

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



**TRABAJO DE GRADUACIÓN
OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE
TOMATE (*Solanum lycopersicon* L.) EN INVERNADERO, EN LA EMPRESA
PRODUCTORA DE SEMILLAS GENTROPIC SEEDS.**

ELMER LEONEL OVANDO VARGAS

GUATEMALA, MARZO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE
TOMATE (*Solanum lycopersicon* L.) EN INVERNADERO, EN LA EMPRESA
PRODUCTORA DE SEMILLAS GENTROPIC SEEDS.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

ELMER LEONEL OVANDO VARGAS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA MARZO DEL 2008

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

RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GALVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Francisco Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	Perito Agrónomo Boanerges Guzmán
VOCAL QUINTO	Perito Forestal Regina Valiente.
SECRETARIO	Ing. Agr. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, marzo de 2008

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad De San Carlos de Guatemala

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Graduación OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE TOMATE (*Solanum lycopersicon* L.) EN INVERNADERO, EN LA EMPRESA PRODUCTORA DE SEMILLAS GENTROPIC SEEDS, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Elmer Leonel Ovando Vargas

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por que a él debemos todo lo que somos y por ser la luz que ha guiado mi camino.

A mis padres: Aura Violeta Vargas y Natalio Ovando Beteta (QEPD).

Papa: Gracias por tus consejos y tu enseñanza de vida, siempre te llevo en mi corazón.

Mama: Eres mi inspiración y el mejor regalo que Dios me ha dado, gracias por toda tu sabiduría. Me has guiado y brindado tu apoyo en todo momento, Gracias a ti, hoy esto es posible. Todo lo que soy lo debo a ti, sin tu apoyo y dedicación no lo hubiera logrado.
Dios y la Virgen siempre te bendigan.
Te amo mucho.

A mi Hermana Angélica: Con amor fraternal. Gracias por tu apoyo y tus consejos.

A mi sobrinos Miguel Ángel y Natalia: Que pueda ser testigo de sus futuros triunfos.

A mi cuñado Miguel Ángel Acevedo:

A mis amigos:

Marco Vinicio García, Víctor Véliz, Byron Fuentes, Sergio Mansilla, Luís A. García, Fernando Pozuelos, Judith del Cid, Ava Castillo, Nadia Ramírez, Alejandra Rodríguez, Claudia Rodríguez, José Manuel García, Donald Esquivel, Jairo de León, Roberto Chaves, Marco Antonio Toledo, Pablo Aguilar.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala, Tricentenaria casa de estudios forjadora de profesionales comprometidos con su patria.

La Facultad de Agronomía, donde no solo se aprende, sino se vive la agricultura y nos enseña la solidaridad y agradecimiento para con el pueblo de Guatemala. Concientes de la responsabilidad que como profesionales tenemos en el desarrollo de nuestro país.

Al Colegio San Sebastián, donde aprendí que con disciplina, dedicación y fé podemos alcanzar todo aquello que nos proponemos.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Luís Mejía, Gracias por la oportunidad que me brindó y por su asesoría.

Al ingeniero agrónomo Rudy Teni, gracias por sus consejos y asesoría.

Al ingeniero Richard Rotter por la oportunidad de realizar este trabajo en Gentropic Seeds.

A Gentropic Seeds, empresa que aportó el financiamiento.

Al ingeniero Hermógenes Castillo, por el asesoramiento en la realización del presente trabajo.

A los ingenieros agrónomos Luís Rodríguez, Luís Guzmán, Márvin Escobar, gracias por ser ejemplo de profesionalidad y por la amistad brindada.

Al ingeniero agrónomo Ángel Ibarra, gracias por su amistad y apoyo brindado.

A Kelder Ortiz, por su valiosa colaboración en la realización de la investigación.

A Nancy de Mendoza, Carlos Salazar, Esmeralda Álvarez, Miguel Jutzuts, Mario Catalán, Javier Robles gracias por su amistad sincera.

Al departamento de siembras de Pilonos de Antigua, en especial a Antonio Pamal, Cecilio Coc y Mario Segura.

A mi prima Mónica Castillo, gracias por su apoyo.

A Vivian Villatoro, gracias por el apoyo y los consejos brindados al inicio de la carrera que hoy concluyo.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	i
INDICE DE CUADROS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN GENERAL.....	1
CAPÍTULO I.....	4
1.1 PRESENTACIÓN.....	5
1.2 MARCO REFENCIAL.....	6
1.2.1 Localización.....	6
1.2.2 Zona de vida.....	6
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 General.....	7
1.3.2 Específicos.....	7
1.4 METODOLOGÍA.....	8
1.4.1 Fase de gabinete Inicial.....	8
1.4.2 Fase de campo.....	8
1.4.2.1 Realización del proceso de producción de semilla híbrida de tomate.....	8
1.4.3 Fase de gabinete final.....	8
1.5 RESULTADOS.....	9
1.5.1 Fases del proceso de producción de semilla híbrida de tomate.....	9
1.5.2 Descripción del proceso de producción de semilla híbrida de tomate.....	9
1.5.3 Fase de Selección de los parentales.....	10
1.5.4 Semilleros.....	11
1.5.5 Preparación del terreno.....	12
1.5.6 Trasplante y manejo del cultivo.....	13
a. Trasplante.....	13
b. Manejo del cultivo.....	13
1.5.7 Hibridación (cruzamientos).....	14
a) Emasculación.....	14
b) Polinización.....	15
1.5.8 Cosecha de la semilla.....	17
1.5.9 Tratamiento de semillas.....	17
1.5.9.1 Extracción de la semilla.....	17
1.5.9.2 Fermentación.....	18
1.5.9.3 Tratamiento de semillas.....	18
1.5.9.4 Secado de semillas.....	18
1.6 Recursos.....	19
1.6.1 Personal.....	19
1.6.2 Otros Recursos.....	19
1.7 Conclusiones.....	20
1.8 Recomendaciones.....	21
1.9 BIBLIOGRAFÍA.....	22
CAPÍTULO II.....	23
RESUMEN.....	24
2.1 PRESENTACIÓN.....	26
2.2. MARCO TEÓRICO.....	27

2.2.1 Marco Conceptual.....	27
2.2.1.1 Tomate	27
2.2.1.2 Semilla de Tomate	27
2.2.1.3 Germinación	28
2.2.1.4 Comportamiento de las distintas partes del embrión.....	28
2.2.1.4.1 Radícula	28
2.2.1.4.2 Hipócotilo	29
2.2.2 Proceso de producción de semilla híbrida de tomate	29
2.2.2.1 Producción.....	30
2.2.2.2 Por qué producir Híbridos F1	30
2.2.2.3 Fase de selección de los parentales.....	31
2.2.2.4 Semilleros	31
2.2.2.5 Transplante.....	32
2.2.2.6 Hibridación (cruzamientos)	32
a. Emasculación.....	32
b. Polinización.....	33
c. Fecundación.....	33
2.2.2.7 Cosecha de la semilla.....	34
2.2.2.8 Tratamiento de Semillas	34
a. Ácido Clorhídrico (HCl)	34
b. Hipoclorito de Sodio (NaClO).....	34
c. Fosfato Trisódico (Na ₃ PO ₄).....	35
d. Ácido Acético (CH ₃ COOH)	35
2.2.2.9 Secado de semillas.....	35
2.3 OBJETIVOS	37
2.3.1 GENERAL.....	37
2.3.2 ESPECIFICOS.....	37
2.4 METODOLOGÍA.....	38
2.4.1 Hibridación	38
2.4.2 Tratamiento de Semillas	39
2.4.2.1. Método del Ácido Clorhídrico (HCl) + Fosfato Trisódico (Na ₃ PO ₄)	39
2.4.2.2 Método de Fermentación	39
2.4.2.3 Método del Ácido Acético (CH ₃ COOH) al 0.8 %.....	40
2.4.2.4. Método con Hipoclorito de Sodio (NaOCl)	40
2.4.2.5. Método con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) más fermentación	40
2.4.2.6 Método del Ácido Acético al 0.8 % con Hipoclorito de Sodio al 10 %	41
2.4.2.7 Método del Ácido Acético al 0.8 % con Ácido Clorhídrico al 10 %	41
2.4.3 Secado de Semillas	42
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
2.5.1 Hibridación.....	43
2.5.2. Tratamiento de Semillas.....	45
2.5.3 Secado de Semilla	49
2.5.4 Cuadro de resumen de los resultados obtenidos.....	51
2.6 CONCLUSIONES.....	52
2.7 RECOMENDACIONES	53
2.8. BIBLIOGRAFIA	54
2.12 ANEXOS	56

CAPÍTULO III	63
INFORME DE SERVICIOS	63
3.1 PRESENTACIÓN	64
3.2 Servicio 1: Cambio del método de colecta de polen.....	65
3.2.1 Definición del problema	65
3.2.2 Objetivo.....	65
3.2.3 Metodología	65
a) Explicación oral.....	65
b) Fase de pruebas.....	66
3.3 Servicio 2: Polinización, cosecha, tratamiento de semilla, cantidad de semilla.....	66
3.3.1 Definición del problema	66
3.3.2 Objetivo.....	66
3.3.3 Metodología	67
3.3.4 Resultados.....	67
3.3.5 Evaluación	70
3.4 Servicio 3: Siembra y evaluación de líneas en campo e invernadero.	70
3.4.1. Definición del problema	70
3.4.2. Objetivo.....	70
3.4.3. Metodología	70
a) Realización de semilleros.	70
b) Transplante. (Identificación).....	71
c) Selección	71
d) Caracterización	71
3.4.4 Evaluación	72
GLOSARIO	73
BIBLIOGRAFIA	74

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.1 Proceso de Producción de semilla híbrida de tomate.	9
Figura 1.2 Plantación de líneas parentales.	10
Figura 1.3 Semilleros realizados	12
Figura 1.4 Preparación del terreno.....	13
Figura 1.5 Emasculación de flores de tomate.	15
Figura 1.6 Flores de tomate polinizadas y debidamente identificadas.	16
Figura 2.1 Fases del Proceso de Producción de Semilla Híbrida.....	29
Figura 2.2 Componentes de la Hibridación	38
Figura 2.3 Hibridación de tomate.	43
Figura 2.4 Comparación del número de frutos obtenidos.....	45
Figura 3.1 Líneas parentales sembradas a campo abierto	72
Figura 3.2 Líneas parentales sembradas en invernadero	72

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 2.1. Promedio de frutos obtenidos	44
Cuadro 2.2 Porcentajes de Germinación al 6 día.....	46
Cuadro 2.3 Comparación de medias Tukey para la variable germinación al 6 día.....	46
Cuadro 2.4 Porcentaje de Germinación al 15 día.....	47
Cuadro 2.5 Comparación de medias Tukey para la variable germinación al día 15.....	47
Cuadro 2.6 Porcentaje de plantas listas para el transplante.	48
Cuadro 2.7 Comparación de medias Tukey para la variable germinación al día 30.....	49
Cuadro 2.8 Pruebas de diferentes tiempos y temperaturas.	50
Cuadro 2.9 Resumen de los resultados obtenidos.....	51
Cuadro 2.10 Resultados obtenidos del análisis estadístico al 6 día.....	56
Cuadro 2.11 Resultados de la prueba de tukey a los 6 días	57
Cuadro 2.12 Resultados obtenidos del análisis estadístico al día 15.....	58
Cuadro 2.13 Resultados de la prueba de Tukey a los 15 días.....	59
Cuadro 2.14 Resultados obtenidos del análisis estadístico a los 30 días.	60
Cuadro 2.15 Resultados de la prueba de tukey a los 30 días.	61
Cuadro 3.1 Cortes realizados del material XC 273 A.....	67
Cuadro 3.2 Cortes realizados del material XC 273 B.....	68
Cuadro 3.3 Cortes realizados del material XC 271 A.....	68
Cuadro 3.4 Cortes realizados del material XC 271 B.....	69
Cuadro 3.5 Cantidad aproximada de semilla híbrida obtenida.....	69
Cuadro 3.6 Características a evaluar en las líneas parentales.	71

RESUMEN GENERAL

El presente trabajo es el resultado de las actividades realizadas durante el tiempo de Ejercicio Profesional Supervisado en la empresa productora de semillas Gentropic Seeds.

Se divide en tres capítulos que son: diagnóstico, investigación y servicios.

Los tres capítulos se desarrollaron en el marco del Proceso de Producción de Semilla Híbrida de Tomate (*Solanum lycopersicon L.*).

La realización del diagnóstico tuvo como objetivo el conocimiento de las actividades que se realizan en el proceso de producción de semilla híbrida, esto a través de la observación y documentación de las distintas fases que componen el proceso en general.

Por medio del diagnóstico se determinó que el tiempo invertido en obtener la semilla híbrida es de aproximadamente 21 semanas.

Al concluir el diagnóstico y utilizando los resultados de éste, se procedió a la experimentación en distintas fases del proceso de producción de semilla híbrida, siendo estas las siguientes:

- Hibridación.
- Tratamiento de semillas.
- Secado de semillas.

Los resultados obtenidos de la experimentación son los siguientes:

El método de colecta de polen en pequeños tubos plásticos, facilita y agiliza la inducción de la polinización. Con este método se obtuvo un promedio de 47 frutos por planta, contra 23 que se obtuvieron con el método de flor a flor, aumentando así el número de polinizaciones.

El método más eficiente de tratamiento de semillas para desinfestación a los 30 días resultó ser el método del Ácido Acético al 0.8% con Ácido Clorhídrico al 10% reportando 97% de plantas completamente sanas listas para el transplante. El segundo mejor fue el método con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) al 10% + Fosfato Trisódico (TSP) que es el utilizado dentro de la empresa, obteniendo de este un 87% de plantas listas a ser trasplantadas.

Los mejores resultados de secado a maquina, se obtuvieron al utilizar: 135 minutos de secado a una temperatura de 35° C para obtener 87 % de germinación y 120 minutos de secado a una temperatura de 40° C para obtener 85 % de germinación.

Los servicios se efectuaron durante todo el tiempo de Ejercicio Profesional Supervisado.

El primer servicio realizado fue el cambio en la forma de inducir la polinización, que se dejó de hacer de flor a flor. El nuevo método consistió en la colecta de polen a través de vibradores y colectores especiales, para realizar la polinización directamente del deposito de polen hasta la flor receptora. Logrando aumentar de esta manera el número de polinizaciones.

El segundo servicio prestado consistió en la toma de datos de campo para cuantificar la semilla híbrida que se obtuvo durante un bloque de cruces planificado. Los resultados son los siguientes

Híbrido	Cantidad aprox. de semilla
XC 273 A	298,805
XC 273 B	510,000
XC 271 A	39,818
XC 271 B	127,552

El último servicio se efectuó en actividades de campo y consistió en la siembra y evaluación de líneas parentales. La evaluación se hizo por medio de un boleto en la cual se califican las características más importantes de la planta como: Producción, resistencia a enfermedades, firmeza del fruto, tamaño del fruto, color del fruto.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE TOMATE (*Solanum lycopersicon* L.) EN INVERNADERO EN LA EMPRESA PRODUCTORA DE SEMILLAS GENTROPIC SEEDS

1.1 PRESENTACIÓN

El cultivo del tomate se ha popularizado por su versatilidad para consumo en fresco o en conserva. Su adaptabilidad ha jugado un papel fundamental en su rápida y extensa utilización. A pesar de la significación nutricional del tomate como fuente de vitaminas A y C su consumo per capita es aproximadamente cuatro veces mayor en los países desarrollados comparados con los países en vías de desarrollo.

Por este motivo es necesaria la generación de nuevos materiales que se adapten tanto a las necesidades de los productores como de los consumidores (5).

Esto se logra mediante el proceso de producción de semilla híbrida, proceso que en Guatemala es realizado únicamente por la empresa Gentropic Seeds.

La realización del presente diagnóstico tuvo como objetivo el conocimiento de las actividades que se realizan en el proceso de producción de semilla híbrida, por medio de la observación y documentación de las distintas fases que componen el proceso en general.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Localización

Finca La Azoteíta está ubicada en el municipio de Jocotenango departamento de Sacatepéquez localizada a 2 km de la cabecera departamental y a 45.5 km. de la ciudad capital de Guatemala sobre la carretera asfaltada que conduce del departamento de Sacatepéquez al departamento de Chimaltenango. En ésta localidad se encuentra ubicada la empresa productora de semillas Gentropic Seeds única en Guatemala, dedicada a la producción de materiales híbridos de tomate (*Solanum lycopersicon L.*) resistentes a la virosis transmitida por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). El programa de mejoramiento genético del tomate (*Solanum lycopersicon L.*) fué iniciado a finales de la década de 1990 por el doctor Luís Mejía. Gentropic Seeds es una empresa dedicada a la generación de nueva tecnología para el agricultor guatemalteco, por medio de la investigación del mejoramiento genético.

Las colindancias de la finca son:

Norte: Con la colonia «Los Ángeles».

Sur: con la colonia «La Belleza».

Este: con «la calle real de Jocotenango»

Oeste: con la colonia «La Azotea».

La finca se encuentra ubicada según el Meridiano de Greenwich a una Latitud de 14° 34' 28" y una longitud de 90° 44' 28", a una altura de 1.540 msnm. Con una temperatura ambiental mínima de 14° C, una máxima de 22.7° C. Bajo condiciones de invernadero las temperaturas que se registran son: Máxima es de 38.40° C y una mínima de 15.40° C (1).

1.2.2 Zona de vida

Basada en el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdrige la finca se encuentra situada en la zona ecológica Bosque Húmedo Montano Bajo sub. Tropical, con un clima templado a calido con precipitación pluvial promedio de 1,500 mm (1).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

- Determinar la situación actual del proceso de producción de semilla híbrida de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) en invernadero en la empresa productora de semillas Gentropic Seeds

1.3.2 Específicos

- Describir cada fase del proceso de producción de semilla híbrida.
- Determinar el tiempo del proceso de producción de semillas híbridadas.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la realización del diagnóstico se divide en

1.4.1 Fase de gabinete Inicial

Se realizó a través de la consulta de fuentes bibliográficas y entrevistas con el objetivo de obtener conocimiento de cada una de las diferentes etapas del proceso previo a realizar la fase de campo

1.4.2 Fase de campo

Esta consistió en la realización de las diferentes etapas del proceso de producción de semilla híbrida durante un ciclo de cultivo.

1.4.2.1 Realización del proceso de producción de semilla híbrida de tomate

En esta etapa se hizo todo el trabajo de campo, desde la siembra hasta la cosecha de la semilla.

Las fases de mayor importancia fueron las que componen la hibridación que son: Emasculación y polinización.

Todo el trabajo de la fase de campo se desarrollo dentro de invernadero durante un ciclo completo de producción de tomate.

1.4.3 Fase de gabinete final

En esta etapa se compiló la información obtenida en el campo para su análisis.

Se elaboró un listado de las actividades realizadas para poder detectar posibles fallas, identificar los principales problemas y sugerir cambios que puedan ser útiles para mejorar el proceso de producción.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Fases del proceso de producción de semilla híbrida de tomate

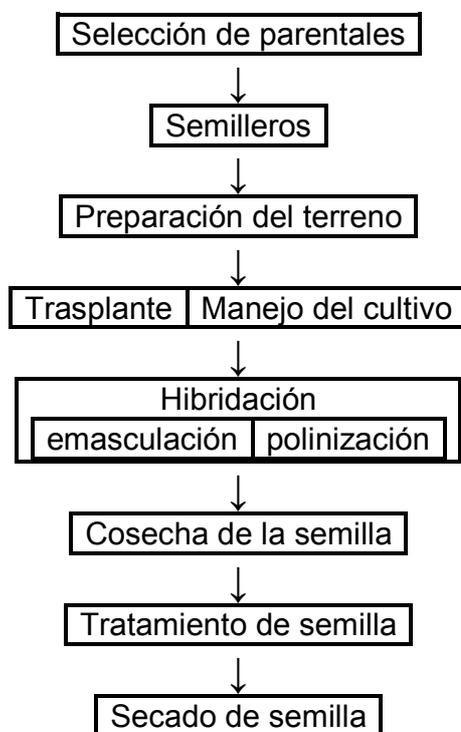


Figura 1.1 Proceso de Producción de semilla híbrida de tomate.

1.5.2 Descripción del proceso de producción de semilla híbrida de tomate

La semilla de tomate ha sido producida y comercializada por compañías de semilla desde hace más de 100 años. Al principio la función principal fue incrementar y distribuir las selecciones de polinización libre. Durante los años 50 los productores de semilla desarrollaron nuevos híbridos de tomate para la utilización de los horticultores. Dada la demanda de rendimientos elevados, de calidad del fruto y de resistencia a enfermedades los productores comerciales comenzaron a utilizar cultivares híbridos (3).

El proceso de producción de semilla híbrida es largo y complicado, las fases que lo componen se describen a continuación:

1.5.3 Fase de Selección de los parentales

Las plantas parentales son aquellas de las que de su cruzamiento se engendrará una planta híbrida (2).

Los parentales se obtienen de acuerdo a los objetivos propuestos dentro del programa de mejoramiento, seleccionando las plantas que presenten las mejores características de resistencia, producción, tamaño y forma del fruto; con la intención que estas sean heredadas al futuro híbrido (5).

Seleccionados los parentales se procede a extraer la semilla y organizar la siembra de estos, con la finalidad de realizar el cruzamiento y así obtener materiales híbridos con las características de ambos parentales.

Los parentales obtenidos poseen resistencia a geminivirus transmitidos por mosca blanca (*Bemisia tabaci*) presentes en el oriente de Guatemala; la resistencia es obtenida de especies silvestres, tales como *Lycopersicon hirsutum*, *Lycopersicon Chilense*, y *Lycopersicon peruvianum* (5).



Figura 1.2 Plantación de líneas parentales.

1.5.4 Semilleros

Los semilleros son utilizados debido a que las plántulas producidas a través de éstos, presentan una mayor tasa de supervivencia en campo y se acorta el ciclo de producción.

En la realización de los semilleros o pilones, se utiliza una variedad de sustratos para el crecimiento de las plántulas. El sustrato utilizado tiene proporciones variadas de turba canadiense de alto grado y vesiculita hortícola o perlita hortícola.

La mezcla básica se enmienda con cal, superfosfato, nitrato cálcico, nitrato potásico, micro nutrientes y un agente mojante (3).

El sustrato preparado se utiliza para el llenado de las bandejas de siembra, que permiten la postura de 288 semillas por bandeja a razón de 1 semilla por celda (288 celdas / bandeja). El llenado es efectuado con maquina, mientras que la siembra se hace de forma manual.

Las bandejas listas se trasladan al cuarto de germinación, el cual es un área donde la temperatura oscila entre 22° C y 25° C, en dicho lugar las bandejas permanecen durante 4 días. Cumplidos los cuatro días las bandejas son trasladadas al invernadero en donde se da seguimiento al proceso.

Dentro del invernadero las plántulas permanecen durante un mes, tiempo en el cual se les brindan las condiciones adecuadas para su desarrollo, libres del ataque de patógenos y suministrándoles los nutrimentos necesarios para su crecimiento óptimo.

Durante la primera semana el riego inicial consiste en la pulverización con una boquilla cónica solamente con agua, esto para afirmar el sustrato sobre la semilla. A la siguiente semana se les aplica calcio y potasio. Durante la tercera semana se les aplica productos con la siguiente formulación: **N** 20%, **P** 10% y **K** 20%, este es alternado con productos que contengan la siguiente formulación **N** 20%, **P** 20% y **K** 20%, se realizan de 2 a 3

aplicaciones por semana. Al terminar el mes las plantas están listas para ser trasplantadas al campo.



Figura 1.3 Semilleros realizados

1.5.5 Preparación del terreno

La preparación del suelo dentro del invernadero se hace manualmente, realizando doble excavación a una profundidad de 40 centímetros para favorecer el enraizamiento de las plantas. Luego de la doble excavación se agrega abono orgánico (gallinaza) a razón de 50 libras por surco de 100 metros de largo. Seguidamente se pica nuevamente el suelo para garantizar la incorporación de la gallinaza en el suelo preparado.

Los surcos son cubiertos con mantillo plástico, para disminuir la pérdida de humedad en el suelo y el ataque de plagas y enfermedades. Durante la preparación del terreno se procede a la aplicación de productos herbicidas, para prevenir el crecimiento de plantas no deseadas durante el ciclo de cultivo.



Figura 1.4 Preparación del terreno

1.5.6 Trasplante y manejo del cultivo

a. Trasplante

El trasplante se hace de forma manual, organizado de acuerdo a las plantas receptoras de polen (♀) y las plantas donadoras del polen (♂) la relación en que se trasplantan es de 3 a 1 respectivamente.

b. Manejo del cultivo

Para prevenir el ataque de enfermedades e insectos, al momento del trasplante se aplica insecticida imidacloprid a razón de 10 grs. / bomba de 3.78 litros y Truban + Metiltioalofanato 45 % a razón de 25 cc por bomba de 3.78 litros. La fertilización durante el primer mes se realiza 2 veces a la semana con productos fosforados y potásicos, con el objetivo de proporcionar a las planta las mejores condiciones en las primeras etapas fenológicas.

Al cumplirse un mes se realiza semanalmente la fertilización.

El mantenimiento de las condiciones de nutrición adecuadas para la producción de tomate es crítico no solo para obtener el nivel de producción deseado, sino también para alcanzar un nivel elevado en la calidad del fruto (3).

El control de plantas no deseadas en esta etapa se realiza manualmente para no afectar la plantación con la aplicación de algún herbicida.

Dentro de las actividades culturales realizadas al cultivo, no se contempla la poda a los parentales masculinos y es escasa en los parentales femeninos, dificultando el espacio de trabajo así como descuidando la sanidad de las plantas dentro del invernadero.

1.5.7 Hibridación (cruzamientos)

Este proceso se realiza de manera artificial (se induce la polinización), logrando la unión sexual de los parentales. Esta fase depende de la etapa de floración del tomate. La flor del tomate es perfecta, con partes masculinas y femeninas funcionales. Las variedades cultivadas del tomate forman un cono estaminal protector que rodea estrechamente el estigma y da lugar predominantemente a la autofecundación (3).

Los materiales utilizados para realizar la hibridación son debidamente desinfectados con alcohol. Estos son:

- Pinzas de emasculación
- Las manos del personal que manipula las flores a emasculación

Para poder realizar la hibridación deben de realizarse los siguientes pasos:

- a. Emasculación
- b. Polinización

a) Emasculación

Para evitar que la flor se autofecunde es necesario suprimir los estambres antes que madure el polen. Esta operación también se conoce como castración, es realizada por mujeres por medio de una pinza fina, teniendo el cuidado de no lastimar el pistilo, para que este pueda estar receptivo en el momento de la polinización.

La emasculación se realiza a los botones florales antes que estos presenten una tonalidad amarilla; el grupo de polinizadoras reconocen los botones aptos para ser emasculados por

su coloración y por la resistencia que presentan a ser abiertos por la pinza. Cuando un botón ya ha producido polen, es más sencillo abrirlo y el polen es visible. (5)

El proceso de emasculación se inicia entre los 60-70 días después de la siembra.



Figura 1.5 Emasculación de flores de tomate.

b) Polinización

La polinización es el proceso de transferencia del polen desde los estambres hasta el estigma o parte receptiva de las flores, donde germina y fecunda los óvulos de la flor, haciendo posible la producción de semillas y frutos (3).

La polinización se realiza 24 horas después de la emasculación. Se efectúa cortando las flores de las plantas elegidas como parentales masculinos, estas se abren a un costado por medio de pinzas tratando de dejar el polen expuesto; cuando está listo, se frota la parte superior del pistilo (el estigma) de la flor emasculada contra el polen expuesto, induciendo la polinización.

Las flores donadoras de polen deben estar completamente maduras, para asegurarse que el polen este presente en suficiente cantidad y calidad.

El número de polinizaciones que se logran, de flor a flor, es de 3 a 5, teniendo el inconveniente de abrir cada flor que será utilizada para la extracción de polen.

Se continúa con la polinización, tanto como lo permita el tiempo de floración de las plantas trabajadas. Aproximadamente 70 días después de la siembra.

Se desechan las flores que no se alcanza a polinizar en las plantas seleccionadas para los cruzamientos, esto para evitar contaminación con frutos autofecundados.

En el proceso de polinización se tiene el cuidado de asignar ordenadamente cada grupo de personas que trabaja con las diferentes plantas masculinas para la recolección del polen, esto para evitar polinizaciones no deseadas.

Las flores que han sido polinizadas se marcan inmediatamente con el objetivo de facilitar la cosecha de los frutos que contienen semilla híbrida, la marca efectuada consiste en el corte de dos sépalos de la corola.



Figura 1.6 Flores de tomate polinizadas y debidamente identificadas.

1.5.8 Cosecha de la semilla

El tiempo que transcurre desde la polinización hasta la maduración del fruto es entre 6 a 10 semanas, dependiendo del cultivar y la temperatura, a mayor temperatura se reduce el tiempo en que madura el fruto.

La semilla de tomate esta fisiológicamente madura cuando se ha completado la maduración del fruto (3).

La semilla de tomate debe tener un elevado vigor y tasa de germinación par ser considerada adecuada para la producción de semilleros (3).

La cosecha se realiza a mano buscando los frutos en un estado óptimo de maduración, este se reconoce por el color y firmeza del fruto.

Los frutos se depositan en cajas plásticas sobre papel periódico, las cajas se identifican con el nombre de cada material cosechado, para luego trasladarlas hacia el lugar de extracción de semilla.

1.5.9 Tratamiento de semillas

1.5.9.1 Extracción de la semilla

La extracción de la semilla se realiza manualmente después de la cosecha. Esta efectúa partiendo cada uno de los frutos por la mitad extrayendo las semillas con las yemas de los dedos.

Las semillas junto con la pulpa extraída se depositan en recipientes plásticos dejando reposar el contenido en su propio jugo para su posterior fermentación.

1.5.9.2 Fermentación

La fermentación se realiza durante 24 horas. El tipo de fermentación que se produce es la fermentación acética que es producida por *Acetobacter*, un género de bacterias aeróbicas que transforma el alcohol en ácido acético.

A través de la fermentación se logran dos objetivos: separar el mucílago que recubre a la semilla, así como prevenir el ataque de enfermedades transmitidas a través de la semilla.

1.5.9.3 Tratamiento de semillas

Luego de la fermentación, la semilla se lava con abundante agua para después tratarla con Hipoclorito de Sodio al 10 % (**NaOCl**). La semilla se sumerge dentro de la solución de hipoclorito durante 30 minutos.

A continuación la semilla se lava nuevamente con agua, para evitar restos de Hipoclorito de Sodio, luego se sumerge en una solución de Fosfato Trisódico al 10 % durante 15 minutos.

El tratamiento de semillas es efectuado con el objetivo de brindar protección a la semilla contra agentes fitopatógenos.

1.5.9.4 Secado de semillas

Mediante el control del contenido de agua de la semilla, no sólo se evitarán recalentamientos y ataques de hongos sino también se frena el proceso respiratorio, favoreciendo así una mayor longevidad (4).

Luego de realizado el tratamiento de semillas, estas quedan con un porcentaje elevado de humedad; el cual debe ser eliminado con el objetivo de poder almacenarlas en condiciones favorables, tratando de evitar daño alguno en su poder germinativo.

La manera tradicional utilizada en la empresa consiste en tender la semilla en un lugar caliente (invernadero) sobre bandejas plásticas durante 5 días a una temperatura de 32 a 35° C.

El problema con este sistema de secado radica en el tiempo invertido, además de lastimar la semilla cuando es retirada de las bandejas de secado. Para optimizar el proceso de secado se realizaron diversas pruebas, variando los tiempos y temperaturas de secado, en una máquina secadora, adaptada a las condiciones requeridas.

El tiempo que tarda el proceso de cosecha del fruto, extracción de la semilla, tratamiento de la semilla y secado de la semilla es de aproximadamente siete días.

1.6 Recursos

Los recursos empleados para la producción de semilla híbrida van desde recursos económicos, físicos, humanos, de transporte y material vegetal.

1.6.1 Personal

Encargados de planificación:	3 personas
Técnicos:	1 persona
Personal encargado de la siembra:	3 personas
Personal encargado de la polinización:	8 personas
Personal encargado del invernadero (labores culturales)	2 personas
	Total 17 personas

El personal que labora en polinización se encarga de la extracción de la semilla, fermentación, secado y recolección.

1.6.2 Otros Recursos

- edificios (oficinas de planeación)
- terrenos. (Invernaderos)
- maquinaria.
- elementos de transporte.
- mobiliario.

1.7 Conclusiones

1.7.1. El tiempo que se requiere en cada una de las fases del proceso hasta obtener la semilla híbrida es el siguiente:

- Fase de semilleros: 4 semanas.
- Inicio de la polinización: +6 semanas
- Cosecha: semana 16 a la 20.
- Tratamiento y secado de semilla: 1 semana.
- Total: 21 semanas aprox.

1.7.2. El proceso de producción de semilla híbrida debe de realizarse bajo condiciones controladas (invernadero), esto con el objetivo de establecer un mejor control en la etapa de hibridación.

Para cumplir con la hibridación debe de efectuarse las siguientes fases:

- Eliminación de polen de la línea madre. (emasculación)
- Transferencia del polen hacia la línea madre. (Polinización)

1.7.3 La plantación del bloque de cruces se trabaja de manera tradicional, labores culturales de fertilización, aplicación de productos preventivos y curativos, tutorado y cosecha extendiéndose el trabajo en la fase de extracción de la semilla, fermentación, tratamiento y secado.

1.8 Recomendaciones

1.8.1 Se recomienda la realización de podas, ya que esto favorece la aireación del cultivo, así como a la eliminación de hojas enfermas eliminando así posibles fuentes de inóculo. Además, las podas facilitan la realización de las demás actividades. (Aplicación de productos, cosecha)

B. El proceso de producción de semilla híbrida se lograra optimizar, realizando pruebas comparativas a las diversas fases de dicho proceso. Siendo estas las más importantes, la emasculación, polinización y tratamiento de semillas.

1.8.2 El método de tratamiento de semillas debe compararse contra otras opciones, con el objetivo de identificar el que más convenga a los intereses de producción de semilla híbrida.

1.8.3 Modificar el método de secado de semilla, el utilizado es un método que representa pérdida de tiempo, además de lastimar la semilla cuando se despega de la bandeja.

1.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema de Holdridge. Guatemala. 42 p.
2. Depestre, T; Gómez, O. 1999. Mejoramiento de tomate y chile pimiento. La Habana, Cuba, Instituto de Investigaciones Hortícolas Liana Dimitrova. Presentado en: Curso de mejoramiento de hortalizas (1999, Guatemala). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 6–36.
3. Jones, J; Jones, JP. 2001. Plagas y enfermedades del tomate. Maria del Mar Jiménez Gasca ed. España, MundiPrensa. 74 p.
4. Morant, A; Salomón, N. 2006. Procesamiento y análisis de semillas (en línea). Consultado 12 set 2006. Disponible en <http://www.mejoravegetal.criba.edu.ar/semillap/procesam/recepcion,%2520secado%2520y%2520procesamiento.doc>.
5. Rodríguez, L. 2006. Descripción del proceso de producción de semilla híbrida de tomate (entrevista). Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala, Pilonos de Antigua, Director de Proyecto de Mejoramiento.
6. SIM (Sistema de Información Municipal, GT). s.f. Jocotenango, Sacatepéquez (en línea). Guatemala. Consultado 10 ago 2007. Disponible en <http://www.inforpressca.com/jocotenango/ubicacion.php>.

CAPÍTULO II

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE
TOMATE (*Solanum lycopersicon L.*) EN INVERNADERO.**

**INCREASING THE EFFICIENCY OF TOMATO (*Solanum lycopersicon L.*) HYBRID
SEED PRODUCTION PROCESS**

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE TOMATE (*Solanum lycopersicon* L.) EN INVERNADERO.

INCREASING THE EFFICIENCY OF TOMATO (*Solanum lycopersicon* L.) HYBRID SEED PRODUCTION PROCESS

RESUMEN

El tomate es una de las hortalizas de mayor importancia en el mundo, se cultiva en un alto rango de latitudes, que van desde el Ecuador hasta el Circulo Polar. Los frutos de tomate pueden ser consumidos en fresco, así como procesados.

En Guatemala el volumen de la producción de tomate creció de 2 millones de toneladas en el 2000 a 2.8 millones de toneladas en el 2005, el consumo se incremento de 130 mil toneladas en el 2000 a 175 mil toneladas en el 2005 (7).

El proceso de producción de semilla híbrida es la culminación de un programa de fitomejoramiento, dirigido a satisfacer necesidades tanto de los productores como de los consumidores, en base a las exigencias del mercado.

Se toman en cuenta todos los aspectos que se involucran en el proceso, tratando de identificar problemas y posibles soluciones para estos.

Las fases de hibridación y tratamiento de semillas fueron objeto de experimentación para la implementación de cambios en las mismas.

En la fase de hibridación, se implementó la colecta de polen para realizar la polinización; la cual era realizada directamente de flor a flor. La colecta de polen se realizó por medio de vibradores adaptados y receptores plásticos de polen. Logrando a través de este cambio mejorar la hibridación.

El tratamiento de semillas consiste en la aplicación de agentes físicos y químicos, que previenen del ataque de enfermedades transmisibles por semilla. Se realizaron diferentes

métodos de desinfección de semilla, obteniendo como resultado que el mejor tratamiento fue el que consiste en la utilización de Ácido acético al 0.8% con Ácido clorhídrico al 10%, del cual se obtuvo un 97% de plantas sanas listas para el transplante. El segundo mejor método fue el tratamiento que consiste en la utilización de fermentación, Hipoclorito de sodio y Fosfato Trisódico (TSP), obteniendo como resultado un 87% de plantas listas para el transplante, este método es el utilizado actualmente dentro de la empresa.

En el secado de semillas se observó que al hacerlo sobre bandejas dentro de invernadero requiere de hasta 5 días para obtener la semilla, por lo que se implementó el secado a maquina, la cual fue adaptada a las necesidades requeridas, reduciendo el tiempo de secado considerablemente. Los mejores resultados se obtuvieron de 120 minutos a 40° C, obteniendo 85% de germinación. 135 minutos a 35° C obteniendo 87% de germinación, utilizando el método de tratamiento de semillas con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) con TSP.

2.1 PRESENTACIÓN

El proceso de producción de semilla híbrida genera nuevas opciones creando materiales de tomate que se adapten a las condiciones locales. El problema en el proceso de producción de semilla híbrida es que se realiza sin haber realizado un estudio previo a las diversas fases que componen el proceso, lo que implica que se estén subutilizado los recursos con los que se cuentan para realizar el proceso.

Los híbridos F1 presentan ventajas respecto a las variedades fijadas como parentales. Presentan heterosis y expresan fenotípicamente cualidades deseadas como: Precocidad, tipo de fruto, resistencia a enfermedades etc. Algunos problemas se manifiestan cuando dentro de un bloque de cruces se producen autofecundaciones y también en el tratamiento de semillas, ya que de este depende la calidad de las futuras plantas productoras así como el tiempo en que están listas para la siembra.

Se hizo necesario revisar y documentar el proceso, así como realizar diferentes pruebas para detectar posibles fallas y proponer cambios que sean útiles para lograr la optimización en la producción de semilla híbrida.

Se pretende con el presente estudio, documentar el proceso aplicando los cambios necesarios para garantizar una producción de semilla satisfactoria con porcentajes de germinación aceptables y producción de plantas sanas.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco Conceptual

2.2.1.1 Tomate

El tomate es originario de Sur América, las especies silvestres emparentadas son nativas de la región andina entre Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú. Pertenece a la familia de las solanáceas, es una especie diploide con $2n=24$ cromosomas.

En los tiempos actuales el tomate es la hortaliza de mayor importancia en el mundo, se cultiva en un alto rango de latitudes, que van desde el Ecuador hasta el círculo polar. Los frutos de tomate pueden ser consumidos en fresco, así como procesados (2).

El género *Lycopersicon* esta compuesto de 9 especies, de la cuales 8 se han mantenido dentro de los límites de su lugar de origen. *L. ceraciforme*, fue la única especie traída hacia América Central por los indígenas en forma de maleza. En México ocurrió la domesticación en las áreas de Puebla y Veracruz. Posteriormente se introdujo en Europa durante el siglo XVI, en este continente se le consideró una planta venenosa (2).

2.2.1.2 Semilla de Tomate

La semilla del tomate tiene forma lenticular, con unas dimensiones de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal.

El embrión está constituido por la yema apical, dos cotiledones, hipócotilo y radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos que envuelve al embrión del endospermo.

En la germinación de la semilla de tomate se distingue 3 etapas. La primera que dura 12 horas, se produce una rápida absorción de H₂O por la semilla, le sigue un período de

reposo de unas 40 horas durante el cual no se observa ningún cambio en la anatomía, ni en la actividad metabólica de la misma y posteriormente la semilla comienza a absorber H₂O de nuevo, iniciándose la etapa de crecimiento asociado con la emergencia de la radícula. La viabilidad de la semilla depende de una serie de factores como su almacenamiento y cuidado. Una semilla llega a su madurez cuando se encuentra en un estado en que se puede separar de la planta sin perjudicar su germinación. En el estado de madurez la semilla ha llegado a una condición en que estando fija a la planta ya no tendrá aumento en peso seco.

Si el fruto madura o la semilla se cosecha cuando el embrión está insuficientemente desarrollado, es muy probable que la semilla resulte delgada, liviana, arrugada, de mala calidad y de vida corta (5).

2.2.1.3 Germinación

Es el conjunto de fenómenos por los cuales el embrión, que se halla en estado de vida latente dentro de la semilla, reanuda su crecimiento y se desarrolla para formar una plántula.

Para que se produzca deben darse condiciones fisiológicas entre las cuales las más importantes son oxigenación, temperatura, luz y humedad: la absorción de agua ocurre a nivel del hilo o el micrópilo. El hinchamiento de la semilla producido por la absorción de agua distiende los tegumentos seminales que finalmente se rompen en la zona más débil, cerca del micrópilo (3).

2.2.1.4 Comportamiento de las distintas partes del embrión

2.2.1.4.1 Radícula

La emergencia de la radícula debe tener lugar en 3-5 días a 25° C. Asoma por el micrópilo, dando origen a la raíz primaria. Su duración es efímera en las Monocotiledóneas que

generalmente desarrollan raíces adventicias, mientras en Gimnospermas y Dicotiledóneas origina la raíz principal que dura toda la vida de la planta (6).

2.2.1.4.2 Hipocotilo

Su crecimiento es importante en la germinación epigea, eleva los cotiledones por encima del suelo. El epispermo se rasga y los cotiledones, expuestos a la luz, se vuelven los primeros órganos fotosintetizadores.

2.2.2 Proceso de producción de semilla híbrida de tomate

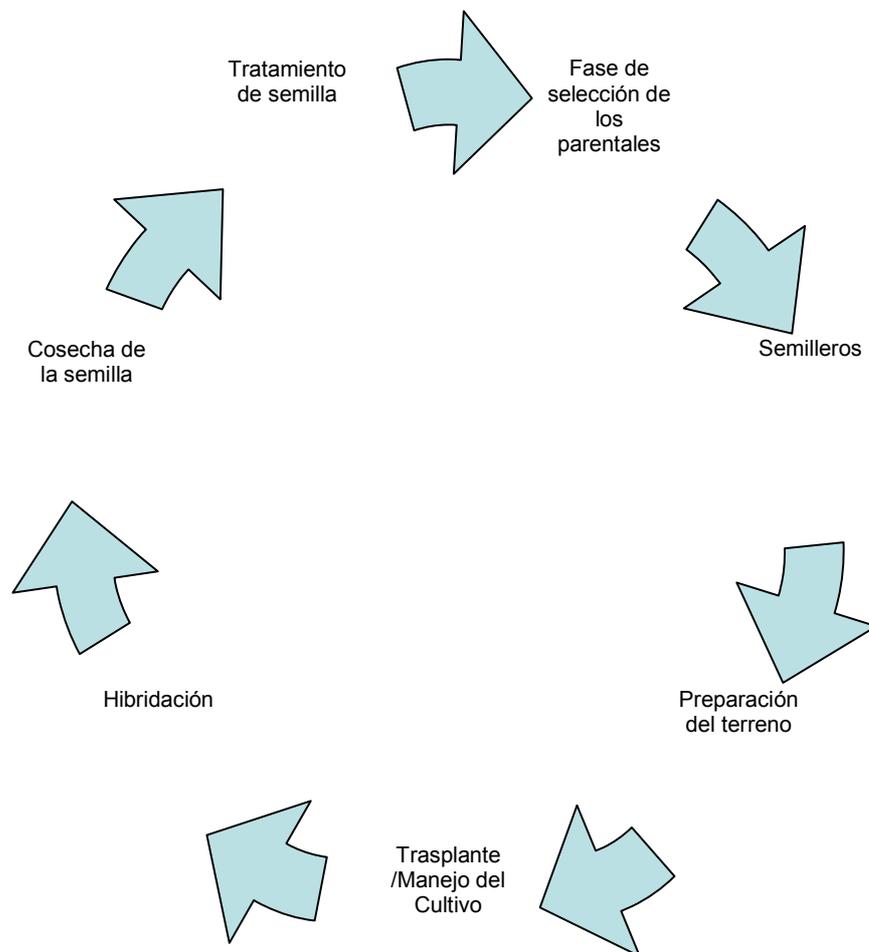


Figura 2.1 Fases del Proceso de Producción de Semilla Híbrida De tomate, realizadas en Gentropic Seeds

2.2.2.1 Producción

Toda producción es apropiación transformadora de la naturaleza por el individuo, la producción se manifiesta como una doble relación: de una parte como una relación natural, y otra como una relación social.

El proceso de producción de semilla híbrida es la culminación de un programa de fitomejoramiento, a través del cual se han trabajado todas las características que se desean obtener en un determinado material.

De lo anterior podemos definir el proceso de producción de semilla híbrida como un medio para satisfacer necesidades productivas dentro del mercado agrícola.

En tomate se producen híbridos ínter específicos, ya que son el resultado de la unión sexual de individuos pertenecientes a especies distintas (3).

2.2.2.2 Por qué producir Híbridos F1

Los híbridos F1 presentan ventajas respecto a las variedades fijadas como parentales: Presentan heterosis, rápidamente acumulan cualidades deseadas como lo son: Precocidad, tipo de fruto, resistencia a enfermedades. Heterosis es la manifestación de mayor vigor o de mayor expresión de los caracteres de los progenitores.

La heterosis o vigor híbrido en las especies vegetales se manifiesta más en las cruzas entre dos líneas puras, que en las cruzas dobles porque en esta última existe menor grado de heterocigosis, en otras palabras el vigor híbrido se hace presente en los híbridos cuyos parentales son suficientemente diferentes, esto debido a que se complementan (10).

El desarrollo de híbridos se compone de las siguientes fases

2.2.2.3 Fase de selección de los parentales

Se define como parental a la generación que engendra un híbrido. Los parentales son líneas puras que descienden de un solo individuo (rigurosamente homocigótico) autofecundado (3).

Los parentales se desarrollan de acuerdo al programa de fitomejoramiento, llegar a la decisión de cuáles serán los parentales indicados es un proceso complicado, se hace siguiendo parámetros establecidos de calificación a las características de la planta como: Producción, fitosanidad, tamaño y cantidad de fruto, tamaño de planta, precocidad.

Seleccionando las plantas cuyas características sean las requeridas para ser transferidas a los nuevos híbridos, La descendencia se desarrolla a partir de cruzamientos ínter específico entre las líneas seleccionadas para realizar la hibridación.

Los parentales elegidos deben de poseer aptitud combinatoria, el cruce entre ambos debe dar como resultado híbridos superiores.

2.2.2.4 Semilleros

Los semilleros se realizan una vez se tiene lista la semilla parental, la etapa de semilleros es la primera en la cual se preparan las plántulas para ser llevadas al campo (transplante). En esta etapa se busca dar las condiciones óptimas durante las primeras etapas fenológicas de las futuras plántulas, siendo estas la germinación y de establecimiento.

Durante la etapa de germinación se proporciona la humedad necesaria para que dentro del endospermo se active el desdoblamiento de las sustancias de reserva necesarias para el desarrollo del embrión.

La etapa de establecimiento constituye la formación de los primeros sistemas de la planta, generándose así la raíz, obteniendo a través de esta agua y nutrientes requeridos por la plántula. Dentro de la etapa de establecimiento se da la formación de los cotiledones hacia

la superficie, los cuales se tornan de color verde indicando la presencia de la clorofila y el principio de la fotosíntesis.

La etapa de semilleros tiene una duración de 30 días, desde la postura de la semilla hasta el final de la etapa de establecimiento.

La siembra se programa de manera tal que las plantas productoras de polen lleguen al campo 20 ó 30 días antes que las plantas receptoras (femeninas), esto con la finalidad de asegurar suficiente cantidad de polen cuando de inicio la fase de polinización

2.2.2.5 Transplante

El transplante se organiza de acuerdo a las plantas femeninas, ya que la relación en que se transplantan es de 3 femeninas a 1 masculino.

2.2.2.6 Hibridación (cruzamientos)

La hibridación se realiza a través del cruzamiento de los parentales elegidos, llamando línea **A** las plantas utilizadas como femeninas y línea **R** a la planta generadora de polen. Este trabajo se realiza en invernadero, para poder controlar de mejor manera la polinización.

Este proceso se compone de dos fases que son

a. Emasculación

Para poder realizar la hibridación es necesario emascular las plantas que serán receptoras del polen. La emasculación (también conocida como castración) es el proceso de suprimir el androceo (los estambres) y la corola (los pétalos), dejando presente el gineceo. Esto se logra al dejar el pistilo desnudo.

El objetivo de la emasculación es el de evitar que las flores se autofecunden (11).

Al emasculación de las flores de la planta elegida es necesario que estas se encuentren en botón y de preferencia que no haya alcanzado una coloración amarilla, evitando de esta manera que existan autofecundaciones la supresión del androceo y la corola se hacen por medio de pinzas, la operación es minuciosa ya que hay que tener cuidado de no dañar el pistilo (10).

b. Polinización

Seguidamente a la emasculación, un día después se procede a la polinización, la cual se define como el momento en que el grano de polen es depositado al gineceo de la flor (8).

La polinización se efectúa cortando las flores de las plantas elegidas como parentales masculinos, estas se abren a un costado por medio de pinzas, dejando el polen expuesto, cuando está listo se frota la parte superior del pistilo (el estigma) de la flor emasculada contra el polen expuesto, induciendo la polinización.

Las flores utilizadas para la polinización deben estar completamente maduras, para asegurarse que el polen este presente en suficiente cantidad.

El número de polinizaciones que se logran, de flor a flor, es aproximadamente de 3 – 5, teniendo el inconveniente de abrir cada flor que será utilizada para la extracción de polen.

Se continúa con la polinización, tanto como lo permita el tiempo de floración de las plantas.

c. Fecundación

La fecundación es el proceso de fusión del gameto masculino con el femenino para llegar a la formación del cigoto.

El estigma es la porción del pistilo que es receptiva del polen. El polen germina sobre el estigma y un tubo polínico delgado crece a través del estilo y penetra en la punta del óvulo a través de una abertura conocida con el nombre de micrópilo. Por medio de división del

núcleo generativo del grano de polen se forman dos células germinales macho, llamados espermias o núcleos generatrices. Los espermias se mueven a través del tubo polínico y son descargados dentro del saco embrionario (11).

2.2.2.7 Cosecha de la semilla

La cosecha se realiza cuando los frutos se encuentran en un estado óptimo de maduración, esto se reconoce a través de las cualidades organolépticas, cuidando que la maduración no sea demasiada ni que el fruto este verde; muy maduro se corre el riesgo que la semilla germine dentro del fruto; cuando esta muy verde, la semilla aun no esta lista para poder germinar, la cosecha se realiza manualmente durante el tiempo de producción del tomate, luego se procede a la extracción de semilla.

2.2.2.8 Tratamiento de Semillas

El tratamiento de semillas consiste en la aplicación de agentes físicos y químicos, que proveen a la semilla protección frente al ataque de enfermedades transmisibles por semilla así como frente a aquellas que atacan en etapas tempranas del cultivo y que provocan consecuencias devastadoras en la producción de los cultivos cuando no son controladas. Los diferentes métodos utilizados son de desinfección, al ser considerados los diferentes reactivos por medio de los cuales se llevaron a cabo los distintos tratamientos, estos son:

a. Ácido Clorhídrico (HCl)

El cloro libre es un componente clave que provee actividad bactericida (12).

b. Hipoclorito de Sodio (NaClO)

El hipoclorito de sodio se utiliza como bactericida de la siguiente manera: Cuando se adiciona hipoclorito de sodio en el agua, se genera ácido hipocloroso (HOCl): $\text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{NaOH}^-$. El ácido hipocloroso se divide en ácido hipoclorito (HCl) y oxígeno (O). El átomo de oxígeno es un oxidador muy fuerte. El hipoclorito de sodio es

efectivo contra las bacterias, virus y hongos. El hipoclorito de sodio desinfecta de la misma manera que lo hace el cloro (12).

c. Fosfato Trisódico (Na_3PO_4)

La acción bactericida del TSP se debe a la alta alcalinidad de la solución (pH12 a 13) y al poder desengrasante de este compuesto.

d. Ácido Acético (CH_3COOH)

Ácido de origen natural, presente en la mayoría de las frutas. Es producido a través de una fermentación bacteriana, y por consiguiente, está presente en todos los productos fermentados. El ácido acético es utilizado para prevenir el crecimiento de bacterias y hongos (12).

2.2.2.9 Secado de semillas

El secado de semillas puede efectuarse mediante sistemas que utilicen aire a temperatura ambiente o aire caliente sin exceder temperaturas mayores a los 43° C y la elección del mismo depende básicamente del volumen de producción y de las condiciones de la zona.

El secado de semillas comprende dos etapas bien definidas. La primera está dada por la transferencia de la humedad desde la superficie de las semillas, hacia el aire y la segunda por la transferencia de la humedad del interior de las semillas hacia la superficie de las mismas.

En la primera etapa, ocurre simplemente cuando la presión de vapor ejercida por la humedad superficial de la semilla es mayor a la del aire que la rodea.

En la segunda etapa, el traslado del agua dentro de las semillas hacia la superficie de las mismas ocurre por difusión desde las zonas más húmedas, hacia las zonas más secas (7).

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 GENERAL

- Mejorar el proceso de producción de semilla híbrida de tomate en invernadero, en la empresa Gentropic Seeds.

2.3.2 ESPECIFICOS

- Evaluar distintos métodos de desinfección de semillas de tomate para su siembra en invernadero
- Determinar el tiempo y la temperatura más conveniente en la fase de secado de semillas.
- Proponer cambios que se consideren necesarios dentro de las distintas fases que así lo requieran.

2.4 METODOLOGÍA

Luego de revisar las diferentes etapas del diagnóstico del proceso de producción de semilla híbrida de tomate, se pudo determinar que las siguientes fases influyen en el tiempo que tarda el proceso en general:

2.4.1 Hibridación

La fase de hibridación consiste en colecta de polen, emasculación y polinización.

Se implementó el método de colecta de polen. El cual requiere de los siguientes materiales: desinfectante (alcohol), vibrador, depósito de almacenamiento. Previamente a iniciar la colecta de polen debe desinfectarse los materiales a utilizar, el vibrador y el depósito de almacenamiento de polen. Las flores se colocan sobre el vibrador cuidando que el pistilo quede en posición vertical hacia abajo, esto para lograr que el movimiento agite la corola y desprenda el polen de los estambres hacia el depósito de almacenamiento.

La emasculación se efectuó un día antes de la polinización.

En la polinización se comparó la polinización de flor a flor que es el método tradicional y utilizando polen colectado en receptores de plástico.

Las dos diferentes formas de realizar la polinización se trabajaron paralelamente para comparar los resultados de ambas formas.

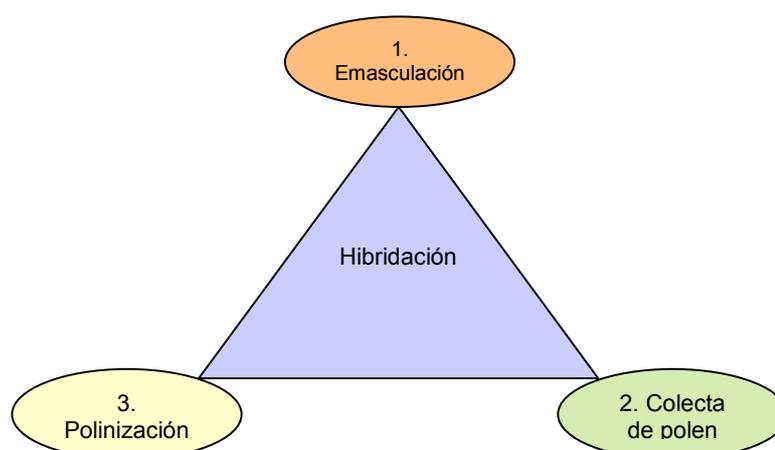


Figura 2.2 Componentes de la Hibridación

2.4.2 Tratamiento de Semillas

Se evaluaron 7 métodos de desinfestación de semilla, con tres repeticiones cada uno. Los métodos se compararon contra un testigo al cual no se le aplica ningún reactivo.

Posteriormente a los tratamientos y luego de secar la semilla, se procedió a la realización de semilleros, sembrando 100 semillas por repetición obteniendo así 300 semillas por tratamiento.

Se hizo la evaluación de los diferentes métodos a través del porcentaje de germinación a los 6, 15 y 30 días después de la siembra. Se realizó un ANDEVA por medio de bloques completamente al azar, con los datos obtenidos se realizó una prueba de medias (Tukey al 0.05 %)

Los diferentes métodos se describen a continuación:

2.4.2.1. Método del Ácido Clorhídrico (HCl) + Fosfato Trisódico (Na₃PO₄)

1. Se colocó la semilla recién cosechada en una solución de HCl al 10 % durante 30 minutos.
2. La semilla se lavó con abundante agua.
3. Se colocó la semilla en una solución de Fosfato Trisódico (Na₃PO₄) al 10 %, durante 30 minutos.
4. Se secó la semilla durante 5 días.

2.4.2.2 Método de Fermentación

1. Se reposó la semilla en su propio jugo durante 96 horas.
2. Se removió 2 veces diarias.
3. Al finalizar la fermentación, se lavó la semilla con abundante agua a presión.
4. Se secó la semilla en bandejas durante 5 días.

2.4.2.3 Método del Ácido Acético (CH₃COOH) al 0.8 %

1. Se reposó la semilla en el ácido acético durante 24 horas.
2. Se lavó la semilla con suficiente agua a presión.
3. Se secó la semilla en bandejas durante 5 días.

2.4.2.4. Método con Hipoclorito de Sodio (NaOCI)

1. Se fermentó la semilla en su propio jugo durante 24 horas.
2. En una solución de Hipoclorito de Sodio al 10 % se reposó la semilla durante una hora.
3. La semilla se lavó con abundante agua para limpiar el exceso de hipoclorito de Sodio.
4. En una solución de TSP (Fosfato Trisódico) al 10% se sumergió la semilla durante 15 minutos.
5. Se secó la semilla durante 5 días.

2.4.2.5. Método con Hipoclorito de Sodio (NaOCI) más fermentación

1. Se fermentó la semilla en su propio jugo **durante 96 horas**.
2. En una solución de Hipoclorito de Sodio al 10 % se reposo la semilla durante 30 minutos.
3. Se lavó la semilla con agua para limpiar el exceso de hipoclorito de Sodio.
4. En una solución de TSP (Fosfato Trisódico) al 10 % se sumergió la semilla durante 15 minutos.
5. la semilla se secó durante 5 días.

2.4.2.6 Método del Ácido Acético al 0.8 % con Hipoclorito de Sodio al 10 %

1. Se colocó la semilla durante 24 horas en la solución de ácido acético.
2. Se lavó la semilla con suficiente agua a presión.
3. La semilla se colocó en una solución de Hipoclorito de Sodio (NaOCl) al 10 % durante 30 minutos.
4. La semilla se lavó con abundante agua.
5. Se colocó la semilla en una solución de Fosfato Trisódico (Na_3PO_4) al 10 % durante 15 minutos.
6. Se secó la semilla durante 5 días.

2.4.2.7 Método del Ácido Acético al 0.8 % con Ácido Clorhídrico al 10 %

1. Se colocó la semilla durante 24 horas en la solución de ácido acético.
2. Se lavó la semilla con suficiente agua a presión.
3. Se colocó la semilla en una solución de Ácido Clorhídrico (HCl) al 10 % durante 30 minutos.
4. La semilla se lavó con suficiente agua.
5. Se colocó la semilla en una solución de Fosfato Trisódico (Na_3PO_4) al 10 % durante 30 minutos.
6. La semilla se secó durante 5 días.

2.4.3 Secado de Semillas

Para el secado de la semilla se utilizó la siguiente metodología:

- a) Extracción de la semilla de forma manual (200 semillas/ prueba).
- b) Tratamiento de semilla. Se utilizó el Método con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) + Fosfato Trisódico (TSP).
- c) Secado a máquina. Se realizaron 3 pruebas:
 - 120 minutos a 45° C, 40° C y 35° C
 - 135 minutos a 45° C, 40° C y 35° C
 - 150 minutos a 45° C, 40° C y 35° C
- d) Semilleros para determinar el porcentaje de germinación.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Hibridación

Para optimizar el proceso, se sustituyó el método de polinización tradicional el cual se efectúa de flor a flor, haciendo rozar el pistilo de la flor emasculada contra el polen de la flor destinada como masculino, alcanzando a polinizar de 3 – 5 flores, por medio de este método.

El método por el cual se sustituyó el tradicional, consiste en coleccionar el polen de las flores ya maduras en receptores plásticos, para trasladarlo hacia la flor que ha sido previamente emasculada, donde se realizará la polinización. El polen se utilizó inmediatamente después de coleccionarlo. Con este método se logra polinizar entre 250 – 300 flores, ya que existe un mejor contacto entre el pistilo y la fuente de polen.



Figura 2.3 Hibridación de tomate.

Los resultados obtenidos en la polinización, por medio de los dos métodos fueron los siguientes

Cuadro2.1. Promedio de frutos obtenidos.

No. planta	a) Método Tradicional: de Flor a Flor (frutos obtenidos)	b) Colecta de polen (frutos obtenidos)
1	13	42
2	21	60
3	22	52
4	18	55
5	17	61
6	18	27
7	23	32
8	27	33
9	30	38
10	16	45
11	28	41
12	26	71
13	31	60
14	24	40
15	26	44
total	340	701
Promedio por planta	23	47

Al realizar la polinización a través del método de colecta de polen se obtiene un incremento en el número de frutos obtenidos para la extracción de semilla híbrida. Con este método se obtuvo un promedio de 47 frutos por planta, contra 23 que se obtuvieron con el método de flor a flor. Al obtener mayor cantidad de frutos se incrementa la cantidad de semilla híbrida disponible.

Comparativamente los resultados se muestran en la siguiente grafica

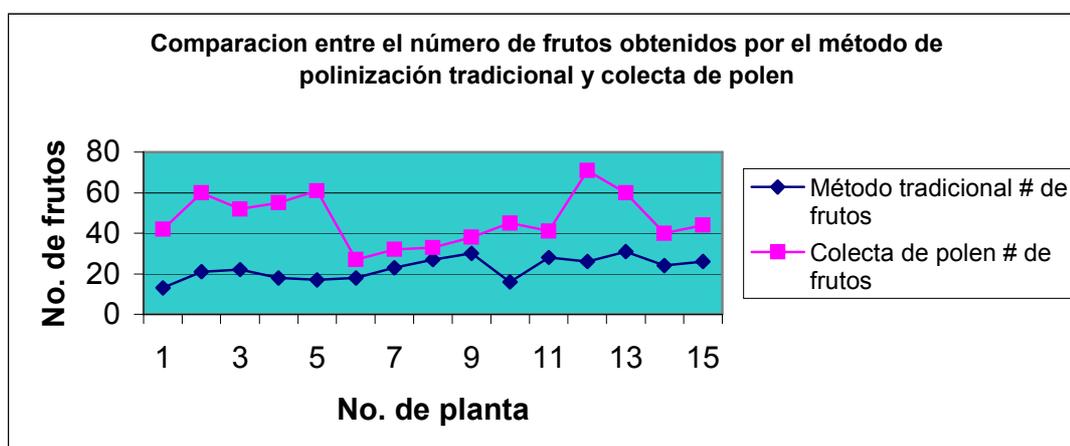


Figura 2.4 Comparación del número de frutos obtenidos.

En la gráfica anterior se muestra que el método de colecta de polen presento mejores resultados en cada una de las plantas polinizadas.

Los datos anteriores no reflejan en su totalidad el porcentaje de frutos obtenidos después de la polinización, esto por que se debe tomar en cuenta que existe un porcentaje de abortos debido a diferentes causas como enfermedades, daño mecánico y variaciones de temperatura.

2.5.2. Tratamiento de Semillas

La desinfestación es importante realizarla para evitar ataque de fitopatógenos que se transmiten a través de la semilla.

Por medio del porcentaje de germinación se determinó el método que proporcionará el mayor número de plantas sanas listas para el trasplante.

La primera lectura se realizó a los 6 días después de la siembra, obteniendo los siguientes resultados de germinación de los diferentes métodos de tratamiento de semilla

Cuadro 2.2 Porcentajes de Germinación al 6 día.

Tratamientos	Repeticiones Porcentajes			Porcentaje de Germinación promedio
	R1	R2	R3	
T1 Método del Acido Clorhídrico (HCl) + Fosfato Trisódico (Na₃PO₄)	41	57	31	43
T2 Método de Fermentación	59	58	67	61
T3 Método del Ácido Acético (CH₃COOH) al 0.8 %	32	37	59	42
T4 Método con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) + TSP	57	52	51	53
T5 Método con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) Aumentando el tiempo de la fermentación	44	8	34	29
T6 Método del Ácido Acético (CH₃COOH) al 0.8 % con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) al 10 %	37	49	40	42
T7 Método del Ácido Acético (CH₃COOH) al 0.8 % con Ácido Clorhídrico (HCL) al 10 %	8	14	8	10

A los datos de germinación al 6 día se les realizó una prueba de medias, obteniendo los siguientes resultados.

Cuadro 2.3 Comparación de medias Tukey para la variable germinación al 6 día.

Método	Grupo tukey		
T2	a		
T4	a	b	
T1	a	b	
T3	a	b	
T6	a	b	
T5		b	
T7			c

Al 6 día después de la siembra el tratamiento dos, que es el método de la fermentación presento los mejores resultados de germinación (61%). Probablemente por la ausencia de reactivos, ya que este método consiste en dejar reposar la semilla en su propio jugo.

La segunda lectura se realizó a los 15 días después de la siembra, obteniendo los siguientes resultados

Cuadro 2.4 Porcentaje de Germinación al 15 día.

Tratamientos	Repeticiones			Porcentaje de Germinación promedio
	R1	R2	R3	
T1	85	88	81	85
T2	85	88	90	88
T3	80	79	85	81
T4	96	88	82	89
T5	80	69	83	77
T6	87	92	81	87
T7	96	99	98	98

Comparados estadísticamente los datos obtenidos a los 15 días después de la germinación son los siguientes

Cuadro 2.5 Comparación de medias Tukey para la variable germinación al día 15.

Método	Grupo tukey		
T7	a		
T4	a	b	
T2		b	
T6		b	
T1		b	
T3		b	
T5		b	

El mayor porcentaje de germinación (98%) se obtuvo en el tratamiento del Ácido Acético al 0.8 % con Ácido Clorhídrico al 10 %. El segundo mejor tratamiento fue del Hipoclorito de

Sodio (NaOCl) con TSP con 89% de germinación, el resto de los tratamientos no presentaron diferencias significativas.

Las lecturas de porcentaje de germinación realizadas muestran que es conveniente esperar hasta los 15 días después de la siembra, en este tiempo ya han germinado la mayoría de semillas que serán realmente productivas, como se demuestra en el análisis sobre el tratamiento del Ácido Acético (CH_3COOH) al 0.8 % con Ácido Clorhídrico (HCL) al 10 %.

La tercera lectura se realizó a los 30 días después de la siembra, cuando las plantas están listas para ser transplantadas, los datos obtenidos se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.6 Porcentaje de plantas listas para el trasplante.

Tratamientos	Repeticiones			Porcentaje promedio de Plantas listas para el trasplante
	R1	R2	R3	
T1	82	87	82	84
T2	83	86	88	86
T3	78	78	84	80
T4	95	85	81	87
T5	78	66	80	75
T6	87	88	80	85
T7	96	98	97	97

Comparados estadísticamente los resultados obtenidos en las plantas listas para el trasplante se observa lo siguiente

Cuadro 2.7 Comparación de medias Tukey para la variable germinación al día 30.

Método	Grupo tukey		
T7	a		
T4		b	
T2		b	c
T6		b	c
T1		b	c
T3		b	c
T5		b	c

Los datos reportados el día 30 se toman como número de plantas listas para el transplante. Se obtuvo 97% con el Método del Ácido Acético al 0.8 % con Ácido Clorhídrico al 10 %. El segundo mejor tratamiento fue el Método con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) con Fosfato Trisódico (TSP), con 87% de germinación, este método es el utilizado dentro de la empresa para el tratamiento de semillas. El resto de los tratamientos no presentaron diferencias significativas.

2.5.3 Secado de Semilla

De los procesos para el tratamiento de las semillas el secado es el que demanda mayor consumo de energía. El agua debe ser evaporada para que las semillas reduzcan su humedad a niveles que posibiliten su almacenamiento seguro.

Las semillas son entidades biológicas sensibles a la acción del calor y la temperatura, que, cuando son excesivos producen daños importantes en sus características (8).

Controlar la temperatura y el tiempo al cual se seca la semilla es importante, ya que de esto depende el éxito que se tendrá en el momento de realizar pruebas de viabilidad a la semilla.

Durante el secado de semillas se realizaron varias pruebas tomando en cuenta el tiempo de secado a diferentes temperaturas.

Después de secada la semilla se procedió hacer semilleros, se sembraron 200 semillas por prueba de secado para determinar el porcentaje de germinación. Los resultados son los siguientes

Cuadro 2.8 Pruebas de diferentes tiempos y temperaturas.

Tiempo	Temperatura	Porcentaje de germinación
120 minutos	45° C	75
135 minutos	45° C	80
150 minutos	45° C	81
120 minutos	40° C	85
135 minutos	40° C	80
150 minutos	40° C	80
120 minutos	35° C	83
135 minutos	35° C	87
150 minutos	35° C	80

Los mejores resultados se obtuvieron al utilizar: 135 minutos de secado a una temperatura de 35° C para obtener 87% de germinación y 120 minutos de secado a una temperatura de 40° C para obtener 85% de germinación.

Los datos de germinación que se obtuvieron están por debajo del 90%, esto debido probablemente a que el tratamiento utilizado fue el Método con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) con TSP. Obteniendo durante 135 minutos de secado un 87% de germinación, mismo resultado obtenido de la aplicación del tratamiento con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) con TSP pero secando la semilla de forma tradicional.

2.5.4 Cuadro de resumen de los resultados obtenidos

En el cuadro 2.9 se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de los dos métodos, el tradicional y el propuesto en las fases de Hibridación, Tratamiento y secado de semillas para optimizar el proceso en general.

Cuadro 2.9 Resumen de los resultados obtenidos.

Fases del proceso	Método tradicional			Método Propuesto		
	Promedio de frutos obtenidos	Porcentaje De germinación	Tiempo De secado	Promedio de frutos obtenidos	Porcentaje de germinación	Tiempo de secado
Hibridación	23			47		
Tratamiento de semillas		87			97	
Secado		87	5 días		87	135 minutos

2.6 CONCLUSIONES

- El método más eficiente de tratamiento de semillas a los 30 días resultó ser el método del ácido acético al 0.8% con ácido clorhídrico al 10% reportando 97% de plantas listas para el transplante. El segundo mejor método fue con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) con TSP que es el utilizado dentro de la empresa, obteniendo de este un 87% de plantas listas a ser trasplantadas.
- Los mejores resultados de secado a máquina, se obtuvieron al utilizar 135 minutos de secado a una temperatura de 35° C para obtener 87% de germinación y 120 minutos de secado a una temperatura de 40° C para obtener 85% de germinación. Se pudo observar que el secado a máquina no produce ningún efecto negativo en la germinación de las semillas, ya que los resultados obtenidos son los mismos. Al aplicar el tratamiento utilizado dentro de la empresa y luego el secado se obtuvo un 87% de germinación.
- El proceso de producción de semillas híbridas de tomate se logra optimizar, aplicando los cambios propuestos en la polinización, tratamiento y secado de semillas.

2.7 RECOMENDACIONES

- Para realizar la polinización se recomienda el método de colecta de polen por medio de un vibrador y tubo receptor.
- Para el tratamiento de semillas se recomienda el uso del método del ácido acético al 0.8% con ácido clorhídrico al 10% combinado con el tiempo de secado de 135 minutos; para obtener un 97 % de plantas listas para el trasplante.
- Se recomienda el uso de una máquina secadora para optimizar el tiempo en el que se obtiene la semilla lista para ser envasada y almacenada.

2.8. BIBLIOGRAFIA

1. COFEMER (Comision Federal de Mejora Regulatoria, MX.). 2007. Respuestas a las observaciones que la Cofemer realizo al proy-nom-008-1995, Consultado 10 set 2007. Disponible en http://www.cofemermir.gob.mx/uploadtests/12939.59.59.4.RESPUESTAS_COFEME_R-PROY-NOM-008_junio_2007.doc
2. Depestre, T; Gómez, O. 1999. Mejoramiento de tomate y chile pimiento. La Habana, Cuba, Instituto de Investigaciones Hortícolas Lliana Dimitrova. Presentado en: Curso de mejoramiento de hortalizas (1999, Guatemala). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 6–36.
3. Font Quer, P. 1979. Diccionario de botánica. Barcelona, España, Labor. 1236 p.
4. Godínez Miranda, CV. s.f. Evaluación de extractos botánicos para el control de trips en el cultivo de rosa de corte, Jocotenango, Sacatepéquez. EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 23 p.
5. Hartmann, HT; Kester, DE. 1980. Propagación de plantas. 2 ed. México, CECOSA. 814 p.
6. Jones, J; Jones, JP. 2001. Plagas y enfermedades del tomate. Maria del Mar Jiménez Gasca ed. España, MundiPrensa. 74 p.
7. Morant, A; Salomón, N. 2006. Procesamiento y análisis de semillas (en línea). Consultado 12 set 2006. Disponible en <http://www.mejoravegetal.criba.edu.ar/semillap/procesam/recepcion,%2520secado%2520y%2520procesamiento.doc>.
8. Oyarzabal, OA. 2007. Medidas para control de patógenos no abatedouro (en línea). *In* Simposio Brasil Sul de Avicultura (8, 2007, Brasil). Brasil. p. 13-17. Consultado 2 set 2007. Disponible en <http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php>.
9. Secretaría de Salud, MX; Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario, MX; Dirección General de Calidad Sanitaria de Bienes y Servicios, MX. 1999. Manual de buenas prácticas de higiene y sanidad (en línea). México. Consultado 2 set 2007. Disponible en <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/capitulo8.html>
10. Teni Cacao, RE. 2004. Experiencias en la producción de híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tolerantes a virosis transmitida por mosca blanca. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 48 p.

11. Vásquez Vásquez, FJ. 2002. Apuntes de fitogenética y mejoramiento de plantas. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 101 p.
12. Villareal, R. 1982. Tomates. San José, Costa Rica, IICA. 184 p.

2.12 ANEXOS

Cuadro 2.10 Resultados obtenidos del análisis estadístico al 6 día.

Dato: Germinación a los 6 días											
Datos sin transformar											
	R1	R2	R3	Yi.	Ymed						
T1	41	57	31	129	43						
T2	59	58	67	184	61.333						
T3	32	37	59	128	42.667						
T4	57	52	51	160	53.333						
T5	44	8	34	86	28.667						
T6	37	49	40	126	42						
T7	8	14	8	30	10						
	278	275	290	843							
Y..				843							
				843							
Y..m				40.143							
Datos transformados (Seno inverso)											
	R1	R2	R3	Yi.	Y med	F.V	GL	SC	CM	Valor F	F tabla
T1	39.815	49.024	33.833	122.67	40.891	Trat	6	2153.387	358.898	7.4706	2.85
T2	50.185	49.603	54.938	154.73	51.576	Error E	14	672.5812	48.0415		
T3	34.45	37.465	50.185	122.1	40.7	Total	20	2825.968			
T4	49.024	46.146	45.573	140.74	46.914						
T5	41.554	16.43	35.669	93.652	31.217	Sí existe diferencias significativas entre tratamientos					
T6	37.465	44.427	39.232	121.12	40.374						
T7	16.43	21.973	16.43	54.833	18.278						
	268.92	265.07	275.86	809.85							
Y..				809.85							
				809.85							
Y..m				38.564							
CV				17.973	%						
Prueba de Tukey											
		T2	T4	T1	T3	T6	T5	T7			
Trat	Ymed	51.576	46.914	40.891	40.700	40.374	31.22	18.278			
T7	18.278	33.298	28.637	22.613	22.422	22.097	12.94				
T5	31.217	20.358	15.697	9.6733	9.482	9.157					
T6	40.374	11.201	6.5399	0.5162	0.325						
T3	40.700	10.876	6.214	0.191							
T1	40.891	10.685	6.0236								
T4	46.914	4.6612									
T2	51.576										
Comparador			W=	19.328							

Cuadro 2.11 Resultados de la prueba de tukey a los 6 días

Resultados:											
	Ymed	Ymed S	Grupo Tukey							Grupo Tukey simplificado	
T2	51.576	61.33	a							a	
T4	46.914	53.33	a	B						a b	
T1	40.891	43.00	a	B	C					a b	
T3	40.700	42.67	a	B	C	D				a b	
T6	40.374	42.00	a	B	C	D	e			a b	
T5	31.217	28.67		B	C	D	e	f		b	
T7	18.278	10.00							G	C	

Conclusión: la aplicación del Trat 2 es el que presenta los mejores resultados en cuanto al % de germinación

Cuadro 2.12 Resultados obtenidos del análisis estadístico al día 15.

germinación a los 15 días											
Datos sin transformar											
	R1	R2	R3	Yi.	Ymed						
T1	85	88	81	254	84.667						
T2	85	88	90	263	87.667						
T3	80	79	85	244	81.333						
T4	96	88	82	266	88.667						
T5	80	69	83	232	77.333						
T6	87	92	81	260	86.667						
T7	96	99	98	293	97.667						
	609	603	600	1812							
Y..				1812							
				1812							
Y.m				86.286							
Datos transformados (Seno inverso)											
	R1	R2	R3	Yi.	Y med	F.V	GL	SC	CM	Valor F	F tabla
T1	67.214	69.732	64.158	201.1	67.035	Trat	6	714.8335	119.139	6.8973	2.85
T2	67.214	69.732	71.565	208.51	69.504	Error E	14	241.825	17.2732		
T3	63.435	62.725	67.214	193.37	64.458	Total	20	956.6585			
T4	78.463	69.732	64.896	213.09	71.03	Sí existe diferencias significativas entre tratamientos					
T5	63.435	56.167	65.65	185.25	61.751						
T6	68.866	73.57	64.158	206.59	68.865						
T7	78.463	84.261	81.87	244.59	81.531						
	487.09	485.92	479.51	1452.5							
Y..				1452.5							
				1452.5							
Y..m				69.168							
CV				6.0088	%						
Prueba de Tukey											
		T7	T4	T2	T6	T1	T3	T5			
Trat	Ymed	81.531	71.03	69.504	68.865	67.035	64.458	61.751			
T5	61.751	19.781	9.2798	7.753	7.114	5.284	2.7073				
T3	64.458	17.073	6.5724	5.0456	4.407	2.5766					
T1	67.035	14.497	3.9958	2.469	1.830						
T6	68.865	12.667	2.166	0.639							
T2	69.504	12.028	1.5268								
T4	71.03	10.501									
T7	81.531										
Comparador		W=	11.59								

Cuadro 2.13 Resultados de la prueba de Tukey a los 15 días

Resultados:											
	Ymed	Ymed S	Grupo Tukey							Grupo Tukey simplificado	
T7	81.531	97.67	a							a	
T4	71.03	88.67	a	B						a b	
T2	69.504	87.67		B	c					b	
T6	68.865	86.67		B	c	D				b	
T1	67.035	84.67	b		c	D	e			b	
T3	64.458	81.33	b		c	D	e	f		b	
T5	61.751	77.33	b		c	D	e	f	G	b	

Conclusión: La aplicación del Trat 7 es el que presenta los mejores resultados en cuanto al % de germinación

Cuadro 2.14 Resultados obtenidos del análisis estadístico a los 30 días.

Dato: Germinación a los 30 días											
Datos sin transformar											
	R1	R2	R3	Yi.	Ymed						
T1	82	87	82	251	83.667						
T2	83	86	88	257	85.667						
T3	78	78	84	240	80						
T4	95	85	81	261	87						
T5	78	66	80	224	74.667						
T6	87	88	80	255	85						
T7	96	98	97	291	97						
	599	588	592	1779							
Y..				1779							
				1779							
Y..m				84.714							
Datos transformados (Seno inverso)											
	R1	R2	R3	Yi.	Y med	F.V	GL	SC	CM	Valor F	F tabla
T1	64.896	68.866	64.896	198.66	66.219	Trat	6	713.3259	118.888	8.3165	2.85
T2	65.65	68.027	69.732	203.41	67.803	Error E	14	200.1352	14.2954		
T3	62.028	62.028	66.422	190.48	63.493	Total	20	913.461			
T4	77.079	67.214	64.158	208.45	69.484						
T5	62.028	54.331	63.435	179.79	59.931	Sí existe diferencias significativas entre tratamientos					
T6	68.866	69.732	63.435	202.03	67.344						
T7	78.463	81.87	80.026	240.36	80.12						
	479.01	472.07	472.1	1423.2							
Y..				1423.2							
				1423.2							
Y..m				67.771							
CV				5.579	%						
Prueba de Tukey											
		T7	T4	T2	T6	T1	T3	T5			
Trat	Ymed	80.12	69.484	67.803	67.344	66.219	63.493	59.931			
T5	59.931	20.188	9.5521	7.8717	7.413	6.2877	3.5611				
T3	63.493	16.627	5.991	4.3106	3.852	2.7266					
T1	66.219	13.9	3.2644	1.5839	1.125						
T6	67.344	12.775	2.139	0.459							
T2	67.803	12.316	1.6804								
T4	69.484	10.636									
T7	80.12										
Comparador		W=	10.543								

Cuadro 2.15 Resultados de la prueba de tukey a los 30 días.

	Ymed	Ymed S	Grupo Tukey						Grupo Tukey simplificado
T7	80.12	97.00	a						a
T4	69.484	87.00	b						B
T2	67.803	85.67	b	C					B
T6	67.344	85.00	b	C	D				B
T1	66.219	83.67	b	C	D	e			B
T3	63.493	80.00	b	C	D	e	f		b
T5	59.931	74.67	b	C	D	e	f	G	B

Conclusión: La aplicación del T7 es el que presenta los mejores resultados en cuanto al % de germinación

Dentro del análisis estadístico se observa que la aplicación del tratamiento # 7 obtuvo los mejores resultados en cuanto al porcentaje de germinación, esto se demuestra en los cuadros del día 15 y el día 30, no así en la lectura realizada en el día 6, en el que contrariamente, el tratamiento #7 es el de menor porcentaje y el tratamiento #2 es el que reporta el mayor porcentaje de germinación.

Los datos reportados el día 30 se toman como número de plantas efectivas listas para el transplante. Como se observa en el análisis el tratamiento #7, reportó el mayor número de plantas listas para ser transplantadas. Plantas sanas y vigorosas, sin síntomas de ataque de enfermedades.

Las lecturas de % de germinación realizadas muestran que es conveniente esperar hasta los 15 días después de la siembra, en este tiempo ya han germinado la mayoría de semillas que serán realmente productivas, como se demuestra en el análisis sobre el tratamiento # 7.

Semilleros realizados de los tratamientos de semillas:

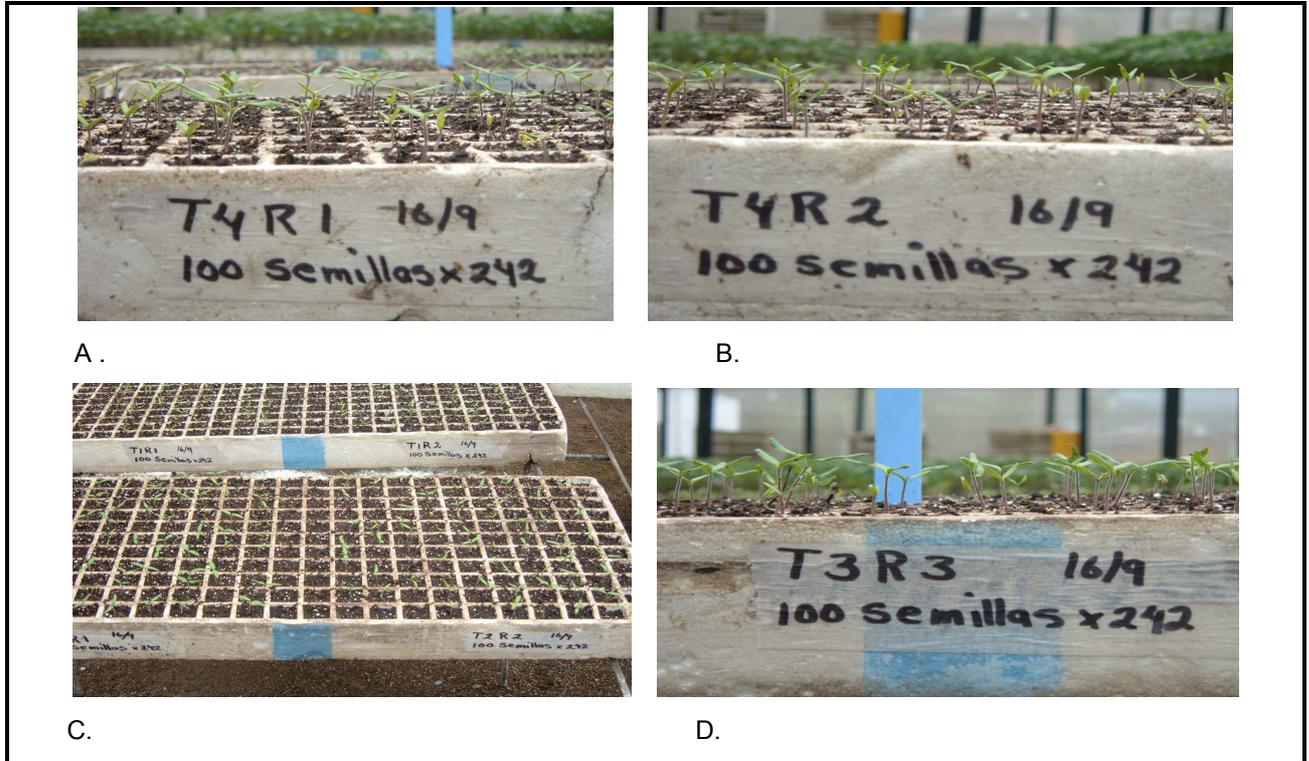


Figura 2.5 A) Tratamientos de semillas.

CAPÍTULO III
INFORME DE SERVICIOS

3.1 PRESENTACIÓN

El presente informe es el resultado de los servicios realizados durante el tiempo de Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la empresa Gentropic Seeds, Jocotenango, Sacatepéquez; en el programa de mejoramiento genético del tomate.

Los servicios se componen de diversas actividades realizadas dentro del marco del proceso de producción de semilla híbrida, se trabajaron conforme a los resultados del diagnóstico elaborado del proceso en general.

Los servicios realizados consisten básicamente en trabajo de campo y recolección de datos con el objetivo de documentar los resultados obtenidos. Esto en las fases de: polinización, cosecha y cantidad de semilla híbrida obtenida y el monitoreo de producción de líneas de mejoramiento desde la siembra hasta la cantidad de semillas obtenidas.

3.2 Servicio 1: Cambio del método de colecta de polen.

3.2.1 Definición del problema

Una de las fases más importantes dentro del proceso de producción de semilla híbrida, es la polinización, la cual consiste en hacer llegar el polen hacia la planta receptora.

Durante la realización del diagnóstico se detectó que la polinización era realizada de flor a flor, obligando a cortar las flores de la planta donadora de polen, lo que retardaba el trabajo.

Además, cortando flores permite únicamente la polinización de 3 – 5 flores

Con el objetivo de mejorar la polinización se instruyó al personal en como efectuar la colecta de polen por medio de vibradores.

3.2.2 Objetivo

Sustituir la forma de realizar la polinización a través del método de colecta de polen.

3.2.3 Metodología

a) Explicación oral.

Se dividió el grupo y se trabajó en parejas, explicando como se realiza el nuevo método de colecta de polen, el cual consiste en colocar las flores donadoras de polen en el vibrador, accionando el mismo haciendo que el polen llegue a los pequeños depositas (micro pipetas). Posteriormente a la explicación se distribuyeron los materiales necesarios para realizar la primera práctica. Los materiales son los siguientes:

- Vibrador.
- Juego de micro pipetas.
- Depósitos para micro pipetas.
- Algodón.
- Alcohol.

b) Fase de pruebas.

Seguido a la explicación, se iniciaron las pruebas, que consistieron en llenar una micro pipeta por persona. Las pruebas se realizaron durante tres días, almacenando el polen colectado para utilizarlo posteriormente en la inducción de la polinización.

Al cuarto día quedó implementado el método de colecta de polen. Modificando también la polinización, que se dejó de hacer de flor a flor, realizándolo directamente del depósito de polen hasta la flor receptora. Logrando aumentar de esta manera el número de polinizaciones.

3.3 Servicio 2: Polinización, cosecha, tratamiento de semilla, cantidad de semilla.

3.3.1 Definición del problema

En el invernadero Santa Teresa se planificó un bloque de cruces para producir semilla híbrida de 4 distintos materiales. Como medio de información para futuros bloques se hizo necesario recolectar los datos obtenidos de esta experiencia, para que los mismos sirvan de referencia en los siguientes bloques a organizar.

El tiempo invertido en este servicio fue lo que duró el ciclo completo del cultivo, aproximadamente 5-6 meses.

3.3.2 Objetivo

Medir y documentar cuánta semilla se logró obtener durante el ciclo de producción.

3.3.3 Metodología

- Observación del ciclo dentro del cual se desarrolló el proceso de producción de semilla híbrida.
- Colecta de datos durante la cosecha.
- Proceso y conteo de semilla.
- Presentación de resultados

3.3.4 Resultados

Los datos fueron recolectados para cada material, reuniéndolos en el informe final donde se incluyen el número de cajas cosechadas y la cantidad de semilla que se obtuvo al final del proceso.

Cuadro 3.1 Cortes realizados del material XC 273 A

Corte #1	273A	1 caja
Corte #2	273A	3 cajas
Corte #3	273 A	3 cajas
Corte #4	273 A	1 caja
Corte #5	273 A	3 cajas
Corte #6	273 A	1 y ½ cajas
Corte # 7	273 A	2 y ½ cajas
Corte #8	273 A	1 caja
Corte #9	273 A	1 caja
Corte #10	273 A	6 cajas
Total de cortes	10	# de cajas 23

Cuadro 3.2 Cortes realizados del material XC 273 B

Corte #1	273B	2 y ½ cajas
Corte #2	273 B	4 cajas
Corte #3	273 B	2 cajas
Corte #4	273 B	2 cajas
Corte #5	273 B	2 cajas
Corte #6	273 B	2 y ½ cajas
Corte #7	273 B	2 cajas
Corte #8	273 B	7 cajas
Corte #9	273 B	4 cajas
Corte #10	273 B	8 cajas
Total de cortes	10	# de cajas 35

Cuadro 3.3 Cortes realizados del material XC 271 A

Corte #1	271 A	1 caja
Corte #2	271 A	1 caja
Corte #3	271 A	1 caja
Corte #4	271 A	½ caja
Corte #5	271 A	2 cajas
Corte #6	271 A	1 caja
Corte #7	271 A	1 caja
Corte #8	271 A	½ caja
Total de cortes	8	# de cajas 8

Cuadro 3.4 Cortes realizados del material XC 271 B

Corte #1	271 B	1 caja
Corte #2	271 B	2 cajas
Corte #3	271 B	2 y ½ cajas
Corte #4	271 B	4 cajas
Corte #5	271 B	9 cajas
Corte #6	271 B	4 cajas
Corte #7	271 B	3 y ¼ cajas
Total de cortes	7	# de cajas 26

Se realizaron cortes desde el 31 de agosto hasta el 15 de noviembre, se efectuó en un lapso de 77 días, (2 meses y ½).

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Cuadro 3.5 Cantidad aproximada de semilla híbrida obtenida

Híbrido	Numero de cortes realizados	Cantidad de cajas	Grs. De semilla	Numero aprox. de semilla
XC 273 A	10	23	1,102.6	298,805
XC 273 B	10	35	2,000	510,000
XC 271 A	8	8	141.7	39,818
XC 271 B	7	26	398.6	127,552

3.3.5 Evaluación

A través del seguimiento del proceso de producción se pudo determinar cuantos cortes se realizaron por material, además de determinar que cantidad de semilla se obtuvo como resultado de todas las labores realizadas a lo largo del ciclo de producción.

3.4 Servicio 3: Siembra y evaluación de líneas en campo e invernadero.

3.4.1. Definición del problema

Dentro del proceso de producción de semilla híbrida, la constante generación de nuevas líneas parentales es una de las actividades que mas inversión de tiempo representa. Principia desde el momento de la planeación de la siembra, establecimiento de la plantación hasta llegar a la cosecha y finalmente a la obtención de la semilla.

- a) Dentro de las actividades realizadas se encuentra la evaluación de líneas, la que consiste en observar las características generales de las plantas por medio de una boleta de evaluación.

3.4.2. Objetivo

Evaluación y caracterización de líneas de tomate.

3.4.3. Metodología

a) Realización de semilleros.

Durante esta actividad se envió la semilla al departamento de siembra, cuidando de identificar debidamente cada uno de los materiales a sembrar.

Se enviaron 109 materiales.

En el semillero permanecieron un mes antes de pasar al campo de siembra, en donde se realizo la evaluación.

b) Transplante. (Identificación)

Durante el transplante, cada grupo de plantas se identifico con su nombre (código), facilitando de esta manera su posterior evaluación.

La identificación de cada material es muy importante, ya que de esta dependerá todo el proceso.

Después de una semana de realizado el transplante se hizo un recorrido por la plantación completa para observar si era necesaria alguna resiembra. Durante la resiembra debe tenerse cuidado con la identificación de cada material, colocando cada uno donde corresponde.

c) Selección

Previo a la evaluación se hace la selección, la cual consiste en la escogencia de las mejores plantas, según las características generales de estas. Las plantas seleccionadas fueron debidamente marcadas para su posterior evaluación.

La selección se realizo haciendo un caminamiento por todo el campo de cultivo observando todas las plantas de cada material.

d) Caracterización

La caracterización se realizo según la selección realizada, se basa en las características de mas interés, estas se registran por medio de un boleta en donde se les asigna una puntuación a cada característica observada.

La boleta consta de las siguientes características a evaluar, a cada una de las características se les asigna una puntuación que va desde 0 hasta 50 pts.

Las características registradas son:

Cuadro 3.6 Características a evaluar en las líneas parentales.

Forma del fruto	Firmeza	Rendimiento	Vigor	Habito de crecimiento	Calificación general
0-50	0-50	0-50	0-50	Determinado, Semideterminado, In.	0-100

La caracterización se realizó durante tres días consecutivos, conforme se caracterizan las plantas se cosecharon unos 10 frutos por planta para la extracción de semilla. En algunos casos el fruto no estaba listo para la cosecha por lo que fue necesario regresar cinco días después para obtener frutos listos para la extracción de semilla.

3.4.4 Evaluación

Se realizó la selección y caracterización de los 109 materiales. Esta información fue tabulada y utilizada como base de datos para la escogencia de nuevos materiales que sean aptos para utilizarse como parentales de futuros híbridos precomerciales.

Figura 3.1 Líneas parentales sembradas a campo abierto



Figura 3.2 Líneas parentales sembradas en invernadero



GLOSARIO

- **Línea Parental**
Generación que engendra un híbrido

- **Hibridación**
Producción de descendencia a partir de progenitores genéticamente diferentes, normalmente por reproducción sexual, pero también asexualmente por fusión de protoplastos o por transformación.

- **Híbrido**
Descendencia de dos progenitores diferentes genéticamente.

- **Emasculación**
Proceso de suprimir el verticilo esencial masculino, llamado androceo.

- **Polinización**
Transferencia del polen desde la antera al estigma en el proceso de fecundación en angiospermas.

- **Fecundación**
Unión de dos gametos de diferente sexo para formar un cigoto. Típicamente, cada gameto contiene un número haploide de cromosomas. De ahí que el núcleo cigotito contenga un número diploide de cromosomas.

BIBLIOGRAFIA

1. FAO. IT. 2006. Glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia. 1 CD.

