

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EVALUACIÓN DE TRES CULTIVARES DE TOMATE DE CRECIMIENTO INDETERMINADO,  
UTILIZANDO FERTILIZACIÓN BASADA EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, BAJO  
CONDICIONES DE MACROTUNEL; GUASTATOYA, EL PROGRESO  
TESIS DE GRADO

**WALFRED ADONIEL ALDANA PEREZ**  
CARNET 21588-08

ZACAPA, MAYO DE 2017  
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EVALUACIÓN DE TRES CULTIVARES DE TOMATE DE CRECIMIENTO INDETERMINADO,  
UTILIZANDO FERTILIZACIÓN BASADA EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, BAJO  
CONDICIONES DE MACROTUNEL; GUASTATOYA, EL PROGRESO  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**WALFRED ADONIEL ALDANA PEREZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS  
HORTÍCOLAS

ZACAPA, MAYO DE 2017  
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
ING. JOSÉ ÁNGEL URZÚA DUARTE

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. RAMIRO ARNOLDO LÓPEZ PINEDA  
MGTR. YULMA YANILETH TOBAR SALAZAR  
LIC. JORGE ARMANDO ROSALES QUAN

Guatemala 15 de Abril de 2017

Honorable Consejo de  
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante Walfred Adoniel Aldana Perez, que se identifica con carné 21588-08, titulado: " **EVALUACION DE TRES CULTIVARES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) DE CRECIMIENTO INDETERMINADO UTILIZANDO FERTILIZACION BASADA EN CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, BAJO CONDICIONES DE MACROTUNEL, EN GUASTATOYA, EL PROGRESO**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

  
Ing. Agr. Jose Angel Urzua Duarte  
Colegiado No. 4181



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06718-2017

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante WALFRED ADONIEL ALDANA PEREZ, Carnet 21588-08 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 0667-2017 de fecha 29 de abril de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE TRES CULTIVARES DE TOMATE DE CRECIMIENTO INDETERMINADO, UTILIZANDO FERTILIZACIÓN BASADA EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, BAJO CONDICIONES DE MACROTUNEL; GUASTATOYA, EL PROGRESO**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS HORTÍCOLAS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 9 días del mes de mayo del año 2017.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO**  
**CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
**Universidad Rafael Landívar**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. José Angel Urzúa Duarte, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

A mi papa Walfred Aldana Aldana quien fue parte importante en el manejo y cuidado del experimento realizado en campo.

Todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de esta investigación.

## **DEDICATORIA**

### **A:**

Dios: Quién siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis padres: Walfred Aldana Aldana y Gloria Elizabeth Perez Mendoza a quienes nunca tendré como pagarles por el apoyo emocional, económico y el amor que siempre fue incondicional.

Mis hijos: Pablo Andres Aldana De La Vega y Camila Izabel Aldana Ramirez quienes son el motivo más grande en la vida para vencer cada reto y obstáculo que se presenta.

Mi familia: Abuelos, hermanos, tíos y primos que de una u otra forma han contribuido en mi formación.

Mis amigos: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

## INDICE

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I INTRODUCCION	1
II MARCO TEÓRICO.....	5
2.1    CULTIVO DE TOMATE (Solanum lycopersicum).....	5
2.1.1    Descripción taxonómica y morfológica del cultivo de tomate.....	5
2.1.2    Requerimientos ambientales en el cultivo del tomate.....	8
2.1.3    Nutrición del cultivo de tomate.....	9
2.1.4    Importancia económica del cultivo de tomate.....	10
2.2    SALINIDAD EN SUELOS AGRICOLAS.....	11
2.2.1    Consecuencias de la salinidad del suelo.....	12
2.2.2    Efecto de la salinidad en los cultivos.....	13
2.2.3    Efecto de la salinidad en los cultivos.....	16
2.2.4    Formas de corregir un suelo salino.....	17
2.3    LA SALINIDAD EN EL AGUA.....	18
2.4    EFECTO DE LA SALINIDAD EN EL CULTIVO DE TOMATE.....	24
III.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
3.1. DEFINICION DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DEL TRABAJO.....	26
IV.    OBJETIVOS.....	27
4.1    OBJETIVO GENERAL.....	27
4.2    OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	27
V.    HIPOTESIS.....	28

VI. METODOLOGIA.....	29
6.1 AREA DE ESTUDIO.....	29
6.2 FACTORES ESTUDIADOS.....	29
6.3 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	29
6.4 TRATAMIENTOS.....	30
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
6.6 MODELO ESTADISTICO.....	31
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL.....	32
6.8 Croquis de campo.....	33
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	33
6.9.1 Construcción de macrotunel.....	33
6.9.2 Preparación del suelo.....	34
6.10 VARIABLES DE RESPUESTA.....	37
6.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN.....	39
6.11.1 Análisis estadístico.....	39
6.11.2 Análisis económico.....	39
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
7.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	40
7.1.1 Altura de la planta de tomate.....	40
7.1.2 Número de racimos florales por planta de tomate.....	43
7.1.3 Número de frutos por racimo de tomate.....	46
7.1.4 Peso del fruto de tomate.....	49
7.2 CALIDAD DEL FRUTO DE TOMATE.....	52
7.2.1 Calidad de primera del fruto de tomate.....	52

7.2.2	Calidad de segunda del fruto de tomate.....	55
7.3	RENDIMIENTO COMERCIAL DEL TOMATE.....	56
7.3	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	60
VIII	CONCLUSIONES.....	62
IX	RECOMENDACIONES.....	63
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	64
	Anexo 1.....	70
	Altura promedio de plantas de tomate por tratamiento y repetición (m/planta).....	70
	Anexo 2.....	71
	Promedio de racimos florales por planta de tomate (No. racimos/planta).....	71
	Anexo 3.....	72
	Promedio de número de frutos por racimos de tomate (No. frutos/racimo).....	72
	Anexo 4.....	73
	Peso promedio del fruto de tomate (g/fruto).....	73
	Anexo 5.....	74
	Rendimiento promedio por planta de tomate (kg/planta).....	74

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción del cultivo de tomate.	8
Cuadro 2. Producción de tomate a nivel del departamento.	9
Cuadro 3. Efecto de la salinidad en los cultivos.	14
Cuadro 4. Diferencias de sales de los suelos.	20
Cuadro 5. Descripción de los tratamientos evaluados.	28
Cuadro 6. Programa de fertiriego para conductividad eléctrica en tomate.	33
Cuadro 7. Programa de fertiriego del productor local en tomate.	34
Cuadro 8. Programa de control de plagas en tomate.	35
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable altura de planta de tomate.	39
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable número de racimos florales.	42
Cuadro 11. Análisis de varianza para el variable número de frutos por racimo.	45
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable peso del fruto.	48
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable calidad de primera.	51
Cuadro 14. Análisis de varianza para rendimiento de fruta de segunda.	53
Cuadro 15. Análisis de varianza para el variable rendimiento de fruto	55
Cuadro 16. Costos de producción de tres cultivares de tomate.	57
Cuadro 17. Rentabilidad de la producción de tres cultivares de tomate.	58

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parcela experimental.	30
Figura 2. Croquis de campo de los tratamientos del estudio.	31
Figura 3. La altura de planta de tres materiales de tomate.	38
Figura 4. Análisis de medias de Tukey para la altura de planta.	40
Figura 5. Número de racimos florales en tres cultivares de tomate.	42
Figura 6. Análisis de medias de Tukey para el número de racimos.	43
Figura 7. Número de frutos por racimo en tres cultivares de tomate	44
Figura 8. Análisis de medias de Tukey para el número de frutos.	46
Figura 9. Peso promedio del fruto en tres cultivares de tomate.	47
Figura 10. Análisis de medias de Tukey para el peso del fruto.	<b>49</b>
Figura 11. Calidad de los frutos de tomate para tres materiales.	50
Figura 12. Análisis de medias de Tukey para la calidad de primera.	52
Figura 13. Análisis de medias de Tukey para la calidad de segunda.	54
Figura 14. Rendimiento del fruto en tres cultivares de tomate.	55
Figura 15. Análisis de medias de Tukey para el rendimiento de frutos.	56

**EVALUACIÓN DE TRES CULTIVARES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*)  
DE CRECIMIENTO INDETERMINADO UTILIZANDO FERTILIZACIÓN BASADA  
EN CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, BAJO CONDICIONES DE MACROTUNEL,  
EN GUASTATOYA, EL PROGRESO.**

**RESUMEN**

El desarrollo de la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos programas de fertilización en el desarrollo y rendimiento de tres cultivares de tomate indeterminado, en la aldea Santa Rita, Guastatoya, El Progreso. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar en parcelas divididas con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables de respuesta utilizadas fueron: altura de plantas; número de racimos florales/planta; número de frutos/racimo; peso del fruto; rendimiento comercial y rentabilidad. Dentro de los resultados obtenidos se observó: la utilización de la fertilización del productor o local en tomate Don Ricardo, presentó la mayor altura de planta y peso de fruto, con valores de 5.11 m y 92.3 g/fruto; el mayor número de frutos por racimo se encontró cuando se utilizó el programa de fertilización del productor en el tomate Escudero F1, con 8.75 frutos/racimo; los mejores rendimientos se encontraron cuando se utilizó el programa de fertilización del productor o local en tomate Don Ricardo y Escudero F1, así como; cuando se utilizó el programa de fertilización basado en conductividad eléctrica en tomate Escudero F1, con rendimientos de 231.24, 220.97 y 208.44 ton/ha respectivamente. El tratamiento con mejor rentabilidad fue cuando se utilizó el programa de fertilización del productor en el cultivar de tomate Don Ricardo, con un valor de 159.83%. Es decir; que por cada Q. 100.00 invertidos se obtuvo un beneficio neto o ganancia de Q. 159.83.

# **EVALUATION OF THREE TOMATO (*Solanum lycopersicum*) CULTIVARS OF INDETERMINATE GROWTH USING FERTILIZATION BASED ON ELECTRICAL CONDUCTIVITY UNDER MACRO-TUNNEL CONDITIONS IN GUASTATOYA, EL PROGRESO**

## **SUMMARY**

The objective of this research study was to evaluate the effect of two fertilization programs on the development and yield of three undetermined tomato cultivars in aldea Santa Rita, Guastatoya, El Progreso. A randomized complete block design was used in split plots, with six treatments and four replicates. The response variables used were: plant height, number of flower bunches/plant; number of fruits/bunch; fruit weight; commercial yield, and profitability. Among the results obtained, the following were observed: the use of local or producer's fertilization in Don Ricardo tomato showed the highest plant height and fruit weight, with values of 5.11 m and 92.3 g/fruit; the largest number of fruits per bunch was found when the producer's fertilization program was used in the Escudero F1 tomato, with 8.75 fruits/cluster; the best yields were obtained when the local or producer's fertilization program was used in Don Ricardo tomato and Escudero F1, as well as when the fertilization program based on electrical conductivity was used in Escudero F1 tomato, with yields of 231.24, 220.97 and 208.44 ton/ha, respectively. The most profitable treatment was when the producer's fertilization program was used in Don Ricardo tomato cultivar, with a value of 159.83%. In other words, for every Q. 100.00 [equivalent to US\$14.00] invested a net profit or gain of Q159.83 [equivalent to US\$22.00] was obtained.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate es una de las principales hortalizas en Guatemala, se cultiva en los 22 departamentos del país y el 72.1% de la producción se encuentra establecida en los departamentos siguientes: Zacapa, Chiquimula, El Progreso, Jutiapa, Jalapa, Baja Verapaz, Alta Verapaz y Guatemala (Cámara del Agro de Guatemala y AGREQUIMA, 2015).

En el departamento de El Progreso, el tomate se cultiva en 550 hectáreas, con un rendimiento total de 21,780 toneladas métricas (TM), representando el 6% de la producción del país. Lo que genera ingresos para los productores, además de ofrecer trabajo a 10,860 habitantes de esta región. Lo anterior refleja la importancia económica del cultivo a nivel nacional y departamental (Cámara del Agro de Guatemala y AGREQUIMA, 2015).

No obstante, el cultivo enfrenta en la actualidad una serie de dificultades como manejo inadecuado de la fertilización, variedades de corto ciclo de producción, ataque de plagas y enfermedades. En lo referente a la fertilización del cultivo el problema radica en trabajar con programas de fertilización diseñados de manera estándar, lo que es inadecuado, debido a que el suelo y las condiciones de producción son diferentes para cada zona productora.

El MAGA (2008), ha reportado pérdidas en el cultivo del 50% debido a la falta de un programa de nutrición vegetal, tecnología local y genotipos adecuados que le permitan al agricultor obtener mayores rendimientos, frutos de mejor calidad y un margen de seguridad de cosecha. Es por esto que surge la alternativa de manejar la fertilización utilizando conductividad eléctrica considerando la etapa fenológica de la planta, el contenido de nutrientes en el suelo y agua.

El estudio surgió de la necesidad de evaluar el comportamiento de la nutrición basada en conductividad eléctrica en suelo directo, no en un medio hidropónico como

regularmente se hace. Y llevar el manejo de la conductividad, solo por etapa fenológica sin necesidad de hacer mediciones con equipos tecnificados. Además de compararlo con un método de fertilización tradicional del productor. Y encontrar el mejor material de tomate en rendimientos comerciales.

El fin del presente ensayo tuvo como finalidad evaluar la respuesta de los programas de fertilización en el desarrollo y rendimiento de tres cultivares de tomate de crecimiento indeterminado, bajo condiciones de macrotunel, en la aldea Santa Rita, Guastatoya, El Progreso.

Los resultados obtenidos dentro del presente estudio fueron los siguientes: la utilización de la fertilización del productor o local en tomate Don Ricardo, presentó la mayor altura de planta y peso de fruto, con valores de 5.11 m y 92.3 g/fruto; el mayor número de frutos por racimo se encontró cuando se utilizó el programa de fertilización del productor en el tomate Escudero F1, con 8.75 frutos/racimo; los mejores rendimientos se encontraron cuando se utilizó el programa de fertilización del productor o local en tomate Don Ricardo y Escudero F1, así como; cuando se utilizó el programa de fertilización basado en conductividad eléctrica en tomate Escudero F1, con rendimientos de 231.24, 220.97 y 208.44 ton/ha respectivamente. El tratamiento con mejor rentabilidad fue cuando se utilizó el programa de fertilización del productor en el cultivar de tomate Don Ricardo, con un valor de 159.83%. Es decir; que por cada Q. 100.00 invertidos se obtuvo un beneficio neto o ganancia de Q. 159.83.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*)

El origen del cultivo de tomate se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Probablemente desde allí fue traído a Centroamérica y México donde se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta. Luego, fue llevado por los conquistadores a Europa. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y para entonces habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (Pérez, Hurtado, Aparicio, Argueta y Larí, 2002; Monardes, 2009).

#### 2.1.1 Descripción taxonómica y morfológica del cultivo de tomate

De acuerdo a Villela (1993), la descripción taxonómica del tomate es la siguiente:

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase:</b>	Asteridae
<b>Orden:</b>	Solanales
<b>Familia:</b>	Solanaceae
<b>Género:</b>	<i>Solanum</i>
<b>Especie:</b>	<b><i>Solanum lycopersicum</i></b>

De acuerdo a Monardes (2009), el tomate cultivado corresponde, básicamente, a *Solanum lycopersicum*, aunque también se cultiva una fracción de la variedad botánica *cerasiforme* y de *Solanum pimpinellifolium* (cherry, cereza o de cóctel). El mejoramiento ha generado muchas variedades distintas para fines muy específicos.

Planta: El tomate puede presentar básicamente los hábitos de crecimiento determinado e indeterminado. La planta indeterminada es la normal y se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. En ella, los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas (con yemas) y una inflorescencia, terminando siempre con un ápice vegetativo. A diferencia de esta, la planta determinada tiene tallos con segmentos que presentan progresivamente menos hojas por inflorescencia y terminan en una inflorescencia, lo que resulta en un crecimiento limitado (Monardes, 2009).

Sistema radical: El sistema radical alcanza una profundidad de hasta 2 m, con una raíz pivotante y muchas raíces secundarias. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, se daña la raíz pivotante y la planta desarrolla resulta en un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil (Monardes, 2009).

Tallo principal: Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un grosor que oscila entre 2 a 4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Monardes, 2009).

Hojas: Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo (Monardes, 2009).

Flor: La flor del tomate es perfecta. Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como racimos. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2 a 3 hojas en las axilas (Monardes, 2009).

Fruto: es una baya bi o plurilocular, de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopeno y caroteno; el más común es el rojo en la madurez, la pulpa contiene una proporción del 33% del peso fresco del fruto (Rodríguez *et al.*, 2001). Botánicamente, un fruto de tomate es una baya compuesta de varios lóculos, consistente de semillas dentro de un pericarpio carnoso desarrollado de un ovario. Su forma puede ser redondeada, achatada o en forma de pera y su superficie lisa o asurcada; están compuestos de carne (paredes del pericarpio carnoso desarrollado de un ovario). Una variedad comercial contiene alrededor de 150 a 300 semillas por fruto (Monardes, 2009; Desai, Kotecho y Salunkhe, 1997).

Semilla: es de diferentes tonalidades en su color, desde el grisáceo, hasta el color paja de forma oval aplastada; tamaño entre 3 a 5 mm de diámetro y 2.5 mm de longitud, y cubierta de vellosidades. En un gramo puede haber de 300 a 350 semillas (Rodríguez, Tavares y Medina, 2001). El peso de 1000 semillas es de aproximadamente 2.4 g. En producciones bajo invernadero, 1 kg de fruto produce aproximadamente 4 g de semilla (1200 semillas aproximadamente) (Monardes, 2009; Desai *et al.*, 1997).

### **2.1.2 Requerimientos ambientales en el cultivo del tomate**

La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta como en la transpiración, fotosíntesis, germinación, etc. Es una planta de clima cálido que requiere de mucho calor; para el tomate, las temperaturas óptimas según el ciclo de vida son las siguientes: temperaturas nocturnas entre 15 y 18 °C, temperaturas diurnas 24 a 25 °C, y temperatura ideal en la floración de 21 °C (Rodríguez *et al.*, 2001).

Los principales agentes del medio físico, como la temperatura, la luz y la humedad juegan un papel importante para que los procesos fisiológicos de cuajado y amarre de fruto se produzcan de forma normal (Maroto, 2002). Cuando se presentan temperaturas altas (mayores de 38 °C) durante 5 a 10 días antes de la antesis, se reduce el amarre de fruto debido a que se destruyen los granos de polen (microsporitos) por deshidratación, interrumpiendo así el proceso de gametogénesis (formación de óvulos y polen); también se puede propiciar la formación de polen estéril. Si las temperaturas elevadas prevalecen durante 1 a 3 días después de la antesis, el embrión es destruido. Cuando las temperaturas nocturnas son altas (25 a 27 °C) antes y después de la antesis, el amarre de fruto también es bajo. A temperaturas de 10 °C o menores, un gran porcentaje de flores abortan y la producción de polen es afectada y después la microsporogenesis (Maroto, 2002).

La planta de tomate se desarrolla mejor bajo alta intensidad lumínica, cuando ésta es baja, se afecta la apertura de los estomas y disminuye el número de éstos por milímetro cuadrado. La luminosidad tiene gran influencia tanto en la fotosíntesis como en el fotoperiodismo, así como en el crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos; en virtud de que el rendimiento de fruto esta positivamente relacionado con la cantidad de radiación solar recibida por el cultivo y el ciclo del mismo (Rodríguez *et al.*, 2001).

La exigencia del tomate en cuanto a la humedad del suelo es media, influye sobre todo en el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de

las enfermedades criptogámicas, siendo preferibles humedades medias no superiores al 50%, y suelos no encharcados. Los periodos críticos de humedad en las plantas de crecimiento determinado son: después del trasplante, poco consumo de agua; en floración e inicio de fructificación, gran demanda de agua; en la etapa de maduración de fruto, poco consumo de agua. La disponibilidad de agua, también puede afectar la formación de flores y posteriormente la disminución de frutos (Rodríguez *et al.*, 2001).

La media del número de flores por racimo, decrece cuando disminuye el suministro de agua. Al reducirse el 25% de la disponibilidad de agua que el cultivo demanda por evapotranspiración, se llega a reducir en un 40% y hasta 90% el número de flores formadas dependiendo del cultivar, y se produce un estrés severo causando efectos negativos (Wien, 1997).

### **2.1.3 Nutrición del cultivo de tomate**

La nutrición de tomate es importante para incrementar la producción de las plantas y la calidad de los frutos. Trabajos realizados muestran que el tomate demanda cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio. Un rendimiento alrededor de 40 ton/ha de fruto requiere cerca de 93 kg de N/ha, 20 kg de P/ha y 126 kg de K/ha. Los fertilizantes aplicados al suelo se calculan de acuerdo con la fertilidad de éste. Las siguientes dosis se aplican a suelos de baja fertilidad: 75 a 100 kg de N/ha, 150 a 200 kg de P/ha y 150 a 200 kg de K/ha (George, 1999).

Se necesita un nivel alto de fósforo asimilable para la producción de semilla de calidad cuando las plantas se cultivan bajo invernadero (George, 1999). El fósforo y el potasio se aplican antes del trasplante cuando se cultiva en suelo y para producción de fruto; mientras que el nitrógeno, se distribuye en tres etapas: la primera antes del trasplante, la segunda después de mes y medio, y la tercera en la floración (Salunkhe y Kadam, 1998).

## 2.1.4 Importancia económica del cultivo de tomate

De acuerdo a la Cámara del Agro de Guatemala y AGREQUIMA (2015), la producción de tomate se encuentra distribuida en el país de la forma siguiente: Jutiapa y Baja Verapaz, con 20% cada uno; Chiquimula con 11%; Guatemala con 8%; Zacapa con 7%, El Progreso y Alta Verapaz con 6% cada uno de los departamentos, Jalapa con 5% y los demás departamentos de la República con 17% (Cuadro 1).

El 72.1% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en los departamentos siguientes; Jutiapa con el 20.2%; Baja Verapaz con el 17.3%; Chiquimula con el 8.9%; Guatemala con el 7.1%; Alta Verapaz con el 6.5%; El Progreso con el 6.1% y Jalapa con 6% (Cuadro 1).

De acuerdo con BANGUAT (2014), la producción de tomate alcanzó para el año 2014 9,030 hectáreas con una producción de 356,185 toneladas métricas, con una productividad de 39.44 TM/ha.

Cuadro 1. Producción del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) a nivel nacional.

Departamento	Superficie cultivada Has/departamento	Porcentaje promedio	Producción Obtenida Tm/departamento	Porcentaje promedio
Jutiapa	1824.06	20.20	72,123	20.00
Baja Verapaz	1562.19	17.30	61,769	20.00
Chiquimula	803.67	8.90	31,777	11.00
Guatemala	641.13	7.10	25,350	8.00
Zacapa	541.8	6.00	21,423	7.00
El Progreso	550.83	6.10	21,780	6.00
Alta Verapaz	586.95	6.50	23,208	6.00
Jalapa	541.8	6.00	21,423	5.00
Otros	1977.57	21.90	78,193	17.00
Total	9,030	100.00	357,046	100.00

(Cámara del Agro de Guatemala y AGREQUIMA, 2015).

Según la Cámara del Agro de Guatemala y AGREQUIMA (2015), los principales municipios productores de tomate en el departamento de El Progreso son: San Antonio La Paz con 30%, Sanarate con 24%, Morazán con 19%, San Agustín Acasaguastlán con 13.50%, El Júcaro con 6.50%, Guastatoya con 5 y otros municipios con 2.00% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) a nivel del departamento de El Progreso.

Municipio	Superficie Cultivada Has/municipio	Producción Tm/municipio	Porcentaje promedio
San Antonio La Paz	165.249	6,534	30.00
Sanarate	132.1992	5,227	24.00
Morazán	104.6577	4,138	19.00
San Agustín Ac.	74.36205	2,940	13.50
El Júcaro	35.80395	1,416	6.50
Guastatoya	27.5415	1,089	5.00
Otros	11.0166	436	2.00
Total	550.83	21,780	100.00

(Cámara del Agro de Guatemala y AGREQUIMA, 2015).

## 2.2 SALINIDAD EN SUELOS AGRICOLAS

Actualmente, la salinidad de los suelos es un problema que restringe las actividades agrícolas, sin importar si son grandes o pequeñas extensiones de tierra, debido a que provoca la disminución de la capacidad productiva de los suelos y rendimiento de los cultivos, afectando la calidad ecológica del ambiente, principalmente en zonas donde la evaporación superficial y la absorción de agua por las plantas exceden el nivel de las precipitaciones, lo que origina un movimiento ascendente de las sales disueltas en las aguas subterráneas, desplazándose estas hacia la superficie del suelo, degradando con frecuencia las condiciones estructurales y químicas de los suelos (Hanay *et al.*, 2004; Liang *et al.*, 2005; Smith y Smith, 2007, citados por Mata, Rodríguez, López y Vela, 2014).

La salinidad es un ejemplo de degradación de los suelos, que presenta cambios significativos en su comportamiento físico químico. La distribución de las sales en el suelo es de forma heterogénea, debido a que la salinización es un proceso complejo y variable en el espacio y tiempo a diferentes escalas de observación. Considerando lo anterior, el patrón de la variabilidad del contenido de sales cambia en función de la estación del año, aumentando su concentración en la época de estiaje, lo cual, afecta el estado físico de la superficie del suelo disminuyendo drásticamente la infiltración (Mata *et al.*, 2014).

De acuerdo a Mata *et al.* (2014), consideran que todos los suelos contienen sales y que algunas de éstas se convierten en un problema cuando se concentran en la zona radicular de los cultivos. Esto provoca valores muy altos de la presión osmótica en el agua del suelo, con evidentes repercusiones sobre el desarrollo de las plantas.

### **2.2.1 Consecuencias de la salinidad del suelo**

Según Amezketa (2013), las consecuencias de la salinidad del suelo son:

- I) Deteriora la calidad de los suelos.
- II) Limita el desarrollo de las plantas y el rendimiento de las cosechas.
- III) Reduce la gama de cultivos posibles.
- IV) En algunos casos, puede conducir a la sodificación del suelo, con las consiguientes consecuencias negativas de degradación estructura del suelo.
- V) Pone en riesgo la viabilidad técnica y económica de los regadíos dando lugar, incluso, al abandono de tierras.
- VI) Induce graves problemas medioambientales (salinización de aguas subterráneas y superficiales como ríos, lagunas,).

Así mismo, Amezketa (2013), describe las consecuencias de la salinidad en los cultivos, siendo estas:

- I) Toxicidad iónica específica (Cl, Na, B.).
- II) Problemas en la absorción de nutrientes.
- III) Altera el metabolismo de las plantas.
- IV) Disponibilidad de agua: efecto de sequía
- V) Menor desarrollo del cultivo, mala nascencia, muerte de las plantas.

### 2.2.2 Efecto de la salinidad en los cultivos

La degradación de tierras es un proceso que ha llevado a un deterioro progresivo de la calidad del suelo. Los sistemas agrícolas han conducido a un deterioro continuo del recurso suelo, en especial desde el punto de vista químico, lo que se traduce en una pérdida de la productividad agrícola reflejada en menores rendimientos y mayores problemas ambientales (Zamora, Torres, Rodríguez y Zamora, 2008).

De acuerdo a Richards (1982), entre los diferentes tipos de suelos salinos o alcalinos existe toda una graduación cuyos efectos sobre el desarrollo de las plantas puede ser variable. En base a esta consideración, se han agrupado los suelos afectados por sales en cuatro categorías, siendo estos lo siguientes:

- I) **Suelos salinos:** Este grupo incluye a los suelos que contienen muchas sales en solución, en la fase líquida, resultando perjudiciales para la mayoría de los cultivos. Dado que poseen un bajo contenido en sodio absorbido en las arcillas, en la fase sólida, el suelo se mantiene floculado, estructurado. De esta forma, la infiltración y permeabilidad es igual o mayor que en un suelo normal, y, por lo tanto, el lavado con agua en exceso podría convertirlo en un suelo no salino.

Este concepto queda delimitado técnicamente por la conductividad eléctrica del extracto a saturación (CEe), que debe superar los  $4 \text{ dSm}^{-1}$  (aproximadamente, los 40 meq/l de sales), teniendo un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) inferior a 15.

- II) **Suelos alcalinos:** Este grupo de suelos incluye los que contienen una cantidad muy alta de sodio intercambiable, capaz de interferir en el crecimiento de la mayoría de los cultivos, sin poseer sumas apreciables de sales solubles. La abundancia de un ion monovalente activo como el sodio ( $\text{Na}^+$ ), frente a los bivalentes calcio y magnesio ( $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ ) determina la individualización y dispersión de las particular del suelo, situación delicada desde el punto de vista de la recuperación.

Técnicamente, un suelo alcalino posee un PSI mayor de 15 y una CEe inferior a  $4 \text{ dSm}^{-1}$ . El pH es alcalino, variable entre 8.5 y 10, debido a la ausencia de  $\text{H}^+$  y la abundancia de  $\text{Na}^+$  en la solución del suelo.

- III) **Suelos salino-alkalinos:** Estos suelos aparece junto a un excesivo contenido en sales solubles, un alto PSI. Mientras estos suelos mantienen sales en la fase líquida del suelo, sus características son semejantes a las de los suelos salinos. Sin embargo, su lavado con agua de bajo contenido electrolítico (de buena calidad) conducirá a la formación de suelos alcalinos, mucho más problemáticos. En estos suelos se verifica que la CEe sea mayor de  $4 \text{ dSm}^{-1}$  y el PSI, mayor de 15.
- IV) **Suelos normales:** En este grupo encontramos los suelos que no poseen sales como para resultar perjudiciales para los cultivos, siendo la CEe. inferior a  $4 \text{ dSm}^{-1}$  y el PSI inferior a 15.

Para Badía (1992), los mecanismos que provocan la salinización son variados, siendo los principales los siguientes:

- I) Por aporte de aguas de baja calidad (aguas de reutilización agrícola, aguas residuales industriales o urbanas). Las áreas de alta tasa de evaporación, son especialmente sensibles a la salinización por riego con aguas de escasa calidad.

Así, el riego con aguas del río Jordán (con  $0.5 \text{ g-l}^{-1}$  de sales solubles) ha llegado a incorporar hasta 500 g de sales por  $\text{m}^2$ .

- II) Por elevación del nivel freático salino. Por efecto de la tensión superficial del agua se produce un movimiento ascendente de la capa freática; al evaporarse en la superficie edáfica deja las sales que contenía en disolución.
- III) Por intercepción del drenaje natural. La presencia de obstáculos a la fluencia del agua no permite el lavado y arrastre de sales a favor de la pendiente. Un caso ilustrativo se dio en el valle del Nilo; fue irrigado durante miles de años bajo clima árido sin problemas de salinización debido al buen drenaje y al efecto de succión de la corriente del río. Los sistemas de presas y canalizaciones construidos a lo largo del siglo pasado rompieron esta dinámica. Actualmente el delta del Nilo requiere de costosos sistemas artificiales de drenaje para eliminar las sales en exceso.
- IV) Por exposición de materiales litológicos de alto contenido en sales. En ocasiones las nivelaciones y otras obras de ingeniería han expuesto a las intemperies materiales salinos que al ser regados sirven de centro de redistribución de sales.

Sin embargo, para Lannetta y Colonna (2013), la salinización puede producirse también, áreas específicas, debido a otras causas naturales o inducidas por el hombre, tales como:

- I) Prácticas agronómicas como el uso excesivo de fertilizantes, sobre todo durante periodos largos de tiempo, puede ayudar a aumentar la concentración de iones en el agua del suelo.
- II) El mal uso de la maquinaria agrícola puede producir la compactación del suelo, provocando un drenaje insuficiente.

- III) Una inadecuada nivelación del terreno puede provocar la salinización de las laderas inferiores y los valles, puesto que el nivel freático está más cerca de la superficie y ésta sujeta a la acción capilar.
- IV) Los vientos fuertes en las zonas costeras, los aerosoles marinos pueden conducir las sales hacia el interior muy lejos de la costa, incluso en mayor proporción a lo que cae en el suelo a causa de las lluvias.
- V) El uso de las aguas salinas (para regadío de los cultivos) donde el agua de mar ha penetrado en el acuífero.

**2.2.3 Efecto de la salinidad en los cultivos**

Para Pizarro (1985) y Kijne *et al.* (1998), citados por Mesa (2003), la salinidad del suelo puede expresarse como la cantidad de sales disueltas en un volumen de solución (g/L) y por valores de conductividad eléctrica. Esta última es la más utilizada actualmente y se refiere a la concentración total de sales que se encuentra en la solución del suelo, expresada como extracto de saturación del suelo. Según este último concepto, se consideran suelos salinos los que presentan una conductividad eléctrica de 4 dS/m o más.

En el cuadro 3, Mesa (2003) muestra la influencia de la salinidad en los cultivos, expresada en conductividad eléctrica. A partir de 2 a 4 dS/m, comienzan las afectaciones entre 20 y 50 % del rendimiento. Por encima de estos valores de conductividad eléctrica, los daños son mayores.

Cuadro 3. Efecto de la salinidad en los cultivos.

Conductividad eléctrica, dS/m	Efectos a causa de la salinidad
0-2	Ligeros
2-4	Disminución de los rendimientos de 20 a 50%
4-6	Se afectan los rendimientos en los resistentes
6-8	Solo se obtienen rendimientos en los muy resistentes
+8	Solo sobreviven los resistentes

(Mesa, 2003).

El estrés salino tiene dos componentes que afectan el crecimiento vegetal: el componente osmótico y el iónico. La elevada concentración salina provoca un descenso del potencial hídrico del suelo e induce al estrés hídrico en las plantas. Esto es lo que se conoce como componente osmótico de la salinidad. En cuanto al componente iónico, determinados iones son tóxicos para las glicofitas (la inmensa mayoría de las plantas cultivadas). Dentro de ellos, los más abundantes en el suelo son el  $\text{Cl}^-$  y el  $\text{Na}^+$ ; aunque Mesa (2003) citando a Tudela y Tadeo (1992) y Huang y Redmann (1995), también otros, como el  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{=}$  y  $\text{NH}_4^+$  pueden perjudicar el crecimiento de la planta.

Según Ibáñez (2007), existen básicamente, tres componentes del estrés salino que afectan a las plantas: a) efecto osmótico, b) efecto nutricional y c) efecto tóxico. El primero está generado por un aumento del potencial osmótico del suelo que disminuye la disponibilidad de agua para la planta. Las alteraciones nutricionales por estrés salino se producen cuando el vegetal tiene problemas para absorber ciertos iones esenciales (nutrientes) en presencia de excesivas cantidades de sales solubles en el suelo. El efecto tóxico está inducido, casi siempre, por ciertos iones como  $\text{Cl}$  y  $\text{Na}$ . La toxicidad del  $\text{Na}$  puede ser directa, como en el caso de especies sensibles al exceso de este ión o indirecta, cuando se deteriora la estructura del suelo por su presencia. En este último caso, se origina un descenso en el crecimiento de la planta como consecuencia de la disminución de los contenidos de oxígeno necesarios para la respiración de las raíces, así como por el descenso de la conductividad hidráulica del suelo.

De acuerdo a los estudios que se han realizado sobre el efecto de las sales sobre las plantas, se ha observado que en la medida que se incrementa la salinidad en el suelo, disminuyen los rendimientos, aunque el impacto que tienen las sales sobre las plantas es diferente y depende de la edad de las plantas, del método de riego, de siembra y especialmente de la especie de que se trate (Secretaría de Fomento Agropecuario, 2009).

#### **2.2.4 Formas de corregir un suelo salino**

Para Meza y Reygadas (2003), las formas de corregir un suelo salino, son las siguientes:

- I) Mediante lavados de recuperación, con la parcela sin cultivar, se aporta un gran volumen de agua, manteniendo la lámina de agua de forma continua durante varios días, con objeto de transportar las sales al subsuelo de una forma drástica. El sistema más eficiente es el riego por inundación, aunque también se podría emplear la aspersión.
- II) Como labores en el terreno la principal es el subsolado, para conseguir romper los distintos horizontes del suelo para hacerlo más permeable y mejorar el drenaje.
- III) Si el problema es porque la capa freática esté demasiado cerca del suelo, la solución es instalar un drenaje artificial que reduzca el ascenso por capilaridad.
- IV) Por último, y en el caso de aguas salinas, el problema se solventa mezclando varias fuentes de agua en balsas reguladoras.

### **2.3 LA SALINIDAD EN EL AGUA**

La salinidad y la conductividad están relacionadas porque la cantidad de iones disueltos aumentan los valores de ambas. La conductividad varía en función de la fuente de agua: agua subterránea, agua de escorrentía de la agricultura, aguas residuales y precipitación. Por lo tanto, la conductividad puede ser un indicador de filtración en agua subterránea o de fugas de aguas residuales (Canovas, 2002).

De acuerdo a Canovas (2002), la conductividad eléctrica del agua se define como la facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través del agua. La conductividad da una idea del contenido total de sales en el agua. Cuando más elevada sea la

conductividad mayor será el contenido de sales. Las unidades de medida más frecuentes son:

Milisiemen por centímetro (mS/cm) y microsiemens por centímetro ( $\mu$ S/cm).

$$1 \text{ mS/cm} = 1000 \text{ } \mu\text{S/cm}$$

$$1 \text{ dS / m} = 1 \text{ mS/cm}$$

$$1 \text{ mho/cm} = 1000 \text{ milimhos/cm} = 1.000.000 \text{ micromhos/cm}$$

$$1 \text{ mS/cm} = 1 \text{ milimho/cm}$$

$$1 \text{ } \mu\text{S/cm} = 1 \text{ micromhos/cm}$$

Aguas de menos de 1.2 mS/cm o 1200  $\mu$ S/cm no suelen plantear ningún problema, por el contrario aguas con una conductividad por encima de 2.5 mS/cm o 2500  $\mu$ S/cm no son aconsejables para el riego

La calidad del agua para irrigación está determinada por la cantidad y tipo de sales que la constituyen. El agua de riego puede crear o corregir suelos salinos o alcalinos. La concentración de sales en el agua de riego reduce el agua disponible para los cultivos, es decir la planta debe ejercer mayor esfuerzo para poder absorber el agua; puede llegar incluso a sufrir estrés fisiológico por deshidratación, afectando esto su crecimiento (Moya, 2009).

De acuerdo con Gat Fertilizados (2014), con relación con la conductividad eléctrica (CE), el Laboratorio de Salinidad de Riverside, de Estados Unidos clasifica el agua en los seis grupos siguientes:

- I. Grupo C1: CE entre 0.10 y 0.25 dS/m. Agua de baja salinidad, apta para el riego de cualquier cultivo, en cualquier tipo de suelo, con baja o nula probabilidad de generar salinidad en los suelos.
- II. Grupo C2: CE entre 0.25 y 0.75 dS/m. Este tipo de aguas se consideran como de salinidad media; pueden usarse para el riego de cultivos, a condición de que

exista cuando menos, un lavado moderado de los suelos. La mayoría de cultivos, resisten esta agua, sin prácticas especiales de control.

- III. Grupo C3: CE entre 0.75 y 2.25 dS/m. Este tipo de aguas se consideran como de salinidad alta y solamente deben usarse en suelos con buen drenaje y en cultivos resistentes a las sales.
- IV. Grupo C4: CE entre 2.25 y 4.00 dS/m. Este tipo de aguas se consideran como de salinidad muy alta y en muchos casos no son recomendables para riego. Sólo deben usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso. Sólo para cultivos muy tolerantes a la salinidad.
- V. Grupo C5: CE entre 4.00 y 6.00 dS/m. Agua de salinidad excesiva. Sólo debe usarse en casos muy especiales, extremando las precauciones.
- VI. Grupo C6: CE entre 6.00 y 10.00. Agua no aconsejable para el riego en ningún caso.

Según Sazo (2010), los principales cationes presentes en suelo son:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  y  $\text{K}^{+}$  y los principales aniones presentes en el suelo son:  $\text{HCO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{NO}_3^{-}$ .

Para determinar la composición de las sales, se debe hacer un análisis químico de la solución del suelo. Cualquier elemento puede llegar a hacer tóxico para la planta si su concentración es alta, o si se encuentra en desequilibrio con otros elementos. Los elementos que más frecuentemente se encuentra en la solución del suelo en niveles altos para las plantas son el cloro, el boro y el sodio, sobre todo en zonas áridas y semiáridas (Gat fertilíquidos, 2014).

El cloro es el elemento que más abunda en el agua de riego. Se presenta como anión cloruro ( $\text{Cl}^{-}$ ). El cloruro es necesario para el desarrollo de la planta, debido a que actúa en la fotosíntesis, transporte de cationes, apertura y cierre de estomas y división celular.

Las plantas lo requieren en pequeñas cantidades (no más de 0.5 meq/L en la solución del suelo), pero cuando su concentración es muy alta el cloruro puede convertirse en un elemento tóxico (Gat fertilíquidos, 2014).

El cloruro es absorbido por las plantas en forma activa. Su movimiento de las raíces a las hojas es rápido, siempre acompañando cationes. El cloruro se concentra sobre todo en las hojas, pero se puede encontrar en concentraciones relativamente altas en otras partes de la planta (Gat fertilíquidos, 2014; Kafkafi y J. Tarchitzky, 2012).

El boro al igual que el cloro es un elemento necesario para el desarrollo de las plantas. Facilita el movimiento de fotosintatos (compuestos que tienen su origen en la fotosíntesis), favorece el movimiento del calcio y tiene mucha importancia en el proceso de polinización y fecundación del óvulo. Su carencia puede provocar problemas en el cuajado de los frutos. La diferencia entre la concentración requerida por la planta (0.3 a 0.5 ppm) y la toxicidad (1.0 ppm en la mayoría de las plantas cultivadas) es muy pequeña, por lo que se debe tener especial cuidado con este elemento. Los síntomas de toxicidad son generalmente zonas amarillentas en las hojas, partiendo de las puntas y difundiéndose hacia la base (Gat fertilíquidos, 2014; Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

El sodio no se ha demostrado que sea esencial, pero puede reemplazar al potasio en algunos casos. Muchas plantas cuentan con mecanismos que reducen la absorción y la translocación del sodio a las hojas, por lo que no es común que aparezcan síntomas de toxicidad en éstas, debido a que se acumula en tallos, troncos y raíces. Los síntomas de toxicidad del sodio en las hojas son manchas necróticas intervenales. El exceso de sodio puede provocar deficiencias de otros cationes, como potasio, calcio y magnesio (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

El sodio desplaza al calcio y al magnesio del complejo arcillo-húmico, provocando así la dispersión de las partículas del suelo, lo que acarrea el desmoronamiento de la estructura del suelo. El suelo pierde su capacidad de aireación y de infiltración. Además

se produce la alcalinización del suelo, pudiéndose elevar el pH por encima de 8.5 (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

Para Chávez, Saucedo y Namuche (2010), el peligro de alcalinización (o sodicación) del suelo puede determinarse con relación de Adsorción de Sodio (RAS), donde el ion sodio tiene por característica una fuerte tendencia a desestabilizar la estructura del suelo, causando anorexia en las plantas. En relación con el valor RAS, el Laboratorio de Salinidad de Riverside clasifica el agua en los cuatro grupos siguientes:

- I. Grupo S1: Valor RAS entre 0 y 10. Son aguas de bajo contenido en sodio, útiles para el riego de la mayoría de suelos y cultivos.
- II. Grupo S2: Valor RAS entre 10 y 18. Son aguas de mediano contenido en sodio, útiles para el riego de suelos de textura gruesa o de suelos orgánicos con buena permeabilidad.
- III. Grupo S3: Valor RAS entre 18 y 26. Son aguas de alto contenido en sodio, solo aplicables a suelos yesíferos o a suelos con prácticas especiales de manejo. No son útiles para el riego de cultivos altamente sensibles al sodio, como lo son la mayoría de frutales.
- IV. Grupo S4: Valor RAS mayor de 26. Son aguas de muy alto contenido en sodio, prácticamente inadecuadas para el riego de la mayoría de suelos y cultivos.

Según Gat fertilíquidos (2014) y Chávez, Saucedo y Namuche (2010), los suelos pueden clasificarse con respecto al contenido de sales ensalinos, sódicos o sódicos-salinos (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Diferencias de sales de los suelos salinos, sódicos y sódicos salinos.**

<b>Suelos salinos</b>	<b>Suelos sódicos</b>	<b>Suelos sódico-salinos</b>
Alta concentración de sales solubles.	Baja concentración de sales solubles.	Alta concentración de sales solubles.
Buena estructura.	Mala estructura.	Estructura algo dispersa.
Buena permeabilidad.	Reducción de la permeabilidad.	Permeabilidad algo afectada.
RAS bajo.	Reducción de la aireación.	Aireación algo afectada.

---

pH menor de 8.5.	RAS mayor de 13.	RAS alto.
	PSI mayor de 15%.	PSI alto.
	CSR mayor de 2 mM.	CSR mayor de 1.5 mm.
	pH mayor de 8.5	Lavado de sales provoca sodificación.
	Formación de costra.	

---

(Gat Fertilíquidos, 2014.)

Para el manejo de agua salina, se debe tomar en cuenta que los cultivos no se desarrollan en el agua de riego, sino en la solución del suelo, en la que las sales pueden estar mucho más concentradas. Cuando se utiliza agua con un nivel de salinidad relativamente alto, se debe evitar la acumulación de sales en la zona radicular y manejar la fertirrigación de tal forma que se reduzca la absorción de elementos tóxicos. Por sus características el riego por goteo es el más indicado para su uso con agua salina. El riego por goteo nos permite mantener en la zona radicular una humedad cercana a la capacidad de campo, lo que evita una concentración alta de sales. La zona del bulbo mojado que ocupan las raíces se lava continuamente, lo que previene la acumulación de sales (Chávez, Saucedo y Namuche, 2010).

Se debe tener en cuenta que cuando se riega por goteo existe un riesgo en el momento que comienzan las lluvias. Si no llueve lo suficiente como para desplazar las sales por debajo de la zona radicular, el agua de lluvia puede introducir a la zona radicular las sales acumuladas en la parte superior del bulbo mojado. Por esta razón se recomienda mantener el riego activo durante las primeras lluvias, si estas son débiles, para evitar la entrada de las sales a la zona radicular. Cuando se riega por goteo, el sistema radicular de la planta es más reducido y, además, hay un lavado constante, por lo que es necesario fertilizar todo el tiempo para evitar carencias y desequilibrios (Sazo, 2014).

De acuerdo a Chávez, Saucedo y Namuche (2010), en el caso de suelos sódicos el proceso de mejoramiento puede llevar años si la estructura del suelo fue dañada, por lo que se debe controlar continuamente la composición de las sales del suelo cuando

existe peligro de sodicación. Los medios que se emplean para la enmienda de suelos sódicos son físicos y químicos y están encaminados a mejorar la estructura del suelo. Generalmente se deben combinar dos o más de los siguientes métodos:

Asegurar drenaje apropiado, también subterráneo si es necesario.

Aplicaciones de materia orgánica para mejorar la estructura del suelo.

Aplicaciones de azufre para reducir el pH.

Aplicación de yeso ( $\text{CaSO}_4$ ) para intercambiar el  $\text{Na}^+$  por el  $\text{Ca}^{2+}$ .

## **2.4 EFECTO DE LA SALINIDAD EN EL CULTIVO DE TOMATE**

El tomate cultivado en suelos salinos sufre una disminución de los rendimientos, debido a que es una especie glicófito, medianamente sensible a las sales y que presenta un umbral respecto al contenido total de sales, cuantificadas en el extracto de saturación del suelo y expresadas como conductividad eléctrica (CEs) de 2.5 dS/m (Chinnusamy *et al.*, 2005 citados por Goykovic y Saavedra, 2007).

El cultivo del tomate en áreas con problemas de salinidad provoca en las plantas un sinnúmero de efectos fisiológicos, morfológicos y bioquímicos, tales como disminución de la fotosíntesis, menor peso de los frutos y cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes a causa de la salinidad, entre otros (Singh y Chatrath, 2001 citados por Goykovic y Saavedra, 2007).

Los efectos de las sales en la germinación como en los órganos de las plantas de tomates, la gran mayoría son adversos, pocos presentan un carácter positivo. A nivel de germinación, a medida que aumenta la concentración de sales en el medio, el porcentaje de germinación disminuye y el periodo en que este proceso se lleva a cabo se prolonga. Estas respuestas se observan tanto en la especie cultivada como en las silvestres. A pesar de la poca variabilidad genética que se le atribuye al tomate cultivado se han detectado algunos cultivares con mayor tolerancia. En los tomates silvestres, de interés para el mejoramiento genético de la especie cultivada, en las

especies *L. chilense*, *L. peruvianum*, *L. pennellii*, *L. cheesmanii* y *L. pimpinellifolium* también se han detectado accesiones con tolerancia a salinidad (Goykovic y Saavedra, 2007).

A nivel del sistema radicular, las sales impiden la absorción de agua afectando el crecimiento de estos órganos; también actúan produciendo efectos tóxicos. La magnitud de las respuestas de las plantas se encuentra estrechamente relacionada a la concentración de las sales, a la duración del estrés a que están expuestas y a la especie o cultivar que se trate (Goykovic y Saavedra, 2007).

La parte aérea de las plantas de tomates igualmente es afectada por la salinidad: las plantas alcanzan una menor altura, las hojas se presentan en menor número y a la vez manifiestan una disminución en su densidad estomática en la cara adaxial, presentan clorosis y necrosis principalmente en los bordes de las hojas. El área foliar también disminuye (Romero, Soria y Cuarteto, 2001). Los frutos se afectan adversamente en su rendimiento, pero positivamente en cuanto a algunos atributos organolépticos y/o de interés para la agroindustria, puesto que presentan un mayor contenido de compuestos solubles, sólidos totales, acidez titulable y carotenoides (Goykovic y Saavedra, 2007).

Para atenuar el efecto adverso de las sales en el rendimiento del cultivo del tomate existe una serie de prácticas agronómicas posibles de implementar, tales como el lavado de los suelos, micronivelación, mejoramiento del drenaje, inoculación con micorrizas, aplicación de una fertilización potásica, injerto sobre patrones tolerantes, y uso de mulch, entre otras prácticas (Goykovic y Saavedra, 2007).

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. DEFINICION DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DEL TRABAJO**

La salinidad es uno de los procesos de degradación de los suelos que más daños causan a la agricultura, transformando tierras productivas y fértiles en estériles y frecuentemente conducen a pérdidas en hábitat y reducción de biodiversidad (Clavero y Razz, 2002).

La salinidad reduce la capacidad de las plantas para absorber agua, ocasionando una reducción en el crecimiento (Munns, 2002). Altas concentraciones de sales en la solución externa de las células vegetales ocasiona efectos, que pueden resumirse fundamentalmente en tres tipos: sequía osmótica, toxicidad debida a la excesiva absorción de cloro y sodio y un desbalance nutrimental (Karimi et al., 2005).

La acumulación de sales en la superficie del suelo se debe a la percolación limitada en suelos arcillosos y compactados. Las sales solubles se mueven con el agua del suelo. La percolación profunda del agua a través del perfil del suelo remueve las sales fuera de la zona de la raíz. La evaporación de la superficie concentra las sales en la superficie del suelo. Los depósitos de sales pueden o no parecer costra blanca sobre la superficie del suelo.

La principal problemática relacionada con los aspectos de producción y prácticas agronómicas que enfrentan los productores del municipio de Guastatoya, es la escasa o casi nula información sobre los cultivares, híbridos o variedades que deben sembrarse para obtener rendimientos altos y de calidad de esta especie, incluyendo al mismo tiempo la interacción de los factores bióticos y abióticos.

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo evaluar tres cultivares de tomate de crecimiento indeterminado utilizando fertilización basada en conductividad eléctrica, bajo condiciones de macrotúnel, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de dos programas de fertilización en el desarrollo y rendimiento de tres cultivares de tomate indeterminados, bajo condiciones de macrotúnel en la aldea Santa Rita, Guastatoya, El Progreso.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Evaluar el efecto de dos programas de fertilización en el desarrollo (tamaño de la planta, número de racimos florales, número de frutos por racimo, etc.) de tres cultivares de tomate indeterminado, bajo condiciones de macrotúnel en la aldea Santa Rita, Guastatoya, El Progreso.

Evaluar el efecto de dos programas de fertilización en la calidad (primera, segunda y tercera) de los frutos de tres cultivares de tomate indeterminado, bajo condiciones de macrotúnel en la aldea Santa Rita, Guastatoya, El Progreso.

Evaluar el efecto de dos programas de fertilización en el rendimiento de tres cultivares de tomate indeterminado, bajo condiciones de macrotúnel en la aldea Santa Rita, Guastatoya, El Progreso.

Determinar la mejor opción económica en la producción de frutos de tomate considerando los programas de fertilidad y el cultivar de tomate indeterminado, bajo condiciones de macrotúnel en la aldea Santa Rita, Guastatoya, El Progreso.

## **V. HIPOTESIS**

Al menos un programa de fertilización incide positivamente en el desarrollo de tres cultivares de tomate indeterminado, bajo condiciones de macrotúnel en la aldea Santa Rita, Guastatoya, El Progreso.

Al menos un programa de fertilización incide positivamente sobre la calidad (primera, segunda y tercera) de los frutos de tres cultivares de tomate indeterminado, bajo condiciones de macrotúnel en la aldea Santa Rita, Guastatoya, El Progreso.

Al menos un programa de fertilización incide positivamente en el rendimiento de tres cultivares de tomate indeterminado, bajo condiciones de macrotúnel en Guastatoya, El Progreso.

Al menos un tratamiento que incide positivamente sobre los costos de producción y rentabilidad en la producción del cultivo de tomate.

## **VI. METODOLOGIA**

### **6.1 AREA DE ESTUDIO**

El estudio se realizó en el municipio de Guastatoya, del departamento de El Progreso, ubicado geográficamente en las coordenadas 14° 51' 14" Latitud Norte y 90° 04' 07" Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a 75 km de la ciudad capital.

Según Holdridge (1985), la zona de vida del área es Monte Espinoso Sub- Tropical (me-S). En esta zona de vida, las condiciones climáticas están representadas por días claros en la mayor parte del año y una escasa precipitación anual, que generalmente se presenta durante los meses de agosto a octubre y es de 400 a 600 mm anuales. La evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio de 130% mayor a la cantidad de lluvia total anual.

Simmons, Táramo y Pinto (1959), señalan que los suelos están clasificados como serie Chicaj, que se caracteriza por ser suelos de textura muy pesada, casi impermeables al agua y al aire. El material madre es ceniza volcánica, con terrenos de relieve planos, drenaje interno malo.

## **6.2 FACTORES ESTUDIADOS**

Los factores estudiados fueron: cultivares de tomate y programas de fertilización química.

## **6.3 MATERIAL EXPERIMENTAL**

Para el estudio se utilizaron los cultivares comerciales de tomates siguientes:

El híbrido de tomate Don Ricardo, es un cultivar de crecimiento indeterminado, cultivado en zonas intermedias en cuanto a altura sobre el nivel del mar. De alto rendimiento, producción de tomates firmes y de alta calidad.

El híbrido de tomate Dartagnan, es un cultivar de tomate de crecimiento indeterminado que produce una fruta alargada, alta firmeza y un color rojo intenso, es una planta generativa, con elevado rendimiento. Cuenta con resistencia a HR: V/fo11, 2,3/ToMV.

El híbrido de tomate Escudero, es un cultivar de crecimiento indeterminado, que produce tomates tipo saladette, con un elevado rendimiento, color rojo intenso y una firmeza excelente. Planta con gran vigor a lo largo de su desarrollo. Presenta alta resistencia V/Fol 1,2/M ToMV.

Los productos fertilizantes utilizados fueron:

Programa de fertilización del productor (Testigo), que se constituyó en los productos siguientes:

33.5-00-00, 00-00-50, 12-61-00, 11-45-14, 15-00-00 + 26.5, Zinc al 10%, M.O. + A.A., producto enraizador y Boro al 11%.

Programa de fertilización basada en conductividad eléctrica, que se constituyó en los productos siguientes: 13-40-13, 18-18-18, 15-05-30 y Calcio al 45%.

## **6.4 TRATAMIENTOS**

En el cuadro 5, se presentan los tratamientos evaluados que se basaron en dos programas de fertilización en tres materiales de tomate.

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos evaluados.

# Tratamientos	Codificación	Descripción
1	A1B1	Fertilización con conductividad eléctrica y tomate Dartagnan
2	A1B2	Fertilización con conductividad eléctrica y tomate Don Ricardo
3	A1B3	Fertilización con conductividad eléctrica y tomate Escudero F1
4	A2B1	Testigo y tomate Dartagnan
5	A2B2	Testigo y tomate Don Ricardo
6	A2B3	Testigo y tomate Escudero F1

## 6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue de parcelas divididas con bloques completamente al azar, con 6 tratamientos y 4 repeticiones (ver croquis de campo).

## 6.6 MODELO ESTADISTICO

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \rho_k + \gamma_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

En donde:

$y_{ijk}$  = Variable de respuesta del i-esimo bloque, j-esimo fertilización y k-esima híbrido de tomate.

$\mu$  = Efecto de la media general de la variable a evaluar.

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor fertilización.

$\rho_k$  = Efecto del k-ésimo bloque.

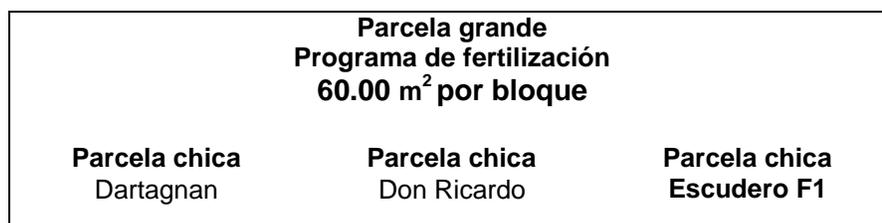
$\gamma_{ik}$  = Error aleatorio de la parcela completa

- $\beta_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor híbrido de tomate.
- $(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de interacción (tratamientos) entre ambos factores (fertilización \* híbrido de tomate).
- $\varepsilon_{ijk}$  = Error aleatorio de la subparcela
- $i$  = 1 y 2 programas de fertilización
- $j$  = 1, 2 y 3 híbridos de tomate.
- $k$  = 1, 2, 3 y 4 repeticiones.

## 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental bruta consistió en cuatro surcos distanciados a 1.00 m y de 5 m de largo. Las plántulas se sembraron a 0.33 m entre plantas. El área de cada unidad experimental fue de 20 m<sup>2</sup>, con una población de 60 plantas.

La parcela neta o parcela útil lo constituyeron los dos surcos centrales, dejando 1.0 m de borde en cada extremo de cada cama. Tuvo un área de 7.80 m<sup>2</sup> y una población de 18 plantas.



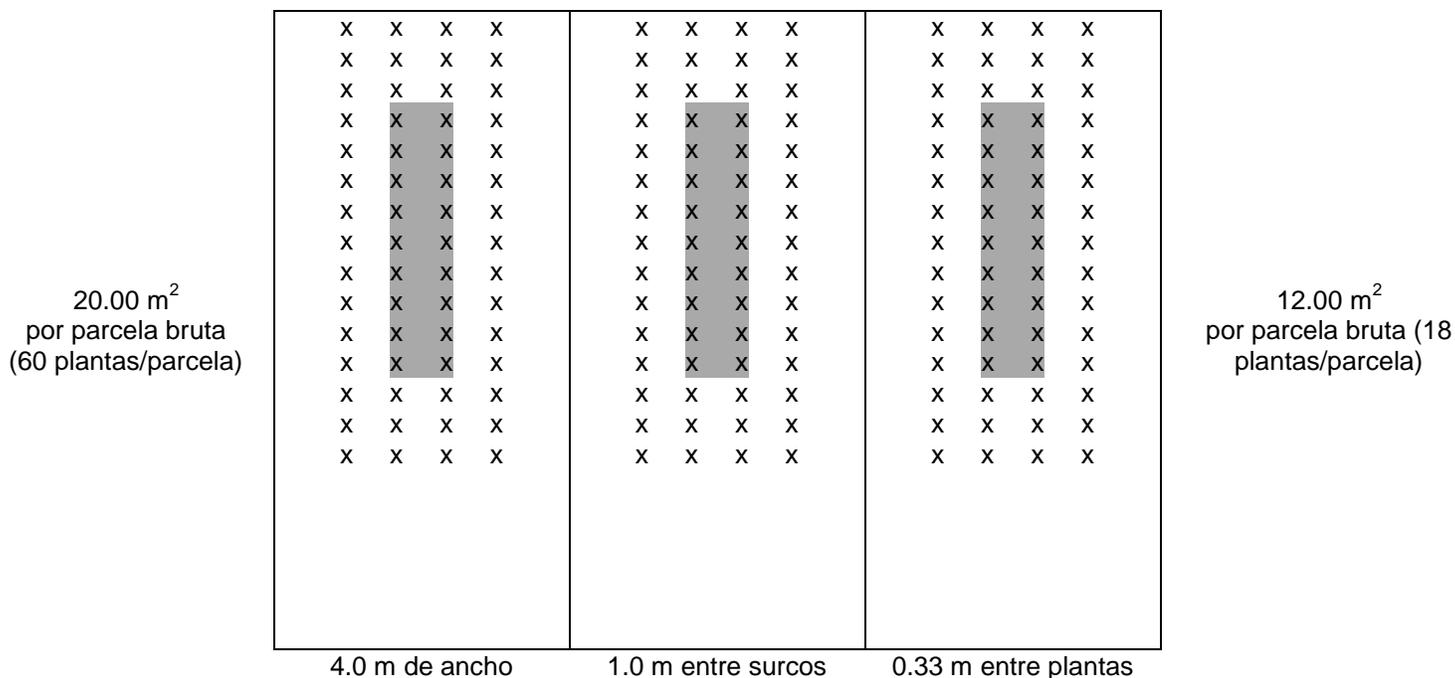


Figura 1. Parcela experimental.

## 6.8 Croquis de campo

El arreglo a nivel de campo de parcelas divididas en bloques al azar, se presenta en la figura 2.

	Repetición I		Repetición II	
Parcela Grande	<b>Fertilización CE</b>	<b>Fertilización de productores</b>	<b>Fertilización de productores</b>	<b>Fertilización CE</b>
	Dartagnan	Escudero F1	Dartagnan	Don Ricardo
Parcelas Chicas	Don Ricardo	Don Ricardo	Escudero F1	Dartagnan
	Escudero F1	Dartagnan	Don Ricardo	Escudero F1
	Repetición III		Repetición IV	
Parcela Grande	<b>Fertilización CE</b>	<b>Fertilización de productores</b>	<b>Fertilización de productores</b>	<b>Fertilización CE</b>
	Don Ricardo	Don Ricardo	Escudero F1	Escudero F1
Parcelas Chicas	Escudero F1	Dartagnan	Don Ricardo	Dartagnan
	Dartagnan	Escudero F1	Dartagnan	Don Ricardo

Figura 2. Croquis de campo de los tratamientos del estudio.

## **6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **6.9.1 Construcción de macrotunel**

#### **a. Bases**

Las bases se monumentaron con concreto y hierro, con 1 m de altura, a una distancia de 6 m entre base. Al final de cada base se dejará 0.1 m de hierro el cual servirá para soldar los arcos del macrotunel para darle más altura y resistencia al viento.

#### **b. Arcos para macrotunel**

Los arcos fueron de acero inoxidable con un perímetro de 6 m y una distancia entre cada extremo de 4 m. Estos se soldarán en el hierro de 0.1 m de la base.

#### **c. Cobertura flotante**

Esta estuvo constituida por malla antiviral y plástico para macrotunel de 2 milésimas. Para unir ambas películas se realizaron un doblado a cada material, luego con una engrapadora se pegaron los materiales. Las grapas se colocaron a 1 cm entre cada una. La malla anti virus tuvo 2.5 m de altura, y se colocó en ambos extremos. El plástico se ubicó en el centro con un ancho de 3.5 m y el largo necesario. Sobre el macrotunel se colocó el sarán de 2.5 m de ancho con el largo necesario y un sombra de 35% el cual se sujetó en la base de cada arco con pita del tipo rafia.

### **6.9.2 Preparación del suelo**

Se realizó manualmente utilizando piochas, azadones, palas y rastrillo. Se picó el suelo a una profundidad de 0.35 m y se le dio al suelo con un azadón para mullir más el suelo y a la vez se realizó las respectivas enmiendas de nutrientes deficientes o en exceso. Luego se le dio forma a la cama con un ancho de 0.8 m y una altura de 0.35 m. Una

vez, elaborada la cama se dio un paso con rastrillo para finalizar la preparación de la cama.

### **6.9.3 Riego**

Para la instalación del sistema de riego se utilizó tubería de 1 ½ “, la cual se perforó con una broca de 5/8 de pulgada donde se colocó el empaque, luego un conector de arranque o impulsor. El impulsor se introdujo en una manguera ciega de 16 mm y al final de esta los acoples para la cinta de goteo. También se instaló un filtro, manómetro y llaves de paso. Se contó con laterales independientes para cada parcela, y con dos recipientes para almacenar agua, un recipiente por parcela. El riego fue por goteo. Se utilizó doble hilera de manguera, con goteros de descarga de 1.2 L/hora y una separación de 0.30 m. Las dosis de riego fueron calculadas diariamente basadas en la lectura de un tensiómetro ubicado a 0.4 m de profundidad.

### **6.9.5 Encamado**

Se instaló el mulch sobre la cama de manera que quedará bien tensa y en las orillas se colocó tierra para sujetarlo, verificando que no quedarán en bolsas de aire. Una vez instalado el mulch se perforaron dos hileras a una distancia de 0.45 m y en cada hilera se perforaran los agujeros a cada 0.33 m.

### **6.9.6 Trasplante**

Los pilones se trasplantaron a una distancia entre surcos de 0.45 m y de 0.33 m entre plantas. Fueron dos camas por macrotunel y en cada cama se tuvieron dos hileras.

Después del trasplante se realizó una aplicación de los fungicidas Fosetyl aluminio + Propamocarb para prevenir enfermedades del suelo y el insecticida Imidacloprid).

### 6.9.7 Tutores

Estos se colocaron una altura de 2 m y una distancia de 6 m. Luego de colocados los postes se colocó una doble línea de alambre galvanizado que se sujetó al final del surco en una base monumentada previamente. Sobre la línea de alambre se instaló un gancho y pita para sujetar cada una de las planta.

### 6.9.8 Fertilización

El programa de fertiriego para conductividad eléctrica se implementó luego de haber trasplantado las plántulas de tomate. En el cuadro 6 se puede observar la época de aplicación, las dosis y el aporte nutricional.

Cuadro 6. Programa de fertiriego para conductividad eléctrica en tomate indeterminado.

Época de aplicación	Fertilizantes (kg/ha)			Aporte nutricional		
	13-40-13	18-18-18	15-05-30	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Trasplante	150	150	200	76.50	97.00	106.50
P. vegetativo	150	200	300	100.50	111.00	145.50
Floración y cuaje hasta el 4to. Racimo	92	200	500	122.96	97.80	197.96
Floración y cuaje hasta el último racimo	0	200	500	111.00	61.00	186.00
Total	392	750	1500	410.96	366.80	635.96

Se aplicó Nitrato de Calcio (580 Kg/ha a partir de la cuaja del 1er racimo).

El programa de fertiriego del productor se implementó luego de haber trasplantado las plántulas de tomate. En el cuadro 7 se puede observar la época de aplicación, las dosis y el aporte nutricional.

Cuadro 7. Programa de fertiriego del productor local en tomate indeterminado.

Época de aplicación	Fertilizantes (kg/ha)				
	33.5-00-00	00-00-50	12-61-00	11-45-14	15-00-00
Trasplante	17.40	0.00	39.80	11.60	14.90
P. vegetativo	114.80	150.40	87.70	24.13	58.70
Floración y cuaje hasta el 4to. Racimo	278.90	447.20	96.50	0.00	157.30
Floración y cuaje hasta el último racimo	586.90	751.70	188.93	0.00	373.28
Total	998.00	1349.30	412.93	35.73	604.18

Aporte nutricional

Época de aplicación	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Trasplante	14.12	29.50	1.62
P. vegetativo	60.44	64.36	78.58
Floración y cuaje hasta el 4to. Racimo	128.61	58.87	223.60
Floración y cuaje hasta el último racimo	275.28	115.25	375.85
Total	478.44	267.97	679.65

### 6.9.9 Control de la temperatura

Para bajar la temperatura en el macrotunel se instaló una malla tipo sarán de 35% de sombra, además de la utilizó riego por micro aspersión. Con este tipo de riego se realizó riegos periódicos basados en la temperatura y humedad relativa, las cuales determinaron la presión de vapor dentro de la estructura. Esta influye directamente en el crecimiento de la planta.

### 6.9.10 Manejo de plagas y enfermedades

Para mantener la planta sana y libre de enfermedades y plagas se implementó el programa que se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8. Programa de control de plagas en tomate.

PRODUCTO (i.a)	DOSIS	EPOCA DE APLICACIÓN	FORMA
Imidacloprid	360 g/ha	7 ddt	Al pie de la planta
Tiametoxan	0.5 kg/ha	12 ddt	Al pie de la planta
Endosulfan	1.0 l/ha	1, 10 ddt	Asperjado
Oyeron	0.5 l/ha	30, 40 y 75 ddt	Asperjado
Acaristop	0.4 l/ha	26, 60 y 85 ddt	Asperjado
Imidacloprid+Ciflutrin	1.0 l/ha	5 y 15 ddt	Asperjado
Thiodicarb	0.3 kg/ha	15, 40 y 65 ddt	Asperjado

Sunfire	0.4 l/ha	15, 40 y 65 ddt	Asperjado
Acetamiprip	0.5 kg/ha	20, 35, 50 y 80 ddt	Asperjado
Herald	0.6 l/ha	30, 45 y 70 ddt	Asperjado
Abamectina	0.5 l/ha	24, 44 y 64 ddt	Asperjado
Indoxacarb	75 g/200 l	25, 55, 85 y 95 ddt	Asperjado
Pyrifroxyfen	0.75 l/ha	30, 45 y 70 ddt	Asperjado

## 6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

- Altura de plantas de tomate (cm)

Consistió en medir la altura de las plantas de tomate al final del ciclo del cultivo en la parcela neta de cada uno de los tratamientos evaluados. Una vez obtenidas todas las alturas de las plantas se promediaron para obtener la altura promedio/planta. Para esta variable se hizo uso de un metro.

- Número de racimos florales/plantas de tomate (No. racimos/planta)

Consistió en el conteo de todos los racimos por semana por cada uno de los tratamientos evaluados y luego se hicieron las proyecciones a una hectárea.

- Número de frutos/racimo de tomate

Consistió en el conteo semanal en la época de la cosecha de todos los frutos de tomate por racimo de cada planta por cada uno de los tratamientos evaluados y luego se hicieron las proyecciones a una hectárea.

- Peso del fruto de tomate (g/fruto)

El peso promedio de frutos se tomó el peso fresco de 30 frutos por semana por tratamiento por repetición durante la época de la cosecha. Para ello se hizo uso de una balanza.

- Rendimiento total (kg/ha)

Consistió en determinar el peso total de frutos de tomate de la parcela neta en cada uno de los cortes, los cuales se transformaron en kg/ha Para ello se hizo uso de una balanza.

- Rentabilidad (%)

Para la estimación de la rentabilidad se llevaron registros económicos (costos de producción) para cada uno de los tratamientos a evaluados. Determinado el ingreso bruto (venta de la producción) se restó el costo de producción total de cada tratamiento y se obtuvo el ingreso neto. Luego se dividió el ingreso neto entre costo de producción total y se multiplicó por 100 y se obtuvo la rentabilidad.

## **6.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN**

### **6.11.1 Análisis estadístico**

Para el análisis de cada una de las variables respuesta se utilizó el análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de  $P \leq 0,05$ , y para aquellos resultados que manifestaron diferencias estadísticamente significativas, se empleó la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

### **6.11.2 Análisis económico**

Para el desarrollo del análisis económico de la producción de tomate, se utilizó la metodología de rentabilidad de la inversión. La fórmula para determinar la rentabilidad de la producción de tomate fue la siguiente:

$$\text{Rentabilidad} = (\text{Ingreso neto} / \text{Costo de producción}) \times 100$$

## **VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **7.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

#### **7.1.1 Altura de la planta de tomate**

En la figura 3, se pueden observar la altura de las plantas de los cultivares de tomate indeterminados en los programas de fertilización del productor y la conductividad eléctrica bajo condiciones de macrotunel en Guastatoya, El Progreso los resultados indican que los programas de fertilización se comportaron de manera distinta en los cultivares de tomate evaluadas. El programa de fertilización utilizado por el productor en los híbridos Dartagnan y Don Ricardo presentó una altura mayor de la planta de tomate

en comparación con el programa de fertilización de conductividad eléctrica debido a que estos híbridos no son tolerantes a la salinidad. Por el contrario, el híbrido Escudero F1 presentó una menor altura de planta con el programa utilizado por el agricultor y mayor con el programa de conductividad eléctrica, debido a que es más tolerante a la salinidad. Lo anterior se debió a que existe una variabilidad genética para la tolerancia a la salinidad.

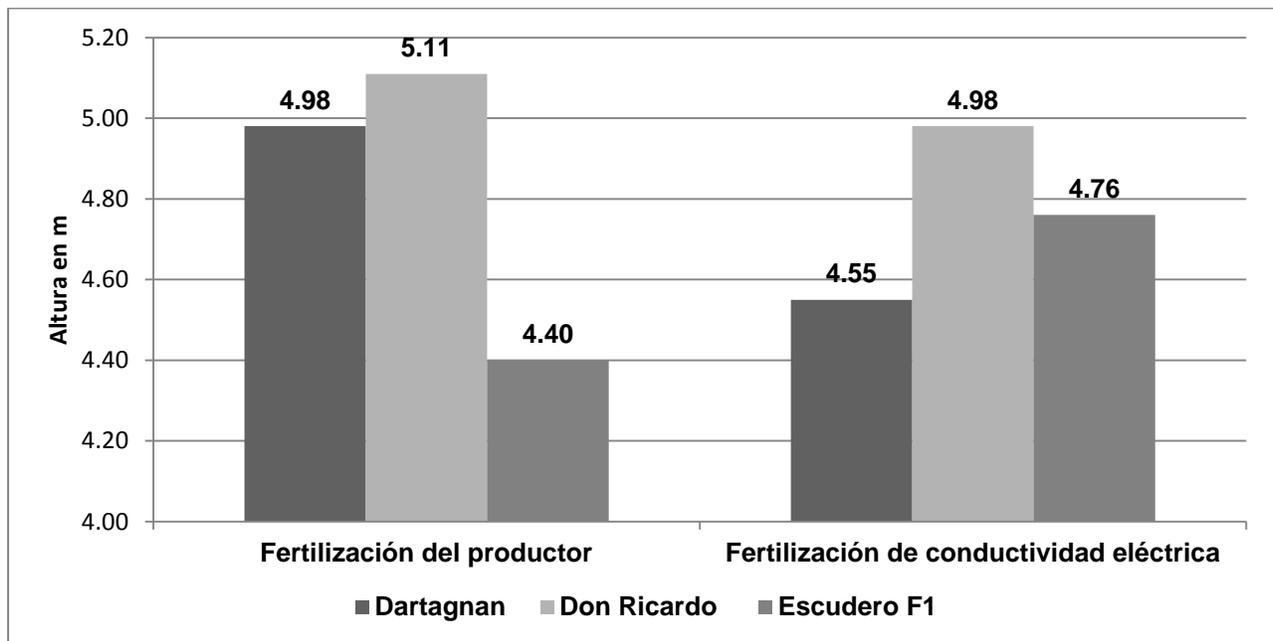


Figura 3. La altura de planta de tres materiales de tomate bajo dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Para los cultivares de tomate Don Ricardo y Dartagnan las sales afectaron el crecimiento de las plantas al alterar la absorción de agua por las raíces, no así para el cultivar Escudero 1. De acuerdo a Yokoi *et al.* (2002), la mala absorción de agua desencadenan desequilibrios iónicos en las plantas por la excesiva absorción de sodio y cloruros, los que generan efectos secundarios como problemas de toxicidad y nutricionales vinculados a la absorción de iones esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

En el Cuadro 9, se muestra el análisis de varianza para la variable altura de planta de tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el mismo se observa que

existen diferencia significativa al 5% de probabilidad para los tratamientos evaluados. Es decir; que al menos un tratamiento es diferente a los demás. De acuerdo a Patel, Patel y Shiyani (2001), en el estudio Coeficiente de variación en experimentos de campo y criterio mismo, el límite superior del CV para experimentos agrícolas de campo es de 30%, por lo tanto; los ensayos que se encuentren por debajo de este valor se consideran aceptables. Para la presente variable, el CV fue de 5.98% por lo que se considera que el experimento se realizó adecuadamente.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable altura de planta de tomate en tres cultivares de tomate y dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

<b>Factor de valoración</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fcalc</b>	<b>Ftab<sub>0.05</sub></b>	<b>Conclusión</b>
Bloques	3	0.4123				
Factor A (Variedades de tomate)	2	0.6092	0.3046	2.4466	5.14	No significativo
Error A	6	0.7470	0.1245			
Parcelas grandes	11	1.7686				
Factor B (Métodos de fertilización)	1	0.0726	0.0726	0.8940	5.12	No significativo
Interacción A*B (Tratamientos)	2	0.7009	0.3505	4.3153	4.26	Significativo
Error B	9	0.7309	0.0812			
Total	23	3.2730				
C.V. (%)	5.98					

En la figura 4, se presenta la prueba de significancia de la altura de plantas de tomate de los tratamientos evaluados a través de la prueba de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), donde define que la mayor altura de planta se alcanzó cuando se aplicó la fertilización local (productor) en el cultivar de tomate Don Ricardo. Por lo tanto, la altura de las plantas de tomate disminuye con el incremento de la salinidad, a excepción del cultivar Escudero F1, que de acuerdo a los tratamientos es más tolerante a la salinidad.

La altura de la planta de tomate se vio afectada por el programa de fertilización en función del híbrido evaluado, debido a que el programa de fertilización funcionó de

forma distinta para los diferentes materiales evaluados. El material Don Ricardo es más sensible a la salinidad en lo que a la altura se refiere (Figura 4).

Los cultivares de tomate de crecimiento indeterminado evaluados presentaron un crecimiento sostenido durante el ciclo de vida y la producción, que se presenta escalonadamente. (Figura 4).

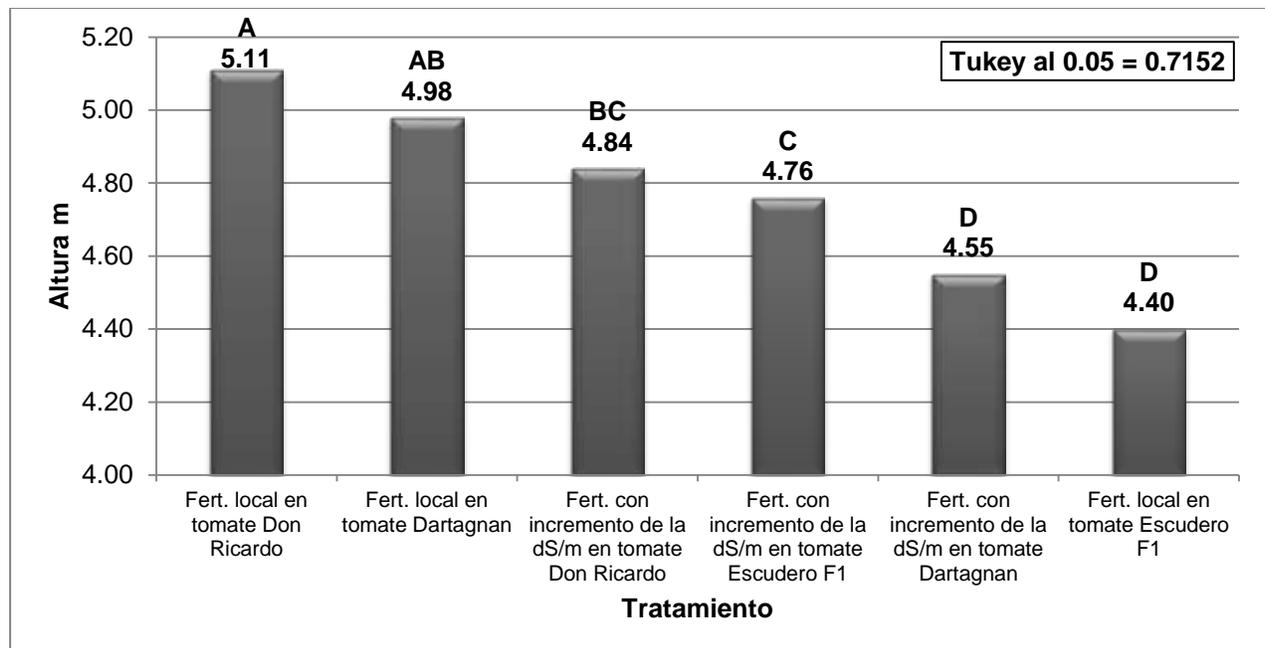


Figura 4. Análisis de medias de Tukey para la altura de planta de tres cultivares de tomate con relación a dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de medias de Tukey se acepta la hipótesis alternativa, donde se señala que al menos uno de los tratamientos evaluados en el tamaño de la planta tomate fue mejor que los demás.

### 7.1.2 Número de racimos florales por planta de tomate

En la figura 5, muestra los valores para la variable número de racimos florales por planta de tomate y la tendencia con los programas de fertilización aplicados. Los resultados muestran una diferencia entre el número de racimos florales obtenidos entre los programas de fertilización y comprueban que los híbridos Don Ricardo y Dartagnan,

son menos tolerantes a la salinidad, mientras que el híbrido Escudero demostró ser más tolerante. Por lo tanto, el número de racimos son afectados por la salinidad debido a que las sales reducen la absorción de agua por las plantas. Los tratamientos Don Ricardo con el programa de fertilización utilizado por el productor (local) y Escudero con el programa de fertilización de conductividad eléctrica presentaron el mayor número de racimos florales, con un promedio de 12.50 racimos por planta y el tratamiento Don Ricardo con el programa de fertilización de conductividad eléctrica presentó el menor número de racimos florales por planta, con un promedio de 11. De acuerdo a lo anterior, se podría inferir que el híbrido Escudero F1 es más tolerante a la salinidad que los híbridos Dartagnan y Don Ricardo y que además entre los híbridos de tomate existe variabilidad genética para tolerancia salinidad.

En el Cuadro 10, se muestra el análisis de varianza para la variable número de racimos florales de tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el mismo se observa que existen diferencias significativas al 5% de probabilidad para la interacción entre los tratamientos. Es decir; que al menos un tratamiento es diferente a los demás. El coeficiente de variación fue de 5.32% y de acuerdo a los criterios de Patel *et al.*(2001), el experimento se realizó adecuadamente.

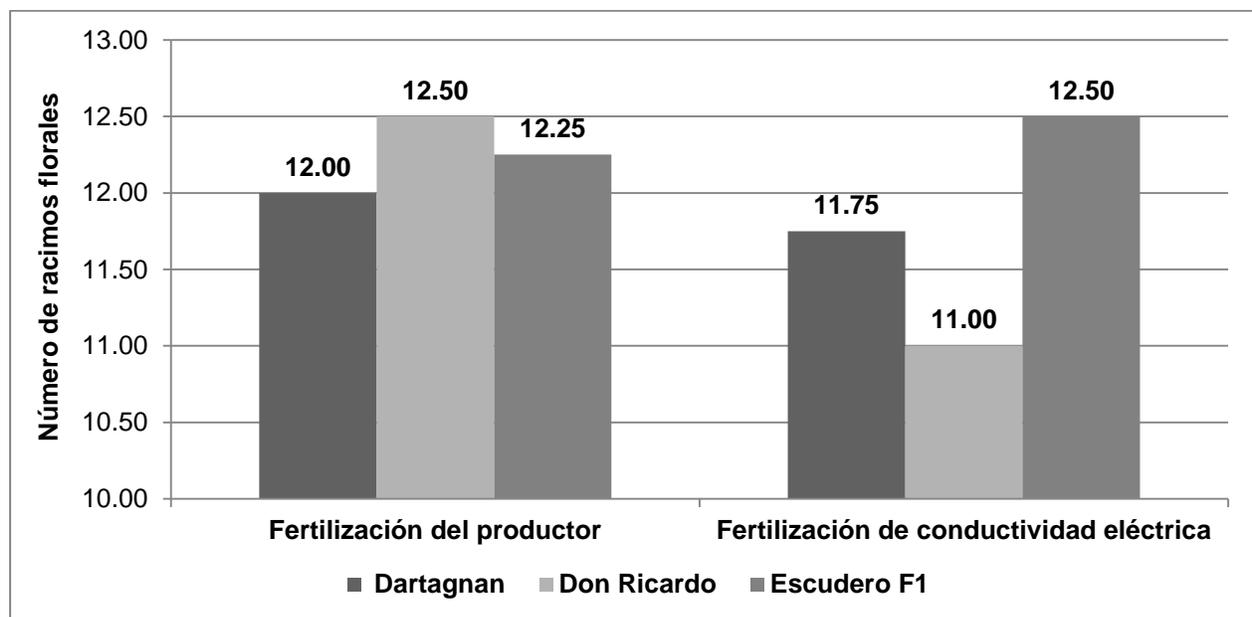


Figura 5. Número de racimos florales en tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable número de racimos florales de tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

<b>Factor de valoración</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F<sub>calc</sub></b>	<b>F<sub>tab 0.05</sub></b>	<b>Conclusión</b>
Bloques	3	72.0000				
Factor A (Variedades de tomate)	2	1.7500	0.8750	2.3333	5.14	No significativo
Error A	6	2.2500	0.3750			
Parcelas grandes	11	76.0000				
Factor B (Métodos de fertilización)	1	1.5000	1.5000	4.1538	5.12	No significativo
Interacción (Tratamientos) A*B	2	3.2500	1.6250	4.5000	4.26	Significativo
Error B	9	3.2500	0.3611			
Total	23	84.0000				
C.V. (%)	5.32					

Con relación al análisis de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) para el número de racimos florales por planta de tomate (Figura 6), donde se puede observar el mayor número de racimos fueron: fertilización del productor en tomate Don Ricardo, fertilización con incremento de la conductividad eléctrica en tomate Escudero F1, fertilización del productor en tomate Escudero F1 y Fertilización del productor en tomate Dartagnan, con valores de 12.50, 12.50, 12.25 y 12.00 racimos respectivamente. Los resultados del número de racimos florales de los materiales de tomate en dos programas de fertilización, muestran que esta variable se ve afectada por la salinidad, reduciendo el número de racimos y de seguir incrementando la sales aumentará la reducción de racimos debido a la reducción en la absorción de agua por las plantas. Es decir; que esta variable se ve afectada por la interacción material de tomate \* programa de fertilización.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de medias de Tukey se acepta la hipótesis alternativa, donde se señala que al menos uno de los tratamientos evaluados en el número de racimos flores por planta de tomate es mayor que los demás.

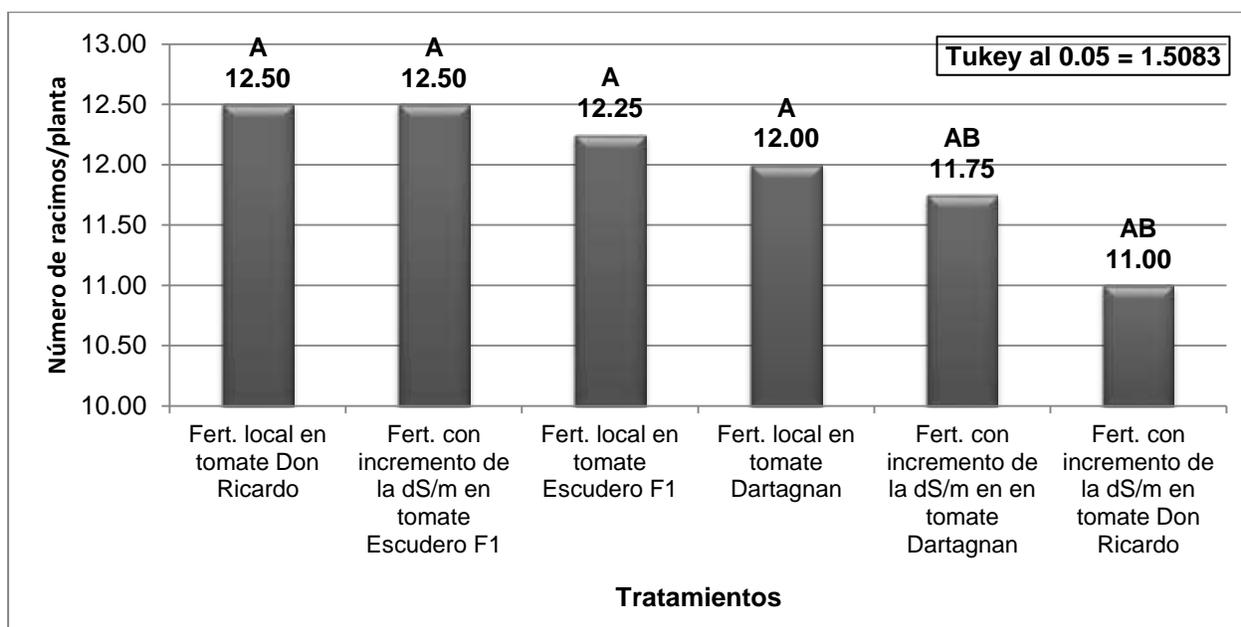


Figura 6. Análisis de medias de Tukey para el número de racimos en tres materiales de tomate con relación a dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

### 7.1.3 Número de frutos por racimo de tomate

En la figura 7, se muestran como la salinidad afecta al número de tomates por racimo de los híbridos de tomate evaluados. Los resultados muestran que el mejor tratamiento fue donde se utilizó la fertilización del productor o local en el híbrido Escudero F1, con un promedio de 8.75 frutos por racimo. Todos los tratamientos donde se incrementó el contenido de sales mostraron menor número de frutos, lo que indica que el número de frutos de tomate son afectados por la salinidad. Los resultados confirman que existen diferencias entre los híbridos y que el híbrido Escudero F1c presenta tolerancia a salinidad e incluso una mayor producción de frutos en condiciones salinas.

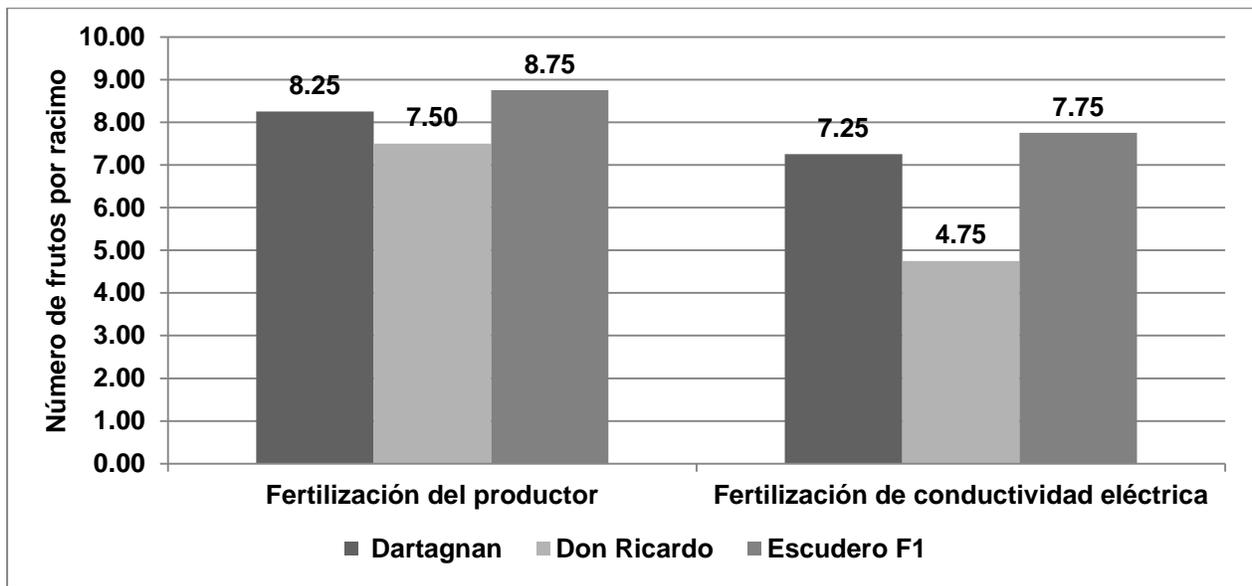


Figura 7. Número de frutos por racimo en tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

En el análisis de varianza para el número de frutos por racimo de tomate (Cuadro 11), se puede observar que existe diferencia significativa para los cultivares de tomate, programas de fertilización y los tratamientos evaluados. Por lo tanto, uno de los tratamientos es mejor que los demás. El coeficiente de variación fue de 5.30% y de acuerdo a los criterios de Patel *et al.*(2001), el experimento se realizó adecuadamente.

De acuerdo al análisis de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ) para la variable del número de frutos por racimo en tres cultivares de tomate y dos programas de fertilización, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 8). El mayor número de frutos por racimo se encontró cuando se utilizó el programa de fertilización del productor en el cultivar Escudero F1, con 8.75 frutos/racimo. La menor cantidad de frutos/racimo se encontró en el tratamiento donde se utilizó la fertilización del productor en el cultivar de tomate Escudero F1, con 4.75 frutos/racimo. Los resultados indican efectos interactivos, es decir, los programas de fertilización se comportan de manera distinta en los materiales de tomate evaluados.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable número de frutos por racimo por planta de tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

<b>Factor de valoración</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fcalc</b>	<b>Ftab 0.05</b>	<b>Conclusión</b>
Bloques	3	10.1250				
Factor A (Variedades de tomate)	2	19.7500	9.8750	47.4000	5.14	Significativo
Error A	6	1.2500	0.2083			
Parcelas grandes	11	31.1250				
Factor B (Métodos de fertilización)	1	15.0417	15.0417	98.4545	5.12	Significativo
Interacción A*B (Tratamientos)	2	4.0833	2.0417	13.3636	4.26	Significativo
Error B	9	1.3750	0.1528			
Total	23	51.6250				
C.V. (%)		5.30				

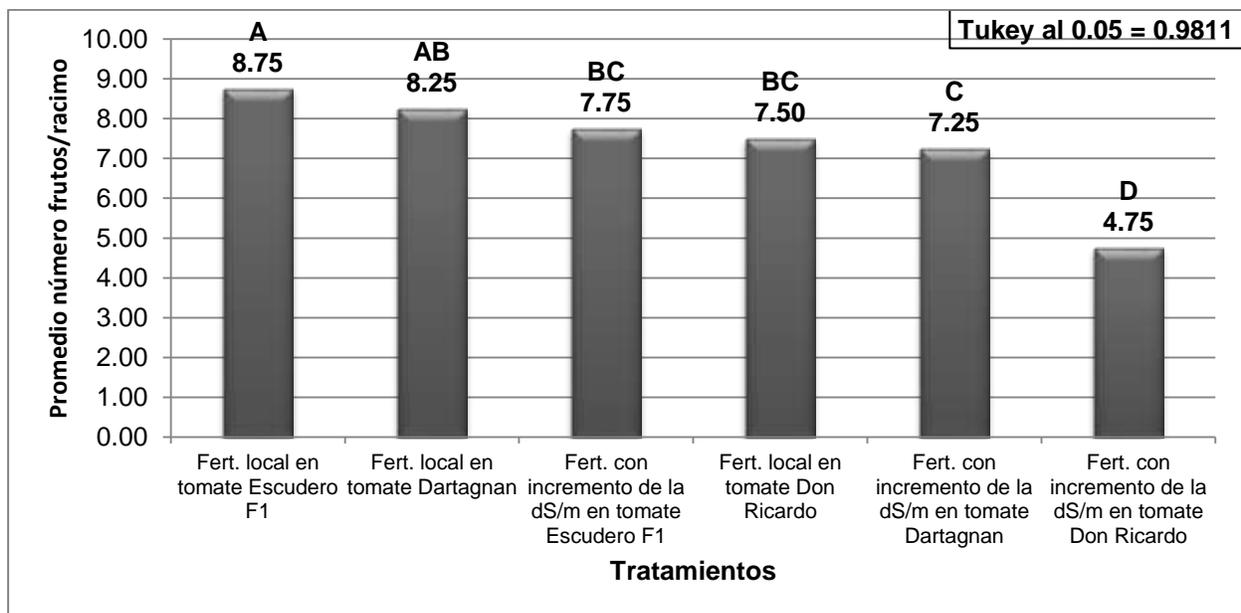


Figura 8. Análisis de medias de Tukey para el número de frutos por racimo de tres cultivares de tomate con relación a dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son superiores a los obtenidos en el estudio “Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas”, realizado por Pérez, Albarracín, Moratinos y Zapata (2012). De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de

medias de Tukey se acepta la hipótesis alternativa, donde se señala que al menos uno de los tratamientos evaluados en número de frutos por racimo de tomate fue mayor que los otros tratamientos evaluados en el presente ensayo.

#### **7.1.4 Peso del fruto de tomate**

Los resultados del peso promedio del fruto de tomate, se muestran en la figura 9, señalan que esta variable fue afectada por el contenido de sales del suelo, obteniéndose una reducción del peso de los frutos al aplicar dosis salinas, siendo el tratamiento donde se utilizó el material Don Ricardo el que mostró mayor peso promedio del fruto de tomate. Los tratamientos donde se aplicó programas de fertilización del productor presentaron un mayor peso del fruto, que en aquellos donde se aumentó la salinidad. Por lo tanto, el tamaño del fruto dependerá tanto del cultivar como el contenido de las sales en el suelo.

De acuerdo a Munns (2002), la salinidad reduce la capacidad de las plantas para absorber agua, ocasionando una reducción en el crecimiento y reducción del tamaño y peso del fruto. Altas concentraciones de sales en la solución externa de las células vegetales ocasiona efectos, que pueden resumirse fundamentalmente en tres tipos: sequía osmótica, toxicidad debida a la excesiva absorción de cloro y sodio y un desbalance nutrimental (Karimi *et al.*, 2005 citado por Beltrán, Villalpando y Hernández).

En el análisis de varianza para la variable peso promedio del fruto de tomate (Cuadro 12), se puede observar que existe diferencia significativa para los cultivares de tomate, programas de fertilización y los tratamientos evaluados. Por lo tanto, uno de los tratamientos es mejor que los demás. El coeficiente de variación fue de 3.00% y de acuerdo a los criterios de Patel *et al.*(2001), el experimento se realizó adecuadamente.

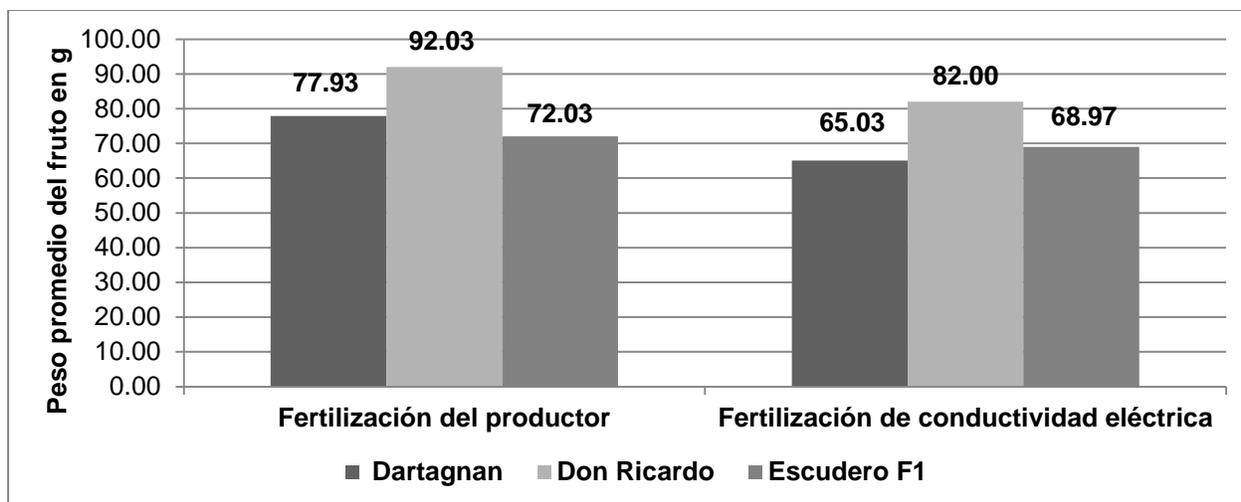


Figura 9. Peso promedio del fruto en tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable peso del fruto de tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Factor de valoración	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>calc</sub>	F <sub>tab 0.05</sub>	Conclusión
Bloques	3	120.2378				
Factor A (Variedades de tomate)	2	1373.8363	686.9182	25.0807	5.14	Significativo
Error A	6	164.3300	27.3883			
Parcelas grandes	11	1658.4040				
Factor B (Métodos de fertilización)	1	450.7053	450.7053	86.4648	5.12	Significativo
Interacción (Tratamientos) A*B	2	102.6584	51.3292	9.8472	4.26	Significativo
Error B	9	46.9133	5.2126			
Total	23	2258.6811				
C.V. (%)	3.00					

En la figura 10, se muestra el análisis de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) de los tratamientos evaluados con relación al peso promedio del fruto de tomate, donde los

resultados señalan que el mejor tratamiento fue cuando se utilizó el programa de fertilización del producto en el material de tomate Don Ricardo, con 92.03 g/fruto, superando a los otros tratamientos evaluados. Estos resultados confirman que existen diferencias entre los cultivares de tomate y que el cultivar Don Ricardo presenta una tolerancia a salinidad e incluso mayor peso del fruto en condiciones salinas del suelo. Los resultados del peso del fruto indican efectos interactivos, es decir, los programas de fertilización se comportan de manera distinta en los materiales de tomate evaluados. Por tanto, el peso del fruto del material de tomate depende del programa de fertilización (Figura 10).

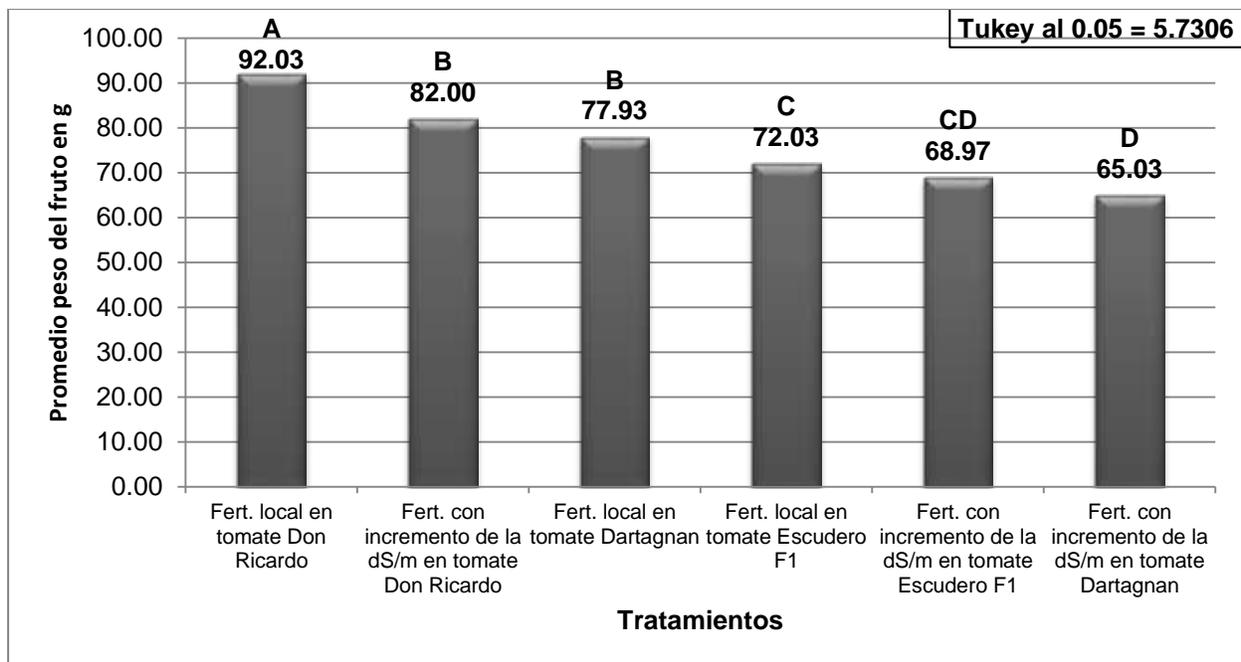


Figura 10. Análisis de medias de Tukey para el peso del fruto de tres cultivares de tomate con relación a dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de medias de Tukey se acepta la hipótesis alternativa, donde se señala que al menos uno de los tratamientos evaluados en la variable peso del fruto de tomate fue mejor que los demás.

## 7.2 CALIDAD DEL FRUTO DE TOMATE

### 7.2.1 Calidad de primera del fruto de tomate

En la figura 11 se puede observar el porcentaje de calidad frutos de tomate (primera, segunda y tercera calidad) de acuerdo al diámetro ecuatorial de los tratamientos evaluados. Como se puede observar en los resultados, el tratamiento donde se utilizó la fertilidad del productor o local en el material Don Ricardo, presentó el mayor porcentaje de frutos de primera calidad, con un valor de 87.90%. El mayor porcentaje de frutos de segunda calidad se encontró en el tratamiento donde se utilizó el programa de fertilidad con incremento de conductividad eléctrica en el material de tomate Don Ricardo, con 22.81%, y el mayor porcentaje de tercera calidad se presentó en el tratamiento donde se utilizó el programa de fertilización con incremento de conductividad eléctrica en tomate Escudero, con 12.55.

Para la variable de calidad de los frutos, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, siendo los tratamientos donde se aplicó programas de fertilización del productor los que presentaron los mejores porcentajes de primera calidad en relación con aquellos donde se aumentó la conductividad eléctrica, esto debido a que al incrementar el nivel de salinidad del suelo todos los órganos de la planta de tomate se alteran. Los tallos alcanzan menor altura, las hojas disminuyen en número, el área foliar igualmente se reduce y en los frutos se registra un menor número y peso.

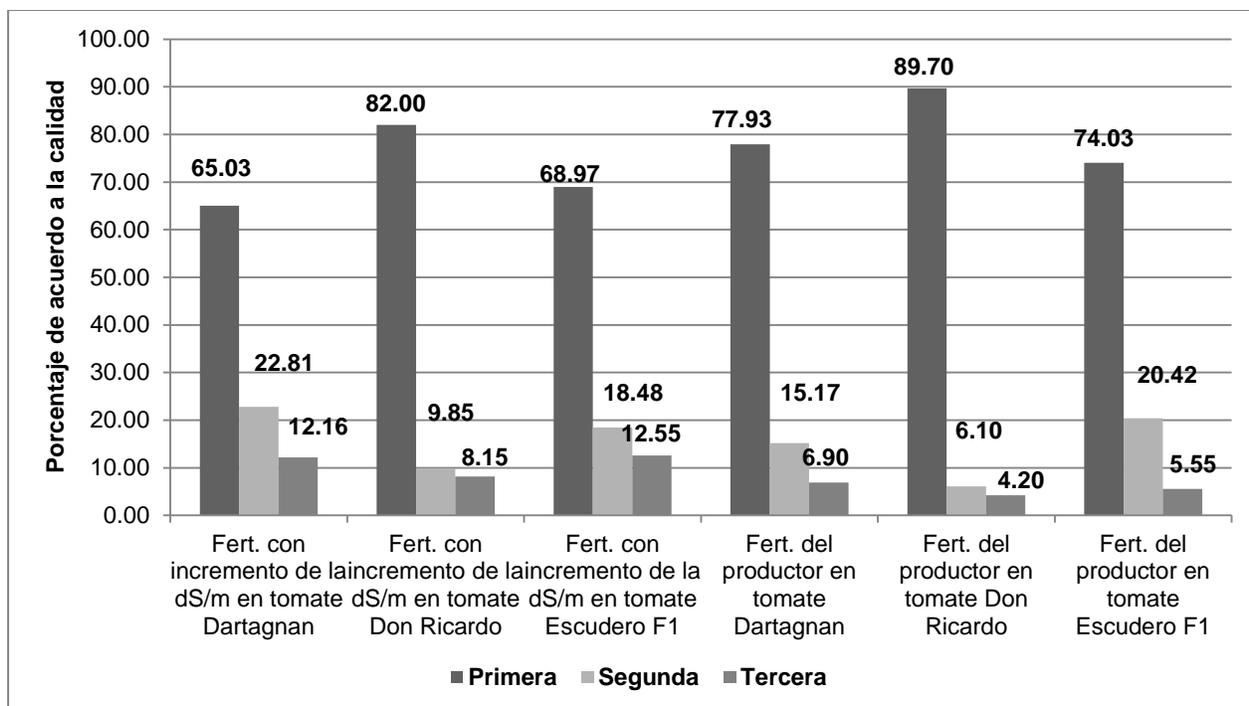


Figura 11. Calidad de los frutos de tomate para tres materiales con relación a dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

En el análisis de varianza para la variable calidad de frutos de tomate de primera (Cuadro 13), se puede observar que existe diferencia significativa para las variedades de tomate, programas de fertilización y los tratamientos evaluados. Por lo tanto, uno de los tratamientos es mejor que los demás. El coeficiente de variación fue de 2.99% y de acuerdo a los criterios de Patel *et al.*(2001), el experimento se realizó adecuadamente.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable calidad de primera en frutos de tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Factor de valoración	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>calc</sub>	F <sub>tab 0.05</sub>	Conclusión
Bloques	3	120.2141				
Factor A (Variedades de tomate)	2	1373.8527	686.9264	25.07	5.14	Significativo
Error A	6	164.3856	27.3976			
Parcelas grandes	11	1658.4524				
Factor B (Métodos de	1	450.6667	450.6667	86.60	5.12	Significativo

fertilización)							
Interacción (Tratamientos)	A*B	2	102.6395	51.3198	9.86	4.26	Significativo
Error B		9	46.8382	5.2042			
Total		23	2258.5969				
C.V. (%)		2.99					

Con relación al análisis de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la calidad de primera de los frutos de tomate (Figura 12), se observó que el mejor tratamiento fue cuando se utilizó el programa de fertilización del productor en el tomate Don Ricardo, con un valor de 89.70% de la producción comercial y el porcentaje de calidad de primera, se presentó en el tratamiento donde se empleó el programa de fertilización con conductividad eléctrica en el tomate Dartagnan, con un valor de 65.03%. La disminución de la calidad de primera del tomate se vio afectada en los tratamientos con mayor nivel de salinidad debido a una baja en la fotosíntesis, problemas con floración, un bajo número y peso de los frutos, lo que da como resultado un bajo rendimiento y calidad de los frutos.

La calidad de los frutos de tomate está influenciada por la salinidad, detectándose un menor peso y tamaño de los frutos al exponer las plantas a suelos salinos (Figura 12). Por lo que soluciones nutritivas con una alta salinidad generalmente producen una deficiencia de calcio en los frutos debido a que ésta reduce la absorción de calcio y su distribución en la parte distal del fruto (Guichard *et al.*, 2001).

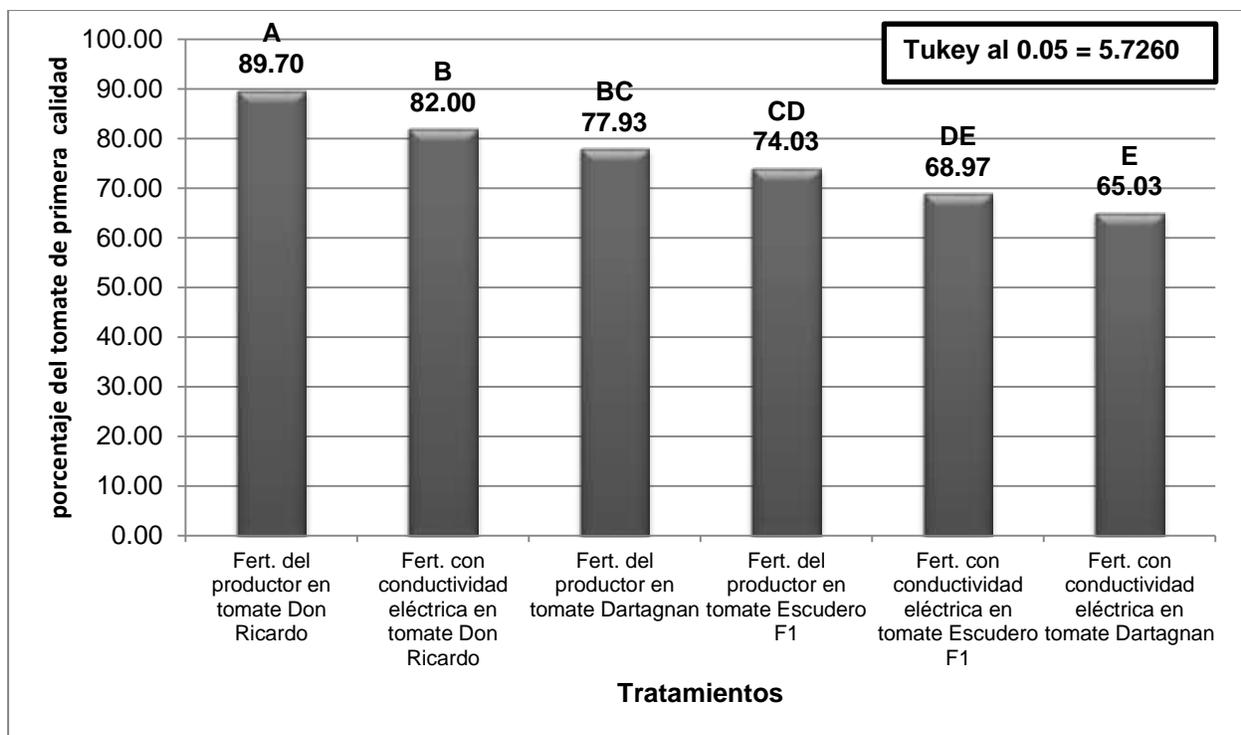


Figura 12. Análisis de medias de Tukey para la calidad de primera del fruto de tres cultivares de tomate con relación a dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de medias de Tukey se acepta la hipótesis alternativa, donde se señala que al menos uno de los tratamientos evaluados en la calidad de primera de los frutos de tomate fue mejor que los demás.

### 7.2.2 Calidad de segunda del fruto de tomate

En el análisis de varianza para la variable calidad de frutos de tomate de segunda (Cuadro 14), se puede observar que existe diferencia significativa para las variedades de tomate, programas de fertilización y los tratamientos evaluados. Por lo tanto, uno de los tratamientos es mejor que los demás. El coeficiente de variación fue de 12.64% y de acuerdo a los criterios de Patel *et al* (2001), el experimento se realizó adecuadamente.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento de fruta de segunda calidad de tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

<b>Factor de valoración</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F<sub>calc</sub></b>	<b>F<sub>tab 0.05</sub></b>	<b>Conclusión</b>
Bloques	3	3.9420				
Factor A (Variedades de tomate)	2	519.4999	259.7500	237.02	5.14	Significativo
Error A	6	6.5753	1.0959			
Parcelas grandes	11	530.0172				
Factor B (Métodos de fertilización)	1	466.3681	466.3681	1306.58	5.12	Significativo
Interacción (Tratamientos) A*B	2	132.0809	66.0404	185.02	4.26	Significativo
Error B	9	3.2124	0.3569			
Total	23	1131.6787				
C.V. (%)	12.64					

En la figura 13, se muestra el análisis de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) de los tratamientos evaluados con relación a la calidad de segunda de los frutos de tomate de los tratamientos evaluados. Los resultados señalan que el mejor tratamiento fue cuando se utilizó el programa de fertilización con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan, con un porcentaje de 22.81% de la producción total. Se determinó que la calidad de tomate de segunda estuvo relacionada con el incremento de la salinidad de los suelos, debido a que al aumentar la concentración de sales la calidad de segunda aumenta. Además la salinidad afecta de forma diferenciada según el cultivar de tomate, jugando un papel importante la variabilidad genética y la etapa del desarrollo de las plantas, siendo las etapas juveniles más sensibles a la salinidad que las etapas adultas. Los resultados de segunda calidad del fruto de tomate indican efectos interactivos, es decir, los programas de fertilización se comportan de manera distinta en los materiales de tomate evaluados.

### 7.3 RENDIMIENTO COMERCIAL DEL TOMATE

Los resultados de rendimiento de frutos de tomate que se presentan en la figura 14, muestran que el rendimiento difiere según el híbrido y el contenido de sales en el suelo. En este caso el tratamiento híbrido Don Ricardo con el programa de fertilización del agricultor muestra no ser tolerante a la salinidad debido a que las sales afectaron el crecimiento y rendimiento debido a una menor absorción de agua y nutrientes por las

raíces. Mientras que el tratamiento Escudero F1 con el programa de fertilización de conductividad eléctrica, presentó mayor tolerancia a la salinidad, pero a pesar de ello fue afectado en menor grado el nivel osmótico de las raíces de la planta. La obstrucción de entrada de agua y nutrientes afectó negativamente procesos morfológicos y bioquímicos esenciales para el crecimiento y producción de la planta de tomate. Los resultados mostraron que el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento del híbrido Don Ricardo y el programa de fertilización del productor, con 231.24 ton/ha. El tratamiento con el menor rendimiento fue cuando se utilizó el programa de fertilización donde se incrementó la conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo, con 143.52 ton/ha, lo que significa que el híbrido de tomate Don Ricardo es susceptible a la salinidad del suelo.

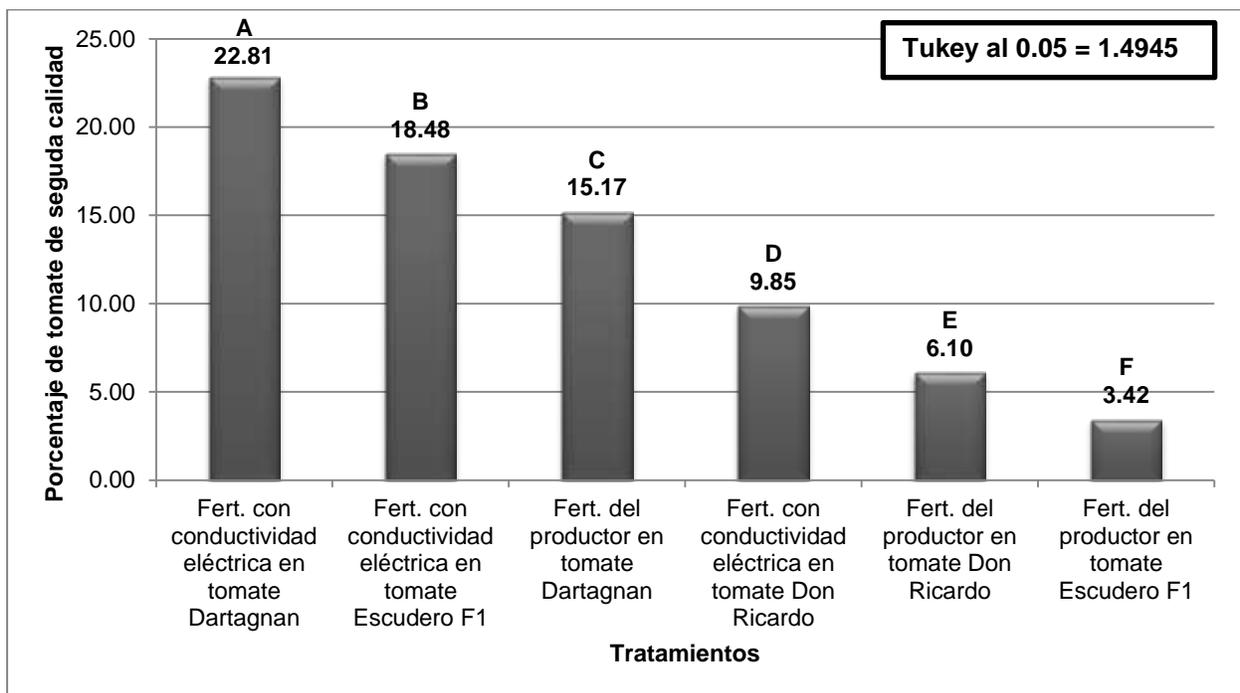


Figura 13. Análisis de medias de Tukey para la calidad de segunda del fruto de tres cultivares de tomate con relación a dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

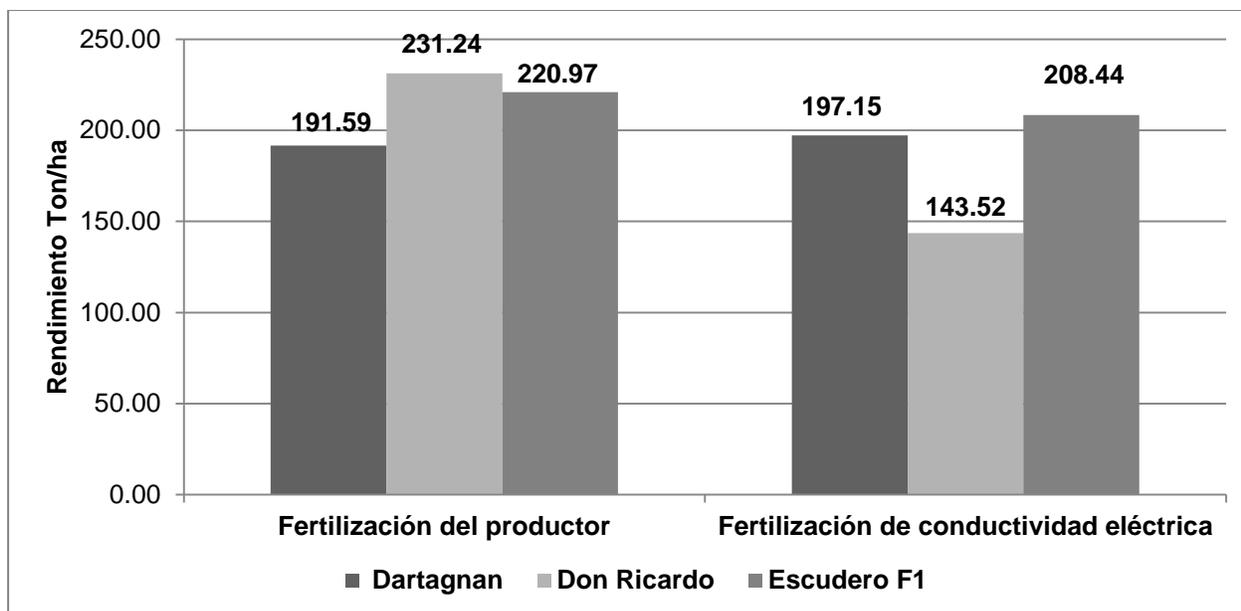


Figura 14. Rendimiento del fruto en tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

En el análisis de varianza para la variable rendimiento de frutos de tomate (Cuadro 15), se puede observar que existe diferencia significativa para las variedades de tomate, programas de fertilización y los tratamientos evaluados. Por lo tanto, uno de los tratamientos es mejor que los demás. El coeficiente de variación fue de 11.62% y de acuerdo a los criterios de Patel *et al.*(2001), el experimento se realizó adecuadamente.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable rendimiento de fruto de tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Factor de valoración	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>calc</sub>	F <sub>tab 0.05</sub>	Conclusión
Bloques	3	21345.9434				
Factor A (Variedades de tomate)	2	3224.6593	1612.3296	7.4604	5.14	Significativo
Error A	6	1296.7019	216.1170			
Parcelas grandes	11	25867.3045				
Factor B (Métodos de fertilización)	1	5978.0953	5978.0953	11.2145	5.12	Significativo
Interacción (Tratamientos) A*B	2	9787.4002	4893.7001	9.1803	4.26	Significativo
Error B	9	4797.6100	533.0678			
Total	23	46430.4101				
C.V. (%)		11.62				

De acuerdo al análisis de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ) para el rendimiento de frutos de tomate, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 15). Los mayores rendimientos de tomate se alcanzaron en los tratamientos donde se utilizaron fertilización del productor en tomate Don Ricardo, fertilización del productor en tomate Escudero F1 y fertilización con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1, con rendimientos de 231.34, 220.97 y 208.44 ton/ha respectivamente. Al analizar el rendimiento y los otros parámetros evaluados en el presente estudio se detectó una gran heterogeneidad en la respuesta a este estrés, puesto que algunos cultivares fueron sensibles y otros más tolerantes como el caso del cultivar de tomate Don Ricardo, incluso uno presentó un mejor comportamiento en la producción de frutos en estado de estrés como Escudero F1. Los materiales de tomate indeterminados con programas adecuados de fertilización pueden proporcionar altos rendimientos para la industrialización.

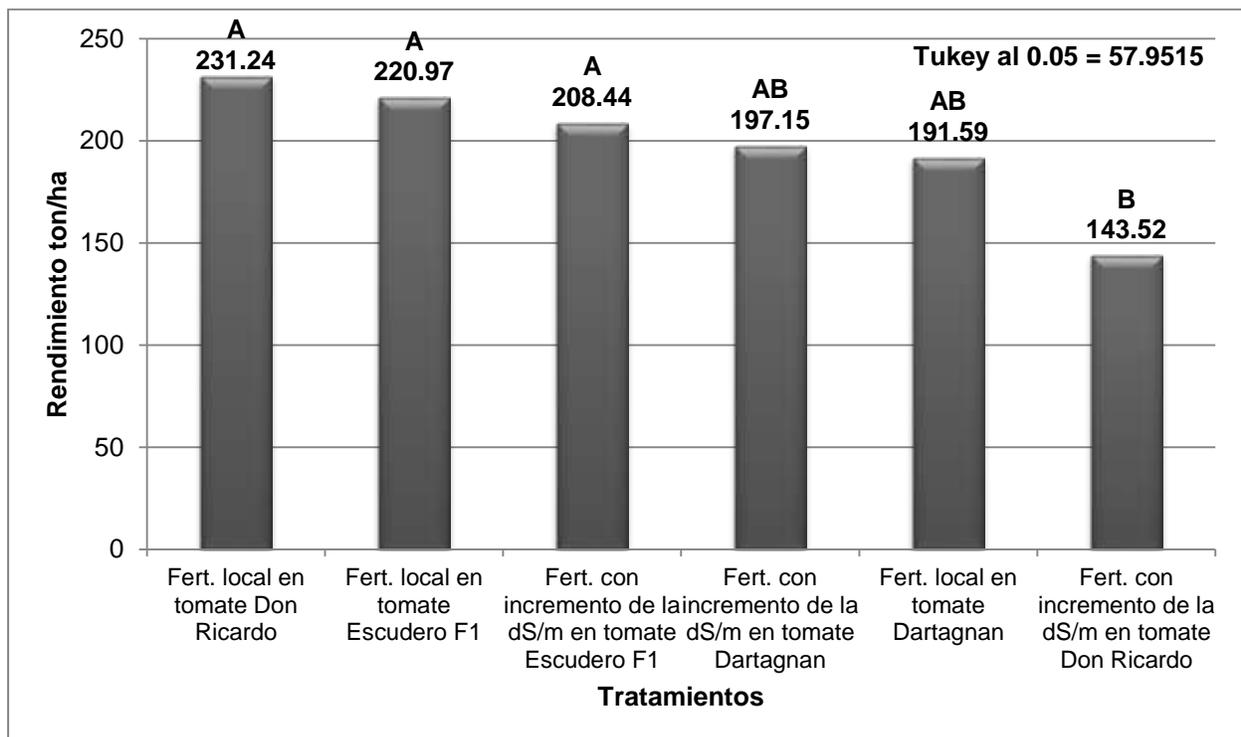


Figura 15. Análisis de medias de Tukey para el rendimiento de frutos de tres cultivares de tomate con relación a dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de medias de Tukey no se rechazó la hipótesis alternativa, donde se señala que al menos uno de los tratamientos evaluados en la variable rendimiento de tomate fue mejor que los demás.

### 7.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

Los tratamientos con el menor costo total de producción fueron donde se utilizaron el programa de fertilización del productor o local en cada uno de los cultivares de tomate, con un costo total de Q. 191,567.67 por hectárea y el tratamiento con mayor costo total de producción se presentó cuando se utilizó el programa de fertilización donde se incrementó la conductividad eléctrica para cada uno de los materiales de tomate, con un costo total de Q. 198,564.24. Como se puede observar en los tratamientos, el único costo que vario fue la compra de fertilizantes y con ello se aumentó el costo total de la producción de tomate en cada uno de los tratamientos (Cuadro 16 y 17).

Cuadro 16. Costos de producción de tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Concepto	Tratamientos					
	Fert. local en tomate Dartagnan	Fert. local en tomate Don Ricardo	Fert. local en tomate Escudero F1	Fert. con incremento de la dS/m en tomate Dartagnan	Fert. con incremento de la dS/m en tomate Don Ricardo	Fert. con incremento de la dS/m en tomate Escudero F1
1. Arrendamiento y preparación del terreno	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00
2. Arrendamiento de macrotunel	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00
3. Sistema de irrigación y agua	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00
4. Fertilizantes e insumos fitosanitarios	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00
5. Fertilizantes	77,427.43	77,427.43	77,427.43	83,787.95	83,787.95	83,787.95
6. Mano de obra	30,030.00	30,030.00	30,030.00	30,030.00	30,030.00	30,030.00
7. Varios	12,245.00	12,245.00	12,245.00	12,245.00	12,245.00	12,245.00
8. Cosecha	14,950.00	14,950.00	14,950.00	14,950.00	14,950.00	14,950.00
9. Imprevistos (10%)	17,415.24	17,415.24	17,415.24	18,051.29	18,051.29	18,051.29
<b>10 Costo Total</b>	<b>191,567.67</b>	<b>191,567.67</b>	<b>191,567.67</b>	<b>198,564.24</b>	<b>198,564.24</b>	<b>198,564.24</b>

El tratamiento con mayor ingreso bruto fue cuando se utilizó el programa de fertilización del productor o local en tomate Don Ricardo, con Q. 497,744.10 y el menor ingreso bruto fue cuando se utilizó el programa de fertilización donde se incrementó la conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo, con 330,454.80 (Cuadro 14 y 15).

En el cuadro 15, se observa la rentabilidad de cada uno de los tratamientos evaluados en la producción de frutos de tomate, siendo el más rentable el tratamiento donde se utilizó el programa de fertilización del productor o local en tomate Don Ricardo, con 159.83%. El tratamiento con menor rentabilidad fue cuando se utilizó el programa de fertilización donde se incrementó la conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo, con 66.42%.

Cuadro 17. Rentabilidad de la producción de tres cultivares de tomate en dos programas de fertilización, en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Tratamiento	Ingreso bruto Q.	Costo total Q.	Ingreso neto Q.	Rentabilidad %
Fert. local en tomate Dartagnan	377,904.70	191,567.67	186,337.03	97.27
Fert. local en tomate Don Ricardo	497,744.10	191,567.67	306,176.43	159.83
Fert. local en tomate Escudero F1	425,926.10	191,567.67	234,358.43	122.34
Fert. con incremento de la dS/m en tomate Dartagnan	417,704.50	198,564.24	219,140.26	110.36
Fert. con incremento de la dS/m en tomate Don Ricardo	330,454.80	198,564.24	131,890.56	66.42
Fert. con incremento de la dS/m en tomate Escudero F1	411,147.90	198,564.24	212,583.66	107.06

## VIII CONCLUSIONES

El tratamiento que presentó la mayor altura de la planta de tomate, fue cuando se utilizó el programa de fertilización del productor o local en tomate Don Ricardo, con 5.11 m, en un ciclo del cultivo de 238 días.

El mayor número de racimos florales se encontraron en los tratamiento donde se utilizó el programa de fertilización del productor en tomate Don Ricardo, programa de fertilización con incremento de la conductividad eléctrica en tomate Escudero F1, programa de fertilización del productor en tomate Escudero F1 y programa de fertilización del productor en tomate Dartagnan, con valores de 12.50, 12.50, 12.25 y 12.00 respectivamente.

El mayor número de frutos por racimo se encontró en el tratamiento donde se utilizó el programa de fertilización del productor en el cultivar Escudero F1, con 8.75 frutos/racimo.

El tratamiento donde se utilizó el programa de fertilización del productor o local en el cultivar de tomate Don Ricardo, presentó el mayor porcentaje de primera calidad de los frutos de tomate, con 89.70%. Además, presentó el mejor peso del fruto, con 92.03 g/fruto.

Los resultados mostraron, que donde se empleó el programa de fertiriego del productor o local en los híbridos de tomate Don Ricardo y Escudero F1, así como; el programa de fertilización basado en conductividad eléctrica en tomate Escudero F1, con rendimientos de 231.24, 220.97 y 208.44 Ton/ha respectivamente.

El tratamiento con mejor rentabilidad fue cuando se utilizó el programa de fertilización del productor en el cultivar de tomate Don Ricardo, con un valor de 159.83%. Es decir; que por cada Q. 100.00 invertidos se obtuvo un beneficio neto o ganancia de Q. 159.83.

## **IX RECOMENDACIONES**

A los productores de tomate bajo condiciones de macrotúnel del municipio de Guastatoya, El Progreso, se les recomienda técnica y económicamente producir frutos de tomate utilizando el programa de fertilización local con el híbrido de tomate Don Ricardo.

Se recomienda revalidar los resultados del presente estudio en otras zonas productoras del cultivo de tomate bajo condiciones de macrotúnel; así como, realizar estudios donde se evalué la interrelación de abonos orgánicos y químicos para potenciar de mejor manera el uso de fertilizantes químicos.

Dentro de las recomendaciones importantes para el experimento al replicarse, sería utilizar equipo de medición de conductividad eléctrica y multiparamétrico. Esto para monitorear la conductividad de la solución, así como la concentración de los nutrientes disponibles para la planta. Además de utilizar un medio inerte para no disminuir el efecto positivo de la solución nutritiva.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amezqueta, E. (2013). Problemática relacionada con la Salinidad del Suelo en Navarra. Sección de Evaluación de Recursos Agrarios (SERA) Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación (DAGA), Gobierno de Navarra, España. 31 p.
- Beltrán, F.; Villalpando, R. y Hernández, L. (2014). Respuesta diferencial a la salinidad de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en primeras etapas fenológicas. Terra Latinoamericana, vol. 32, No. 4. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. pp. 311-323
- Cámara del Agro de Guatemala y Agriquima (2015). El agro es vital para la economía del país: elementos de propuesta de política agrícola del país. Guatemala, Guatemala. 110 p.
- Canovas, J. (2002). Calidad agronómica de las agua de riego. Servicio de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. pp. 3-6.
- Chávez, P.; Saucedo, H. y Namuche, R. (2010). Salinidad. Fundación Produce Nayarit, A.C.; Subsecretario de Desarrollo Rural; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 59 p.
- Desai, B.; Kotecho, M. y Salunkhe, D. (1997). Seeds Handbook. Biology, production, processing and storage. The composition of nutrient solutions for hydroponic cropping: practical use. Acta Hort. Ed. Marcel Dekker. Nueva York, Estados Unidos. 627 p.

- FASAGUA (2015). Precios de mercado de tomate del mes de agosto de 2015. Recuperado el 14 de septiembre de 2015, de <http://www.fasagua.com/node/46>
- Gat Fertilíquidos (2014). Salinidad de los cultivos agrícolas.
- George, R. (1999). Vegetable seed production. 2da edition. CABI Publishing.UK at the at the University Press, Cambrige. 328 p.
- Goykovic, V. y Saavedra, G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. Volumen 25, N° 3, IDESIA. Santiago de Chile, Chile. pp 47-58.
- Holdridge. L. R. (1985). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala. Instituto Nacional Forestal. pp. 42.
- Hunziker, A. (1979). South American Solanaceae: a synoptic survey. In: Hawwkes, J. G.; Lester, R. N.; Skelding, A. D. (Eds.). The biology and taxonomy of the Solanaceae. Academic Press, New York & London. 4985 p.
- Ibáñez, J. (2007). Salinidad de los Suelos, Estrés Hídrico y Producción Vegetal. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. 23 p.
- Kafkafi, U. y Tarchitzky, J. (2012). Fertirrigación. Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Primera edición, IFA, París, Francia, e IIP, Horgen, Suiza. 151 p.
- Lannetta, M. y Colonna, N. (2013). Salinización. Serie de Folletos B, Número 3. Land Care In Desertification Affected Areas (LUCINDA).
- Mata, I.; Rodríguez, M; López, J. y Vela, G. (2014). Dinámica de la salinidad en los suelos. Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente. Vol 1(5).

Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco y Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Distrito Federal de México. 10 p.

Maroto, B. (2002). Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi - Prensa. 3ª Edición. Madrid, España: 568 p.

Mesa, D. (2003). Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 37, núm. 3. Instituto De Ciencia Animal. La Habana, Cuba. pp. 217-226.

Meza, R. y Reygadas, D. (2001). Áreas potenciales y tecnología de producción de cultivos en el valle de Santo Domingo, B. C. S. Publicación Técnica No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y, Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Todos Santos La Paz, Baja California Sur. México. 101 p.

Monardes, H. (2009). Características botánicas. Manual del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Nodo Hortícola, VI Región. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile y InnovaChile Corfo. Santiago de Chile, Chile. 60 p.

Moya, J. (2009). Riego localizado y fertirrigación. 4ª ed. Editorial Mundi - Prensa. Madrid, España. 575 p.

Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 28: 239-250.

Patel, J.; Patel, N. y Shiyani, R. (2001). Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study. Curr. Sci. 81(9):1163-1164.

Pérez, J.; Hurtado, G.; Aparicio, V.; Argueta, Q. y Larí, M. (2002). Guía técnica del cultivo de tomate. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador. 48 p.

Reyes, M. (20019). Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Información Agro socioeconómica. Boletín Informativo 1-2001. Guatemala, Guatemala. 32 p.

Rodríguez, R.; Tavares, R. y Medina, J. (2001). Cultivo moderno de tomate. 2da. Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 255 p.

Romero, R.; Soria, T. y Cuartero, J. (2001). Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. Plant science. 160: 265-272.

Salunkhe, D. y Kadam, S. (1998). Handbook of vegetable science and technology: production, composition, storage, and processing. Marcel Dekker. New York, Estados Unidos. 721 p.

Sazo, J. (2007). Experiencia en la introducción de huertos hidropónicos como alternativa de seguridad alimentaria en la comunidad de Matasano y Guaraque, del municipio de Jocotán, Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, USAC.78 p.

Secretaría de Fomento Agropecuario (2009). Estudio bibliográfico sobre la salinidad del valle de Mexicali. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Baja California, México. 27 p.

Simmons, Ch; Tárano, J, M.; Pinto, J. H. (1959). Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala. Ed. José Pineda Ibarra. 1000 p.

Villela, J. D. (1993). El cultivo del tomate. PDA (MAGA-AID).Guatemala. 143 p. Disponible en: <http://www.disagro.com/publicaciones.htm>.

Wien, H. 1997. The physiology of vegetable crops. CAB International, London, UK. 651 p.

Zamora, F.; Torres, D.; Rodríguez, N. y Zamora, J. (2008). Dinámica de las sales en un suelo sembrado con melón (Cucumis melo) bajo riego por goteo en la península de Paraguaná Estado Falcón. Multiciencias, vol. 8. Universidad del Zulia Venezuela, Facultad de Agronomía. Zulia, Venezuela. pp. 27-32.

## **XI ANEXOS**

## Anexo 1

### Altura promedio de plantas de tomate por tratamiento y repetición (m/planta)

Cuadro 1.1 Alturas promedios por tratamiento y repetición de plantas de tomate.

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan	4.55	4.25	4.90	4.50	4.55
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	4.78	4.75	5.05	4.76	4.84
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1	4.80	4.85	4.75	4.65	4.76
Fert. del productor en tomate Dartagnan	4.90	4.50	5.60	4.90	4.98
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	5.11	5.08	5.03	5.20	5.11
Fert. del productor en tomate Escudero F1	4.13	4.08	4.14	5.24	4.40

Cuadro 1.1 Análisis de medias de Tukey para la altura de la planta de tomate.

Tratamientos	Altura promedio m/planta	Significancia Valor de Tukey al 0.05 = 0.7153
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	5.11	A
Fert. del productor en tomate Dartagnan	4.98	AB
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	4.84	BC
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1	4.76	C
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan	4.55	D
Fert. del productor en tomate Escudero F1	4.4	D

## Anexo 2

### Promedio de racimos florales por planta de tomate (No. racimos/planta)

Cuadro 2.1 Promedio de racimos florales por planta por tratamiento y repetición.

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan	9	11	14	13	11.75
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	9	11	12	12	11.00
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1	11	11	14	14	12.50
Fert. del productor en tomate Dartagnan	9	11	14	14	12.00
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	10	11	14	15	12.50
Fert. del productor en tomate Escudero F1	10	11	14	14	12.25

Cuadro 2.1 Análisis de medias de Tukey para número de racimos florales de tomate.

Tratamientos	Promedio de número de racimos florales	Significancia Valor de Tukey al 0.05 = 1.5083
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	12.50	A
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1	12.50	A
Fert. del productor en tomate Escudero F1	12.25	A
Fert. del productor en tomate Dartagnan	12.00	A
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan	11.75	AB
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	11.00	AB

### Anexo 3

#### Promedio de número de frutos por racimos de tomate (No. frutos/racimo)

Cuadro 3.1 Promedio de número de frutos por racimos de tomate por tratamiento y repetición.

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan	9	11	14	13	11.75
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	9	11	12	12	11.00
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1	11	11	14	14	12.50
Fert. del productor en tomate Dartagnan	9	11	14	14	12.00
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	10	11	14	15	12.50
Fert. del productor en tomate Escudero F1	10	11	14	14	12.25

Cuadro 3.1 Análisis de medias de Tukey para número de frutos por racimo de tomate.

Tratamientos	Promedio de número de frutos por racimo	Significancia Valor de Tukey al 0.05 = 0.9811
Fert. del productor en tomate Escudero F1	8.75	A
Fert. del productor en tomate Dartagnan	8.25	AB
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1	7.75	BC
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	7.5	BC
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan	7.25	C
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	4.75	D

**Anexo 4**  
**Peso promedio del fruto de tomate (g/fruto)**

**4.1 Peso promedio del fruto de tomate por tratamiento y repetición.**

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Promedio</b>
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan	61.43	65.92	68.67	64.08	65.03
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	77.66	87.20	78.04	85.10	82.00
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1	68.66	70.02	74.23	62.98	68.97
Fert. del productor en tomate Dartagnan	74.71	77.74	83.52	75.76	77.93
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	89.07	90.19	93.53	95.35	92.03
Fert. del productor en tomate Escudero F1	71.07	72.12	79.34	65.59	72.03

**Cuadro 4.1 Análisis de medias de Tukey para el peso del fruto de tomate.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Peso promedio del fruto de tomate g/fruto</b>	<b>Significancia Valor de Tukey al 0.05 = 5.7306</b>
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	92.03	A
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	82.00	B
Fert. del productor en tomate Dartagnan	77.93	B
Fert. del productor en tomate Escudero f1	72.03	C
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero f1	68.97	CD
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan	65.03	D

**Anexo 5**  
**Rendimiento promedio por planta de tomate (kg/planta)**

**Cuadro 5.1 Rendimiento promedio por planta de tomate por tratamiento y repetición.**

<b>Tratamientos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Promedio</b>
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan	4.68	5.01	5.46	6.76	5.48
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	3.69	4.51	3.94	4.92	4.26
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1	6.07	6.07	6.76	7.73	6.66
Fert. del productor en tomate Dartagnan	6.32	6.86	7.64	9.83	7.66
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	7.36	7.08	7.73	12.42	8.65
Fert. del productor en tomate Escudero F1	6.48	7.13	8.06	9.07	7.69

**Cuadro 5.2 Peso promedio de los frutos de tomate de acuerdo al tamaño del fruto de acuerdo a los tratamientos evaluados.**

<b>Tamaño del fruto de tomate</b>	<b>Programas de fertilización evaluados</b>					
	<b>Fertilización del productor</b>			<b>Fertilización con conductividad eléctrica</b>		
	<b>Materiales de tomate</b>					
	<b>Dartagnan</b>	<b>Don Ricardo</b>	<b>Escudero</b>	<b>Dartagnan</b>	<b>Don Ricardo</b>	<b>Escudero</b>
Primera	117	143	104	91	124	97
Segunda	75	84	73	67	79	70
Tercera	43	49	39	37	44	38
Promedio	78	92	72	65	82	69

**Cuadro 5.3 Porcentaje de la calidad de los frutos de tomate de acuerdo a los tratamientos evaluados.**

<b>Calidad del fruto de</b>	<b>Programas de fertilización evaluados</b>
-----------------------------	---------------------------------------------

tomate	Fertilización del productor			Fertilización con conductividad eléctrica		
	Materiales de tomate					
	Dartagnan	Don Ricardo	Escudero	Dartagnan	Don Ricardo	Escudero
Primera	77.93	89.70	74.03	65.03	82.00	68.97
Segunda	15.17	6.10	3.42	22.81	9.85	18.48
Tercera	6.90	4.20	22.55	12.16	8.15	12.55

**Cuadro 5.4 Rendimiento promedio hectárea de tomate por tratamiento y repetición.**

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Dartagnan	168.48	180.18	196.56	243.36	197.15
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	124.20	151.80	132.48	165.60	143.52
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1	190.08	190.08	211.68	241.92	208.44
Fert. del productor en tomate Dartagnan	157.95	171.60	191.10	245.70	191.59
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	196.80	189.42	206.64	332.10	231.24
Fert. del productor en tomate Escudero F1	186.30	204.93	231.84	260.82	220.97

**Cuadro 5.5 Análisis de medias de Tukey para el rendimiento del tomate**

Tratamientos	Rendimiento promedio Tm/ha	Significancia Valor de Tukey al 0.05 = 57.9515
Fert. del productor en tomate Don Ricardo	231.24	A
Fert. del productor en tomate Escudero F1	220.97	A
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Escudero F1	208.44	A
Fert. del productor en tomate Dartagnan	197.15	AB
Fert. del productor en tomate Dartagnan	191.59	AB
Fert. con conductividad eléctrica en tomate Don Ricardo	143.52	B

