomate del cultivar Evaluna RZ F1, se aplicó vía fertiriego cada uno de los siguientes programas por cama de siembra: P1=Testigo (programa utilizado en la localidad), P2= +25% Ca y B, P3= +50% Ca y B, P4= +75 % Ca y B, P5= -25% Ca y B y P6= -50% Ca y B. Los programas 2 a 6 se modificaron en su porcentaje de concentración de Calcio y Boro, con respecto al testigo (Cuadro 5).

Para realizar el estudio de vida en anaquel se almacenaron frutos de los seis programas en dos grupos: a temperatura ambiente (27°C) y controlada (12°C). Las variables medidas en anaquel se analizaron con un diseño estadístico de bloques al azar y un arreglo factorial de parcelas divididas (Figura 1); mientras que las variables a nivel de campo se analizaron con un diseño de bloques completos al azar, con una probabilidad estadística del 0.05.

Ninguna de las variables medidas a nivel de campo presentó resultados significativos por efectos de los programas de fertilización. A nivel de anaquel, las temperaturas ejercieron efecto significativo sobre la firmeza del fruto y la duración, y los programas de fertilización ejercieron efectos significativos sobre las variables en anaquel exceptuando el contenido de boro en el fruto, de la siguiente manera: El *testigo* brindó estadísticamente el mayor *diámetro de fruto* y mayor *contenido de boro* en el fruto, el *programa dos* (+ 25% Ca y B) proporcionó la mayor *firmeza de fruto*, el *programa tres* (+50% Ca y B) el mayor dato de grados brix, y el *programa seis* (- 50% Ca y B) el mayor *contenido de calcio* en el fruto.

Estadísticamente la única interacción significativa se dio para la *firmeza del fruto*, conjuntando la temperatura controlada y el programa dos (+25% Ca y B).

Económicamente, el programa 5 (-25% Ca y B) resultó con una tasa de retorno marginal del 749%, siendo el más factible desde este punto de vista.

## AGRADECIMIENTOS

- **A DIOS TODO PODEROSO:** por habernos dado la fortaleza y sabiduría, pero sobre todo fe en nosotros mismos para alcanzar este triunfo.

- **A NUESTROS PADRES:** por el apoyo incondicional que nos brindaron durante todos estos años, por todos los sacrificios que hicieron a lo largo de nuestra carrera, así como también la comprensión y la paciencia que nos brindaron en los momentos difíciles.

- **A NUESTROS ASESORES:** por su paciencia, amistad pero sobre todo por el apoyo que nos brindaron a lo largo del desarrollo de la investigación.

- **A NUESTROS MAESTROS:** por haber compartido con nosotros sus conocimientos y experiencias a lo largo de toda la carrera.

- **A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR,** pero en especial a la **FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS:** por permitirnos ser parte de una generación de triunfadores



## DEDICATORIA

Primeramente agradecerle a Dios omnipotente principalmente por el don de la vida y permitir culminar mis estudios con bien, por darme la paciencia y fortaleza para culminar mis estudios de ingeniero agrónomo, este logro alcanzado es gracias al apoyo de muchas personas que de una u otra manera pusieron un grano de arena para la obtención de mis objetivos por lo cual mis más sinceros agradecimientos a ustedes que forman parte de mi vida.

A mis padres **José Santos Alfaro y María Ernestina Torres de Alfaro (Q.D.D.G)**, por toda la paciencia y apoyo brindado durante mis estudios y siempre serán un eje fundamental en mi vida porque gracias a ellos he llegado a mi formación profesional, quiero dedicarle con mucho amor este trabajo a mi padre porque gracias a su apoyo, paciencia y comprensión me ayudo a seguir adelante de igual manera a mi madre ya que desde el cielo me bendijo para que siguiera adelante.

A mis hermanos Wilfredo, Neftalí, Leopoldo, Ramón, Santos David, German, Galileo, Jaime, Marvin, Arely, Delmy, Iris, Marlene y Carla por todo el apoyo brindado durante mi carrera.

A mis sobrinos(as) y primos(as) y toda la gran familia por creer en mí y siempre apoyarme y darme ánimos para la culminación de mi carrera profesional.

A la Empresa Disagro y Walmart ya que sin la ayuda de ellos no hubiéramos hecho posible la investigación, de igual manera a la Empresa Tierra fría de Doña Carmen Cartagena por confiarnos uno de sus invernaderos para hacer el ensayo, al Ingeniero Franklin encargado de los invernaderos antes mencionados y por todo el apoyo brindado a todas las personas que colaboraron porque gracias a ellos he adquirido nuevos conocimientos y también por todo el apoyo y amistad brindados durante todo este tiempo.

A mis amigos: Jose Maria, Jaime Rivera, Lidice Portal, Tania Barrillas, Betzabe Mazariego, Fatima Azucena, Neyda Ascencio, Miguel Barrera, Wilber Cruz, Miguel Morales, Nelson Umanzor, Karol Alfaro, por todo el apoyo brindado y amistad durante todo este tiempo.

**ANA ERNESTINA ALFARO TORRES**

## **DEDICATORIA**

**Para mi madre Dora Alicia Osorio Vega y mi padre Roberto Alfredo Rivera.** Por su interminable apoyo en todo momento de mi vida, su valiosa confianza, sus enseñanzas, consejos, gracias a ellos he llegado a la cima, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir, con esa eterna paciencia y perdón ante mis constantes errores.

Sabiendo que no existiría una forma de agradecer toda una vida de sacrificios y esfuerzos, quiero que sientan que el objetivo logrado también es suyo y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su apoyo.

A mis hermanos. Que de una u otra forma me ayudaron y participaron para que lograra el presente éxito profesional. Gracias por sus palabras de aliento y fe en mí.

A mi esposa y futuro hijo (a) porque con su comprensión permitieron que el camino fuera menos difícil de recorrer, ya que fueron motivo de inspiración para saber hacia dónde ir.

A mis compañeros (as) de estudio. Por su apoyo moral y ayuda constante.

A mis compañeros de tesis. Por su comprensión y que a pesar de todos los obstáculos que se nos presentaron logramos el objetivo final.

A Dios padre todopoderoso. Por permitir culminar satisfactoriamente los estudios y poder así poner los conocimientos al servicio de la sociedad.

**JAIME ERNESTO RIVERA OSORIO**

## **DEDICATORIA**

Agradecimientos a todos aquellos que de alguna u otra manera estuvieron apoyándome desde que inicié mis estudios, hasta los que han surgido en el camino como personas que estuvieron al menos pendientes de mi trayecto: El Creador de todas las cosas, a quien le debo la vida y el poco intelecto que tengo. A mis padres que me apoyaron monetaria y emocionalmente en los momentos malos y buenos. A mis familiares por al menos estar pendientes de mí. A mis compañeros de la UES con los que caminé para alcanzar logros y experiencias valiosas para la vida y el trabajo. A mis amigos que están ahí en las buenas y malas, siendo fuente de palabras de aliento y consuelo ante las situaciones malas, y fuente de optimismo al también compartir las alegrías. Al tío Sam y la Tinita por haber tenido el valor de incluirme en su grupo, y juntos, después de tanto esfuerzo, descuido y sufrimiento, poder decir: ¡Al fin terminamos esta vaina! Y por último, pero no por eso menos importante, agradezco a las personas de DISAGRO, de la empresa de producción de hortalizas "Tierra fría", a la almacenadora de Walmart Horti Fruti y los docentes y asesores de la UES por habernos guiado y abierto puertas para la experiencia vivida en el desarrollo de esta investigación.

A todos ustedes: ¡Mil gracias!

De igual modo dedico este logro a los mencionados en los agradecimientos, pues son quienes vienen a mi mente y quienes merecen por su aporte, grande o pequeño, que se haga mención de ellos en conjunto, en este documento

**JOSÉ MA. GONZÁLEZ ASCENCIO**

## INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN.....	iv
AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>2</b>
2.1 Origen del tomate.....	2
2.2 Taxonomía y morfología.....	2
2.3 Cultivares.....	4
2.3.1 Cultivares más utilizados en el país.....	4
2.4 Cultivo en invernadero.....	5
2.5 Riego en invernadero.....	6
2.6 Tomate variedad Evaluna RZ F1.....	7
2.7 Importancia socioeconómica.....	7
2.7.1 Importaciones y Exportaciones.....	7
2.8 Recomendaciones de fertilización.....	8
2.8.2 Bajo invernadero y fertirriego.....	8
2.9 Nutrientes.....	9
2.9.1 El Calcio.....	9
2.9.2 El calcio en la naturaleza.....	10
2.9.3 Ciclo del Calcio.....	10
2.9.4 Funciones y absorción de Ca en la planta.....	11
2.9.5 Deficiencia de Calcio.....	11
2.9.6 Fertilización con Calcio.....	12
2.9.7 El boro.....	12
2.9.8 El boro en la naturaleza.....	13
2.9.9 Funciones y absorción de boro en la planta.....	13
2.9.10 Fertilización con boro.....	14
2.9.11 Síntomas de deficiencia de boro.....	14

2.10 Control de calidad .....	14
2.10.1 Concepto de calidad.....	14
2.10.2 Índices de calidad.....	15
2.10.3 Forma.....	15
2.10.4 Color .....	15
2.10.5 Apariencia .....	15
2.10.6 Firmeza .....	15
2.10.7 Acidez .....	15
2.10.8 Grados Brix .....	15
2.11 Factores Esenciales de Composición y Calidad .....	16
2.11.1 Características organolépticas. ....	16
2.11.2 Clasificación por Grados de Calidad.....	16
2.12 Norma de Clasificación .....	17
2.13 Factores de pre-cosecha que inciden en el Manejo y Calidad.....	19
2.13.1 Factores ambientales .....	19
2.13.2 Prácticas culturales .....	19
2.1.14. Factores de Post cosecha que Inciden en el Manejo y Calidad del fruto .....	20
2.15 Almacenamiento de frutas y hortalizas frescas.....	21
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
3.1. Localización del experimento. ....	22
3.2. Condiciones climáticas de la zona.....	22
3.3. Reconocimiento del terreno .....	23
3.4. Muestreo y análisis de suelo. ....	23
3.5. Programa de fertilización.....	23
3.6. Preparación del semillero .....	24
3.7. Trasplante .....	24
3.8. Descripción del invernadero .....	24
3.9. Manejo del cultivo .....	25
3.9.1. Control de plagas y enfermedades .....	25
3.9.2. Control de malezas .....	25
3.9.3. Poda.....	26
3.9.4. Riego.....	26
3.9.5. Fertilización .....	27

3.10. Metodología estadística .....	29
3.10.1. Diseño experimental.....	29
3.10.2 Tamaño de la parcela y del área útil.....	30
3.10.3. Distribución de las fuentes de variación.....	31
3.11 Factores en estudio.....	31
3.12 Tratamientos .....	33
3.13 Variables evaluadas.....	33
3.14 Análisis económico .....	35
3.14.1. Presupuesto parcial.....	35
3.14.2. Análisis de dominancia.....	35
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
4.1. Variables de estudio en campo .....	36
4.1.1 Diámetro de tallo en centímetros.....	36
4.1.2. Altura de planta en metros .....	37
4.1.3. Peso de fruto en gramos al momento de la cosecha .....	38
4.1.4. Rendimiento de fruto en libras por metro cuadrado por corte .....	39
4.2 Variables de estudio en anaquel .....	40
4.2.1 Peso de fruto en anaquel en gramos.....	40
4.2.2. Diámetro del fruto en anaquel en centímetros .....	42
4.2.3. Firmeza del fruto en libras sobre centímetro cuadrado .....	44
4.2.4. Grados Brix del fruto maduro.....	46
4.2.5. Contenido de Calcio en porcentaje en materia seca del fruto .....	48
4.2.6. Contenido de boro en el fruto en miligramos en 100 gramos de fruto .....	49
4.2.7. Duración de los frutos en anaquel. ....	51
4.3. Análisis económico .....	52
4.3.1 Presupuesto parcial.....	52
4.3.2. Análisis de dominancia.....	53
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>PAGINA</b>
Cuadro 1. Cultivares de tomate más utilizados en El salvador .....	4
Cuadro 2. Composición del tomate en 65 g de materia seca de tomate.....	5
Cuadro 3. Fertilización sugerida en Kg/ Ha por etapa fenológica para la formulación de mezclas de nutrientes en fertirriego. ....	9
Cuadro 4. Composición de la solución madre (testigo) en g.l <sup>-1</sup> .....	24
Cuadro 5. Concentración de Calcio (nitrato de calcio) y Boro (ácido bórico) en gramos por litro de solución madre para cada etapa del cultivo.....	27
Cuadro 6. Distribución de fuentes de variación para diseño de bloques completos al azar...	31
Cuadro 7. Distribución de fuentes de variación para diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas .....	31
Cuadro 8. Programas de fertilización aplicados al tomate en el trabajo de investigación, en gramos por litro de solución madre. ....	32
Cuadro 9. Temperaturas de almacenamiento del tomate del trabajo de investigación. ....	32
Cuadro 10. Tratamientos aplicados en el estudio para el análisis estadístico factorial de los frutos en anaquel .....	33
Cuadro 11. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para Diámetro de Tallo en centímetros tres meses después del trasplante.....	36
Cuadro 12. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para Altura de planta en metros al apareamiento del primer racimo floral. (m) .....	38
Cuadro 13. Tabla de análisis de varianza (ANVA), peso de fruto campo en gramos al momento de la cosecha .....	39
Cuadro 14. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para rendimiento de fruto (libras/m <sup>2</sup> ) .....	40
Cuadro 15. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para peso de fruto en anaquel en gramos .....	41
Cuadro 16. Prueba de diferencia mínima entre medias de peso de fruto en anaquel para el efecto de las dos temperaturas de almacenamiento. ....	41
Cuadro 17. Prueba de diferencia mínima entre medias de peso de fruto en anaquel para el efecto de los programas de fertilización. ....	41

Cuadro 18. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para diámetro en cm. del fruto en anaquel. .....	43
Cuadro 19. Prueba de diferencia mínima entre medias para diámetro de fruto en anaquel para el efecto de las dos temperaturas de almacenamiento. ....	43
Cuadro 20. Prueba de diferencia mínima entre medias de diámetro de fruto en anaquel para el efecto de los programas de fertilización. ....	43
Cuadro 21. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para firmeza del fruto en anaquel.....	45
Cuadro 22. Prueba de diferencia mínima entre medias para firmeza del fruto en anaquel en lb. / cm <sup>2</sup> por el efecto de las dos temperaturas de almacenamiento. ....	45
Cuadro 23. Prueba de diferencia mínima entre medias de la firmeza del fruto en anaquel por el efecto de los programas de fertilización. ....	45
Cuadro 24. Tabla de análisis de varianza (ANVA), grados Brix del fruto en anaquel. ....	47
Cuadro 25. Prueba de diferencia mínima entre medias de grados Brix del fruto en anaquel por el efecto de los programas de fertilización. ....	47
Cuadro 26. Tabla de comparación de medias para contenido de calcio en el fruto con prueba de Tukey (F tabla= 6.03).....	49
Cuadro 27. Tabla de comparación de medias para contenido de boro en el fruto con prueba de Tukey (F tabla= 6.03).....	50
Cuadro 28. Tabla de comparación de medias para días de duración del fruto con prueba de Tukey (F tabla= 3.64).....	51
Cuadro 29. Presupuesto parcial de la investigación: “Evaluación del efecto de seis programas de fertilización con calcio - boro y dos temperaturas de almacenamiento, en la prolongación de la vida en anaquel del tomate ( <i>Lycopersicon sculentum</i> L.) Var. Evaluna RZ F1, en el municipio de La Palma, cantón Los Planes, departamento de Chalatenango”, para un invernadero de tomate con un área de 346 m <sup>2</sup> de siembra. (US\$).....	53
Cuadro 30. Análisis de dominancia entre los beneficios netos (US\$), de los seis programas de fertilización aplicados. ....	53

## INDICE DE FIGURAS

	<b>PAGINA</b>
Figura 1. Plano de campo del experimento.....	29
Figura 2. Esquema de una parcela pequeña de la investigación.....	30
Figura 3. Diámetro de tallo en centímetros, para cada programa de fertilización a los 3 meses después del trasplante.....	36



Figura 4. Altura de planta en metros, para cada programa de fertilización al apareamiento del primer racimo floral.....	38
Figura 5. Peso de fruto en campo al momento de la cosecha, para cada programa de fertilización (g).....	39
Figura 6. Rendimiento de fruto en libras / m <sup>2</sup> por corte para cada programa de fertilización.....	40
Figura 7. Peso de fruto en anaquel en gramos para cada programa de fertilización.....	42
Figura 8. Diámetro del fruto en anaquel en cm. para cada programa de fertilización.....	44
Figura 9. Firmeza del fruto en anaquel en lb./ cm <sup>2</sup> para cada programa de fertilización.....	46
Figura 10. Grados Brix del fruto en anaquel para cada programa de fertilización.....	47
Figura 11. Contenido de calcio en porcentaje de materia seca del fruto maduro en anaquel para cada programa de fertilización.....	49
Figura 12. Contenido de boro en fruto en anaquel en Mg/100 g para cada programa de fertilización.....	50
Figura 13. Duración del fruto en anaquel en días, para cada temperatura de almacenamiento.....	52
Figura 14. Curva de beneficios netos para los seis programas de fertilización.....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Cuadros</b>	<b>PÁGINA</b>
Cuadro A 1. Tabla de datos climáticos proporcionada por el MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.....	63
Cuadro A 2. Resultados de análisis de Suelo. ....	64
Cuadro A 3. Registros de Riego realizado durante el desarrollo de trabajo de invernadero .	69
Cuadro A 4. Tablas de productos de fertilización aplicados para las etapas de inicio, desarrollo y cosecha (Gramos por litro de solución madre).....	80
Cuadro A 5. Resultados de Análisis de Contenido de Calcio y Boro. ....	81
Cuadro A 6. Datos introducidos al programa Statistical Analysys System (S.A.S 9.1) para el análisis de variables a nivel de campo (altura de planta, diámetro de tallo, rendimiento, peso de fruto) .....	82
Cuadro A 7. Datos introducidos al programa Statistical Analysys System (S.A.S 9.1) para el análisis de variables en vida de anaquel (peso de fruto, diámetro de fruto, firmeza y grados brix) .....	84

Cuadro A 8. Prueba de interacciones del peso fruto en anaquel.....	88
Cuadro A 9. Prueba de interacciones del Diámetro del fruto en anaquel .....	88
Cuadro A 10. Prueba de interacciones de la firmeza del fruto.....	89
Cuadro A 11. Prueba de interacciones de grados brix del fruto.....	89

## **Imágenes**

## **PÁGINA**

Imagen A 1. Fotografías del banco de propagación de semillas y desarrollo de plantines del cultivar Evaluna que muestran la preparación de semillero y trasplante .....	65
Imagen A 2. Trasplante del cultivo .....	65
Imagen A 3. Preparación del área de siembra del invernadero, Colocación de laterales de riego y Demarcación de surcos.....	65
Imagen A 4. Control de plagas aplicado.....	65
Imagen A 5. Mini válvulas utilizadas para dosificación de cada programa por cama de siembra.....	66
Imagen A 6. Aparato dosificador (Dosatron utilizado para aplicar los programas de fertilización).....	66
Imagen A 7. Pesado y mezcla de materias primas de aporte de nutrientes en base a formulaciones por programa .....	66
Imagen A 8. Disolución de mezclas en el agua para la obtención de las soluciones madre para cada programa en base al cálculo de concentración por litro de agua calculada .....	67
Imagen A 9. Medición de peso de fruto.....	67
Imagen A 10 Medición de diámetro de fruto.....	67
Imagen A 11. Medición de firmeza del fruto .....	68
Imagen A 12. Medición de grados Brix Del fruto .....	68

## **Figuras**

## **PÁGINA**

Figura A 1. Tendencia de medidas de peso del fruto de las primeras 7 lecturas en anaquel para las dos temperaturas de almacenamiento.....	90
Figura A 2. Tendencia de medidas de diámetro del fruto de las primeras 7 lecturas en anaquel para las dos temperaturas de almacenamiento .....	90

## 1. INTRODUCCIÓN

Los productores agrícolas están en constante desarrollo de técnicas que posibiliten la optimización de las producciones, en cuanto a calidad y cantidad se refiere.

El caso del cultivo del tomate, uno de los más importantes de la dieta salvadoreña y mundial, no es la excepción. Se sabe que de esta hortaliza, se pierde en post cosecha una alta cantidad de producto, pues según FAO (citado por Vásquez, 2004), en el cultivo del tomate se estima que la pérdida por efecto de maduración precoz de la producción en post-cosecha es del 50%.

En la búsqueda de la optimización de la producción, tanto en cantidad como en calidad del tomate, nace como iniciativa conjunta entre la Universidad de El Salvador y la empresa comercial de fertilizantes y agroquímicos DISAGRO, la realización de la presente investigación, para determinar de manera científica y técnica, si la calidad del fruto se ve influenciada por el efecto de diferentes niveles de calcio aplicados al suelo, junto a diferentes niveles de boro también aplicados al suelo, vía fertirriego. Se optó por hacer variar los niveles de calcio dada la comprobada función de este elemento en la consistencia de la pared celular de los componentes de la planta, y el boro por la necesidad de la presencia de este para la absorción del calcio. Así se lograría comprobar el sinergismo entre ambos elementos.

Se incluyó el aspecto de almacenamiento, para poder comparar también la interacción entre el manejo nutricional del cultivo en campo, y el tipo de almacenamiento aplicado a los frutos del ensayo.

Básicamente, las hipótesis planteadas fueron si los niveles de calcio y boro afectarían la calidad de los frutos, y por ende su duración, así como si el almacenamiento utilizando dos temperaturas incidiría en dichas variables. Además, se midieron otras variables a nivel de campo, que son de importancia en este tipo de ensayo, a saber: rendimiento, altura de planta al apareamiento del primer racimo floral, diámetro de tallo y peso del fruto.

Para la fase de estudio de vida en anaquel se contó con el aporte de las instalaciones de almacenamiento de hortifruti, empresa almacenadora de la cadena de supermercados Wal-Mart.

Se presentan en este documento los resultados de tan interesante investigación, en aras de la mejora de la producción de tomate de calidad en El Salvador.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Origen del tomate

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos. (Nuño, 2007)

El tomate cultivado, (*Lycopersicon esculentum* Mill), es originario del área del Perú, Ecuador y Bolivia, en los Andes de Sudamérica. El hábitat natural de esta especie es una estrecha franja costera que se extiende desde el Ecuador (0° de latitud) hasta el norte de Chile (30° latitud sur) y entre el Pacífico y los Andes en altitudes que varían entre 0 a 2000 metros, se incluyen las Islas Galápagos, donde no llueve aproximadamente durante seis meses, pero si existe una niebla constante a temperaturas de 17 a 24 °C.

Todo parece indicar que el tomate fue llevado como maleza a América Central por los nativos y a otras áreas del mundo por los viajeros Europeos, ya que a la llegada de estos últimos su cultivo se conocía únicamente en México. (Del busto, 2002)

### 2.2 Taxonomía y morfología

Este cultivo pertenece al Reino Plantae, División Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Subclase Asteridae, Orden Solanales, Familia Solanaceae, Sub familia Solanoideae. El género es *Lycopersicon*, y la especie *esculentum*. Se conocen nueve especies del género *Lycopersicon*, pero solamente *Lycopersicon esculentum* Mill., es cultivada comercialmente como hortaliza. Las especies silvestres de este género tienen gran importancia en el mejoramiento del tomate. (Jaramillo, P. 2007)

La Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (s.f.), presenta la siguiente descripción del cultivo:

#### **Planta**

Perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semi erecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

#### **Sistema radicular**

Raíz principal corta, raíces secundarias muy numerosas y raíces adventicias. Seccionando transversalmente en la raíz principal y de fuera hacia dentro se hallan: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema.

**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 hacia 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.

**Hoja**

Compuesta e imparipinnada, 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 alternativa 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.

**Flor**

Es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de  $135^\circ$ , 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 bioplurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre M (mediano) y G (grande); 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.

**Fruto**

Baya plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, 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 peciolo, o bien puede separarse por la zona pedúncular de unión al fruto.

## 2.3 Cultivares

### 2.3.1 Cultivares más utilizados en el país

Bajo invernadero y en campo, se prefieren las siguientes variedades e híbridos debido a sus características de resistencia a plagas, y su adaptación a las condiciones del país:

Cuadro 1. Cultivares de tomate más utilizados en El salvador

Cultivar	Días a madurez	Habito de crec.	Forma de fruto	Peso prom. fruto (g)	Resistencia o tolerancia a enfermedades	Otras características
<b>Campo abierto</b>						
Santa Clara	90	Indet.	Globoso	60	V, F1,	
Butte	105	Det.	Redondo	68	V,F1, A	Resistente al transporte
Peto 98	95	Det.	Cuadrado	70	ASC, F1, F2,	4.8 - 5.8°Brix
<b>Invernadero</b>						
Gem Pride	90	Det.	Redondo	85	V, F1, F2, ASC	Susceptible a tizones y marchitez bacterial
Trinity Pride	92	Indet.	T. Roma	85	F1, F2, MB, MVT	tolerante a marchitez bacterial
Gem Star	100	Det.	Redondo	114	V1, F1, F2	
Heat Master	99	Det.	Redondo	200	V, F1, F2, N, ASC	Tolerante a temperaturas arriba de los 80°C
Maya	93	Det.	Blocoso	70	V,F1, F2	
Tolstoi	85	Indet.	Redondo	100	F1,V1, MVT	Recomendado para altitudes de 300 a 2,000 msnm
Sheriff	60	Det.	Cuadrado	110	V, F1, F2, N	Se adapta a los 200 - 1,000 msnm
Mountain Fresh	85	Det.	Oblato	112.5	V1, F1	Bacteriosis, Botritis, Tizón, Pith Necrosis
Malawi	75	Indet.	Alargado	75	MVT,V	

Fuente: CENTA (2002)

**A:** Alternaria, **ASC:** Cáncer de tallo por Alternaria, **F1:** Fusarium raza 1, **F2:** Fusarium raza 2, **MB:** Marchitez bacterial, **MVT:** Virus del mosaico del tabaco, **N:** Nematodo.

## 2.3 Composición química

A pesar de poseer un valor nutritivo bajo es una de las mayores fuentes de vitaminas y minerales en la dieta nacional. (Guzmán, 1998). Según FAO (2006), citado por el Instituto

Colombiano Agropecuario (ICA), 65 gramos de tomate contienen lo plasmado en la siguiente tabla:

Cuadro 2. Composición del tomate en 65 g de materia seca de tomate

Compuesto	Contenido	Compuesto	Contenido
Calorías	17 g	Fósforo	19,0 mg
Agua	94,3 g	Hierro	0,7 mg
Proteínas	0,9 g	Tiamina	0,05 mg
Grasas	0,1 g	Niacina	0,6 mg
Carbohidratos	3,3 g	Riboflavina	0,02 mg
Fibra	0,8 g	Acido ascórbico	2,0 mg
Ceniza	0,6 g	Vitamina A	1000 U.
Calcio	7,0 mg		

Fuente: FAO (2006)

#### 2.4 Cultivo en invernadero

Snyder (2006), enlista las siguientes actividades que abarcan el manejo del tomate en invernadero:

- Elección de variedades de alto rendimiento
- Poda y guía
- Polinización
- Medición temperatura y humedad relativa
- Enfriamiento del invernadero
- Riego
- Medición de pH del suelo y soluciones
- Fertilización
- Mezclar fertilizantes
- Control de plagas y enfermedades

La mayor diferencia en el manejo entre sistema de siembra convencional y bajo invernadero, se presenta en cuanto a la forma de hidratar y nutrir las plantas.

El mismo autor menciona en cuanto al riego que este debería ser controlado automáticamente, con el uso de relojes o controles electrónicos. El volumen de agua variará dependiendo de la estación y del tamaño de las plantas (lo cual implica medición de parámetros para la toma de decisiones). Los nuevos transplantes necesitan 2 onzas (50 ml) por planta por día. A la madurez, en los días soleados las plantas pueden necesitar hasta 3

cuartos de galón (2,7 litros o 2.700 ml) de agua por planta y por día. Por lo general, 1/2 galón por planta por día es adecuado para un crecimiento completo o casi completo de las plantas.

## 2.5 Riego en invernadero

Snyder (2006), describe los dos principales sistemas de fertirrigación utilizados en invernaderos: el sistema de tanques de mezclas y el sistema de inyección o proporción. Ambos métodos son aceptables y pueden producir altos rendimientos y excelente calidad de tomates.

**Los Tanques de mezclas** consisten en un tanque (plástico, cemento, acero, PVC, etc.) de un tamaño apropiado, dependiendo de los pies cuadrados del invernadero.

Un tanque de 100 galones está bien para un invernadero, mientras que un tanque de 1.000-2.000 galones es preferible para varios invernaderos. Cuanto más largo sea el tanque, menos veces será necesario llenarlo. Pero si el tanque es demasiado grande, tendrá que esperar mucho hasta que se vacíe para mezclar una nueva preparación de fertilizante más fuerte o para realizar algún cambio en la fórmula. El sistema de tanques de mezclas es menos complicado, y probablemente pueda causar solo algunos errores, siempre y cuando siga las instrucciones que vienen con el fertilizante.

Mezclar el fertilizante significa agregar tantas onzas (o libras) de fertilizante seco por 100 galones de agua. El fertilizante debe estar completamente disuelto en el agua. Cualquier precipitado (fertilizante que se deposita en el fondo del tanque) no podrá llegar a las plantas. Por lo tanto, podría ser necesario revolver la solución manualmente con una "espátula" o con un mezclador eléctrico, o use una bomba de circulación. Es importante asegurarse de revisar el pH y la CE (conductividad eléctrica) de la solución cada vez que realice una nueva mezcla. Con el **sistema de inyección**, el inyector (proporcionador) disuelve una solución concentrada de fertilizante a una concentración final requerida por las plantas. Los modelos económicos variarán su radio de inyección dependiendo de la presión del agua, la cual es generalmente variable. Esto ocurre ya que la inyección es de tiempo controlado, en vez de depender del volumen del agua. La perilla o botón de la cabeza puede ser movido para aumentar o disminuir la dosis del fertilizante inyectado en el agua.

La solución del fertilizante va desde el tanque de concentración al inyector, donde es diluido al ser inyectado en el sistema de irrigación. Un medidor de agua revisa la corriente de agua y luego manda una señal cuando ha pasado suficiente agua, la cual es mandada a la válvula piloto. Este volumen chico de agua es descartado después que el mismo pasa por la válvula piloto. El concentrado es guardado en recipientes chicos (por ej. de 10 a 50 galones). Se necesitan dos cabezas y dos tanques de concentración (por lo menos): uno para el nitrato de



calcio (tanque B) y el otro para todos los otros nutrientes (tanque A). Esto es necesario así el calcio no se combina químicamente con los fosfatos o los sulfatos, cuando los elementos se encuentran en altas concentraciones, especialmente en pH altos. Los compuestos resultantes, fosfato de calcio hidrogenado o sulfato de calcio, son precipitados duros, y pueden atascar el inyector y el sistema de irrigación. De todas maneras, una vez que estos elementos están disueltos, no hay problema. Si el pH es mayor que 5.8, se recomienda usar una tercera cabeza para inyectar ácido. Esto es necesario para mantener el pH entre 5.6 y 5.8

## **2.6 Tomate variedad Evaluna RZ F1**

Esta variedad es una planta de ramificación abierta, de entrenudos medios y excelente vigor, que permite hacer un ciclo de cultivo largo. Gran facilidad de cuaje con altas temperaturas. Posibilidad de recolección en ramillete. Frutos de calibre G (tomates entres 58 y 67 mm de diámetro) con un color rojo intenso en la maduración. Variedad Indicada para trasplantes tempranos y ciclo de producción en largo. (Zwaan, R 2011)

Alta resistencia a: virus del mosaico del tomate, hongos: *Fusarium oxysporum*; *Verticillium alboatrum*; *Verticillium dahliae* y a diferentes nematodos *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javonica* y *Meloidogyne arenaria*. (Zwaan, R 2011).

El catálogo de tomate 2008 de Rijk Zwaan menciona en cuanto a características del fruto del híbrido Evaluna RZ F1, que es un tomate tipo pera para recolección en rojo, fruta que no se mancha, ni blanda.

El rendimiento esperado por hectárea del tomate tipo pera, es de 7000 cajas de 25 lb, es decir 87.5 Ton cortas. (Lardizabal, 2009)

## **2.7 Importancia socioeconómica**

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor demanda debido a su gran valor económico, Aporta a la generación de empleos, permite una gran diversidad de formas de consumo como fresco, en ensaladas, encurtido, como salsa, también como ingrediente de otros alimentos. Además, posee una gran demanda en la agroindustria, ya que puede ser procesado de diferentes formas: entero, salsas, pasta entre otras. (Nuez, 1995).

### **2.7.1 Importaciones y Exportaciones**

Para el año 2010, según la base de datos FAOSTAT, se produjeron en el mundo 151, 699,405 toneladas de fruto, en un área estimada de 4, 412,757.09 hectáreas de siembra.

Para el mismo año, México fue el país con mayor índice de exportaciones de fruto con 1, 509,616 Tm, seguido el mismo año por Holanda con 943,119 Tm.

La misma fuente presenta para El Salvador una producción oficial en el año 2010, de 17,663 Tm en un área cultivada de 802.2 ha. Se importaron 76,688 Tm de fruto, con un valor de \$12,455,000. Se reporta un valor de exportación de 63 Tm, con un precio de \$ 8,000 hasta el año 2009.

## **2.8 Recomendaciones de fertilización**

Dependiendo de la variedad de tomate a sembrar y del tipo de manejo, así serán las demandas nutricionales; sin embargo, en forma general, los requerimientos nutricionales del cultivo, en kg/ha, son: Nitrógeno (N): 150, Fósforo (P): 200, Potasio (K): 275, Calcio (Ca): 150, Magnesio (Mg): 25 y Azufre (S): 22.

El orden de extracción de nutrientes por la planta de tomate en forma decreciente es K, N, Ca, S, Mg y P.

### **2.8.1 En forma general**

Casaca (2005) sugiere la fertilización por manzana siguiente: 140 Kg. de Nitrógeno (N<sub>2</sub>), 40 Kg de Fósforo (P<sub>2</sub>) y 270 Kg. de Potasio (K).

Pérez, (2002) en base al pH del suelo y al contenido de Fosforo y Potasio, propone utilizar:

#### **Suelo ácido:**

Al trasplante: aplicar 341 kg.ha<sup>-1</sup> de fórmula 15-15-15.

A la floración: aplicar 227 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrato de calcio

A la formación de frutos: aplicar 130 kg.ha<sup>-1</sup> de urea.

Después de la primera cosecha: aplicar 130 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrato de potasio (13-0-46)

En total: 163.03 de Kg N, 51.15 Kg de P y 110.95 Kg de potasio por hectárea.

#### **Suelo alcalino:**

Al trasplante: aplicar 340 kg.ha<sup>-1</sup> de fórmula 15-15-15.

A la floración: aplicar 282 kg.ha<sup>-1</sup> de sulfato de amonio.

A la formación de frutos: aplicar 130 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrato de amonio.

Después de cada cosecha: aplicar 130 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrato de potasio.

### **2.8.2 Bajo invernadero y fertirriego**

Tjalling (2006), indica que para la fertilización en invernaderos con riego por goteo en el sustrato suelo, es necesario realizar previamente lo siguiente:

Analizar el suelo o la solución del suelo y el agua de riego antes de plantar

Balancear nutricionalmente el suelo según el análisis y agregar las cantidades estratégicas de los elementos en la aplicación base.

El diseño de los fertilizantes a aplicar debe ser basado en la absorción de nutrientes por fase fenológica, en relación al rendimiento esperado, reservas de nutrientes en el suelo y la eficiencia de absorción de nutrientes por el tipo de sistema de riego

Después de calcular la aplicación total de nutrientes requerida para el rendimiento esperado, se pueden seleccionar fertilizantes para cada fase fenológica

Se recomienda analizar el suelo de nuevo a las 4-6 semanas y 8-10 semanas después de plantar para hacer correcciones necesarias a la fórmula de nutrientes

En general, el riego se hace diariamente considerando factores como: humedad relativa, humedad del suelo y presencia o ausencia de lluvias, planteando los programas en base al requerimiento conocido por cada etapa fenológica, de la siguiente manera:

Cuadro 3. Fertilización sugerida en Kg/ Ha por etapa fenológica para la formulación de mezclas de nutrientes en fertirriego.

Etapa	Aplicación de fertilizantes por etapas agrupadas	Días después del trasplante (DDT)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S
1	Trasplante- desarrollo	0-28	47	34	60	30	25	19
2	Inicio floración- formación de fruto	29-63	110	33	185	60	40	30
3	Formación de fruto-Cosecha	64-112	94	33	180	53	35	26
4	Cosecha-fin de cosecha	113-140	25	0	75	8	0	0
		<b>Total</b>	<b>275</b>	<b>100</b>	<b>500</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>75</b>

Fuente: Tjalling (2006)

## 2.9 Nutrientes

### 2.9.1 El Calcio

El calcio, con número atómico 20, es un elemento que pertenece al grupo de los alcalino-térreos y que en soluciones acuosas se encuentra normalmente en forma de catión divalente ( $\text{Ca}^{2+}$ ). En células vegetales el  $\text{Ca}^{2+}$  se encuentra principalmente bien asociado a estructuras en la pared celular o bien almacenado en el sistema de endomembranas. En cambio, los niveles de  $\text{Ca}^{2+}$  libre en el citoplasma son muy bajos, manteniéndose entre 0.2  $\mu\text{M}$  y 0.3  $\mu\text{M}$  (Redondo, s.f.)

El calcio es un macro elemento fundamental en la nutrición del tomate para evitar la necrosis apical, ocasionada normalmente por la carencia o bloqueo de este en terrenos salinos o por graves irregularidades en los riegos. El calcio es un catión divalente que es sumamente importante para mantener la fuerza e integridad de los tallos de las plantas. Este mineral también regula la absorción de nutrientes a través de las membranas plasmáticas de

las células. El calcio funciona en la elongación y división de células, estructura y permeabilidad de membranas de la célula, metabolismo del nitrógeno, y translocación de carbohidratos. Se considera que el calcio es un elemento secundario o aún un micro elemento, aunque la concentración de calcio en la planta es la misma que la del de nitrógeno o potasio. El calcio no es tóxico, aun con concentraciones altas, y funciona como un agente desintoxicante atrapando compuestos y manteniendo el balance catiónico- aniónico en la vacuola. Ya que el calcio es parte de la pared celular, y funciona como el cemento que liga las paredes celulares, es uno de los factores más significativos de la firmeza y vida de anaquel (Albión. 2000)

Para el año 2002, Noruega fue el mayor exportador de nitrato de calcio con 120,000 toneladas, y España el mayor productor con 2,100 toneladas. (FAO, 2010)

### **2.9.2 El calcio en la naturaleza**

En las plantas jóvenes se encuentra preferentemente en el protoplasma y en las membranas celulares, mientras que en las adultas se hallan en las vacuolas, principalmente bajo la forma de oxalato. En los granos, tubérculos y rizomas, se encuentra como constituyente de la fitina, sal, cálcico- magnésica del éster exafosfórico del inositol. Este elemento se halla presente en mayor proporción en las hojas y talos que en las semillas. Se ha comprobado que su contenido medio en cereales viene a ser de 0.09% en el grano, frente al 0.59% en la paja. Pero en diferentes muestras de una misma especie vegetal, su contenido es variable, ya que depende mucho de la cantidad de calcio asimilable presente en el suelo. El calcio se encuentra en la planta tanto en forma mineral soluble: sulfato cálcico ( $\text{SO}_4 \text{Ca}$ ), como insoluble: fosfato ( $(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}_3$ ) y carbonato cálcicos ( $\text{CO}_2\text{Ca}$ ). Asimismo, se encuentra bajo forma orgánica especial en plantas como leguminosas, crucíferas y remolachas azucareras, como oxalato y pectinatos cálcicos. El oxalato cálcico es el más abundante. (Navarro, 2003)

Devlin (2004), menciona sobre este elemento que se puede encontrar en la naturaleza por los diferentes minerales como lo son: Caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), Dolomita ( $\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$ ), Gipei ( $\text{CaSO}_4.2 \text{H}_2\text{O}$ ), Fluorapatito ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_2)$ ), Fluorita ( $\text{CaF}_2$ ) y Aluminosilicatos ( $\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{SiO}_2$ )

### **2.9.3 Ciclo del Calcio**

El calcio ocupa el quinto lugar en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre, pero no se encuentra en estado puro en la naturaleza. Se da en varios compuestos muy útiles, tales como el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), del que están formados la calcita, el mármol, la piedra caliza y la marga; el sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ), presente en el alabastro o

el yeso; el fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ), en la fluorita; El fosfato de calcio o roca de fosfato ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) y varios silicatos. En aire frío y seco, el calcio no es fácilmente atacado por el oxígeno, pero al calentarse, reacciona fácilmente con los halógenos, el oxígeno, el azufre, el fósforo, el hidrógeno y el nitrógeno. El calcio reacciona violentamente con el agua, formando el hidróxido  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y liberando hidrógeno.

El contenido de calcio en los suelos no calcáreos y en regiones no áridas, se encuentra, comúnmente, entre 0.1 y 1.2 dag/ kg de suelo. Se considera que el mineral primario anornita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) es la fuente más importante en suelos no calcáreos. En cuanto al ciclo de este, proviene de la meteorización de rocas y pequeñas cantidades de descomposición de animales y plantas en el suelo, y la corteza terrestre contiene el 4.2% del Ca total. Aun así, es un elemento muy poco disponible. (Fassbender, 1987)

Parra (2002), describe que al incrementarse el contenido de potasio en el suelo se reduce la absorción de calcio. Además, ejerce el sinergismo más importante al contribuir sobre la absorción de otros iones, tanto cationes como aniones. Este efecto parece estar relacionado con la función fisiológica desempeñada por el calcio en la salvaguardia de la integridad y estabilidad de las membranas celulares. El efecto sinérgico del ión  $\text{Ca}^{2+}$  sobre la absorción de cationes es claro a pH ácidos pero no se produce en pH alcalinos.

#### **2.9.4 Funciones y absorción de Ca en la planta**

La principal función del calcio se relaciona con la división celular y fortalecimiento de la pared celular. (Disagro s.f)

Según Lazcano (1998), la absorción del calcio en la planta inicia desde el trasplante obteniendo su mayor concentración de calcio en el fruto a los 70 días después de la siembra y después empieza a reducirse la adsorción del calcio en el fruto, y el total de calcio que se transporta en la planta de tomate es 76% en las hojas, el 15% en el tallo, en los brotes un 4% y solo un 5% en el fruto.

Según Smart (2012), la absorción del calcio por la planta es pasiva no requiere una fuente de energía. El calcio se transporta por la planta principalmente a través del xilema, junto con el agua. Por lo tanto, la absorción del calcio, está directamente relacionada con la proporción de transpiración de la planta.

#### **2.9.5 Deficiencia de Calcio**

Los síntomas de deficiencia se ven más en tejidos nuevos zonas meristemáticas de raíces, tallos y hojas donde ocurre división celular. Si hay una deficiencia de calcio presente, resultará en tejidos torcidos y deformados, y las zonas meristemáticas mueren

prematuramente como en el caso de pudrición apical del tomate. Las deficiencias de calcio están asociadas con las altas temperaturas, condiciones bajas de humedad relativa, combinadas con alta temperatura del aire y suelo, provocando que la evapotranspiración de la planta se incremente. Debido a que la movilidad del calcio dentro de la planta es muy poca y el crecimiento del fruto es muy intenso, la cantidad de calcio que llega al fruto no es suficiente para llenar la demanda nutricional de variedades de alto rendimiento. Si a esto se le agrega que durante épocas de alta temperatura, el funcionamiento de la raíz de la planta se ve afectado por la tensión osmótica, que ocasiona la mayor concentración de sales en el suelo junto con sequías temporales, se puede esperar una menor cantidad de calcio en movimiento hacia los frutos de la planta. (Albión, 2000).

Los desórdenes ocasionados por falta de calcio son ampliamente conocidos en ciertas especies de plantas. Debido a su baja movilidad vía floema, las aplicaciones foliares de este nutriente deben realizarse varias veces durante el estado de crecimiento. En frutales se han encontrado resultados positivos a las aplicaciones de calcio dirigidas al fruto durante la etapa de crecimiento. (Espinoza, s.f.)

### **2.9.6 Fertilización con Calcio**

Algunas fuentes de Fósforo como el superfosfato sencillo y el triple superfosfato, contienen entre 12 y 21% de Ca, pero estas fuentes ya no están disponibles en el país. El nitrato de calcio es una de las pocas fuentes de Ca de alta solubilidad y rápida disponibilidad para las plantas y contiene 15% de N y 26% de CaO. Es una fuente de alta solubilidad en agua (mayor a 1000 g/L), lo cual facilita su aplicación en fertirrigación y abonamiento foliar. El nitrato de calcio deja un ligero efecto basificante en el suelo, algo ventajoso en suelos ácidos. Su costo es alto por lo que su uso está limitado a cultivos de alto valor económico como hortalizas, ornamentales, melón, piña, etc. También se formula como fertilizante líquido, siendo su grado 9-0-0-18 (CaO). El nitrato de amonio calcáreo (CAN) contiene entre 11 y 12% de CaO. Se fabrica a partir de la reacción química de carbonato de calcio o dolomita con  $\text{HNO}_3$  y  $\text{NH}_3$ . Es una buena fuente de N y Ca en suelos ácidos. Otra fuente menos común en el mercado incluye el cloruro de calcio. (Espinoza, s.f)

### **2.9.7 El boro**

Redondo (s.f.) menciona que el boro (B), de número atómico 5, es un elemento que pertenece a la familia de los metaloides. Presenta una peculiar disposición electrónica al tener sólo 3 electrones de valencia, lo cual dota a los enlaces que forma con otros elementos unas características especiales. Normalmente el B se encuentra unido a oxígeno en forma

de boratos, algunas veces se le encuentra en forma de ácido bórico y raramente unido al flúor como en  $\text{BF}_4^-$ .

El mismo autor señala que el conocimiento acerca de la presencia de B en plantas se adquirió a principios del siglo XX con los estudios de Agulhon (Agulhon H., 1910), al demostrar la influencia beneficiosa de la adición de fertilizantes boratados sobre ciertos cultivos. Sin embargo, fueron los estudios de Warington los que probaron la esencialidad del B en plantas, y concretamente en leguminosas (Warington K., 1923), y la necesidad de un aporte continuo de boratos a los cultivos para un crecimiento óptimo. Las cantidades necesarias de B para los seres vivos, del orden de  $\mu\text{M}$ , le colocan en el grado de micronutriente, por lo cual, para el estudio de la esencialidad del B en un organismo se ha de evitar toda fuente de contaminación externa, aunque ínfima, del nutriente. A pesar de las dificultades, hoy en día se sabe que el B es esencial para plantas superiores.

### **2.9.8 El boro en la naturaleza**

Whetstone, (1942), citado por Thompson (1988), analizó más de 300 muestras de suelo y comprobó que el contenido total en boro oscilaba entre 9 y 198  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . El boro disponible variaba entre 0,9 y 149  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , comprendiendo generalmente la mitad del total presente, y alcanzando un valor promedio de 38  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  en la capa arable. La mayor parte del boro disponible se encuentra asociado a la materia orgánica.

Anikina (1974), citado por Thompson (1988), identificó varias formas de boro en el suelo: el boro soluble en agua, el ligado a la materia orgánica, el boro en los minerales de arcilla y borosilicatos. Las hojas normales suelen contener entre 25 y 100 ppm de boro. Un cultivo normal suele contener entre 50 y 500 g de boro por hectárea.

### **2.9.9 Funciones y absorción de boro en la planta**

- Esencial para la viabilidad del polen y cuajado del fruto.
- Parte del metabolismo de carbohidratos y ácidos nucleicos.
- Promueve la diferenciación y madurez celular.
- Complejos de boro son transportados por toda la planta.
- Mejora la absorción de calcio, magnesio y potasio.
- Promueve la síntesis de citoquininas y asegura la translocación de auxinas.
- Promueve la iniciación de la punta de la raíz. (Disagro s.f)

Según Espinoza (s.f) el boro (B) es esencial para la germinación de los granos de polen, el crecimiento del tubo polínico, y para la formación de semillas y paredes celulares. El boro favorece la translocación de azúcares y su deficiencia usualmente detiene el crecimiento de

las plantas, debido a que por ser poco móvil, los síntomas aparecen primero en los tejidos jóvenes. También causa deformación, amarillamiento y necrosis de hojas jóvenes, crecimiento en “roseta”, etc. La deficiencia de boro es común en suelos ácidos, suelos volcánicos, de texturas arenosas, bajos en materia orgánica.

#### **2.9.10 Fertilización con boro**

La principal fuente de boro son los boratos de sodio de alta solubilidad en agua, tales como el Bórax, Razorita, Solubor, Ulexita, etc. La Colemanita es menos soluble que el Borax y resulta más apropiada en aplicaciones al suelo en regiones tropicales. La mayoría de los boratos de sodio se utilizan en aplicaciones al suelo, aunque el Solubor es más apropiado para uso foliar. La dosis de boro en aspersión foliar oscila entre 0,5 y 1 kg de boro por ha, y en aplicación al suelo entre 1 y 4 kg de boro por ha. El ácido bórico es una fuente muy popular en fertilización foliar y fertirrigación. La concentración de boro en los fertilizantes se expresa como porcentaje de B. (Vásquez, 2007)

#### **2.9.11 Síntomas de deficiencia de boro**

Según Vásquez (2007) se debe mantener un aporte constante de boro durante los períodos de crecimiento del cultivo y de los frutos. Si esto se puede lograr a través de aplicaciones al suelo, está muy bien. Sin embargo, los fertilizantes al suelo se van a ver afectados por la falta de humedad del suelo o la falta de extracción durante algunas etapas de la actividad de la planta que no coincidan con la etapa de extracción. Es por esta razón que se utiliza boro foliar en frutales de nuez en los que la floración comúnmente es anterior a un período de alta extracción de nutrientes desde el suelo. El mismo autor recomienda la aplicación de boro al suelo a razón de 1 kg por hectárea, aplicado en dosis única. La planta necesita de este microelemento en cantidades muy pequeñas, por lo que usualmente sí se puede suplir por vía foliar. La recomendación para la aplicación foliar es de 0.10 kg por hectárea, proporcionada en dos o tres aplicaciones durante todo el ciclo de cultivo.

### **2.10 Control de calidad**

Consiste en hacer cumplir los requisitos de seguridad y buena representación que permitan equilibrar las posibilidades económicas y el desarrollo tecnológico. (Guzmán, 1998)

#### **2.10.1 Concepto de calidad**

La calidad de las frutas y hortalizas es una combinación de atributos o propiedades que les proporcionan valor como alimento humano. (Guzmán, 1998)



### **2.10.2 Índices de calidad**

La calidad estándar del tomate se basa principalmente en su forma uniforme y en que este libre de defectos de crecimiento y de manejo. El tamaño no es un factor del grado de calidad pero puede influir fuertemente en las expectativas de su calidad comercial. (Trevor, s.f.)

### **2.10.3 Forma**

Bien formado por tipo (redondo, en forma de globo, globo aplanado u ovalado). (Trevor, s.f.)

### **2.10.4 Color**

Color uniforme (de naranja rojo a rojo profundo; amarillo ligero). Los hombros que no estén verdes. (Trevor, s.f.)

### **2.10.5 Apariencia**

El fruto es una baya dividida en dos o mas secciones internas lóculos que contienen gran cantidad de semillas, consistencia firme, generalmente de forma redondeada, de coloración rojiza, amarilla o verdosa; con un diámetro que varía de 3 a 12 cm y con un peso que puede llegar hasta 400 g. (Arias, 1989). Superficie lisa y una pequeña cicatriz en el extremo distal y en el extremo del pedúnculo. Es deseable la ausencia de grietas de crecimiento, cara de gato, sutura, quemado de sol, daño por insecto y daño mecánico o magulladuras. (Trevor, s.f.)

### **2.10.6 Firmeza**

Que sea firme al tacto. Que no esté suave y que no se deforme fácilmente debido a su condición de sobre maduro. (Trevor, s.f.)

CIT (2002) reporta promedios de resistencia a presión del penetrómetro en frutos de tomate, al momento de corte de 6 kg, 4.3 kg a los 6 días de corte, 4 kg a los 13 días y 3.8 kg a los 18 días después de cosechado, respectivamente.

### **2.10.7 Acidez**

Los ácidos cítricos son los más frecuentes y abundantes en tejidos de plantas comestibles. En la mayoría de las frutas, el contenido de ácidos orgánicos disminuye durante y después del proceso de maduración. (Guzmán, 1998). Se ha descubierto que 100 g de tomate pueden contener 20 mg de ácido ascórbico (FAO, 2012)

### **2.10.8 Grados Brix**

Los hidratos de carbono sufren cambios bioquímicos durante la maduración. La degradación de los polisacáridos de las membranas celulares, ejercen una contribución importante sobre el aumento en contenido de azúcares. La proporción de estos sólidos se expresa en grados

Brix y se mide en el refractómetro. (Guzmán, 1998). Un tomate de calidad debe tener en su estado de madurez al menos 4.5 ° Brix (Villarreal, 1982)

### **2.11 Factores Esenciales de Composición y Calidad.**

Los tomates propios para el consumo, deben provenir de variedades legítimas y sanas. Debe ser fresco y de cosecha reciente. El tomate, debe estar suficientemente maduro, firme, compacto y sin indicios de maduración excesiva. También debe ser sano, libre de microorganismos, enfermedades e insectos que le causan daño. No debe presentar grietas, cicatrices, rajaduras, ni quemaduras. Debe estar limpio, libre de residuos de productos agroquímicos o cualquier cuerpo extraño y debe corresponder a las indicaciones de calidad. (Arias, 1989)

#### **2.11.1 Características organolépticas.**

**Color:** variable, dependiendo del grado de maduración, siendo este desde verdoso - amarillo, hasta el rojo intenso.

**Olor:** propio del fruto, no ajeno a la naturaleza del fruto.

**Sabor:** propio. (Arias, 1989), exento de cualquier olor y/o sabor extraños (Codex alimentarium, 2007). La pérdida de sabor estriba en que el fruto se cosecha excesivamente verde y en el proceso necesario para colocar la fruta en mercados muy distantes a la producción (Nuez, 1995)

#### **2.11.2 Clasificación por Grados de Calidad**

Arias (1989), presenta la siguiente clasificación del fruto de tomate por grados de calidad:

**Primera:** consiste en tomates con características varietales similares, coloración uniforme en cada unidad de empaque, que estén limpios, en un punto de madurez entre sazón y maduro, plenamente desarrollados y bien formados. El fruto debe presentar un tamaño mínimo de 8 cm de diámetro y un peso mínima de 200 g. debe estar libre de pudriciones, daños de insectos, enfermedades, daños mecánicos, rajaduras o cicatrices profundas. Se acepta un 10% por número o masa debido a daños menores y por variaciones de tamaño, forma y color.

**Extra:** se considera calidad extra la primera, sin tolerancia a los defectos, con un grado de madurez verde maduro (color verde blanquecino) y con una variación del 5% en tamaño y peso.

**Segunda:** esta clase está formada por frutos razonablemente bien formados, con características representativas de la variedad, coloración uniforme en cada unidad de empaque, limpios, bien desarrollados, con un tamaño mayor de 5 cm y menor de 8 cm de

diámetro y un peso de hasta de 200 g. deben estar libres de pudriciones y no seriamente dañados por enfermedades, insectos o daños mecánicos, con algunos daños menores de deficiencias nutricionales.

**Tercera:** conformada por tomates de características diversas, con un punto de madurez entre sazón y maduro, limpios y que puedan estar deformados. Deben estar libres de pudrición y no muy seriamente dañados por frío, sol, enfermedades, insectos o daños mecánicos. Se clasifican en esta clase los tomates con un tamaño pequeño (menor de 5 cm de diámetro), con un grado de madurez uniforme en cada unidad de empaque.

## **2.12 Norma de Clasificación**

Los objetivos de las normas de clasificación son proporcionar un medio de control de calidad para los productos hortícolas. Por ello, las normas de clasificación intentan incluir aquellas características importantes del producto que contribuyen a su calidad. (Guzmán, 1998)

El *codex alimentarium* de la FAO 2007, establece como normas de clasificación las siguientes:

### **Categoría “Extra”**

Los tomates de esta categoría deberán ser de calidad superior. Deberán tener la pulpa firme, y su forma, aspecto y desarrollo deberán ser característicos de la variedad.

Deberán ser uniformes en cuanto al tamaño. Deberán estar exentos de dorso verde u otros defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

### **Categoría I**

Los tomates de esta categoría deberán ser de buena calidad. Deberán tener la pulpa suficientemente firme, y su forma, aspecto y desarrollo deberán ser característicos de la variedad.

Deberán ser uniformes en cuanto al tamaño y estar exentos de grietas y de dorso verde visible.

Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase:

- Un ligero defecto de forma y desarrollo;
- Un ligero defecto de coloración;
- Defectos leves de la piel;
- Magulladuras muy leves.

Además los tomates “asurcados” podrán presentar:

- Grietas cicatrizadas superficiales que no excedan de 1 cm de longitud;
- Protuberancias no excesivas;
- Un pequeño ombligo que no presente suberización;
- Suberización del estigma no superior a 1 cm<sup>2</sup>;
- Una cicatriz lineal cuya longitud no exceda de los dos tercios del diámetro máximo del fruto.

### **Categoría II**

Esta categoría comprende los tomates que no pueden clasificarse en las categorías superiores.

Los tomates deberán ser suficientemente firmes (pero podrán ser ligeramente menos firmes que los clasificados en la Categoría I) y no deberán presentar grietas sin cicatrizar.

Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando los tomates conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación:

- Defectos de forma, desarrollo y coloración;
- Defectos de la piel o magulladuras, a condición de que no afecten seriamente al fruto;
- Grietas cicatrizadas superficiales que no excedan de 3 cm de longitud para los tomates redondos, "asurcados" u oblongos.

Además, los tomates "asurcados" podrán presentar:

- Protuberancias más acusadas que las admitidas en la Categoría I, pero sin llegar a la deformidad;
- Un ombligo;
- Suberización del estigma no superior a 2 cm<sup>2</sup>;
- Una cicatriz pistilar fina de forma alargada (similar a una costura).

Además, por tamaño se contempla en la misma fuente, la siguiente clasificación:

Los tomates se pueden clasificar de acuerdo a la siguiente disposición de homogeneidad:

La diferencia máxima en diámetro entre los tomates en el mismo envase se limitará a:

- 10 mm, si el diámetro del fruto más pequeño (de acuerdo a como lo indique el envase) es inferior a 50 mm;
- 15 mm, si el diámetro del fruto más pequeño (de acuerdo a como lo indique el envase) es igual a 50 mm y superior a 70 mm;
- 20 mm si el diámetro del fruto más pequeño (de acuerdo a como lo indique el envase) es igual o superior a 70 mm pero inferior a 100 mm;
- Para los frutos de diámetro igual o superior a 100 mm no hay límites de diferencia en diámetro.

## 2.13 Factores de pre-cosecha que inciden en el Manejo y Calidad

### 2.13.1 Factores ambientales

Para la mayoría de los productos hortícolas, entre mas alta sea la temperatura durante el desarrollo del fruto más temprana es su cosecha. Las altas temperaturas aumentan la transpiración y por lo tanto disminuye el peso del fruto. (Guzmán, 1998)

La cosecha nocturna o en horas tempranas puede reducir el costo de enfriamiento de los frutos y puede dar como resultado un enfriamiento más uniforme (Trevor, s.f.)

**Suelo:** El tipo de suelo tiene un efecto directo en la fecha de cosecha de acuerdo con Chandler (1965), citado por Guzmán (1998) quien ha reportado que los frutos maduran un poco más temprano en suelo arenosos que en suelos arcillosos o pesados.

**Viento:** Puede ocasionar daños en las hojas de las hortalizas o quemaduras en los frutos. (Guzmán, 1998)

**Humedad relativa:** Humedades relativas altas proporcionan mayor peso y volumen del jugo dándole un buen sabor. (Guzmán, 1998). Kitinova (s.f), citado por Gutiérrez (1999), indica una humedad relativa optima entre el 90 – 95 % para el almacenamiento de tomate en estado pintón.

### 2.13.2 Prácticas culturales

Guzmán (1998), plantea la necesidad de las siguientes prácticas culturales aplicadas al cultivo del tomate:

**Fertilización mineral:** la nutrición durante el desarrollo del fruto es el factor más importante que afecta su composición, así como su comportamiento de postcosecha. Algunos factores son más críticos que otros para obtener un mejor comportamiento de postcosecha. En tomate los desordenes asociados con deficiencias del calcio están ligados con pudrición del extremo floral y rajaduras. Las condiciones de Nitrógeno en los tejidos de las plantas han sido tradicionalmente ligadas con la vida postcosecha de los productos hortícolas.

**Poda:** se realiza para aumentar el tamaño del fruto, aunque disminuye el total producido, aumenta la aireación en la planta pero también las posibilidades de golpes de sol

**Amarre:** se deben realizar para evitar el volcamiento de la planta debido a su propio peso, viento o lluvia. Evita el contacto de los frutos con el suelo.

**Riego:** Las prácticas de riego deben ser adecuadas para asegurar un producto de buena calidad. Esto es crítico principalmente en las hortalizas en donde una baja humedad en el suelo, por solo unos días, puede afectar el crecimiento de la planta.

**Tratamientos fitosanitarios:** Estos tratamientos van dirigidos al control de plagas y enfermedades que causan lesiones e infecciones que afectan directamente la planta durante todo el periodo vegetativo y al fruto.

#### **2.1.14. Factores de Post cosecha que Inciden en el Manejo y Calidad del fruto**

El grupo de las hortalizas cuyas ineficiencias de manejo se hacen más notorias por las características mismas de los sistemas de producción, requiere de la aplicación de tecnologías desarrolladas para la realización de las diferentes actividades que integran su proceso comercial. (Guzmán, 1998)

El mismo autor enlista los siguientes factores en cuestión:

**Limpieza:** Con esta operación se inicia el acondicionamiento de la fruta y su función primordial es la eliminación de todo tipo de material extraño o disímil del producto, que mezclado o adherido desmejora la presentación o altera el peso y volumen real del producto.

**Selección:** Esta operación consiste en separar los frutos aptos para el consumo de aquellos que no lo son por presentar magulladuras, heridas, pudriciones, etc.

**Clasificación:** Tiene como finalidad purificar la calidad de acuerdo con una o varias características. Las más usuales son: tamaño, forma, color y sanidad. El tomate se clasifica así:

- **Por tamaño:** Según el diámetro máximo que alcanza el fruto, de acuerdo con lo indicado en tablas estandarizadas.
- **Por calidad:** Para cada variedad y tamaño se establecen calidades 1a, 2a y 3a de acuerdo a los requisitos establecidos. Restablecer la cara natural de la corteza que se pierda durante la operación de lavado, desinfección y secado, proporcionándole una mejor protección al producto, sellándolos pero dándoles apariencia brillante y atractiva.

**Encerado:** Se realiza con el fin de restablecer la cera natural de la corteza que se pierda durante la operación de lavado, desinfección y secado, proporcionándole una mejor protección al producto sellándolo pero dándole apariencia brillante y atractiva.

**Empaque:** Puede reducir las pérdidas de humedad y así impedir la deshidratación, que afecta el aspecto, la textura y la comercialización. Previene el marchitamiento rápido en las hortalizas, retardando la pérdida de vitamina C.

**Transporte:** En el transporte se presentan daños causados principalmente por vibración, impacto y compresión de la carga en el vehículo, contribuyendo notablemente al detrimento de la calidad del producto, tanto para el consumo en fresco como para el uso industrial. El

transporte de carga mixta ocasiona daños a la mercancía por posible presencia de núcleos de infección, debido al intercambio de temperaturas, olores, sustancia.

**Condiciones de almacenamiento:** En general el almacenamiento tiene gran incidencia en el control del mercadeo y mantenimiento de la calidad. Además permite proteger el producto de enfermedades, insectos, roedores y condiciones climáticas adversas.

Trevor (s.f.) cita las condiciones de almacenamiento del fruto sugeridas por el USDA para cada estado de maduración, considerando una humedad relativa entre el 90 a 95%:

Según el estado del fruto: verde maduro, temperatura entre 12.5° – 15° C, Rojo ligero 10° - 12.5 °C, Maduro firme 7° - 10° C

Se debe mantener una buena circulación de aire para asegurar una temperatura uniforme dentro de la cámara de maduración y evitar la acumulación de CO<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> (por arriba del 1 %), retarda la acción del etileno en la estimulación de la maduración. La temperatura optima de maduración para asegurar la calidad sensorial y nutritiva es de 20 °C.

### **Empaque**

Guzmán (1998), menciona sobre el empaque, que es una unidad de manejo que facilita el transporte de los productos de percederos. Por lo cual el empaque debe proteger la mercancía de daño mecánico, como los producidos por impactos, caídas y vibraciones. Debe permitir el intercambio del calor de respiración, además debe ser lo suficientemente fuerte para soportar el manejo cociente y estibado. Por último que pueda ser utilizado varias veces sin que pierda sus propiedades mecánicas.

El empaque no mejora la calidad del producto fresco pero si lo protege del ambiente, como la luz del sol y la humedad. La protección de magulladuras es de gran importancia ya que los productos dañados son rechazados por los compradores. Los recipientes deben tener la resistencia suficiente para aguantar el apilamiento y el impacto de la carga y la descarga sin que se magullen o lesiones los productos.

Pueden reducir las pérdidas de humedad y así impedir la deshidratación, que afecta el aspecto, la textura y la comercialización previene el marchitamiento rápido de las hortalizas retardando las pérdidas de vitamina C.

### **2.15 Almacenamiento de frutas y hortalizas frescas**

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. 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 alcanzar en la práctica, puede ser muy diferente, ya que depende de los procedimientos de cosecha y manejo y del medio ambiente del almacenamiento (Vásquez 2004).

Con el almacenamiento adecuado específicamente para el tomate, deben mantenerse al menos las condiciones mínimas siguientes: ser sanos, frescos, limpios, secos, maduros, firmes, bien formados, y encontrarse libres de insectos vivos, podredumbres, decoloraciones, manchas, rajaduras, florones, costillados, olores y sabores extraños, sobre madurez, inmadurez (verdes), la separación del fruto de la planta debe ser neta y estar cicatrizada.(INTA, 2008).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del experimento.

La **fase de campo** se realizó en dos lugares desde el 21 de agosto de 2011 hasta el 5 de mayo de 2012. El primero fue el cantón Los planes, del municipio de La palma, en el departamento de Chalatenango, con coordenadas geográficas LN 14°31'02" y LO 89°07'9" donde se estableció una plantación de tomate bajo invernadero. El segundo lugar fue una de las bodegas de Hortifruti (almacenadora de la cadena de supermercados Wal-Mart), ubicadas en el parque industrial El progreso, en el Km 11 de la carretera al puerto de la Libertad, con coordenadas geográficas LN 13°66'40" y LO 89°27'06" donde se almacenaron muestras del tomate producido en el invernadero.

#### 3.2. Condiciones climáticas de la zona

El cantón Los Planes, donde se estableció la plantación de tomate bajo invernadero, se halla en la cadena montañosa del norte de El Salvador, con una altura que oscila entre 1800-1890 msnm, una temperatura promedio anual de 13 °C, mínimas de 9°C y máximas de 20°. En la estación meteorológica de La palma registra un promedio de precipitación de 1700 mm anuales, registrándose el mayor dato entre los meses de agosto y septiembre, con hasta 350 mm de lluvia. La humedad relativa promedio anual ronda el 75 %.

Para los nueve meses de la fase de campo, el promedio de temperatura registrada por la estación meteorológica de La palma, fue de 20.7 °C, una humedad relativa del 92 % y en los meses de agosto a octubre, 434.3 mm de precipitación, 64 mm en noviembre, 0 mm en



diciembre y enero, 11.5 mm entre febrero y marzo y 103.6 en abril. (Araujo, 2012<sup>1</sup>) (Cuadro A1)

### **3.3. Reconocimiento del terreno**

Se inició con una visita de reconocimiento del terreno de siembra en la empresa consolidada de producción de hortalizas “Tierra fría”, en el mes de Marzo del 2011, aproximadamente 6 meses antes de iniciar el trabajo de campo.

Se observaron las dimensiones de los invernaderos en los cuales se desarrolló el trabajo de investigación, las cuales en total son de 11 m de ancho por 52 m de largo. El suelo es de textura franco arenoso, con 5% de arcilla, 45 % de limo y 50% de arena. La pendiente promedio fue de 30%. (Cuadro A 2)

### **3.4. Muestreo y análisis de suelo.**

El muestreo de suelos se realizó el 18 de febrero, 6 meses antes de montar el experimento, y se realizó de la siguiente manera: un muestreo en tres puntos por cama de siembra, a una profundidad de 0.5 m. Luego se mezclaron las muestras para obtener una sola muestra de una libra, a la cual se le aplicó el análisis completo.

Se analizaron los nutrientes: nitrógeno, fósforo, aluminio, azufre, boro, magnesio, potasio, sodio, hierro, manganeso, cobre, zinc, para conocer cómo estaba la distribución de estos en el área de siembra, dentro del invernadero. (Cuadro A 2)

### **3.5. Programa de fertilización**

En base al muestreo de suelos, e indicaciones de los técnicos de DISAGRO y del técnico a cargo de los invernaderos de la empresa hortícola, se formuló un programa de fertilización, el cual constituyó el *testigo* del presente ensayo. El programa se diseñó para tres etapas del cultivo de la siguiente manera:

---

<sup>1</sup> Rosa María Araujo. Encargada de la Dirección General de Observación Ambiental (DGOA) del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Contacto: raraujo@marn.gob.sv

Cuadro 4. Composición de la solución madre (testigo) en g.l<sup>-1</sup>

Fuentes	Programa 1 (Testigo)		
	Inicio	Desarrollo	Cosecha
Sulfato de potasio	0	7.5	9.5
MAP (Fosfato Mono Amónico)	22.35	21.5	12
Sulfato de hierro	1.05	1.05	2.3
Sulfato de manganeso	0.225	0.225	0.225
Sulfato de cobre	0.08	0.08	0.08
Sulfato de Zinc	0.075	0.075	0.075
<i>Ácido bórico</i> <sup>2</sup>	<i>0.2</i>	<i>0.15</i>	<i>0.225</i>
Sulfato de magnesio	27.5	39	8
<i>Nitrato de calcio</i> <sup>3</sup>	<i>60</i>	<i>75</i>	<i>125</i>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Preparación del semillero

El semillero se preparó en bandejas de polietileno de 105 celdas cada una, 20 días antes de la siembra utilizando el híbrido de tomate Evaluna RZ F1. Se colocó una semilla por celda a una profundidad de 0.3 cm., y las bandejas fueron colocadas en un invernadero destinado a la producción de plantines, realizando dos riegos por día con regadera. Las semillas germinaron alrededor de los 8 días después de la siembra, y los plantines estuvieron listos a los veintiún días después de la siembra. El sustrato utilizado fue el de la marca Growmix, distribuida por el agro servicio Villavar, ubicado en el Municipio de San Juan Opico. (Imagen A1)

### 3.7. Trasplante

El trasplante del tomate se realizó 21 días después de la siembra en semillero y dentro de un invernadero sobre camas de siembra de 48 m lineales por 1.20 m de ancho, haciendo un número de seis camas con capacidad para 240 plantas cada una. En total se establecieron 1440 plantas, con sistema de siembra a doble surco, con distanciamiento de 0.4 m entre plantas y 0.6 m entre surcos, al borde de las camas de siembra. (Imagen A 2)

### 3.8. Descripción del invernadero

El invernadero que se utilizó tiene 11 metros de ancho x 52 metros de largo, con un área de 572 m<sup>2</sup>, la armazón es de madera de pino rollizo, con columnas de 3.5 m de altura en los bordes laterales, y de 2 m en la parte más baja del terreno. La altura central es de 6 m. El techo es de una sola agua, de plástico U.V. con 95% de paso de luz, y las paredes de malla antivirus. El montaje del techo es sobre reglas, clavado y sujetado con tachuelas. En la entrada cuenta con una caseta de 2 m de ancho por 1.5 m de largo, con un pediluvio para

<sup>2</sup> Elementos modificados en la concentración de los 5 restantes programas de fertilización, aumentando en 25%, 50% y 75 % para los programas 2,3 y 4, y reducidos en 25% y 50% para los programas 5 y 6.

poder limpiarse las botas, y cambiarse la ropa, a manera de reducir la entrada de patógenos al lugar del cultivo.

Dentro del invernadero se instaló una manguera de riego con goteros autocompensados y antidrenantes por cama de siembra cada metro, y al inicio del lateral de riego se instaló una mini válvula para controlar el riego para cada cama, y así aplicar el tratamiento deseado, conformado por las diferentes soluciones madre. Las camas de siembra se revistieron con plástico negro para conservar la humedad, reducir el desarrollo de malezas y mantener calor en el suelo. (Imagen A3)

### **3.9. Manejo del cultivo**

Como manejo del cultivo, se entiende en este caso, toda actividad realizada en el lapso desde el trasplante de los plantines hasta la finalización de la vida de las plantas, exceptuando las relacionadas con el riego y fertilización, que son las actividades implicadas en la aplicación de los programas de fertilización en estudio.

Las actividades de manejo fueron: el uso de productos de protección de cultivos para controlar y prevenir las plagas y enfermedades que afectaron al cultivo, el bajado de las cintas de sostén de las plantas debido al crecimiento de estas, la poda de reducción de material vegetativo y los raleos de frutos para fomentar el desarrollo en tamaño de los restantes. Además, se colocó periódicamente una caja con aserrín encendido con fuego, con la finalidad de calentar el interior del invernadero, para favorecer el cuajado de los frutos.

#### **3.9.1. Control de plagas y enfermedades**

Se aplicaron alternadamente productos de protección de cultivos, un día sí y uno no, por aspersión con bomba de mochila. Además se aplicó a través del riego cloro (10 ml/litro de agua de riego) y tetraciclina (20 g/ litro). Principalmente se aplicaron fungicidas e insecticidas de contacto, para contrarrestar incidencia de plagas espontáneas, pues debido al uso de invernadero se reduce en gran medida el efecto de estas sobre el cultivo. (Imagen Anexo 4)

#### **3.9.2. Control de malezas**

El control de malezas se realizó mediante el sistema de siembra con plástico de cobertura de las camas, el cual no permitió su desarrollo, aunado a la temperatura baja del lugar, que tampoco contribuye al desarrollo acelerado de malezas, contrario a las zonas de clima cálido.

### **3.9.3. Poda**

La primera poda se realizó eliminando las hojas que se hallaban debajo del primer racimo de frutos, en forma manual, o desgajado, para así promover un mejor desarrollo de estos. Se realizó aproximadamente a los 3 meses y medio después del trasplante. Las siguientes podas se realizaron cada quince días, a medida que los frutos de los racimos inferiores eran cosechados, eliminando las hojas ubicadas por debajo del racimo más próximo a la cosecha.

### **3.9.4. Riego**

El sistema de riego utilizado consistió en laterales de una manguera de riego por goteo auto compensado, y antidrenante. Esto significa que los goteros mantenían la misma descarga sin importar la presión y el contenido de agua en el interior de la manguera. En el inicio de cada lateral de riego se colocó una mini válvula para controlar el paso de la solución respectiva hacia la cama de siembra a fertirregar, lo cual permitió aplicar por separado cada uno de los tratamientos en estudio. (Imagen A 5)

El agua fue descargada con bombeo, desde un tanque ubicado en la parte alta del terreno. En el trayecto de la tubería principal hacia el invernadero, se instaló un dosificador autónomo Dosatrón®, el cual consistió en dos cabezales que succionaban a través de mangueras las soluciones A y B, introduciéndolas al agua que va hacia las camas de siembra. (Imagen A 6) Se aplicaron aproximadamente entre 1000 a 4000 litros de riego por día por invernadero, según la lectura del tensiómetro que indicaba el grado de humedad del suelo. Esta cantidad de agua total por invernadero, se dividió entre el número de camas para obtener el total de agua por cama. Se calculo para esa cantidad de agua, el tiempo de descarga considerando el caudal y número de los goteros en cada cama, siendo de 6, 12 y 24 minutos por cama respectivamente.

Se utilizaron goteros auto compensados, por lo que la descarga por gotero fue lo más homogénea posible, tanto al inicio de los riegos, como al finalizarlos.

Se realizó el riego en base a 6 o 10 minutos de tiempo de descarga, dependiendo del volumen de agua a regar determinado para ese día, ya que por cada 1000 metros descargados en el invernadero, el tiempo total es de 36 minutos aproximadamente, lo que significa que por cada cama se requirieron 6 minutos de riego, descargando aproximadamente 166 litros de riego por día por cama. Con esto se pudo garantizar la misma cantidad de agua para cada cama de siembra.

Para decidir qué día se regaría, se utilizó la lectura del tensiómetro, para así determinar el grado de humedad del suelo. Ciertos días no fue necesario el riego por el exceso de humedad, y en otros se aplicó más agua de riego debido a la necesidad indicada por el

tensiómetro. Los días no regados comprendieron desde mediados de octubre, hasta finales de noviembre, debido a la influencia de la depresión tropical 12 E. En total, desde el trasplante el 21 de agosto de 2011 hasta el 18 de abril de 2012 se aplicaron 135 riegos y no se regaron 105 días del ciclo del cultivo. (Cuadro A 3)

### 3.9.5. Fertilización

La fertilización se realizó tomando en cuenta el desarrollo del cultivo, para lo cual se dividió en tres etapas:

1. Inicio (desde trasplante hasta 20 días después del trasplante), 2. Desarrollo (desde los 21 días después del trasplante hasta 63 días después del trasplante) y 3. Cosecha (desde los 64 días después del trasplante hasta 135 días)

Se prepararon dos mezclas, a las que se denominó mezcla **A** y mezcla **B**.

Los programas de fertilización desarrollados fueron seis, dosificados como concentración de la fuente del elemento por litro de solución madre, haciendo variar solamente la concentración de Calcio (nitrato de calcio) y Boro (ácido bórico). (Cuadro 5)

Cuadro 5. Concentración de Calcio (nitrato de calcio) y Boro (ácido bórico) en gramos por litro de **solución madre** para cada etapa del cultivo.<sup>3</sup>

	INICIO	DESARROLLO	COSECHA
<b>Programa 1</b>			
BORO (g)	0.2	0.15	0.225
CALCIO (g)	60	75	125
<b>Programa 2</b>			
BORO (g)	0.25	0.2	0.30
CALCIO (g)	75	93.75	156.25
<b>Programa 3</b>			
BORO (g)	0.4	0.3	0.35
CALCIO (g)	90	112.5	187.5
<b>Programa 4</b>			
BORO (g)	0.35	0.3	0.4
CALCIO (g)	105	131.25	218.75
<b>Programa 5</b>			
BORO (g)	0.15	0.10	0.20
CALCIO (g)	45	56.25	93.75
<b>Programa 6</b>			
BORO (g)	0.10	0.07	0.10
CALCIO (g)	30	37.5	62.5

<sup>3</sup> A partir de este cuadro, se abreviará con fines de simplificación cada programa con las combinaciones de letras y números siguiente: P1, P2, P3, P4, P5 y P6

La forma de preparar las mezclas fue la siguiente: la mezcla **A** consistió en las cantidades de Fosfato Mono Amónico (MAP), sulfato de magnesio, sulfato de cobre, sulfato de zinc, sulfato férrico, sulfato de manganeso y ácido bórico correspondientes a cada tratamiento, elaborándose seis mezclas **A** diferentes (una por tratamiento), entre estas solo se variaron las concentraciones de boro, y se aplicaron iguales cantidades de las demás fuentes que aportan cada elemento nutricional requerido por la planta. En la mezcla **B** solamente se hizo variar el nitrato de calcio.

Se hizo variar la cantidad pesada de nitrato de calcio y ácido bórico en base a los tratamientos establecidos tomando como referencia el testigo, se incrementó en 25%, 50% y 75%, y se redujo en 25% y 50% el contenido de nitrato de calcio y ácido bórico a aplicar con respecto al testigo.

Para elaborar dichas mezclas se realizó la marcha siguiente: Se pesó cada fuente del elemento, luego se introdujo en una bolsa de polietileno gruesa para que resistiera el peso y el movimiento, y finalmente se mezcló hasta que no se observaran grumos y terrones de alguna de las fuentes. (Imagen A 7) Se utilizaron para las mezclas los siguientes elementos: Sulfato de potasio, fosfato monoamónico (MAP), Sulfato férrico, sulfato de manganeso, sulfato de cobre, sulfato de zinc, ácido bórico y sulfato de magnesio. (Cuadro A 4)

Cada mezcla fue diluida en agua en una cubeta con capacidad para 6 galones, generando dos soluciones madre, una de mezcla **A**, y una de mezcla **B**, que fueron inyectadas al riego por el dosificador Dosatrón, calibrado para la succión e inyección al riego de 1.5 litros de cada mezcla/100 litros de agua de riego, para ser descargado en siete minutos. (Imagen A 8) Este aparato dosificador trabaja con un mecanismo de succión tipo bomba, el cual es activado por el vacío que ejerce la presión del agua de riego que circula por la tubería principal, succionando la concentración de solución a la que se calibró, a través de dos mangueras introducidas en las cubetas que contienen las soluciones madre elaboradas en base a las mezcla física de las fuentes de los elementos necesarios para el desarrollo del cultivo, el cual define la concentración de solución en el riego, más no el aporte de elementos agregados, pues esto fue determinado en la elaboración de la mezcla física. Se cambiaba la calibración del Dosatrón dependiendo del volumen de agua a descargar.

Se estandarizó mediante un recipiente, un peso de 980 g/ cubeta de cada mezcla **A**, y simultáneamente se realizó el pesado del nitrato de calcio para cada cubeta, cada vez que se requirió la preparación de más solución **B**.

La aplicación al cultivo, se inició cuatro días después del trasplante por medio de riego por goteo, de los seis tratamientos compuestos de todos los nutrientes requeridos por el cultivo,

haciendo variar solamente las cantidades de calcio y de boro. Para realizar la descarga por cada cama, se colocaron al inicio de los laterales de riego, mini válvulas que se mantenían cerradas mientras en una cama se realizaba el riego.

### 3.10. Metodología estadística.

#### 3.10.1. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, o bloques al azar, con diseño simple, en un arreglo de parcelas divididas, con 12 tratamientos y 6 repeticiones. Se analizó en dos momentos: el primero, con un diseño simple para las parcelas pequeñas (programas de fertilización), con las fuentes de variación: Bloques, tratamientos, error y total; y el segundo momento, con un arreglo factorial 2x6 para las parcelas grandes (temperaturas de almacenamiento del fruto), con las siguientes fuentes de variación: Bloques, factor A (temperaturas de almacenamiento), error (a), subtotal, factor B (programas de fertilización), interacción AxB, error (b), y total. La parcela grande fue utilizada para el análisis de las dos temperaturas de almacenamiento en anaquel, mientras que la parcela pequeña fue utilizada para el análisis del efecto de los programas de fertilización. Se dividió para formar la parcela grande todas las camas en dos partes iguales, y para formar las parcelas pequeñas se dividió cada cama de siembra en 12 espacios.

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	B 9	B 10	B 11	B 12
Programa 1: Testigo	Parcela pequeña 1	Parcela pequeña 2	Parcela pequeña 3	Parcela pequeña 4	Parcela pequeña 5	Parcela pequeña 6	Parcela pequeña 7	Parcela pequeña 8	Parcela pequeña 9	Parcela pequeña 10	Parcela pequeña 11	Parcela pequeña 12
Programa 2: + 25 % Ca y B	Parcela pequeña 13	Parcela pequeña 14	Parcela pequeña 15	Parcela pequeña 16	Parcela pequeña 17	Parcela pequeña 18	Parcela pequeña 19	Parcela pequeña 20	Parcela pequeña 21	Parcela pequeña 22	Parcela pequeña 23	Parcela pequeña 24
Programa 3: + 50% Ca y B	Parcela pequeña 25	Parcela pequeña 26	Parcela pequeña 27	Parcela pequeña 28	Parcela pequeña 29	Parcela pequeña 30	Parcela pequeña 31	Parcela pequeña 32	Parcela pequeña 33	Parcela pequeña 34	Parcela pequeña 35	Parcela pequeña 36
Programa 4: + 75% Ca y B	Parcela pequeña 37	Parcela pequeña 38	Parcela pequeña 39	Parcela pequeña 40	Parcela pequeña 41	Parcela pequeña 42	Parcela pequeña 43	Parcela pequeña 44	Parcela pequeña 45	Parcela pequeña 46	Parcela pequeña 47	Parcela pequeña 48
Programa 5: -25% Ca y B	Parcela pequeña 49	Parcela pequeña 50	Parcela pequeña 51	Parcela pequeña 52	Parcela pequeña 53	Parcela pequeña 54	Parcela pequeña 55	Parcela pequeña 56	Parcela pequeña 57	Parcela pequeña 58	Parcela pequeña 59	Parcela pequeña 60
Programa 6: -50% Ca y B	Parcela pequeña 61	Parcela pequeña 62	Parcela pequeña 63	Parcela pequeña 64	Parcela pequeña 65	Parcela pequeña 66	Parcela pequeña 67	Parcela pequeña 68	Parcela pequeña 69	Parcela pequeña 70	Parcela pequeña 71	Parcela pequeña 72

**Parcela grande 1: Temperatura ambiental a 25 ° C de almacenamiento**

**Parcela grande 2: Temperatura controlada a 12° C de almacenamiento**

Figura 1. Plano de campo del experimento.

El modelo estadístico para este diseño de bloques completamente al azar se presenta con las siguientes formulas matemáticas (Nuila y Mejía, 1990).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$Y_{ij}$  = es la respuesta observada en cualquier unidad experimental o celda (i, j).

$\mu$  = es la media del experimento.

$T_i$  = es el efecto de cualquier tratamiento i.

$\beta_j$  = efecto de cualquier bloque j.

$\epsilon_{ij}$  = error experimental en la celda (i, j).

El modelo estadístico para el diseño de parcelas divididas se puede representar de la manera siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + F_A + F_B + I_{AB} + \beta_j + \epsilon_{ijA} + \epsilon_{ijB}$$

$Y_{ij}$  = es la respuesta observada en cualquier unidad experimental o celda (i, j).

$\mu$  = es la media del experimento.

$F_A$  = Efecto del factor A en estudio

$F_B$  = Efecto del factor B en estudio

$I_{AB}$  = Efecto de la interacción de A y B

$\beta_j$  = efecto de cualquier bloque j.

$\epsilon_{ijA}$  = error experimental A

$\epsilon_{ijB}$  = error experimental B

### 3.10.2 Tamaño de la parcela y del área útil

El área útil de la parcela fue de 4.6 m<sup>2</sup>. Esta se obtuvo dividiendo la longitud de las camas de siembra de 46 m (considerando la resta de 1 m en cada extremo para reducir el efecto de borde), entre 12 parcelas, obteniéndolas de aproximadamente 3.8 m de longitud, y se multiplicó por el ancho de cama de 1.2 m. En esta área, se seleccionaron cinco plantas de la parte central para realizar el muestreo y toma de datos. (Figura 2)

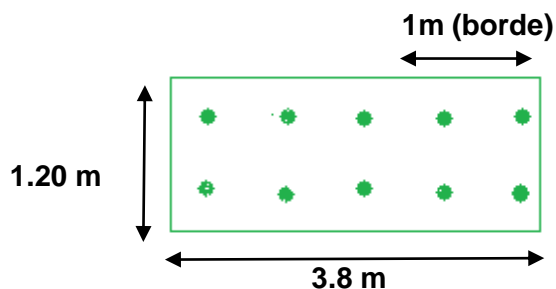


Figura 2. Esquema de una parcela pequeña de la investigación



### 3.10.3. Distribución de las fuentes de variación

Para el análisis de las variables, se han considerado dos tipos de ANVA, uno para las variables de campo con un diseño de bloques completos al azar, y otro para las variables del estudio de vida en anaquel con diseño de bloques completos al azar y arreglo de parcelas divididas.

Cuadro 6. Distribución de fuentes de variación para diseño de bloques completos al azar

<b>F. de V.</b>
Bloques
Programas
Error
Total

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7. Distribución de fuentes de variación para diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>
Bloques	5
PP (Parcela grande= Temperaturas de almacenamiento)	1
Error (a)	5
<b>Subtotal</b>	11
SP (Subparcela= programas de fertilización)	5
PP x SP	5
Error (b)	50
<b>Total</b>	71

Fuente: Elaboración propia

Para el procesamiento y análisis de las variables, se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS 9.1), mediante el cual se obtuvieron los ANVA para cada variable, y cuando la variable resultó significativa, se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) entre las medias, para saber cuál de los tratamientos ejerció mejor efecto en comparación con los demás.

### 3.11 Factores en estudio.

Los factores en estudio fueron dos: los programas de fertilización (6 programas) y las temperaturas de almacenamiento (2 temperaturas) de los frutos en anaquel: ambiental (Aproximadamente a 27° C) y controlada a 12° C. (Cuadro 8 y 9)

Cuadro 8. Programas de fertilización aplicados al tomate en el trabajo de investigación, en gramos por litro de solución madre.

<b>Fuentes</b>	<b>Sol.</b>	<b>Programa 1 (Testigo)</b>			<b>Programa 2 (+25%)</b>		
		<b>Inicio</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Cosecha</b>	<b>Inicio</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Cosecha</b>
Sulfato de potasio	<b>A</b>	0	7.5	9.5	0	7.5	9.5
MAP		22.35	21.5	12	22.35	21.5	12
Sulfato de hierro		1.05	1.05	2.3	1.05	1.05	2.3
Sulfato de manganeso		0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
Sulfato de cobre		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Sulfato de Zinc		0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
<b>Ácido bórico</b>		<b>0.2</b>	<b>0.15</b>	<b>0.225</b>	<b>0.25</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>
Sulfato de magnesio		27.5	39	8	27.5	39	8
<b>Nitrato de calcio</b>	<b>B</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>125</b>	<b>75</b>	<b>93.75</b>	<b>156.25</b>
<b>Fuentes</b>		<b>Programa 3 (+50%)</b>			<b>Programa 4 (+75%)</b>		
		<b>Inicio</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Cosecha</b>	<b>Inicio</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Cosecha</b>
Sulfato de potasio	<b>A</b>	0	7.5	9.5	0	7.5	9.5
MAP		22.35	21.5	12	22.35	21.5	12
Sulfato de hierro		1.05	1.05	2.3	1.05	1.05	2.3
Sulfato de manganeso		0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
Sulfato de cobre		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Sulfato de Zinc		0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
<b>Ácido bórico</b>		<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.35</b>	<b>0.35</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>
Sulfato de magnesio		27.5	39	8	27.5	39	8
<b>Nitrato de calcio</b>	<b>B</b>	<b>90</b>	<b>112.5</b>	<b>187.5</b>	<b>105</b>	<b>131.25</b>	<b>218.75</b>
<b>Fuentes</b>		<b>Programa 5 (-25%)</b>			<b>Programa 6 (-50%)</b>		
		<b>Inicio</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Cosecha</b>	<b>Inicio</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Cosecha</b>
Sulfato de potasio	<b>A</b>	0	7.5	9.5	0	7.5	9.5
MAP		22.35	21.5	12	22.35	21.5	12
Sulfato de hierro		1.05	1.05	2.3	1.05	1.05	2.3
Sulfato de manganeso		0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
Sulfato de cobre		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Sulfato de Zinc		0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
<b>Ácido bórico</b>		<b>0.15</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.07</b>	<b>0.1</b>
Sulfato de magnesio		27.5	39	8	27.5	39	8
<b>Nitrato de calcio</b>	<b>B</b>	<b>45</b>	<b>56.25</b>	<b>93.75</b>	<b>30</b>	<b>37.5</b>	<b>62.5</b>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9. Temperaturas de almacenamiento del tomate del trabajo de investigación.

<b>Tipos de temperatura</b>	<b>Grados centígrados</b>
Ambiente	Aproximadamente 27°C
Almacenamiento controlado	Aproximadamente a 12°C

Fuente: Elaboración propia

### 3.12 Tratamientos

Los tratamientos resultan de la combinación de ambos factores en estudio, siendo en total 12 (6 x 2), siendo utilizados para el análisis de las interacciones entre ambos factores y de manera aislada el uno del otro. (Cuadro 10)

Cuadro 10. Tratamientos aplicados en el estudio para el análisis estadístico factorial de los frutos en anaquel

Tratamiento (combinación de factores)	Descripción
T1= P1+ temperatura ambiente	Testigo de fertilización y temperatura ambiente de almacenamiento
T2= P1 + temperatura a 12 °C	Testigo de fertilización y temperatura de almacenamiento controlada
T3= P2 + temperatura ambiente	25% más de Ca y B y temperatura ambiente de almacenamiento
T4= P2 + temperatura a 12 °C	25% más de Ca y B y temperatura de almacenamiento controlada
T5= P3 + temperatura ambiente	50% más de Ca y B y temperatura ambiente de almacenamiento
T6= P3 + temperatura a 12 °C	50% más de Ca y B y temperatura de almacenamiento controlada
T7= P4 + temperatura ambiente	75% más de Ca y B y temperatura ambiente de almacenamiento
T8= P4 + temperatura a 12 °C	75% más de Ca y B y temperatura de almacenamiento controlada
T9= P5 + temperatura ambiente	25% menos de Ca y B y temperatura ambiente de almacenamiento
T10= P5 + temperatura a 12 °C	25% menos de Ca y B y temperatura de almacenamiento controlada
T11= P6 + temperatura ambiente	50% menos de Ca y B y temperatura ambiente de almacenamiento
T12= P6 + temperatura a 12 °C	50% menos de Ca y B y temperatura de almacenamiento controlada

Fuente: Elaboración propia

T= tratamiento

P=programa de fertilización

### 3.13 Variables evaluadas.

Las variables evaluadas se tomaron en dos momentos: a nivel de campo, y a nivel de almacenamiento en refrigeración, dentro del análisis pos cosecha de los frutos.

A nivel de campo se tomaron:

- Diámetro de tallo en centímetros (cm.): se tomó en la parte media de la planta en centímetros (cm), utilizando un pie de rey, considerando la porción de tallo plenamente desarrollada.

- Altura de planta en metros (m): Se tomó cuando apareció el primer racimo floral, y se midió utilizando cinta métrica desde el inicio del tallo de la planta sobre la superficie de la cama de siembra.
- Peso de fruto en campo al momento de la cosecha en gramos (g): para cada corte, se pesó una muestra de frutos cosechados usando una báscula con capacidad de pesar gramos, para obtener el promedio de peso de cada fruto.
- Rendimiento de fruto en libras por metro cuadrado (lb. / m<sup>2</sup>): se tomó el peso del total de frutos cosechados en un punto de muestreo (parcela pequeña) para cada corte del día y para cada cama de siembra correspondiente a los programa de fertilización. Se obtuvo el promedio de estos cortes al realizar la toma de datos de 10 cortes en libras por metro cuadrado.

A nivel de almacenamiento en refrigeración y a temperatura ambiente se tomaron:

- Peso de fruto en anaquel en gramos (g): se tomó todos los días que duró almacenado, utilizando báscula para pesado en gramos. Al final se obtuvieron los promedios de peso para 19 días de duración para almacenamiento a temperatura controlada (95 frutos) y 15 días para almacenamiento a temperatura ambiente (75 frutos). (Imagen A 9)
- Diámetro del fruto en anaquel en centímetros (cm.): se midió con un pie de rey al mismo fruto en almacenamiento pesado.(Imagen A 10)
- Firmeza del fruto en libras sobre centímetros cuadrado (lb. / cm<sup>2</sup>): se utilizó un penetrómetro y se obtuvieron las lecturas diarias de los mismos frutos a los que se les midieron las dos variables anteriores. (Imagen A 11)
- Grados Brix del fruto maduro: se midieron con un refractómetro en cada uno de los frutos muestreados para cada día de almacenamiento. (Imagen A 12)
- Contenido de Calcio y Boro en el fruto: (% y mg/100 g) mediante un análisis de laboratorio realizado en Procafé, se determinó el % en materia seca de Calcio y los miligramos en 100 gramos de boro para el fruto maduro. (Cuadro A 5)
- Duración de los frutos en anaquel (días de duración): se hizo mediante observación de las características de calidad, y se determinó si el fruto era o no apto para consumo humano, hasta una fecha específica.

Para el caso de contenido de calcio, boro y duración del fruto, se aplicó la prueba de comparación de datos de Tukey, pues solamente se obtuvo una lectura para estos datos.

### 3.14 Análisis económico

La importancia del análisis económico radica en la facilitación de la toma de decisiones en cuanto a cambiar una tecnología por otra, basándose en el retorno monetario obtenido. Dicho retorno es determinado mediante la relación entre los costos de la implementación de cada tecnología propuesta, y su respectivo beneficio. Conocer estos costos y beneficios es muy importante para el agricultor, ya que le permite evaluar y conocer los costos y beneficios implicados para adoptar una nueva tecnología en comparación con la que ya utiliza.

#### 3.14.1. Presupuesto parcial

Consiste en visualizar las diferencias entre los costos y los beneficios, en términos monetarios, de las distintas tecnologías propuestas en comparación a la existente, y se compone de:

Rendimiento medio: Es el dato tomado en campo para esta variable, al cual se le aplica una reducción del 10% de su total para obtener el Rendimiento ajustado. Dicho rendimiento ajustado se calcula debido a que generalmente en los experimentos, los rendimientos obtenidos son mayores que los rendimientos que un productor podría obtener a nivel comercial con el mismo tratamiento, y sus unidades se corresponden a la cantidad de producto obtenido para la comercialización.

Beneficio bruto de campo: se obtuvo de multiplicar el rendimiento ajustado de cada tecnología en estudio, por el precio de venta del producto en el lugar de la producción (precio de campo).

Los costos que varían son los costos relacionados con los insumos utilizados, mano de obra, maquinaria y materiales que varían de un tratamiento a otro, sin considerar aquellos fijos o iguales entre las tecnologías investigadas.

El beneficio neto: resulta de la diferencia entre el beneficio bruto y los costos que varían.

#### 3.14.2. Análisis de dominancia.

Este análisis consistió en ordenar los tratamientos de menores a mayores costos que varían; llamándose tratamiento *dominado* al que presenta beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento con costos que varían más bajos.

Se calculó una tasa marginal de retorno (TMR), la cual se obtuvo de la relación entre las diferencias numéricas de los beneficios netos y las diferencias numéricas de los costos que varían (BN/CV), multiplicando el resultado por 100 para expresarlo en términos porcentuales. La interpretación de la TMR es que por cada \$1 que el agricultor invierta para pasar de una

tecnología a otra, recuperará su dólar invertido más el valor calculado como TMR. Cuando el cálculo de las tasas de retorno de los programas dominados proporciona datos negativos, indica que al invertir en estos, se generarían pérdidas en lugar de beneficios, por tanto, resulta innecesario calcular dichas tasas. Cabe aclarar que una tasa de retorno puede presentarse alta debido a que la diferencia entre los costos que varían es muy cercana entre sí.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los datos correspondientes a las variables en estudio, junto con el análisis de cada una de estas en base a lo que otros autores mencionan sobre la variable tratada. La fuente de cada una de las tablas y figuras elaboradas es en base a los datos obtenidos mediante el procesamiento de los datos con el programa estadístico SAS 9.1 (Cuadro A 7)

##### 4.1. Variables de estudio en campo

###### 4.1.1 Diámetro de tallo en centímetros

Estadísticamente, los programas de fertilización y la pendiente produjeron igual efecto sobre el diámetro de tallo (Cuadro 11 y Figura 3), con lo que resultó que la variación en los niveles de calcio y boro en la fertilización, no influyó en el grosor del tallo. Del busto (2002) indica que el factor más limitante para el crecimiento de la planta es la temperatura nocturna, que debe oscilar por 15 °C, pero además es necesaria una diferencia de al menos 6 °C entre el día y la noche para un buen crecimiento. Este también se favorece con una alta humedad relativa del 80 % durante el día y la noche, y dicho crecimiento aumenta con mayor duración de la luminosidad, mientras Van Vooren (1986), citado por Cruz (2003) indica que al haber menos penetración de luz provoca una elongación del tallo, y menor diámetro de este. De estos comentarios se desprende que la variación del calcio y boro en la fertilización no es el factor más influyente para determinar el diámetro de tallo.

Cuadro 11. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para Diámetro de Tallo en centímetros tres meses después del trasplante

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	FC	Pr >FC
Bloques	5	0.07267361	0.01453472	1.98	0.0939
Programas	5	0.06184028	0.01236806	1.69	0.1512
Error	61	0.44711806	0.00732980		
Total	71	0.58163194			

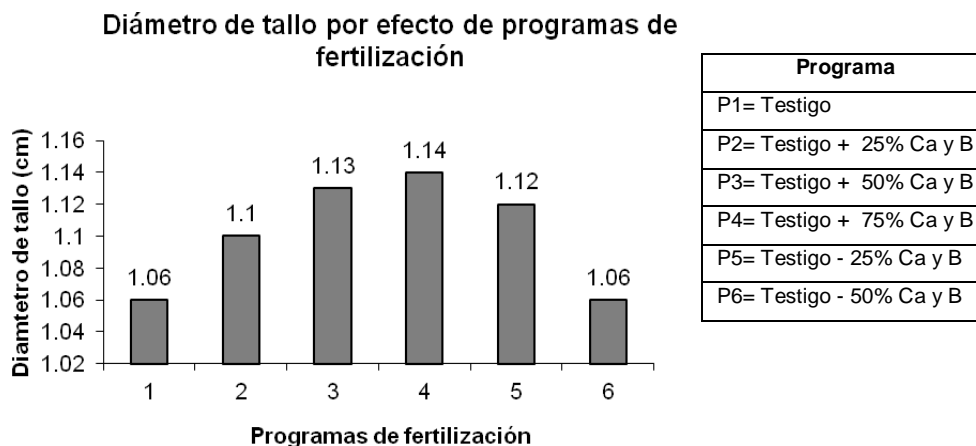


Figura 3. Diámetro de tallo en centímetros, para cada programa de fertilización a los 3 meses después del trasplante.

Lo mencionado por Del busto (2002) y Van Vooren (1986), concuerda con los resultados obtenidos, pues en general indican que el grosor es determinado principalmente por otros factores ajenos a la nutrición del cultivo. Aunque numéricamente se observan diferencias en los datos de grosor de tallo, mediante el análisis estadístico se comprobó que no se debió al efecto de los programas en estudio. Además, las condiciones ambientales fueron las optimas para el desarrollo del tallo, pues está dentro del rango de diámetro de un tallo normal, por lo que este no se vio reducido ni aumentado por ningún factor.

#### 4.1.2. Altura de planta en metros

Los programas de fertilización en estudio y la pendiente estadísticamente, produjeron igual efecto sobre la altura de planta. (Figura 4 y Cuadro 12). Esto indica que los diferentes niveles de calcio y boro no influyen en la altura de la planta en esta etapa fenológica del cultivo.

Vásquez (2004), menciona que por falta de calcio, se reduce la tasa de crecimiento vegetativo y las partes nuevas de la planta no crecen, y que el boro es muy importante mejorando la capacidad de las plantas de usar el calcio. Por tanto, probablemente la cantidad de calcio y boro aportada por los programas fue la requerida por la planta.

Tjalling (2006), indica que el nitrógeno es el elemento determinante del crecimiento vegetativo, lo que indica que el calcio y boro no son los elementos determinantes de la altura de la planta.

Cuadro 12. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para Altura de planta en metros al aparecimiento del primer racimo floral. (m)

F. de V.	G.L.	S. de C.	C.M.	FC	Pr > FC
Bloques	5	0.00925000	0.00185000	0.48	0.7903
Programas	5	0.01405000	0.00281000	0.73	0.6051
Error	61	0.23545000	0.00385984		
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>0.25875000</b>			

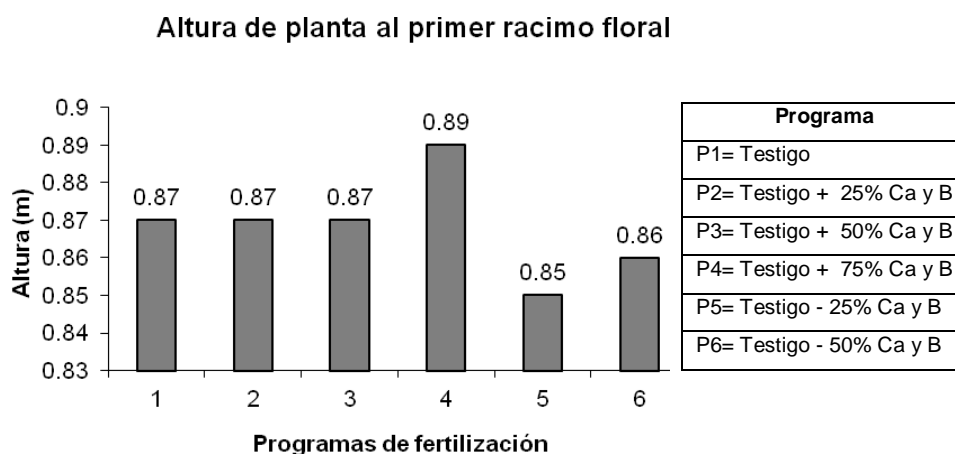


Figura 4. Altura de planta en metros, para cada programa de fertilización al aparecimiento del primer racimo floral.

Los resultados obtenidos son confirmados por Vásquez (2004) y Tjalling (2006), pues se comprobó que por el cambio de concentración de Calcio y boro, no se generó diferencia significativa sobre la altura de planta, ya que son otros factores como un marcado déficit de ambos elementos o la falta de nitrógeno los que ejercerían un efecto diferente sobre la elongación de la planta. Ni siquiera las condiciones atmosféricas ejercieron efectos significativos sobre esta variable, por lo que tuvo un normal desarrollo durante todo el ciclo del cultivo.

#### 4.1.3. Peso de fruto en gramos al momento de la cosecha

Estadísticamente, los programas de fertilización y la pendiente produjeron igual efecto sobre el peso del fruto en campo al momento de la cosecha. (Figura 5 y Cuadro 13)

Wereing y Patrick (1975), citado por Santiago (1998), menciona que el peso de fruto está determinado por la relación entre el efecto de las fuentes externas sobre el cultivo (suelo, agua, clima) y la capacidad de la demanda realizada de estas fuentes por la planta durante el periodo de crecimiento del fruto, mientras según Nuez (1995), citado por Szpiniak (sf),



escribe que tanto el tamaño del fruto así como su contenido de sólidos solubles dependen de los fotoasimilados recibidos de las hojas, pues la absorción de calcio es de solo el 5.2%. Es decir, que un cambio en la aplicación de calcio y boro no es el factor que establece el peso del fruto.

Cuadro 13. Tabla de análisis de varianza (ANVA), peso de fruto campo en gramos al momento de la cosecha

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	FC	Pr > FC
Bloques	5	3051.11111	610.222222	1.83	0.1209
Programas	5	1153.61111	230.722222	0.69	0.6324
Error	61	20375.8888	334.03097		
Total	71	24580.6111			

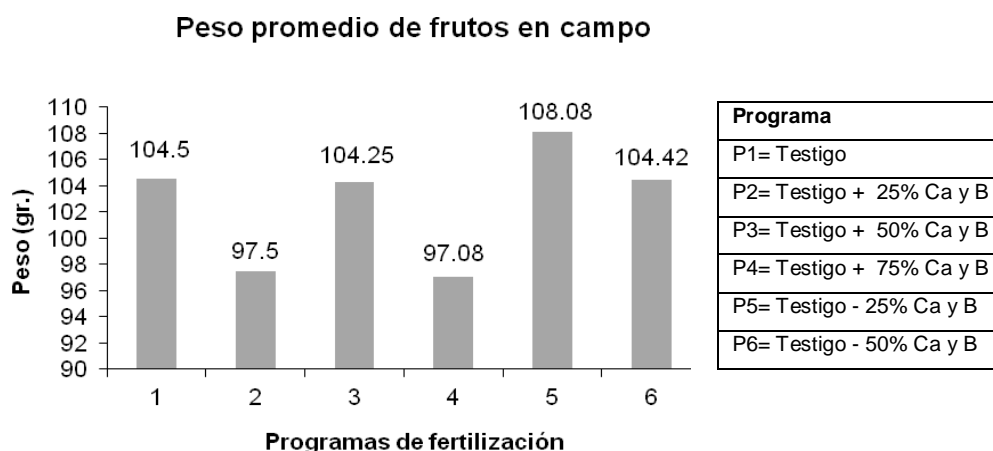


Figura 5. Peso de fruto en campo al momento de la cosecha, para cada programa de fertilización (g)

De acuerdo a Santiago (1998) y Szpiniak (sf), el peso del fruto es determinado principalmente por cambios drásticos en los factores externos que inciden en la planta, mientras está en fructificación, y por la capacidad de asimilados que ésta elabora a través de las hojas. Esto se comprobó en este caso debido a que no se dieron diferencias de peso estadísticamente significativas por efecto de la fertilización. Numéricamente se observan diferentes pesos, lo cual no es por el efecto de los programas de fertilización.

#### 4.1.4. Rendimiento de fruto en libras por metro cuadrado por corte

Estadísticamente, los programas de fertilización y la pendiente ejercieron igual efecto sobre el rendimiento en libras/ m<sup>2</sup> (Figura 7 y Cuadro 16).

Según Wereing y Patrick (1975), citado por Santiago (1998), el rendimiento involucra procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo y reproductivo, tal como peso de frutos promedio, número de frutos por racimo y densidad de siembra.

Cuadro 14. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para rendimiento de fruto (libras/m<sup>2</sup>)

F. de V.	G.L.	S. de C.	C.M.	FC	Pr>FC
Bloques	5	0.65407778	0.13081556	1.55	0.1884
Programas	5	0.34164444	0.06832889	0.81	0.5480
Error	61	5.15458889	0.08450146		
<b>Total</b>	<b>71</b>				

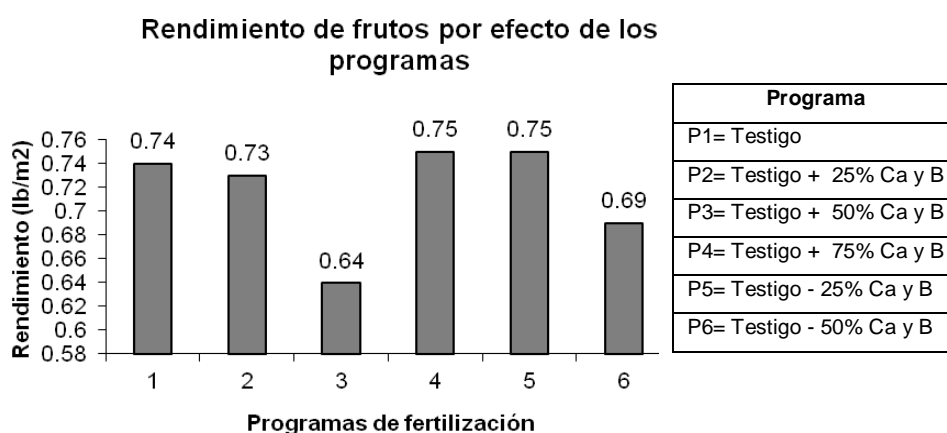


Figura 6. Rendimiento de fruto en libras / m<sup>2</sup> por corte para cada programa de fertilización.

Según Wereing y Patrick (1975), citado por Santiago (1998), si las variables del desarrollo vegetativo y reproductivo son las que afectan el rendimiento, al ser estas estadísticamente iguales, el rendimiento resultó estadísticamente igual. Los datos de rendimiento obtenidos reflejan este hecho. Aunque numéricamente se observan diferencias, no se pueden atribuir al efecto de los programas de fertilización.

## 4.2 Variables de estudio en anaquel

### 4.2.1 Peso de fruto en anaquel en gramos

Estadísticamente, los programas de fertilización, las temperaturas, las interacciones y la pendiente, produjeron diferente efecto sobre el peso de fruto en anaquel (Figura 7 y Cuadro 15). El programa que brindó el mayor peso de fruto en anaquel fue el 1 (testigo= 0.15 g de ácido bórico y 75 g de Nitrato de calcio/ litro de solución madre), y la temperatura ambiente

de almacenamiento dio el mayor peso de fruto. (Cuadro 16 y 17) La interacción entre la temperatura 1 y el programa 5 brindó el mayor peso de fruto en anaquel.

Gutiérrez (1999), indica que los frutos con menor madurez poseen una respiración más acelerada que los frutos maduros, por lo cual pierden agua con mayor rapidez, pues una de las funciones de la baja temperatura es desacelerar la maduración. Mientras que los frutos maduros mantienen durante un lapso de tiempo más continuo la humedad. Cambios imperceptibles pueden determinar esta pérdida de peso en los frutos.

Van't Hoff, citado por Gutiérrez (1999), menciona que por cada aumento en 10 °C de la temperatura a la que se exponen los frutos, la respiración se acelera 3 veces arriba de lo normal.

Cuadro 15. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para peso de fruto en anaquel en gramos.

<b>F.de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>CF</b>	<b>Pr&gt;E</b>
Bloques	5	537.3740278	107.4748056	3.45	0.0094
PP	1	320.4668056	320.4668056	10.28	0.0023
Error	5	378.484028			
<b>Subtotal</b>	<b>11</b>	<b>3116.174862</b>			
SP	5	502.2140278	100.4428056	3.22	0.0134
PP x SP	5	771.3606944	154.2721389	4.95	0.0009
Error (b)	50	1083.526944			
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>5147.286528</b>			

Cuadro 16. Prueba de diferencia mínima entre medias de peso de fruto en anaquel para el efecto de las dos temperaturas de almacenamiento.

<b>Temperaturas PP</b>	<b>Media</b>	<b>Parcelas</b>	<b>Observaciones</b>	
Temperatura ambiente	96.544	1	36	A
Temperatura controlada	92.325	2	36	B

Cuadro 17. Prueba de diferencia mínima entre medias de peso de fruto en anaquel para el efecto de los programas de fertilización.

<b>Programas</b>	<b>Media</b>	<b>sub Parcelas</b>	<b>Observaciones</b>	
Programa 1 (Testigo)	99.21	1	12	A
Programa 2 (+25% Ca y B)	95.10	2	12	AB
Programa 6 (-50% Ca y B)	94.94	6	12	AB
Programa 5 (- 25% Ca y B)	94.32	5	12	B
Programa 4 (+75% Ca y B)	92.31	4	12	B
Programa 3 (+50% Ca y B)	90.72	3	12	B

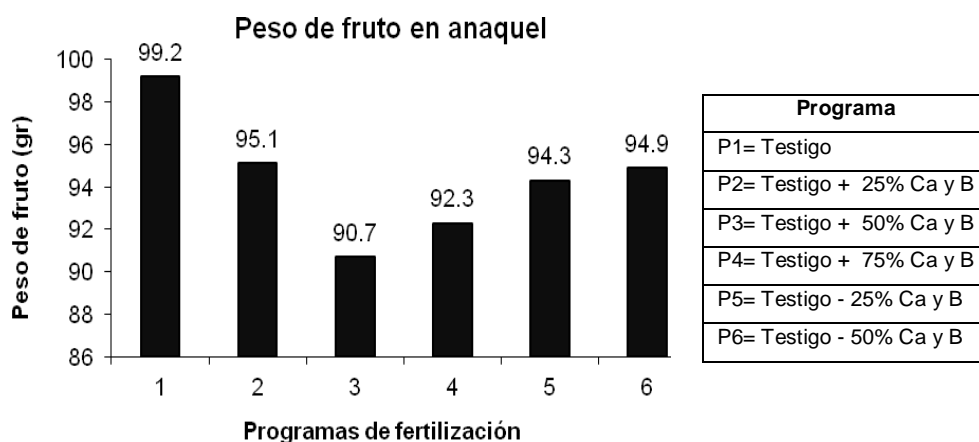


Figura 7. Peso de fruto en anaquel en gramos para cada programa de fertilización.

Lo mencionado por Gutiérrez (1999) y Van't Hoff, corrobora el hecho de que los frutos almacenados a temperatura ambiente resultaron con más peso que a temperatura controlada, pues se interpreta de la experiencia de este autor que los frutos almacenados a temperaturas frías son más susceptibles a los cambios bruscos de esta, acelerando la transpiración, y por ende la pérdida de peso. Es decir que cambios en la temperatura de almacenamiento de estos frutos, probablemente provocaron una pérdida de peso más acelerada.

Este cambio brusco se pudo dar cuando se trasladaban los frutos al área para la toma de datos, la cual estaba a temperatura ambiente. Esto generó lo mencionado por Van't Hoff: una aceleración en la pérdida de humedad tres veces arriba de lo normal, siendo esto un choque térmico para el fruto. Además, un error en el muestreo pudo generar esta diferencia, pues al comparar las tomas de datos de los frutos almacenados a ambas temperaturas, las correspondientes al almacenamiento a temperatura ambiente siempre mostraron una tendencia a estar arriba del peso de los almacenados a temperatura controlada.

#### 4.2.2. Diámetro del fruto en anaquel en centímetros

Estadísticamente, las temperaturas de almacenamiento, los programas de fertilización y la pendiente, produjeron un efecto diferente sobre el diámetro del fruto en anaquel (Figura 8 y Cuadro 18). Las interacciones resultaron significativas al 6% de probabilidad, sólo 1% arriba del nivel de probabilidad establecido para esta investigación, por lo que con fines de recomendación pueden ser consideradas. La mejor temperatura fue la ambiente, y el mejor

programa fue el número 5, con -25% Ca y B (Cuadro 21 y 22). La interacción entre el testigo y la temperatura ambiente proporcionaron el mayor diámetro de fruto (Cuadro A 9)

Según indica Tjalling (2006), el calcio cumple la función de brindar cohesión entre células del fruto, por lo que gradualmente ante la deficiencia del elemento se pierde dicha cohesión, y el fruto se hincha para la subsiguiente descomposición y ruptura de las membranas adheridas. Hablando sobre el efecto de la temperatura en la forma de los frutos de tomate, Herrera (2013), menciona que puede verse un menor diámetro en frutos almacenados a bajas temperaturas, debido al fenómeno de “picado”, el cual consiste en depresiones en la superficie del fruto. Probablemente estas deformaciones generaron lecturas de diámetro diferentes a comparación de los frutos almacenados a temperatura ambiente.

Cuadro 18. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para diámetro en cm. del fruto en anaquel.

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Bloques	5	0.27236111	0.05447222	4.80	0.0012
PP	1	0.42013889	0.42013889	37.05	<.0001
Error (a)	5	0.16069444	0.03213889		
<b>Subtotal</b>	11	1.11708333	0.72219444		
SP	5	0.70236111	0.14047222	12.39	0.0001
PP x SP	5	0.26069444	0.05213889	2.25	0.0635
Error (b)	50	1.15805556	0.02316111		
<b>Total</b>	71	3.27875000			

Cuadro 19. Prueba de diferencia mínima entre medias para diámetro de fruto en anaquel para el efecto de las dos temperaturas de almacenamiento.

<b>Temperaturas PP</b>	<b>Media</b>	<b>Parcelas</b>	<b>Observaciones</b>	
Temperatura ambiente	5.15	1	36	A
Temperatura controlada	4.99	2	36	B

Cuadro 20. Prueba de diferencia mínima entre medias de diámetro de fruto en anaquel para el efecto de los programas de fertilización.

<b>Programas</b>	<b>Media</b>	<b>Sub Parcelas</b>	<b>Observaciones</b>	
Programa 5 – 25%	5.16	5	12	A
Programa 2 + 25	5.15	2	12	AB
Programa 1 testigo	5.12	1	12	AB
Programa 6 – 50%	5.07	6	12	AB
Programa 4 + 75	5.06	4	12	B
Programa 3 + 50%	4.87	3	12	C

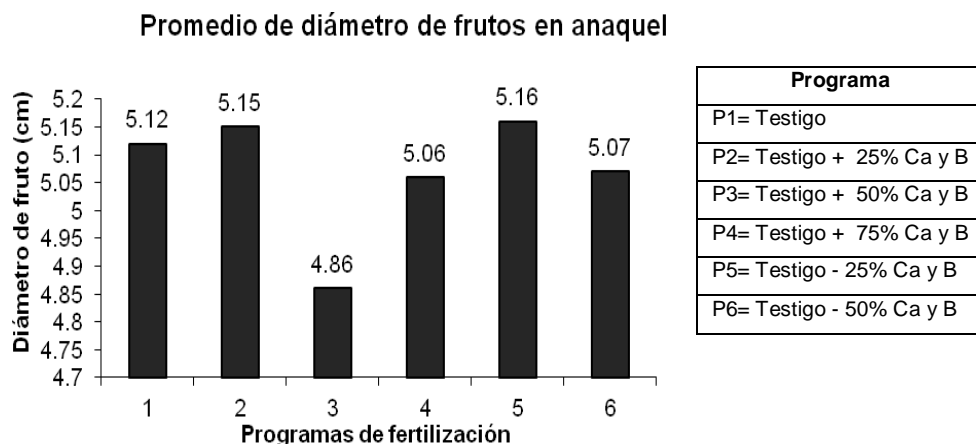


Figura 8. Diámetro del fruto en anaquel en cm. para cada programa de fertilización.

De lo mencionado por Tjalling (2006) y Herrera (2013), se deduce que por una menor cantidad de calcio en el fruto, este puede descomponerse con mayor rapidez, lo cual posiblemente justifica que el programa 5 -que consistió en una reducción de la concentración de dicho elemento en la nutrición del cultivo- generara frutos con mayor diámetro por un teórico hinchamiento del fruto. La temperatura fría probablemente afectó al generar un menor diámetro, debido a la deformación del fruto mencionada por Herrera. Otro factor que aparentemente incidió en este resultado fue la no estandarización de los tomates muestreados, por lo que se obtuvieron mayores diámetros, de frutos más grandes, al observar una tendencia de los frutos almacenados a temperatura ambiente a ser de mayor diámetro que los almacenados a temperatura controlada. (Figura A 2)

#### 4.2.3. Firmeza del fruto en libras sobre centímetro cuadrado

Estadísticamente los programas de fertilización aplicados, las interacciones entre programas y temperaturas de almacenamiento, y la pendiente produjeron igual efecto sobre la variable firmeza del fruto (Figura 9 y Cuadro 21). Las temperaturas de almacenamiento, estadísticamente produjeron diferente efecto sobre la firmeza del fruto (cuadro 22 y 23). La mejor temperatura fue la controlada, pues brindó la mejor firmeza de frutos.

De acuerdo a Salisbury y Ross, (1994), citado por García (2009), la firmeza de los frutos está determinada por varios compuestos que integran la pared celular, entre los que destacan el calcio y magnesio. Como el calcio no puede ser transportado por las células traslocadoras del floema, los síntomas de deficiencia de calcio son más agresivos en tejidos jóvenes, ello podría producir variación en la distribución del calcio entre racimos en cuanto a valores de

firmeza del fruto. Gutiérrez (1999) afirma que a menor temperatura, aumenta el tiempo de almacenamiento debido a que la madurez organoléptica se prolonga.

Cuadro 21. Tabla de análisis de varianza (ANVA), para firmeza del fruto en anaquel.

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S. de C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Bloque	5	1.255694	0.2511388	0.82	0.5429
PP	1	31.60125	31.601250	102.88	<.0001
Error (a)	5	1.1177111	0.2235422		
<b>Subtotal</b>	<b>11</b>	<b>17.033377</b>	<b>1.5484888</b>		
SP	5	0.9490277	0.1898055	0.62	0.6867
PP x SP	5	1.3612500	0.2722500	0.89	0.4973
Error (b)	50	7.4975110	0.14995		
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>73.609177</b>			

Cuadro 22. Prueba de diferencia mínima entre medias para firmeza del fruto en anaquel en lb. / cm<sup>2</sup> por el efecto de las dos temperaturas de almacenamiento.

Temperaturas (PP)	Media	Parcela	Observaciones	
Temperatura Controlada	4.63	2	36	A
Temperatura Ambiente	3.30	1	36	B

Cuadro 23. Prueba de diferencia mínima entre medias de la firmeza del fruto en anaquel por el efecto de los programas de fertilización.

<b>Programa (SP)</b>	<b>Media</b>	<b>Subparcel a</b>	<b>Observaciones</b>	
Programa 6 – 50%	4.12	6	12	A
Programa 4 + 75	4.10	4	12	A
Programa 1 testigo	3.98	1	12	A
Programa 5 – 25%	3.92	5	12	A
Programa 3 + 50%	3.86	3	12	A
Programa 2 + 25	3.82	2	12	A

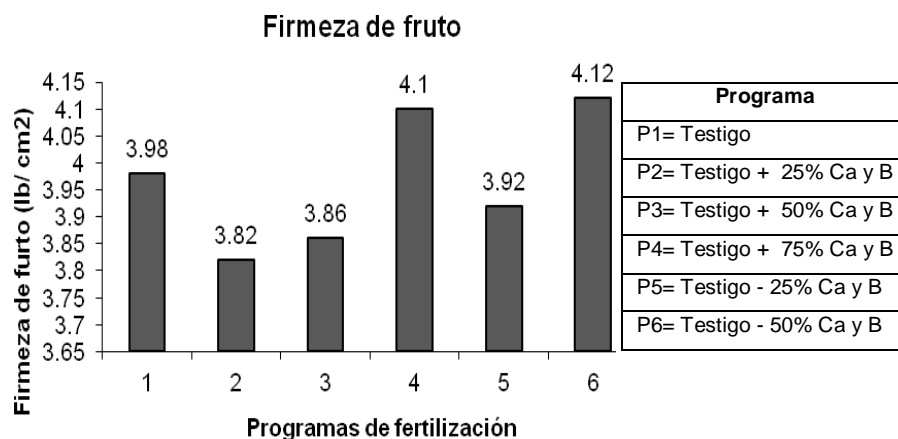


Figura 9. Firmeza del fruto en anaquel en lb./ cm<sup>2</sup> para cada programa de fertilización.

De acuerdo a Salisbury y Ross (1994), citado por García (2009), debido a la función y transporte de calcio en la planta, probablemente no pudieron percibirse efectos porque se suplieron las necesidades de calcio para el desarrollo del fruto. Y según Gutiérrez (1999) debido a que con la temperatura controlada se desacelera el proceso de descomposición, los frutos permanecen más firmes por más tiempo, por lo que resulta lógico que a temperatura controlada los frutos resultaran más firmes.

#### 4.2.4. Grados Brix del fruto maduro

Estadísticamente, los programas de fertilización, las temperaturas de almacenamiento, las interacciones entre temperatura de almacenamiento y programa de fertilización, y la pendiente, produjeron iguales efectos sobre los grados Brix del fruto en anaquel (Figura 10 y Cuadros 24 y 25).

Villarreal, (1982), indica que un tomate de calidad debe tener en su estado de madurez alrededor de 4.5 ° Brix. Y de acuerdo a Gómez et. al. (2001), citado por García (2009), los grados Brix dependen del cultivar. Por tanto, los grados brix no se ven influenciados por cambios en la concentración de calcio y boro.

Alarcón (s.f.), menciona que el boro también juega un papel importante en la utilización y en la distribución de los glúcidos dentro de la planta. La deficiencia de boro provoca una acumulación de azúcares en los tejidos, por lo que no llega al fruto ni a otras partes de la planta. Se cree que el boro facilita el transporte de azúcares a través de la membrana formando un complejo azúcar-borato. También ha sido demostrada la intervención directa del boro en la síntesis de sacarosa (donde se precisa uracilo) y almidón. Así por ejemplo, la remolacha azucarera presenta unos niveles de azúcar mucho más elevados si está correctamente nutrida en boro.



Cuadro 24. Tabla de análisis de varianza (ANVA), grados Brix del fruto en anaquel.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	FC	Probabilidad
Bloques	5	0.19236111	0.03847222	1.26	0.2960
PP	1	0.00347222	0.00347222	0.11	0.7374
Error (a)	5	0.04945000	0.00989000		
<b>Subtotal</b>	11	0.41816667			
SP	5	0.21569444	0.04313889	1.41	0.2359
PP x SP	5	0.11569444	0.02313889	0.76	0.5845
Error (b)	50	0.92116667	0.01842333		
<b>Total</b>	71	2.16620000			

Cuadro 25. Prueba de diferencia mínima entre medias de grados Brix del fruto en anaquel por el efecto de los programas de fertilización.

Programas	Media	Sub Parcelas	Observaciones	
Programa 2 + 25%	4.25	2	12	A
Programa 1 testigo	4.25	1	12	A
Programa 4 + 75%	4.21	4	12	A
Programa 6 – 50%	4.16	6	12	A
Programa 3 + 50%	4.12	3	12	A
Programa 5 – 25%	4.12	5	12	A

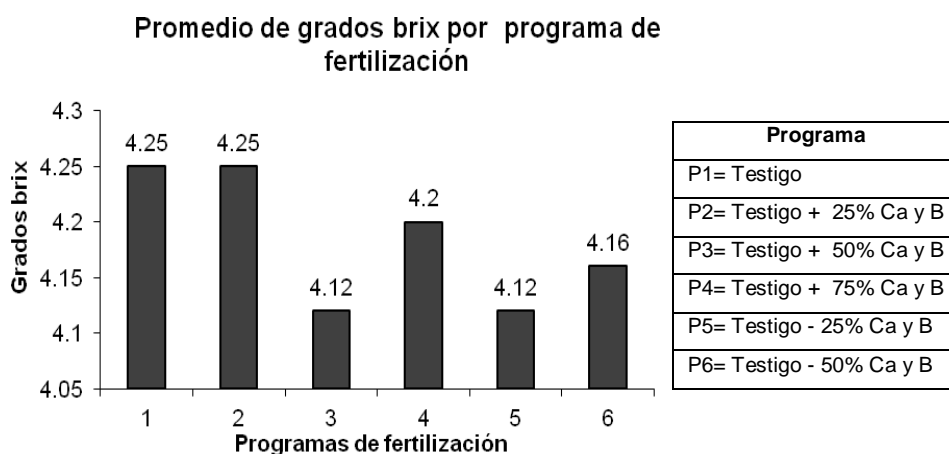


Figura 10. Grados Brix del fruto en anaquel para cada programa de fertilización.

Los grados Brix medidos están en el intervalo de 4.12 y 4.25 grados Brix, por lo que al no haber diferencias probablemente es el rango de grados Brix para el cultivar Evaluna RZ F1. La función del boro mencionada por Alarcón (s.f.), posiblemente explica por qué numéricamente se observa diferencia entre los programas 1, 2 y 4, generando un dato de contenido de sólidos totales mayor a los programas en los que se bajó la concentración de dicho elemento.

#### **4.2.5. Contenido de Calcio en porcentaje en materia seca del fruto**

Estadísticamente, los programas ejercieron diferente efecto sobre la variable porcentaje de contenido de calcio del fruto en anaquel (Figura 11 y Cuadro 26). Se determinó la significancia entre estos al aplicarle la prueba de Tukey para comparar los datos, con un F tablas de 6.03, resultando ser el programa 6 (-50% Ca y B), como el que más calcio presentó en el fruto, siendo superior al 2 y 4, pero estadísticamente igual al 1, 3 y 5; los cuales también presentaron diferencia significativa con respecto al programa 2, el cual resultó con el menor contenido de calcio en el fruto.

El contenido de calcio en el suelo según el análisis químico realizado, fue de 9.45 meq/100 g, lo cual está dentro del rango de referencia del elemento, que va de 8.0 a 14.0 meq/ 100 g. Es decir, que el suelo proporcionó lo requerido de calcio por parte de la planta, por lo que en el caso de los programas en los que se elevó su contenido, se generó un exceso de este en el suelo, lo cual dada la característica inmovilidad del elemento en el suelo y la planta, probablemente inhibió la fácil absorción de éste por parte la planta. Esto argumenta el hecho de que las menores concentraciones de calcio en el riego, generaran frutos con mayor contenido de calcio, pues al no saturar de sales el suelo, hubo mayor absorción de agua.

Según Tjalling (2006), las frutas con una baja tasa de transpiración son provistas con escaso calcio. Así, una transitoria deficiencia de calcio puede ocurrir fácilmente en frutas, y sobre todo cuando la tasa de crecimiento del fruto y la planta es alta. De acuerdo al mismo autor, solo el 5% del Ca de toda la planta, llega a los frutos, por lo que cualquier cambio en cualquier factor que incida en el desarrollo de la planta y en la absorción de nutrientes puede alterar su contenido en el fruto.

Smart fertilizer (2012), que indica que el incremento en la concentración de sales en el suelo (en este caso a través del nitrato de calcio, como fuente de calcio), reduce la absorción de agua por parte de la planta, y en consecuencia el transporte de calcio en el xilema de esta.

Datos obtenidos por Cortes (1985), señalan que el calcio que llega al fruto en las etapas finales de una plantación, se mantiene constante.

Cuadro 26. Tabla de comparación de medias para contenido de calcio en el fruto con prueba de Tukey (F tabla= 6.03)

Programas	P6	P5	P3	P1	P4	P2	
<b>% Ca en fruto</b>	24	23	22	22	18	16	
<b>P2</b>	16	8*	7*	6*	6*	2 <sup>ns</sup>	-
<b>P4</b>	18	6*	5 <sup>ns</sup>	4 <sup>ns</sup>	4 <sup>ns</sup>	-	-
<b>P1</b>	22	2 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	-	-	-	-
<b>P3</b>	22	2 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	-	-	-	-
<b>P5</b>	23	1 <sup>ns</sup>	-	-	-	-	-
<b>P6</b>	24	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

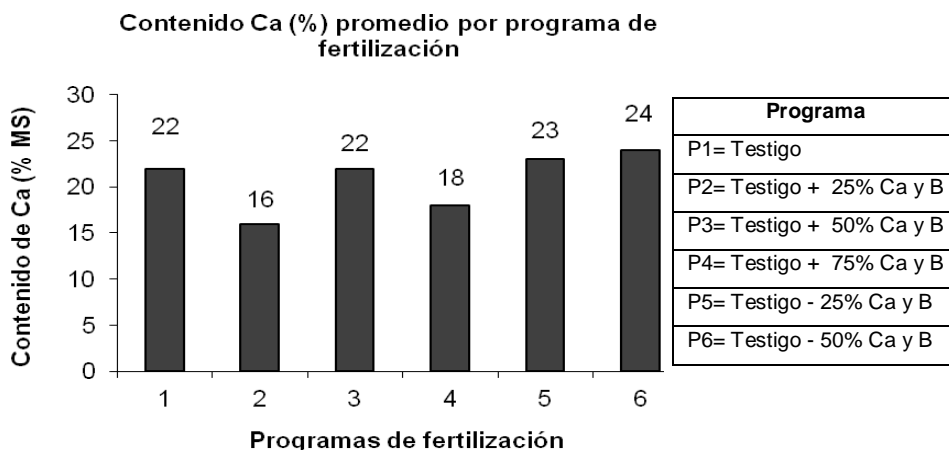


Figura 11. Contenido de calcio en porcentaje de materia seca del fruto maduro en anaquel para cada programa de fertilización.

De acuerdo a los autores, probablemente un menor grado de transpiración de las plantas determinó su contenido de calcio en el fruto. Lo observado en campo, permite deducir que por la pendiente del terreno, hubo mayor disponibilidad de agua en las camas de la parte baja del invernadero, y menor humedad en las camas de la parte superior, lo cual coincide con el mayor contenido de calcio de los frutos de las últimas dos camas y con el menor contenido de calcio en el fruto de las primeras dos camas. Esto es así, pues la mayor transpiración, permite mayor transporte del elemento dentro de los tejidos conductores de la planta.

#### 4.2.6. Contenido de boro en el fruto en miligramos en 100 gramos de fruto

Los programas no ejercieron diferente efecto sobre la variable contenido de boro del fruto en anaquel, lo que significa que los programas no afectaron el contenido de boro del fruto. (Figura 12 y Cuadro 27), con lo que resultó que en este caso la fertilización no afecta la variable contenido de boro de fruto en anaquel, al aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey, con un F tabla de 6.03. Mediante dicha prueba, resultó que los contenidos de boro en el fruto son iguales entre sí.

Según Hu y Brown (1997), citado por Cervilla (2009), el índice de transpiración es un factor que influye en la capacidad de la planta para absorber Boro. En consecuencia, un incremento en la temperatura y de la intensidad lumínica va a afectar de manera positiva la absorción de B, mientras que un incremento de la humedad relativa va a hacer que disminuya.

Cuadro 27. Tabla de comparación de medias para contenido de boro en el fruto con prueba de Tukey (F tabla= 6.03)

Programas		P1	P5	P4	P6	P2	P3
	<b>B en fruto en meq/ 100 g</b>	10.26	8.2	6.67	6.67	6.15	6.15
<b>P3</b>	6.15	4.11 <sup>ns</sup>	2.05 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>	-	-
<b>P2</b>	6.15	4.11 <sup>ns</sup>	2.05 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>	-	-
<b>P6</b>	6.67	3.59 <sup>ns</sup>	1.53 <sup>ns</sup>	-	-	-	-
<b>P4</b>	6.67	3.59 <sup>ns</sup>	1.53 <sup>ns</sup>	-	-	-	-
<b>P5</b>	8.2	2.06 <sup>ns</sup>	-	-	-	-	-
<b>P1</b>	10.26	-	-	-	-	-	-

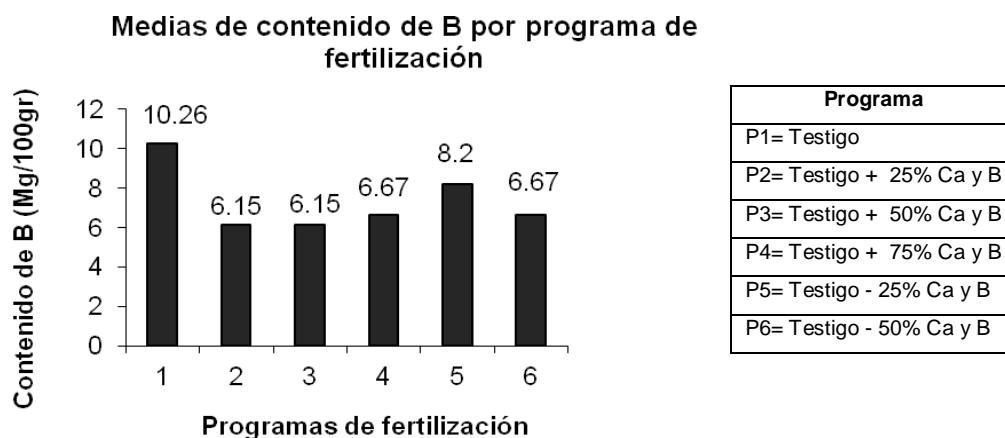


Figura 12. Contenido de boro en fruto en anaquel en Mg/100 g para cada programa de fertilización.

Probablemente, debido a la pequeña variación en la dosificación de boro en las soluciones, aunado a la disponibilidad de B en el suelo, la cual de acuerdo al análisis químico, estaba en una cantidad por arriba del rango de referencia para el contenido de este elemento en el suelo. Por tanto, posiblemente los factores ambientales y de desarrollo de la planta, jugaron un papel importante en las diferencias el contenido, aunque este no fue significativo entre sí. Por ejemplo, se observó que la luminosidad que por la mañana se da en las camas y el distanciamiento entre surcos, que genera mayor calor entre las camas, así como las sales en el suelo pudieron ser los determinantes de las diferencias numéricas no significativas de contenido de boro en el fruto.

#### 4.2.7. Duración de los frutos en anaquel.

Las temperaturas sí ejercieron diferente efecto sobre la variable duración del fruto en anaquel, lo que significa que las temperaturas sí afectaron el período de días de duración del fruto almacenado, al comparar los datos con la prueba de Tukey con un F tablas de 3.64 (Figura 13 y Cuadro 28). Los programas de fertilización no ejercieron efecto sobre la duración, pues las muestras de los 6 programas almacenadas a temperatura ambiente se descompusieron simultáneamente a los 15 días, mientras que los almacenados de los 6 programas a 12 °C se descompusieron a los 19 días en conjunto.

Ramírez (2004), citando a Trevor y Cantwell (2000), señala que las condiciones de temperatura contribuyen a modificar la fisiología poscosecha del tomate. Las bajas temperaturas de alguna manera retrasan el proceso del deterioro del fruto.

Gutiérrez (1999) menciona que a medida se disminuye la temperatura de almacenamiento, aumenta el tiempo de vida de almacenamiento del fruto en buenas condiciones. El mismo autor señala que la duración del fruto está determinada por la interacción de tres factores: senescencia natural, desarrollo de organismos patógenos y la sensibilidad a bajas temperaturas. El fruto es capaz de tener una duración de entre 1 y 3 semanas en estado sazón.

Cuadro 28. Tabla de comparación de medias para días de duración del fruto con prueba de Tukey (F tabla= 3.64)

Temperaturas	T2	T1
Días de duración	19	15
T1	15	4*
T2	19	-

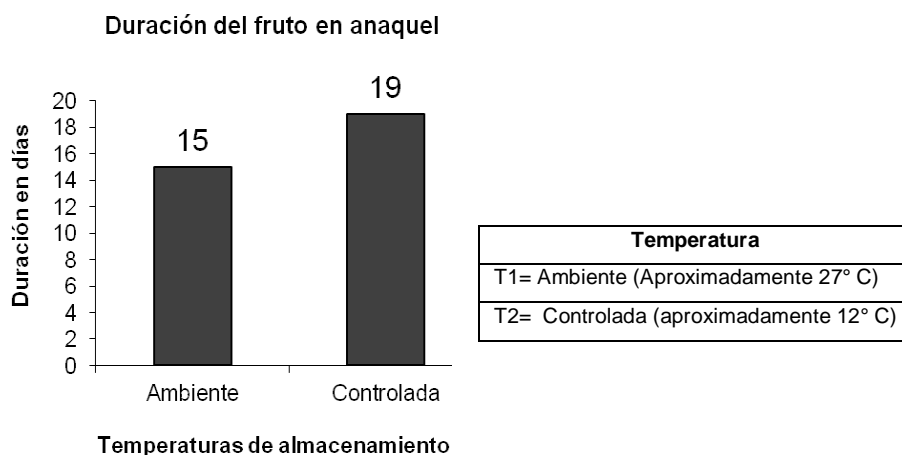


Figura 13. Duración del fruto en anaquel en días, para cada temperatura de almacenamiento.

Para los frutos almacenados a 12 ° C, los factores de muerte del fruto fueron reducidos, pues en nuestro medio cálido, la senescencia natural se ve acelerada, y la propagación de patógenos aumenta. Esto no fue así en el caso de los frutos almacenados a esta temperatura. Esto se comprobó en el presente ensayo.

En almacenamiento a temperatura ambiente se vio acelerada la senescencia (lo que implica la aceleración de la respiración y pérdida de la firmeza), y por tanto la reducción de características aceptables para el consumo.

### 4.3. Análisis económico

#### 4.3.1 Presupuesto parcial.

Consistió en visualizar las diferencias entre los costos y los beneficios, en términos monetarios, de las distintas tecnologías propuestas en comparación a la existente.

Al rendimiento medio, se le aplicó una reducción del 10% de su total para obtener el rendimiento ajustado. Dicho rendimiento ajustado se calcula debido a que generalmente en los experimentos, los rendimientos obtenidos son mayores que los rendimientos que un productor podría obtener a nivel comercial con el mismo tratamiento. El mayor beneficio bruto de campo se obtuvo con el programa 5 (T5), con un valor de \$726.525; el cual resulta de multiplicar el rendimiento ajustado del programa, equivalente a 1453.05 lb de fruto, por el precio de venta de la cosecha en el lugar de la producción (precio de campo), igual a \$0.5/lb.

Los costos que varían son los costos relacionados con los insumos utilizados, mano de obra, maquinaria y materiales que varían de un tratamiento a otro. En este caso corresponden al

cambio en las concentraciones de Calcio y Boro en la solución para el fertirriego; presentando el mayor costo el programa 4, y el costo más bajo el programa 6, obteniéndose sus valores de multiplicar los 0.112 Kg de ácido bórico y 57.82 Kg de nitrato de calcio utilizados para el programa 4, por su respectivo precio de campo<sup>4</sup>, generando costos de \$0.28 de ácido bórico y \$48.57 de nitrato de calcio. La suma de estos valores proporcionó el costo que varía equivalente a \$48.85, para el programa 4. Con respecto al *beneficio neto*, el programa que presentó mayor beneficio neto fue el número 5 (T5), cuyo valor de \$707.57, resulta de la diferencia entre el beneficio bruto de \$726.525 y los costos que varían equivalentes a \$20.95.

Cuadro 29. Presupuesto parcial de la investigación: “Evaluación del efecto de seis programas de fertilización con calcio - boro y dos temperaturas de almacenamiento, en la prolongación de la vida en anaquel del tomate (*Lycopersicon sculentum* L.) híbrido Evaluna RZ F1, en el municipio de La Palma, cantón Los Planes, departamento de Chalatenango”, para un invernadero de tomate con un área de 346 m<sup>2</sup> de siembra. (US\$)

	Testigo	(+) 25% Ca y B	(+) 50% Ca y B	(+) 75% Ca y B	(-) 25% Ca y B	(-) 50% Ca y B
	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>
Rendimiento medio por programa (lb)	1590.39	1578.34	1387.42	1614.5	1614.5	1482.88
Rendimiento ajustado por programa (lb)	1431.35	1420.51	1248.68	1453.05	1453.05	1334.59
<b>Beneficios brutos de campo<sup>5</sup></b>	715.675	710.255	624.34	726.525	726.525	667.295
Materias primas en el fertirriego (\$)						
<b>Ácido bórico<sup>6</sup></b>	0.16	0.2	0.27	0.28	0.13	0.07
<b>Nitrato de calcio<sup>7</sup></b>	28	34.7	41.63	48.57	20.82	13.9
<b>Total de costos que varían</b>	28.16	34.9	41.9	48.85	20.95	13.97
<b>Beneficios netos</b>	<b>687.515</b>	<b>675.355</b>	<b>582.44</b>	<b>677.675</b>	<b>705.575</b>	<b>653.325</b>

<sup>4</sup> \$2.5/ Kg de ácido bórico y \$0.84/ Kg de nitrato de calcio

<sup>5</sup> Beneficios brutos calculados con un precio de campo de \$0.5/ lb de fruto

<sup>6</sup> Precio de campo del ácido bórico \$2.5 / Kg

<sup>7</sup> Precio de campo del nitrato de calcio \$0.84/ Kg

### 4.3.2. Análisis de dominancia.

Cuadro 30. Análisis de dominancia entre los beneficios netos (US\$), de los seis programas de fertilización aplicados

Programas			Costos que Varían (CV)	Beneficios Netos (BN)	Categoría
T6	(-) 50% Ca y B	<b>P6</b>	13.97	653.3	Dominado
T5	(-) 25% Ca y B	<b>P5</b>	20.95	705.6	
T1	Testigo	<b>P1</b>	28.16	687.5	Dominado
T2	(+) 25% Ca y B	<b>P2</b>	34.9	675.4	Dominado
T3	(+) 50% Ca y B	<b>P3</b>	41.9	582.4	Dominado
T4	(+) 75% Ca y B	<b>P4</b>	48.85	677.7	Dominado

Este análisis consistió en ordenar los tratamientos de menores a mayores costos que varían; llamándose tratamiento *dominado* al que presenta beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento con costos que varían más bajos; resultando dominados los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 6; y dominante el tratamiento 5, tal como se observa en la curva de beneficios netos.

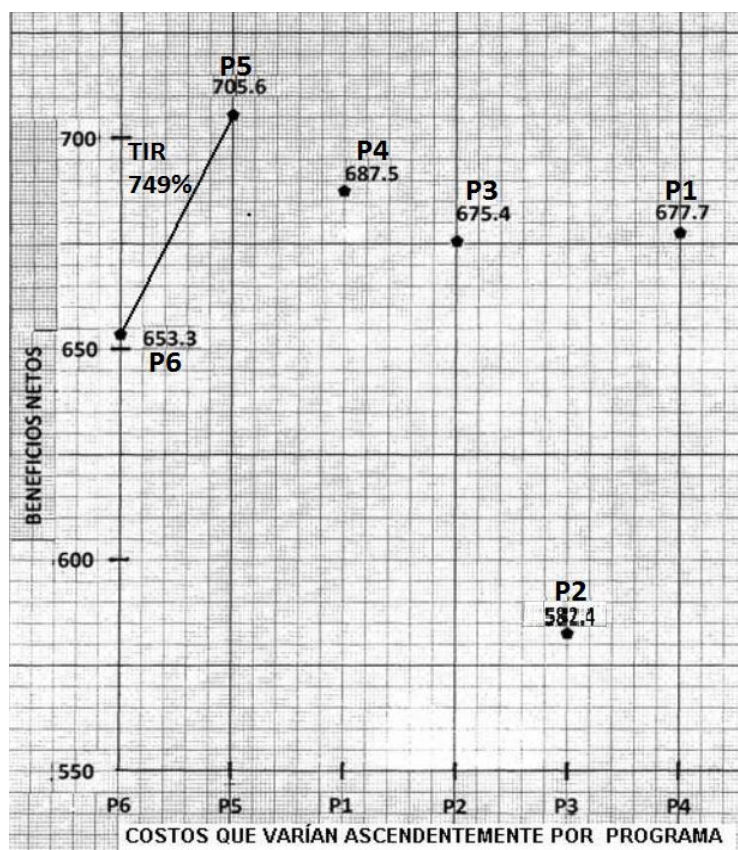


Figura 14. Curva de beneficios netos para los seis programas de fertilización



Se calculó una tasa marginal de retorno (TMR) del 749%, la cual se obtuvo de la relación entre las diferencias numéricas de los beneficios netos y las diferencias numéricas de los costos que varían (BN/CV), entre los programa 6 y 5, multiplicando el resultado por 100 para expresarlo en términos porcentuales. La interpretación de la TMR es que por cada \$1 que el agricultor invierta para pasar del programa 6, (el cual es más barato), al programa 5, obtendrá el retorno de su \$1 invertido más un retorno adicional de \$7.49, es decir un 749% más de su inversión. El cálculo de las tasas de retorno de los programas dominados proporcionó resultados negativos, es decir que al invertir en estos, se generarían pérdidas en lugar de beneficios. Por tanto, resulta innecesario calcular dichas tasas. Cabe aclarar que una tasa de retorno puede presentarse alta debido a que la diferencia entre los costos que varían es muy cercana entre sí. (Cuadro A 6)

## 5. CONCLUSIONES

1. Las variables medidas en campo para el cultivar Evaluna RZ F1: diámetro de tallo, altura de planta al primer racimo floral, peso de fruto en campo, y rendimiento por unidad de área, estadísticamente no se vieron influenciadas por los diferentes programas de fertilización.
2. Para el peso de fruto en anaquel, el programa testigo brindó un mayor peso de fruto, y estadísticamente fue igual a los programas 2 y 6, con + 25 % Ca-B y -50% de Ca-B respectivamente. La temperatura ambiental registró la mayor media de peso de fruto en anaquel.
3. El mayor diámetro de fruto se obtuvo con el programa 5 (-25% Ca y B), aunque estadísticamente junto a los programas 1, 2 y 6 (testigo, subiendo en 25 %Ca y B, y bajando 50% Ca y B) resultaron iguales en su efecto sobre esta variable. Además, la temperatura controlada también contribuyó a obtener un mayor diámetro de fruto.
4. La permanencia de la firmeza adecuada del fruto por más tiempo se ve afectada por la temperatura de almacenamiento del fruto en forma controlada, más no por el incremento o disminución en el contenido de calcio y boro en la fertilización.
5. Los grados brix no se vieron modificados por efecto de la temperatura de almacenamiento de los frutos, ni por la incidencia de los diferentes niveles de calcio y boro aplicados.
6. El contenido de calcio de los frutos brindó diferencias entre programas por la aplicación del elemento al suelo, pues la dosificación menor del programa 6 (-50 % Ca con respecto al testigo) presentó mayor contenido del elemento en los frutos muestreados, lo cual aparentemente no resulta lógico. Esto se debió probablemente, a la adecuada disponibilidad del elemento en el suelo, pues el resultado del análisis químico de suelo arrojó un dato de 9.45 meq/100 g, el cual se encontraba en el rango de referencia de 8.0 a 14 meq/100 g, con lo que al aplicar más en los programas que implicaron subir los niveles de calcio, se generó una saturación de sales que probablemente redujo la adecuada absorción de calcio por parte de la planta.

7. La cantidad de boro en el fruto no se vio afectada por la cantidad del elemento aplicada en los programas, debido probablemente a la mínima concentración del elemento que se utilizó en las mezclas. Un factor determinante en el contenido de boro en el fruto, probablemente fue la disponibilidad de éste elemento en el suelo, pues de acuerdo a los resultados del análisis químico de suelo, fue de 1.5 mg/kg, siendo mayor al rango de referencia que se halla entre 0.5 a 1.0 mg/kg de suelo. Es destacable que los programas con mayor concentración de Ca en la mezcla (programa 3 con +50% Ca, y programa 4 con +75% Ca), también se hallen como segundo y tercer lugar en cuanto al contenido de boro, pues se observó así cierto sinergismo entre ambos elementos para su absorción por parte de la planta.
  
8. La duración de los frutos almacenados, no se vio afectada por los programas de fertilización. Los frutos de los seis programas almacenados a temperatura ambiente, se descompusieron simultáneamente a los 15 días de iniciado el almacenamiento, y los frutos correspondientes a los seis programas de fertilización almacenados a 12 °C se descompusieron a los 19 días, también de manera simultánea. La duración sí fue afectada significativamente por las temperaturas de almacenamiento, dando como diferencia 4 días más de duración en estado comestible del fruto por efecto de la temperatura de 12 °C. Con esto se deduce que la duración del fruto está determinada principalmente por las condiciones de almacenamiento, más bien que por la nutrición que se le dé al cultivo en campo.
  
9. Al comparar los costos y beneficios de los programas de fertilización, se demostró en el caso de esta investigación, que es posible reducir la concentración de calcio en el fertiriego, y así aminorar los costos, pues resultó que al reducir en 25% el contenido de Ca y B en la solución nutritiva, se obtienen mejores resultados desde el punto de vista económico. La concentración del programa 5 (-25% Ca y B) brinda una Tasa de retorno marginal del 749%, por lo que a comparación del programa más barato, justifica el incremento en su costo.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Utilizar para una mayor duración del fruto en anaquel, la refrigeración óptima de estos aproximadamente 12 °C, junto a la concentración correspondiente del programa 3 (+50% Ca y B).
2. Se recomienda bajar la concentración de calcio en el fertiriego con respecto a la tecnología utilizada, ya que resultó que al reducir en 25% el contenido de Ca y B en la solución nutritiva, se obtienen mejores resultados desde el punto de vista económico. La concentración del programa 5 (-25% Ca y B con respecto al testigo) brindó una mejor Tasa de retorno marginal del 749%, que a comparación del programa 6, justifica el incremento en su costo.
3. A nivel de campo, las variables no se vieron modificadas entre sí por efecto de los tratamientos de fertilización en estudio, por lo que se recomienda estudiar otras alternativas de manejo en campo que pudieran influir en la calidad y duración de los frutos, y que así la comercialización del fruto se prolongue. En cuanto al almacenamiento, se debe reducir el efecto de la liberación de etileno y CO<sub>2</sub> de otras verduras y frutas diferentes a la analizada, pues en el caso de la presente investigación se percibieron de manera empírica efectos de pérdida de peso y proliferación de microorganismos, debido a que las bodegas utilizadas para el estudio contenían diversidad de productos diferentes al tomate. Aunque esto también puede suponer una ventaja, pues refleja la realidad del almacenamiento comercial en nuestro país, también es recomendable comparar la separación de productos para medir los cambios en el proceso de descomposición en anaquel, y así mejorar las condiciones de almacenamiento determinando los beneficios de dicha separación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Albi3n. 2000. Deficiencia de Calcio y Metalosate. Noticias de nutrici3n Vegetal. 3(3): p 1-5.
2. Alarc3n, A. s.f. El boro en la Planta. (en l3nea) Universidad Polit3cnica de Cartagena. Cartagena, CO. Consultado: 25 jun. 2012 Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/51/155/51155.pdf>
3. Arias, S3nchez, O. 1989. Norma Oficial de Tomate para consumo en Estado fresco. (en l3nea). Consultado: 23 ene. 2012. Disponible en: <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/onnum/normas/tomate.pdf>
4. Casaca, A.D. 2005. El Cultivo del tomate. (En l3nea) BID (Banco Interamericana de Desarrollo). Secretaria de Agricultura y Ganader3a (SAG). HN. Consultado: 25 de set. 2012 Disponible en: <http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro>
5. CENTA (Centro Nacional de Tecnolog3a Agropecuaria y Forestal). 2002. Gu3a T3cnica del tomate. (En l3nea) La Libertad, SV. Consultado: 15 jul. 2013. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Tomate.pdf>
6. Cervilla, L. 2009. Respuestas Fisiol3gicas y metab3licas a la toxicidad por boro en plantas de tomate, Estrategias de tolerancia. (en l3nea) Granada. ES. Tesis. Doc. Universidad de Granada. 226 P.
7. CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Ma3z y Trigo). 1988. La formulaci3n de recomendaciones a partir de datos agron3micos: Un manual metodol3gico de evaluaci3n econ3mica. M3xico D.F., MX.
8. CIT (Centro de Informaci3n Tecnol3gica). 2002. Informaci3n Tecnol3gica. J. O, Valderrama. 2. V.II. s.p.
9. Comisi3n Veracruzana de Comercializaci3n Agropecuaria. s.f. Monograf3a del Tomate. (En l3nea). Veracruz, MX. Consultado: 13 set. 2012. Disponible en: <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs>
10. Cortes, E; Aguilar, JE. 1985. Determinaci3n de las curvas de absorci3n y acumulaci3n de los nutrimentos: N, P, K, Mg, Ca, Mn, Cu, Fe y Zn en tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) Tesis Lic. San Salvador, SV: UES. 136 p.
11. Cruz, J, Jim3nez, F, et.a.l.2003. Evaluaci3n de densidades de siembra en tomate (*Lycopersycon esculentum*, Mill) en invernadero (en l3nea). Agronom3a Mesoamericana 14 (1): 85 – 88. Consultado: 29 nov. 2012. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v14n01\\_085.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v14n01_085.pdf)

12. Del busto, C. A. Palomino, M.L León, S. L *et all.* 2002. Aspectos Biológicos del Cultivo de *Lycopersicum esculentum* Mill. (tomate). (En línea). Consultado: 13 set. 2012. Disponible en: <http://www.buscagro.com/www.buscagro.com/biblioteca/Armando-del-Busto-Concepcion/Tomate.pdf>
13. Devlin, T. M. 2004. Bioquímica. 4 ed. Barcelona, ES. p 98- 100
14. DISAGRO. s.f. Productos foliares nutrifeed. Agritec (hoja técnica).
15. Espinoza, M. s.f. Manual de Principios de Fertilizantes Foliar. s.e. 25 p.
16. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2010. Base de Datos FAOSTAT. Roma, IT. Consultado: 16 oct. 2012. Disponible en: <http://faostat.fao.org/default.aspx?lang=en#anchor>
17. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2007. Codex Alimentario para el Tomate. (En línea). Roma, IT. Consultado 31 oct. 2012. Disponible en: [http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/11013/CXS\\_293s.pdf](http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/11013/CXS_293s.pdf)
18. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2006. Tomate (*Lycopersicum esculentum*). (en línea). Consultado: 30 oct. 2012. Disponible en: [www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AEG205/Pfrescos/tomate.htm](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AEG205/Pfrescos/tomate.htm)
19. Fassbender, H. W. Bornemisza, E. 1987. Química de Suelos: con énfasis en Suelos de America Latina. 2 ed. San José, CR. p 278- 280
20. García, E. Gómez, P *et all.* 2009. Análisis sensorial, Físico-Químico y Agronómico de Cultivares de Tomate para su consumo en fresco en Cantabria. (en línea). Centro de Investigación Información Agraria. Cantabria, ES. Consultado 25 jun 2012. Disponible en: [www.cifacantabria.com/.../download.php?sess=0...99](http://www.cifacantabria.com/.../download.php?sess=0...99)
21. Gutiérrez, C.G. 1999. Fisiología y Manejo Postcosecha de Frutas y Hortalizas. s.f. INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuario, NI). Managua, NI. p 119-127
22. Guzmán Torres, J.C, Sánchez Peña, J.M. 1998. Manejo en Postcosecha y Evaluación de la Calidad de Tomate (*Lycopersicum Esculetum* Mill) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Tesis Ing. Agr. Colombia, Universidad Recolombina. 15-24 p.
23. Herrera, O. 2013. Efecto de la temperatura en el eso y diámetro del fruto de tomate (entrevista) San Salvador, SV. Hortifuti. (e-mail: oscar.herrera@cca.co.cr)
24. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). 2008. Boletín Electrónico del tomate N° 13: Normas de Calidad del tomate (en línea). s.e. Buenos Aires, Argentina. 2-7 p. Consultado: 26 jul. 2011. Disponible en: [tomatered@mercadocentral.com.ar](mailto:tomatered@mercadocentral.com.ar)

25. Jaramillo, P. 2007. Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. (En línea). Medellín, CO. Consultado 15 jul 2013. Disponible en: <http://www.fao.org.co/manualtomate.pdf>
26. Lardizabal, R. Cerrato, C. 2009. Manual de Producción: Producción de Tomate (En línea) FINTRAC. Cortes, HN. Consultado 26 ago. 2012. Disponible en: [www.sag.gob.hn/files/Infoagro](http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro)
27. Lazcano, F.I. 1998. Información Agronómico: Las Temperaturas y la Deficiencias de Calcio en Tomate (*Lycopersicum esculentum* L). (en línea) Consultado 6 de jun. 2011 Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/748C18AD6F07B3E506256AE8005FF129/\\$file/ia+com+3-3.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/748C18AD6F07B3E506256AE8005FF129/$file/ia+com+3-3.pdf)
28. Navarro, B.S. Navarro, G.G. 2003. Química Agrícola: El Suelo y los elementos Químicos Esenciales para la vida. 2 ed. Mundi, ES. Madrid, ES. p 204-219
29. Nuez, F. 1995. El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa, Bilbao, ES
30. Nuila, JA; Mejía, MA. 1990. Manual de diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. s.e. San Salvador, SV. P.37
31. Nuño, M.R. 2007. Manual de Producción de Tomate Rojo Bajo Condiciones de Invernadero para el Valle de Mexicali, Baja California. Consultado: 13 set. 2012. Disponible en: <http://www.sfa.gob.mx/TomateInvernaderoMXL.pdf>
32. Parra, M.A. Fernández, E.R. 2002. Los Suelos y la Fertilización del Olivar cultivado en zonas Calcáreas. Mundi Prensa. Madrid, ES. p 78
33. Pérez, J. Hurtado, G. Aparicio, V. *et all.* 2002. Guía Técnica del Cultivo de Tomate. s.e. La Libertad, El Salvador. C.V. p17, 18.
34. Ramírez, H. 2004. Influencia de la Temperatura sobre Procesos Fisiológicos en Postcosecha de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Revista Agraria Nueva época (1)1:3. México, MX. 7 P.
35. Redondo Nieto, M. Bonilla, I. s.f. El Boro (B) y la relación Boro – Calcio. (En línea) Consultado 18 oct. 2012. Disponible en: [www.uam.es/personal-pdi/ciencias/bolarios/investigacionboro.htm](http://www.uam.es/personal-pdi/ciencias/bolarios/investigacionboro.htm)
36. Santiago, J, Mendoza, M. 1998. Evaluación de Tomate (*Lycopersycon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos (en línea). Agronomía Mesoamericana. MX. 9 (1): 59- 65 Consultado 16 jun 2012. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v09n01\\_059.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n01_059.pdf)

37. SMART (Software de Fertilización de Cultivos). 2012. El Calcio en las Plantas. (en línea) Consultado 28 ago.2012. Disponible: <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/calcio-en-plantas>
38. Snyder, R.G. 2006. Guía del Cultivo del Tomate en Invernadero. (En línea). s.e. Mississippi University Extension Service. Mississippi, US. s.p. Consultado 15 oct. 2012. Disponible en: [msucares.com/epanol/pubs/p2419.pdf](http://msucares.com/epanol/pubs/p2419.pdf).
39. Suslow, T; Cantwell, M. s.f. Recomendación para mantener la calidad poscosecha de tomate. Departament of vegetable crops, university of California. Trad. C Pelayo. México D.F., MX.
40. Szpiniak, M. s.f. El Cultivo del Tomate, Fisiología. (En línea). Consultado 29 nov. 2012. Disponible en: <http://www.polysack.com/files/55fb2d58580b48a950ce9a000f90efcb.pdf>
41. Thompson, L.M. Troeh, F.R. 1988. Los Suelos y su Fertilidad. 4 ed. Reverte, ES. Barcelona, ES. p 56, 58
42. Tjalling Holwerda, H. 2006. Guía de Manejo Vegetal de Especialidad: Tomate. (En línea) Jalisco, MX. Consultado 24 ago. 2012 Disponible en: [http://www.sqm.com/PDF/SPN/CropKits/SQM-Crop\\_Kit\\_Tomato\\_L-ES.pdf](http://www.sqm.com/PDF/SPN/CropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf)
43. Trevor, V. S. Cantwell, M. s.f. Tomate: Recomendaciones para mantener calidad poscosecha. (En línea). Consultado 7 jul. 2012 Disponible en: <http://www.funprover.org/formatos/manualtomate/tomate.pdf>
44. Vásquez González, J. 2004. Evaluación del efecto de concentraciones y formulaciones de calcio sobre el tiempo de vida comercial del tomate en periodo de poscosecha, Sálamo, Bajo Veracruz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 12-18 p.
45. Vásquez Núñez, N. 2007. Evaluación del efecto de 4 fuentes de Boro foliar en el rendimiento del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) a campo abierto en la laguna, El Progreso, Tutiapan. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 7 p.
46. Villareal, R.R. 1982. Tomates. San José, CR. p 79.
47. Zwaan, R. 2008. Catálogo Tomate. (en línea). GT. Consultado 25 may 2011. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/625336/folleto-tomate-2008>
48. Zwaan, R 2011. Evaluna RZ F1 (en línea). GT. Consultado 16 jun. 2011. Disponible: [http://www.rijkzwaan.es/wps/wcm/connect/RZ+ES/Rijk+Zwaan/Products\\_and\\_Services/Products/Crops/Tomate](http://www.rijkzwaan.es/wps/wcm/connect/RZ+ES/Rijk+Zwaan/Products_and_Services/Products/Crops/Tomate)





## Cuadro A 2. Resultados de análisis de Suelo.

**INFORME ANALITICO DE SUELOS - N° S-11/01247**

CLIENTE: DISAGRO UNIFERSA  
Km 9 1/2 Carretera a Puerto de La Libertad, La Libertad, El Salvador  
SV- La Libertad La Libertad

<b>C. Logístico:</b>		<b>Grupo:</b>	DISAGRO UNIFERSA
<b>N° de Muestra:</b>	S-11/01247	<b>Fecha de Muestreo:</b>	18-feb-11
<b>Tipo de Muestra:</b>	SUELOS	<b>Fecha de Recepción:</b>	21-feb-11
<b>Unidad de gestión:</b>		<b>Fecha de Inicio:</b>	26-feb-11
<b>Descripción:</b>	1245EDPIND-CERRNEG-CARCART	<b>Fecha de Finalización:</b>	17-mar-11
<b>Código de Análisis:</b>	S-3003-DSG	<b>Muestreador:</b>	, Cliente

**PROPIEDADES FISICAS**

<b>GRANULOMETRÍA</b> (PEC-018)	<b>Arcilla (%)</b> : 5
	<b>Limo (%)</b> : 45
	<b>Arena (%)</b> : 50
	<b>TEXTURA (Clasificación U.S.D.A.)</b> : FRANCO-ARENOSA

**PROPIEDADES QUÍMICAS**

		<b>VALORES DE REFERENCIA</b>	
<b>pH (Extracto 1/2,5 H<sub>2</sub>O)</b> (PEC-001)	5,64	6,5	- 7,5
<b>pH en KCl (Extracto 1/2,5 H<sub>2</sub>O)</b> (PEC-001)	5,02	6,5	- 7,5
<b>C.E. 20°C (Extracto 1/5 H<sub>2</sub>O)</b> (PEC-002)	<70µS/cm		400
<b>Potenciometría (titración)</b>			
<b>MATERIA ORGÁNICA (Walkley-Black)</b> (PEC-013)	5,36 %	2,00	- 3
<b>NITRÓGENO (Dumas)</b> (PEC-034)	3966,0 mg/Kg	1000	- 1500
<b>Relación C/N</b> (PEC-041)	7,84	9,00	- 11,0
<b>Espectrosc. emisión óptica (ICP-OES)</b>			
<i>Extracción NH<sub>4</sub>Ac 1N, pH SUELO</i>			
<b>FÓSFORO Disponible Olsen/Bray Kurtz</b> (PEC-004-P-S)	4,65 mg/Kg	20,0	- 40
<b>ALUMINIO Cambio KCl</b> (PEC-009)	0,07 meq/100gr		-
<i>Extracto 1/5 H<sub>2</sub>O</i>			
<b>AZUFRE Asimilable</b> (PEC-009)	59,2 mg/Kg		-
<b>BORO Asimilable</b> (PEC-009)	1,50 mg/Kg	0,5	- 1
<i>Extracción NH<sub>4</sub>Ac 1N, pH SUELO</i>			
<b>CALCIO Disponible</b> (PEC-009)	9,45 meq/100g	8,00	- 14
<b>MAGNESIO Disponible</b> (PEC-009)	2,36 meq/100g	1,50	- 2,5
<b>POTASIO Disponible</b> (PEC-009)	1,08 meq/100g	0,50	- 0,8
<b>SODIO Disponible</b> (PEC-009)	0,07 meq/100g		-
<i>Extracción Lindsay y Norvell</i>			
<b>HIERRO disponible DTPA</b> (FC-237)	12,8 mg/Kg		-
<b>MANGANESO disponible DTPA</b> (FC-237)	<2,5 mg/Kg		-
<b>COBRE disponible DTPA</b> (FC-237)	<2,5 mg/Kg		-
<b>ZINC disponible DTPA</b> (FC-237)	<2,5 mg/Kg		-

**PROPIEDADES QUÍMICAS**

		<b>VALORES DE REFERENCIA</b>	
<b>CIC</b> (PEC-019)	12,5 meq/100g	15	20
<b>CALCIO Cambio</b> (PEC-009)	6,88 meq/100g		-
<b>MAGNESIO Cambio</b> (PEC-009)	1,79 meq/100g		-
<b>SODIO Cambio</b> (PEC-009)	<0,05 meq/100g		-
<b>POTASIO Cambio</b> (PEC-009)	0,49 meq/100g		-

Observaciones:

Fdo: Responsable de Laboratorio.  
Eduardo Leal  
jueves, 17 marzo, 2011

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están calculadas y a disposición del cliente que lo solicita.

Imagen A 1. Fotografías del banco de propagación de semillas y desarrollo de plantines del cultivar Evaluna que muestran la preparación de semillero y trasplante



Imagen A 2. Trasplante del cultivo



Imagen A 3. Preparación del área de siembra del invernadero, Colocación de laterales de riego y Demarcación de surcos



Imagen A 4. Control de plagas aplicado



Imagen A 5. Mini válvulas utilizadas para dosificación de cada programa por cama de siembra.



Imagen A 6. Aparato dosificador (Dosatron utilizado para aplicar los programas de fertilización)



Imagen A 7. Pesado y mezcla de materias primas de aporte de nutrientes en base a formulaciones por programa



Imagen A 8. Disolución de mezclas en el agua para la obtención de las soluciones madre para cada programa en base al cálculo de concentración por litro de agua calculada



Imagen A 9. Medición de peso de fruto



Imagen A 10 Medición de diámetro de fruto



Imagen A 11. Medición de firmeza del fruto



Imagen A 12. Medición de grados Brix Del fruto



Cuadro A 3. Registros de Riego realizado durante el desarrollo de trabajo de invernadero.

Nº	Fecha	Agua aplicada en el riego		Litros de solución madre en el riego	
		Total	Por cama	Total	Por cama
Etapa 1: Crecimiento					
1	24-ago-11	1000	166	10	1.66
2	26-ago-11	1000	166	10	1.66
3	27-ago-11	1000	166	10	1.66
4	31-ago-11	1000	166	10	1.66
5	01-sep-11	1000	166	10	1.66
6	02-sep-11	1000	166	10	1.66
7	03-sep-11	1000	166	10	1.66
8	05-sep-11	1000	166	10	1.66
9	06-sep-11	1000	166	10	1.66
10	07-sep-11	1000	166	10	1.66
11	08-sep-11	1000	166	10	1.66
12	09-sep-11	1000	166	10	1.66
13	10-sep-11	1000	166	10	1.66
14	12-sep-11	1000	166	10	1.66
15	15-sep-11	1000	166	10	1.66
16	16-sep-11	1000	166	10	1.66
17	17-sep-11	1000	166	10	1.66
18	20-sep-11	2000	333	20	3.32
19	23-sep-11	2000	333	20	3.32
20	24-sep-11	2000	333	20	3.32
Subtotal		23000	3821	230	38.18
Etapa 2: Desarrollo					
21	26-sep-11	2000	333	20	3.32
22	28-sep-11	2000	333	20	3.32
23	29-sep-11	2000	333	20	3.32
24	01-oct-11	2000	333	20	3.32
25	03-oct-11	2000	333	20	3.32
26	05-oct-11	2000	333	20	3.32
27	07-oct-11	2000	333	20	3.32
28	10-oct-11	2000	333	20	3.32
29	20-oct-11	2000	333	20	3.32
30	21-oct-11	2000	333	20	3.32
31	22-oct-11	2000	333	20	3.32
32	24-oct-11	2000	333	20	3.32
33	26-oct-11	1000	166	10	1.66
34	27-oct-11	1000	166	10	1.66

35	28-oct-11	1000	166	10	1.66
36	31-oct-11	2000	333	20	3.32
37	03-nov-11	1000	166	10	1.66
38	04-nov-11	1000	166	10	1.66
39	05-nov-11	1000	166	10	1.66
40	07-nov-11	2000	333	20	3.32
41	08-nov-11	2000	333	20	3.32
42	09-nov-11	2000	333	20	3.32
43	10-nov-11	2000	333	20	3.32
44	11-nov-11	2000	333	20	3.32
45	15-nov-11	1500	250	15	2.5
46	17-nov-11	2000	333	20	3.32
47	18-nov-11	2000	333	20	3.32
48	21-nov-11	2000	333	20	3.32
49	22-nov-11	1000	166	10	1.66
50	23-nov-11	1000	166	10	1.66
51	24-nov-11	1000	166	10	1.66
52	25-nov-11	1000	166	10	1.66
53	28-nov-11	1000	166	10	1.66
54	29-nov-11	1000	166	10	1.66
55	30-nov-11	1000	166	10	1.66
56	01-dic-11	1000	166	10	1.66
57	02-dic-11	1500	250	15	2.5
58	03-dic-11	1000	166	10	1.66
59	05-dic-11	1500	250	15	2.5
60	06-dic-11	2000	333	20	3.32
61	08-dic-11	1500	250	15	2.5
62	09-dic-11	1500	250	15	2.5
63	10-dic-11	1000	166	10	1.66
Subtotal		67500	11232	675	112.1
Etapa 3: Fructificación					
64	12-dic-11	1000	166	10	1.66
65	13-dic-11	1000	166	10	1.66
66	14-dic-11	1000	166	10	1.66
67	15-dic-11	1000	166	10	1.66
68	16-dic-11	1000	166	10	1.66
69	17-dic-11	1000	166	10	1.66
70	19-dic-11	1500	250	15	2.5
71	20-dic-11	1500	250	15	2.5
72	22-dic-11	1500	250	15	2.5
73	24-dic-11	1500	250	15	2.5



74	25-dic-11	1500	250	15	2.5
75	27-dic-11	1000	166	10	1.66
76	30-dic-11	1000	166	10	1.66
77	02-ene-12	1000	166	10	1.66
78	03-ene-12	1000	166	10	1.66
79	05-ene-12	1000	166	10	1.66
80	06-ene-12	1000	166	10	1.66
81	09-ene-12	1000	166	10	1.66
82	10-ene-12	1000	166	10	1.66
83	11-ene-12	1000	166	10	1.66
84	12-ene-12	1000	166	10	1.66
85	14-ene-12	1000	166	10	1.66
86	15-ene-12	1000	166	10	1.66
87	17-ene-12	1000	166	10	1.66
88	18-ene-12	1000	166	10	1.66
89	19-ene-12	1000	166	10	1.66
90	20-ene-12	1000	166	10	1.66
91	21-ene-12	1000	166	10	1.66
92	23-ene-12	2000	333	20	3.32
93	24-ene-12	1500	250	15	2.5
94	25-ene-12	1500	250	15	2.5
95	31-ene-12	1000	166	10	1.66
96	01-feb-12	1000	166	10	1.66
97	04-feb-12	1000	166	10	1.66
98	06-feb-12	2000	333	20	3.32
99	07-feb-12	1000	166	10	1.66
100	10-feb-12	2000	333	20	3.32
101	11-feb-12	2000	333	20	3.32
102	13-feb-12	3000	500	30	5
103	16-feb-12	3000	500	30	5
104	21-feb-12	3000	500	30	5
105	23-feb-12	3000	500	30	5
106	24-feb-12	3000	500	30	5
107	25-feb-12	2000	333	20	3.32
108	27-feb-12	3000	500	30	5
109	28-feb-12	4000	667	40	6.67
110	29-feb-12	1500	250	15	2.5
111	02-mar-12	3500	583	35	5.83
112	03-mar-12	1500	250	15	2.5
113	05-mar-12	1500	250	15	2.5
114	06-mar-12	1500	250	15	2.5



99.6	0.332	124.5	0.415	149.4	0.664
99.6	0.332	124.5	0.415	149.4	0.664
99.6	0.332	124.5	0.415	149.4	0.664
99.6	0.332	124.5	0.415	149.4	0.664
199.2	0.664	249	0.83	298.8	1.328
199.2	0.664	249	0.83	298.8	1.328
199.2	0.664	249	0.83	298.8	1.328
2290.8	7.636	2863.5	9.545	3436.2	15.272
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
124.5	0.249	155.625	0.332	186.75	0.498
124.5	0.249	155.625	0.332	186.75	0.498
124.5	0.249	155.625	0.332	186.75	0.498
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
124.5	0.249	155.625	0.332	186.75	0.498
124.5	0.249	155.625	0.332	186.75	0.498
124.5	0.249	155.625	0.332	186.75	0.498
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
187.5	0.375	234.375	0.5	281.25	0.75
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
249	0.498	311.25	0.664	373.5	0.996
124.5	0.249	155.625	0.332	186.75	0.498
124.5	0.249	155.625	0.332	186.75	0.498
124.5	0.249	155.625	0.332	186.75	0.498
124.5	0.249	155.625	0.332	186.75	0.498



415	0.747	518.75	0.996	622.5	1.162
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
207.5	0.3735	259.375	0.498	311.25	0.581
207.5	0.3735	259.375	0.498	311.25	0.581
207.5	0.3735	259.375	0.498	311.25	0.581
415	0.747	518.75	0.996	622.5	1.162
207.5	0.3735	259.375	0.498	311.25	0.581
415	0.747	518.75	0.996	622.5	1.162
415	0.747	518.75	0.996	622.5	1.162
625	1.125	781.25	1.5	937.5	1.75
625	1.125	781.25	1.5	937.5	1.75
625	1.125	781.25	1.5	937.5	1.75
625	1.125	781.25	1.5	937.5	1.75
625	1.125	781.25	1.5	937.5	1.75
415	0.747	518.75	0.996	622.5	1.162
625	1.125	781.25	1.5	937.5	1.75
833.75	1.50075	1042.1875	2.001	1250.625	2.3345
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
728.75	1.31175	910.9375	1.749	1093.125	2.0405
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
207.5	0.3735	259.375	0.498	311.25	0.581
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
415	0.747	518.75	0.996	622.5	1.162
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
312.5	0.5625	390.625	0.75	468.75	0.875
207.5	0.3735	259.375	0.498	311.25	0.581
207.5	0.3735	259.375	0.498	311.25	0.581



435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
328.125	0.75	140.625	0.25	93.75	0.175
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
328.125	0.75	140.625	0.25	93.75	0.175
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
328.125	0.75	140.625	0.25	93.75	0.175
435.75	0.996	186.75	0.332	124.5	0.2324
328.125	0.75	140.625	0.25	93.75	0.175
328.125	0.75	140.625	0.25	93.75	0.175
217.875	0.498	93.375	0.166	62.25	0.1162
14713.125	33.63	6305.625	11.21	4203.75	7.847
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166

363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
726.25	1.328	311.25	0.664	207.5	0.332
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
726.25	1.328	311.25	0.664	207.5	0.332
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
726.25	1.328	311.25	0.664	207.5	0.332
726.25	1.328	311.25	0.664	207.5	0.332
1093.75	2	468.75	1	312.5	0.5
1093.75	2	468.75	1	312.5	0.5
1093.75	2	468.75	1	312.5	0.5
1093.75	2	468.75	1	312.5	0.5
1093.75	2	468.75	1	312.5	0.5
726.25	1.328	311.25	0.664	207.5	0.332





1093.75	2	468.75	1	312.5	0.5
1459.0625	2.668	625.3125	1.334	416.875	0.667
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
1275.3125	2.332	546.5625	1.166	364.375	0.583
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
726.25	1.328	311.25	0.664	207.5	0.332
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
546.875	1	234.375	0.5	156.25	0.25
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
363.125	0.664	155.625	0.332	103.75	0.166
39309.375	71.88	16846.875	35.94	11231.25	17.97
58031.4	118.873	24870.6	52.877	16580.4	29.635

Cuadro A 4. Tablas de productos de fertilización aplicados para las etapas de inicio, desarrollo y cosecha (Gramos por litro de solución madre)

	Programa 1 (Testigo)			Programa 2 (+ 25%)		
<u>Fuentes</u>	<u>Inicio</u>	<u>Desarrollo</u>	<u>Cosecha</u>	<u>Inicio</u>	<u>Desarrollo</u>	<u>Cosecha</u>
Sulfato de potasio	0	7.5	9.5	0	7.5	9.5
MAP	22.35	21.5	12	22.35	21.5	12
Sulfato de hierro	1.05	1.05	2.3	1.05	1.05	2.3
Sulfato de manganeso	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
Sulfato de cobre	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Sulfato de Zinc	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
Ácido bórico	0.2	0.15	0.225	0.25	0.2	0.3
Sulfato de magnesio	27.5	39	8	27.5	39	8
<i>Nitrato de calcio</i>	60	75	125	75	93.75	156.25
	Programa 3 (+50%)			Programa 4 (+75%)		
<u>Fuentes</u>	<u>Inicio</u>	<u>Desarrollo</u>	<u>Cosecha</u>	<u>Inicio</u>	<u>Desarrollo</u>	<u>Cosecha</u>
Sulfato de potasio	0	7.5	9.5	0	7.5	9.5
MAP	22.35	21.5	12	22.35	21.5	12
Sulfato de hierro	1.05	1.05	2.3	1.05	1.05	2.3
Sulfato de manganeso	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
Sulfato de cobre	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Sulfato de Zinc	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
Ácido bórico	0.4	0.3	0.35	0.35	0.3	0.4
Sulfato de magnesio	27.5	39	8	27.5	39	8
<i>Nitrato de calcio</i>	90	112.5	187.5	105	131.25	218.75
	Programa 5 (-25%)			Programa 6 (-50%)		
<u>Fuentes</u>	<u>Inicio</u>	<u>Desarrollo</u>	<u>Cosecha</u>	<u>Inicio</u>	<u>Desarrollo</u>	<u>Cosecha</u>
Sulfato de potasio	0	7.5	9.5	0	7.5	9.5
MAP	22.35	21.5	12	22.35	21.5	12
Sulfato de hierro	1.05	1.05	2.3	1.05	1.05	2.3
Sulfato de manganeso	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
Sulfato de cobre	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Sulfato de Zinc	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
Ácido bórico	0.15	0.1	0.2	0.1	0.07	0.1
Sulfato de magnesio	27.5	39	8	27.5	39	8
<i>Nitrato de calcio</i>	45	56.25	93.75	30	37.5	62.5

Cuadro A 5. Resultados de Análisis de Contenido de Calcio y Boro.

	<b>FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ</b> <b>LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS</b> <b>SECCIÓN ESPECIALES</b>						
	<b>INFORME No. : 91</b>						
<b>PROPIETARIO:</b> <i>Jaime Ernesto Rivera Osorio</i>						<b>FECHAS</b>	
<b>DIRECCIÓN:</b> _____						<b>RECEPCIÓN:</b> 25/04/2012	<b>ANÁLISIS:</b> 02/05/2012
<b>TELÉFONO:</b> 7635-1010						<b>EMISIÓN:</b> 09/05/2012	
<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS EN MUESTRAS ESPECIALES</b>							
<b>TIPO DE ANÁLISIS</b>	<b>EC-698</b>	<b>EC-699</b>	<b>EC-700</b>	<b>EC-701</b>	<b>EC-702</b>	<b>EC-703</b>	
	<small>TIPO DE MUESTRA</small>	<small>TIPO DE MUESTRA</small>	<small>TIPO DE MUESTRA</small>	<small>TIPO DE MUESTRA</small>	<small>TIPO DE MUESTRA</small>	<small>TIPO DE MUESTRA</small>	<small>TIPO DE MUESTRA</small>
	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	
<b>CALCIO TOTAL</b>	0.22%	0.16%	0.22%	0.18%	0.23%	0.24%	
<b>BORO TOTAL</b>	10.26mg/Kg	6.15mg/kg	6.15 mg/Kg	6.67 mg/Kg	8.2 mg/Kg	6.67 mg/Kg	
<b>NOTA ACLARATORIA:</b> El resultado del análisis corresponde a la muestra enviada por usted (es) a este Laboratorio. El muestreo es responsabilidad del usuario. El Laboratorio no autoriza la reproducción parcial sin la debida autorización por escrito.							
<b>NOTA: DATOS EN BASE SECA</b>							

Cuadro A 6. Datos introducidos al programa Statistical Analysis System (S.A.S 9.1) para el análisis de variables a nivel de campo (altura de planta, diámetro de tallo, rendimiento, peso de fruto)

INPUT BLO SP ALTU								
PROC GLM								
CLASS BLO SP								
MODEL ALTU = BLO BLO*SP SP								
BLO	SP	ALTURA	BLO	SP	TALLO	BLO	SP	REND
1	1	0,89	1	1	1	1	1	1,5
1	2	0,89	1	2	1,1	1	2	1,34
1	3	0,98	1	3	1,2	1	3	0,85
1	4	0,89	1	4	1	1	4	1,72
1	5	0,96	1	5	1,2	1	5	1,27
1	6	0,68	1	6	1	1	6	1,31
2	1	0,83	2	1	1	2	1	0,86
2	2	0,97	2	2	1,2	2	2	1,35
2	3	0,91	2	3	1,2	2	3	1,29
2	4	1	2	4	1,2	2	4	1,2
2	5	0,81	2	5	1,1	2	5	1,2
2	6	0,94	2	6	1,1	2	6	1,77
3	1	0,91	3	1	1	3	1	0,95
3	2	0,95	3	2	1,1	3	2	0,99
3	3	0,96	3	3	1,1	3	3	1,06
3	4	0,93	3	4	1,2	3	4	0,98
3	5	0,9	3	5	1,1	3	5	1,32
3	6	0,83	3	6	1	3	6	0,7
4	1	0,86	4	1	1	4	1	1,19
4	2	0,89	4	2	1,1	4	2	1,21
4	3	0,85	4	3	1,1	4	3	1,3
4	4	0,81	4	4	1,1	4	4	1,35
4	5	0,93	4	5	1,1	4	5	1,67
4	6	0,95	4	6	1	4	6	1,7
5	1	0,83	5	1	1,1	5	1	0,89
5	2	0,87	5	2	1,1	5	2	1,09
5	3	0,83	5	3	1,2	5	3	0,92
5	4	0,87	5	4	1,2	5	4	1,2
5	5	0,84	5	5	1,2	5	5	0,99
5	6	0,8	5	6	1,3	5	6	0,99
6	1	0,88	6	1	1,2	6	1	1,06
6	2	0,76	6	2	0,9	6	2	1,33

6	3	0,89	6	3	1,2	6	3	1,4
6	4	0,81	6	4	1,1	6	4	1,15
6	5	0,79	6	5	1,1	6	5	1,63
6	6	0,84	6	6	1,2	6	6	1,07
1	1	0,8	1	1	1,1	1	1	1,48
1	2	0,84	1	2	1,3	1	2	1,46
1	3	0,88	1	3	1	1	3	1,23
1	4	0,9	1	4	1,1	1	4	1,15
1	5	0,84	1	5	1	1	5	1,3
1	6	0,89	1	6	1	1	6	1,05
2	1	0,85	2	1	1,1	2	1	2,05
2	2	0,79	2	2	1,2	2	2	1,55
2	3	0,9	2	3	1,1	2	3	1,26
2	4	0,8	2	4	1,2	2	4	1,73
2	5	0,79	2	5	1,1	2	5	0,97
2	6	0,88	2	6	0,9	2	6	1,02
3	1	0,79	3	1	0,95	3	1	1,4
3	2	0,91	3	2	1	3	2	1,04
3	3	0,81	3	3	1,1	3	3	0,86
3	4	0,87	3	4	1,1	3	4	1,5
3	5	0,81	3	5	1,1	3	5	1,5
3	6	0,81	3	6	1,1	3	6	1,33
4	1	0,9	4	1	1,2	4	1	1,32
4	2	0,87	4	2	1,1	4	2	1,1
4	3	0,97	4	3	1	4	3	1,42
4	4	0,92	4	4	1,2	4	4	1,5
4	5	0,86	4	5	1,1	4	5	1,4
4	6	0,84	4	6	1	4	6	0,97
5	1	0,89	5	1	1,1	5	1	1,43
5	2	0,78	5	2	1,2	5	2	1,13
5	3	0,85	5	3	1	5	3	0,98
5	4	0,83	5	4	1,2	5	4	1,55
5	5	0,87	5	5	1,2	5	5	1,8
5	6	0,95	5	6	1,2	5	6	1,5
6	1	0,9	6	1	1	6	1	1,8
6	2	0,87	6	2	1	6	2	2,24
6	3	0,89	6	3	1,2	6	3	1,39
6	4	0,94	6	4	1,1	6	4	1,22
6	5	0,81	6	5	1,2	6	5	1,2
6	6	0,95	6	6	1	6	6	1,53

Cuadro A 7. Datos introducidos al programa Statistical Analysys System (S.A.S 9.1) para el análisis de variables en vida de anaquel (peso de fruto, diámetro de fruto, firmeza y grados brix)

INPUT BLO PP SP PESO							
PROC GLM							
CLASS BLO PP SP							
MODEL PESO BLO PP BLO*PP SP SP*PP							
MEANS PP/LSD							
MEANS BLO/ LSD							
BLO	PP	SP	BRUX	BLO	PP	SP	DIAFRUT
1	1	1	4,4	1	1	1	5,2
1	1	2	4,1	1	1	2	5,2
1	1	3	4,1	1	1	3	4,8
1	1	4	4,4	1	1	4	5,1
1	1	5	4,1	1	1	5	5,1
1	1	6	4,4	1	1	6	5,1
2	1	1	4	2	1	1	5,2
2	1	2	3,9	2	1	2	5,2
2	1	3	4,1	2	1	3	5
2	1	4	4	2	1	4	5,1
2	1	5	4	2	1	5	5,3
2	1	6	4,1	2	1	6	5,1
3	1	1	4,1	3	1	1	5,2
3	1	2	4,1	3	1	2	5,2
3	1	3	4,5	3	1	3	4,7
3	1	4	4,2	3	1	4	4,9
3	1	5	4	3	1	5	5,3
3	1	6	4,1	3	1	6	5,1
4	1	1	4,2	4	1	1	5,1
4	1	2	4,4	4	1	2	5,2
4	1	3	4,2	4	1	3	4,7
4	1	4	4,3	4	1	4	5,1
4	1	5	4,3	4	1	5	5,1
4	1	6	4,2	4	1	6	4,8
5	1	1	4,2	5	1	1	4,9
5	1	2	4,2	5	1	2	4,9
5	1	3	4	5	1	3	4,7
5	1	4	4,4	5	1	4	4,7
5	1	5	4,1	5	1	5	4,8
5	1	6	4,1	5	1	6	5,1
6	1	1	4,4	6	1	1	4,9
6	1	2	4,4	6	1	2	5,1
6	1	3	4,1	6	1	3	4,4

6	1	4	4,4	6	1	4	4,7
6	1	5	4	6	1	5	4,8
6	1	6	4,1	6	1	6	5,1
1	2	1	4,4	1	2	1	5,1
1	2	2	4,2	1	2	2	5,3
1	2	3	4	1	2	3	5
1	2	4	4,2	1	2	4	5,1
1	2	5	4,3	1	2	5	5,2
1	2	6	4,1	1	2	6	5,1
2	2	1	4,3	2	2	1	5,4
2	2	2	4,8	2	2	2	5,1
2	2	3	4	2	2	3	5,1
2	2	4	3,9	2	2	4	5,2
2	2	5	4	2	2	5	5,3
2	2	6	4,1	2	2	6	5
3	2	1	4	3	2	1	5,1
3	2	2	4,4	3	2	2	5,2
3	2	3	4,2	3	2	3	5
3	2	4	3,9	3	2	4	5,1
3	2	5	4,1	3	2	5	5,2
3	2	6	4,1	3	2	6	5,1
4	2	1	4,4	4	2	1	5,2
4	2	2	3,9	4	2	2	5,2
4	2	3	4,2	4	2	3	5
4	2	4	4,5	4	2	4	5,2
4	2	5	4,2	4	2	5	5,3
4	2	6	4,2	4	2	6	5,1
5	2	1	4,4	5	2	1	5
5	2	2	4,2	5	2	2	5,1
5	2	3	4	5	2	3	5
5	2	4	4,3	5	2	4	5,3
5	2	5	4,1	5	2	5	5,2
5	2	6	4,3	5	2	6	5,1
6	2	1	4,2	6	2	1	5,2
6	2	2	4,1	6	2	2	5,1
6	2	3	4,1	6	2	3	5
6	2	4	4	6	2	4	5,3
6	2	5	4,2	6	2	5	5,3
6	2	6	4,1	6	2	6	5,2

BLO	PP	SP	FIRM	BLO	PP	SP	PESO
1	1	1	3,2	1	1	1	105,2
1	1	2	4	1	1	2	101,6
1	1	3	3,6	1	1	3	101,6
1	1	4	4,2	1	1	4	97,8
1	1	5	3,4	1	1	5	100,8
1	1	6	3,6	1	1	6	99,4
2	1	1	3,2	2	1	1	98
2	1	2	3,6	2	1	2	106,4
2	1	3	2,9	2	1	3	90
2	1	4	3,4	2	1	4	100,8
2	1	5	3,8	2	1	5	102,4
2	1	6	3	2	1	6	109,2
3	1	1	2,4	3	1	1	96
3	1	2	2,4	3	1	2	92,2
3	1	3	2,8	3	1	3	89
3	1	4	4,2	3	1	4	96,4
3	1	5	3,4	3	1	5	99,8
3	1	6	4,4	3	1	6	92,8
4	1	1	2,4	4	1	1	102
4	1	2	3,6	4	1	2	100,7
4	1	3	3,6	4	1	3	88,3
4	1	4	3,4	4	1	4	95
4	1	5	3,6	4	1	5	107,3
4	1	6	3,4	4	1	6	97,2
5	1	1	3,7	5	1	1	90,7
5	1	2	3,3	5	1	2	93,3
5	1	3	3,2	5	1	3	81
5	1	4	3	5	1	4	90
5	1	5	3,3	5	1	5	96,7
5	1	6	2,8	5	1	6	103,3
6	1	1	4	6	1	1	95,3
6	1	2	3,3	6	1	2	100,7
6	1	3	3,7	6	1	3	78
6	1	4	2,3	6	1	4	82,7
6	1	5	2,3	6	1	5	91,3
6	1	6	2,8	6	1	6	102,7
1	2	1	4,4	1	2	1	87,6
1	2	2	4,6	1	2	2	93,8
1	2	3	4	1	2	3	93
1	2	4	4,2	1	2	4	92,4
1	2	5	4,4	1	2	5	88,7
1	2	6	4,6	1	2	6	97,2



2	2	1	4	2	2	1	95,6
2	2	2	4,4	2	2	2	98
2	2	3	5,6	2	2	3	101,2
2	2	4	4,4	2	2	4	96,2
2	2	5	4,3	2	2	5	84,3
2	2	6	4,8	2	2	6	88,4
3	2	1	6,2	3	2	1	111,4
3	2	2	4	3	2	2	95,3
3	2	3	4,3	3	2	3	88,6
3	2	4	5,6	3	2	4	92
3	2	5	5	3	2	5	87,6
3	2	6	4,8	3	2	6	88,8
4	2	1	5	4	2	1	110,8
4	2	2	4,6	4	2	2	87,7
4	2	3	4,4	4	2	3	95,6
4	2	4	5,4	4	2	4	92,7
4	2	5	4,6	4	2	5	90
4	2	6	5,4	4	2	6	91,3
5	2	1	4,6	5	2	1	106
5	2	2	4	5	2	2	90,7
5	2	3	4	5	2	3	85,2
5	2	4	4,4	5	2	4	85
5	2	5	4,3	5	2	5	91,8
5	2	6	4,3	5	2	6	84
6	2	1	4,7	6	2	1	92
6	2	2	4	6	2	2	80,7
6	2	3	4,2	6	2	3	97,2
6	2	4	4,7	6	2	4	86,7
6	2	5	4,7	6	2	5	91,2
6	2	6	5,8	6	2	6	85

Cuadro A 8. Prueba de interacciones del peso fruto en anaquel

Level of PP	Level of SP	N	-----PESO-----	
			Mean	Std Dev
1	1	6	104.616667	7.1008215
1	2	6	103.383333	6.1626023
1	3	6	97.266667	11.3033918
1	4	6	99.100000	3.9309032
1	5	6	109.016667	8.8813100
1	6	6	106.766667	7.3208378
2	1	6	97.683333	8.2540697
2	2	6	91.366667	4.1773995
2	3	6	89.900000	3.0039973
2	4	6	96.483333	5.3797460
2	5	6	98.033333	6.2153573
2	6	6	94.300000	6.2667376

Cuadro A 9. Prueba de interacciones del Diámetro del fruto en anaquel

Level of PP	Level of SP	N	-----DIAFRUT-----	
			Mean	Std Dev
1	1	6	5.4000000	0.20976177
1	2	6	5.2166667	0.27868740
1	3	6	5.1833333	0.07527727
1	4	6	5.1333333	0.16329932
1	5	6	5.1500000	0.18708287
1	6	6	4.9500000	0.17606817
2	1	6	5.0166667	0.07527727
2	2	6	5.1000000	0.10954451
2	3	6	4.8666667	0.25819889
2	4	6	5.0833333	0.09831921
2	5	6	5.0166667	0.09831921
2	6	6	4.8333333	0.08164966

Cuadro A 10. Prueba de interacciones de la firmeza del fruto

Level of PP	Level of SP	N	-----FIRM-----	
			Mean	Std Dev
1	1	6	3.88333333	0.42861016
1	2	6	3.84333333	0.54423034
1	3	6	2.60500000	0.38433059
1	4	6	2.79666667	0.22888134
1	5	6	2.83166667	0.39372156
1	6	6	1.21000000	0.38827825
2	1	6	3.88333333	0.36565922
2	2	6	4.30500000	0.51484949
2	3	6	4.46833333	0.30934878
2	4	6	4.10666667	0.22402381
2	5	6	3.77666667	0.42396541
2	6	6	2.19666667	0.31181191

Cuadro A 11. Prueba de interacciones de grados brix del fruto

Level of PP	Level of SP	N	-----BRIX-----	
			Mean	Std Dev
1	1	6	4.04166667	0.29226130
1	2	6	4.08166667	0.05269409
1	3	6	4.29500000	0.11220517
1	4	6	4.14833333	0.15967676
1	5	6	4.03333333	0.07527727
1	6	6	4.06000000	0.03098387
2	1	6	4.06500000	0.16801786
2	2	6	3.89500000	0.26463182
2	3	6	4.29333333	0.12258331
2	4	6	4.03500000	0.04277850
2	5	6	4.06833333	0.05036533
2	6	6	3.98333333	0.08453796

Figura A 1. Tendencia de medidas de peso del fruto de las primeras 7 lecturas en anaquel para las dos temperaturas de almacenamiento

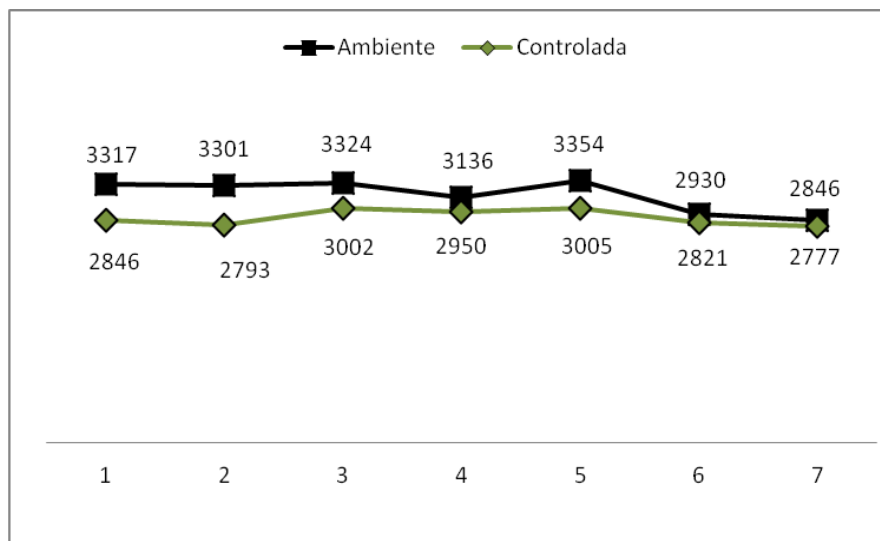


Figura A 2. Tendencia de medidas de diámetro del fruto de las primeras 7 lecturas en anaquel para las dos temperaturas de almacenamiento

