

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EFFECTO DEL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE EL  
MANCHADO DE FRUTO EN EL CULTIVO DE TOMATE; JUTIAPA  
TESIS DE GRADO

**FRANK ISAAC LEMUS CARRILLO**  
CARNET 20930-11

JUTIAPA, JULIO DE 2017  
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EFFECTO DEL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE EL  
MANCHADO DE FRUTO EN EL CULTIVO DE TOMATE; JUTIAPA  
TESIS DE GRADO

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

POR  
**FRANK ISAAC LEMUS CARRILLO**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

JUTIAPA, JULIO DE 2017  
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

## **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  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

LIC. EDWIN ROLANDO PAREDES MAZARIEGOS

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

ING. HECTOR HUGO RUANO SOLIS  
ING. JAIME HAROLDO YANES MORENO  
LIC. WILLIAN JOSE CAMEY VELA

Jutiapa, abril del 2017

Honorables  
Miembros del Consejo  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Guatemala, Ciudad.

Honorable Miembros del consejo:

Es un honor dirigirme a ustedes para hacer de su conocimiento que he asesorado al estudiante Frank Isaac Lemus Carrillo con número de carne 2093011, en la elaboración de su informe de tesis, Titulado:

**EFFECTO DEL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE EL MANCHADO DE FRUTO EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicon*), EN LA LOCALIDAD EL CHILTEPE, JUTIAPA.**

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente.



---

Ing. Agr. Edwin Rolando Paredes Mazariegos  
Colegiado No. 1385  
Asesor

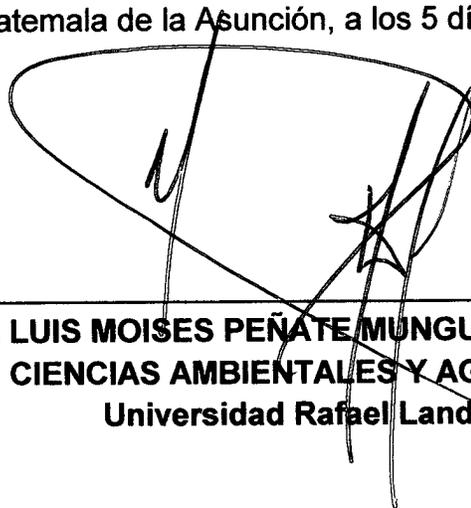
### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante FRANK ISAAC LEMUS CARRILLO, Carnet 20930-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 06101-2017 de fecha 4 de julio de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EFFECTO DEL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE EL MANCHADO DE FRUTO EN EL CULTIVO DE TOMATE; JUTIAPA**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 5 días del mes de julio del año 2017.



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

## **Agradecimiento**

**A:**

Dios por todas las bendiciones que derramo sobre mí.

La Universidad Rafael Landívar

Mi asesor Ing. Edwin Rolando Paredes Mazariegos, por su valiosa asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

A mi familia por su infinito apoyo.

## DEDICATORIA

A:

Jehová mi Dios: Por su fidelidad y misericordia inconfundible en mi vida.

Mis Padres: Amílcar Lemus García y Maritza Eugenia Carrillo Peñate, por darme el don de la vida, mostrarme siempre su apoyo incondicional y por ser el regalo más bello con el que Dios me premio.

Mi Hermano: Arturo Amílcar Lemus García por su amistad, apoyo incondicional y por los buenos momentos que hemos pasado juntos.

Mis Amigos: Por su apoyo, conejos y gratos recuerdos que compartí con todos.

## INDICE

Resumen.....	i
Summary.....	ii
I INTRODUCCIÓN .....	1
II MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCION.....	2
2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TOMATE .....	2
2.3 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA PLANTA.....	4
2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS TOMATES .....	5
2.4.1 Tomate Cherry .....	6
2.4.2 Tomate Saladett.....	6
2.4.3 Tomate Beef.....	6
2.4.4 Tomate Blocky .....	6
2.5 REQUERIMIENTO EDAFOCLIMÁTICOS.....	7
2.6 FENOLOGÍA EN EL CULTIVO .....	8
2.7 DESORDENES FISIOLÓGICOS EN EL CULTIVO DE TOMATE.....	11
2.7.1 Bufado.....	11
2.7.2 Russetting (Marca De La Fruta) .....	11
2.7.3 Cat Facing (Cara De Gato) .....	11
2.7.4 Blossom End Rot o Pudrición Apical.....	12
2.7.5 Manchado de la fruta.....	12
2.8 NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE TOMATE.....	15
2.8.1 Nitrógeno (N).....	17
2.8.2 Fósforo (P) .....	18
2.8.3 Potasio (K) .....	19

2.8.4	Calcio (Ca)	20
2.8.5	Magnesio (Mg)	21
2.8.6	Azufre (S)	22
2.9	FERTILIZACIÓN	23
2.9.1	Fuente de fertilizantes	26
III	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	34
3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	34
IV	OBJETIVOS	35
4.1	GENERAL	35
4.2	ESPECÍFICOS	35
V	HIPÓTESIS	36
5.1	HIPOTESIS ALTERNA	36
VI	METODOLOGIA	37
6.1	LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO	37
6.1.1	Tipo de suelo y zona de vida	37
6.2	MATERIAL EXPERIMENTAL	37
6.2.1	Descripción de los Híbridos	37
6.2.2	Descripción de las fuentes de fertilizante	38
6.3	FACTORES A ESTUDIAR	40
6.4	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	40
6.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	41
6.6	MODELO ESTADÍSTICO	41
6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL	42
6.7.1	Parcela Grande	42
6.7.2	Parcela pequeña	42

6.7.3	Parcela Neta .....	43
6.8	Croquis De Campo.....	44
6.9	MANEJO EXPERIMENTAL.....	44
6.9.1	Preparación del terreno.....	44
6.9.2	Colocación cinta de riego .....	45
6.9.3	Colocación del acolchado .....	45
6.9.4	Construcción de túneles de malla antivirus 70 mesh .....	45
6.9.5	Control de malezas .....	45
6.9.6	Perforación del acolchado.....	46
6.9.7	Trasplante .....	46
6.9.8	Tutorado.....	46
6.9.9	Riego.....	46
6.9.10	Control de plagas y enfermedades .....	46
6.9.11	Análisis de suelo .....	48
6.9.12	Fertilización .....	48
6.9.13	Cosecha .....	57
6.9.14	Comercialización.....	57
6.10	VARIABLES RESPUESTAS. ....	58
6.10.1	Rendimiento en kilogramos por hectárea (kg/ha) de fruto manchado.....	58
6.10.2	Porcentaje (%) de fruto manchado por cada tratamiento.....	58
6.10.3	Rendimiento total y por categoría de fruto en kilogramos por hectárea (kg/ha).....	58
6.10.4	Número de fruto por planta. ....	59
6.10.5	Total de solidos solubles (grados brix) .....	59
6.10.6	Intensidad de color de fruto.....	59

6.10.7	Altura de planta en centímetros (cm) .....	59
6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	60
6.11.1	Análisis estadístico.....	60
6.11.2	Análisis económico.....	60
VII	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	62
7.1	RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA (kg/ha) DE FRUTO MANCHADO.....	62
7.2	PORCENTAJE (%) DE FRUTO MANCHADO.....	66
7.3	RENDIMIENTO TOTAL Y POR CATEGORÍA DE FRUTO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA (kg/ha) .....	68
7.3.1	Rendimiento total de fruto en kg/ha.....	68
7.3.2	Rendimiento de fruto para primera categoría en kg/ha .....	70
7.3.5	Rendimiento total y por categoría de fruto en kg/ha y porcentaje. ....	76
7.4	CLASIFICACIÓN DE TOMATE SU ÍNDICE DE FORMA (mm).....	77
7.5	CLASIFICACIÓN SEGÚN DIAMETRO (mm) DE FRUTO.....	80
7.6	NUMERO DE FRUTO POR PLANTA.....	82
7.7	TOTAL DE SOLIDOS SOLUBLES (Grados Brix) .....	84
7.8	INTENSIDAD DE COLOR DE FRUTO.....	86
7.9	ALTURA DE PLANTA (cm) .....	87
7.9.1	Presupuesto parcial.....	89
7.9.2	Análisis de dominancia.....	90
VIII	CONCLUSIONES.....	93
IX	RECOMENDACIONES .....	95
X	BIBLIOGRAFIA.....	96
XI	ANEXOS .....	100

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Visión de los países en área de mayor producción de tomate, a nivel global. ....	3
Cuadro 2. Área de producción de tomate a nivel nacional durante el año 2010. ....	4
Cuadro 3. Dosis referencial de uso nutrientes para el cultivo de tomate (kg/ha).....	24
Cuadro 4. División de nutrientes por etapas fenológicas expresadas en porcentaje. ....	26
Cuadro 5. Comparación rangos de eficiencia aproximada de los usos de nutrientes en fertirriego con respecto a fertilizantes tradicionales (granulados).....	28
Cuadro 6. Descripción de la composición de los fertilizantes de liberación controlada. ....	38
Cuadro 7. Descripción de fórmulas y fuentes de fertilizantes hidrosolubles.....	39
Cuadro 8. Descripción de tratamientos a evaluar.....	40
Cuadro 9. Descripción de ingredientes activos para el programa-fitosanitario.....	47
Cuadro 10. Dosis referencial del requerimiento de nutrientes para el cultivo de tomate en kg/ha. ....	48
Cuadro 11. Interpretación y cálculo de análisis de suelo.....	48
Cuadro 12. Dosis de fertilizante para programa de fertilización de liberación controlada .....	49
Cuadro 13. Dosis de fertilizante para programa de fertilización hidrosoluble. ....	49
Cuadro 14. Dosis de fertilizante para programa de fertilización granulado – hidrosoluble, fase de fertilizante Granulado. ....	49
Cuadro 16. Programa de fertilización de liberación controlada .....	50
Cuadro 17. Programa de fertilización hidrosoluble. ....	51

Cuadro 18. Programa de fertilización Granulado-Hidrosoluble. ....	54
Cuadro 15. Dosis de fertilizante para programa de fertilización para calcio y magnesio en fertilizante hidrosoluble.....	56
Cuadro 19. Clasificación de tomate según su calibre.....	58
Cuadro 20. Análisis de varianza para rendimiento de fruto manchado en kg/ha.....	62
Cuadro 21. Prueba de contrastes ortogonales al 5% de significancia para rendimiento de fruto manchado en kg/ha.....	63
Cuadro 22. Análisis de varianza para el porcentaje de fruto manchado.....	66
Cuadro 23. Análisis de varianza para el rendimiento total de fruto kg/ha.....	68
Cuadro 24. Análisis de varianza rendimiento de fruto de primera. ....	70
Cuadro 25. Prueba de contrastes ortogonales al 5% de significancia para rendimiento de fruto de primera en kg/ha. ....	71
Cuadro 26. Análisis de varianza rendimiento kg/ha de fruto de segunda.....	72
Cuadro 27. Análisis de varianza de rendimiento de fruto de tercera en kg/ha .....	74
Cuadro 28. Análisis de rendimiento total, por categoría de fruto y fruto manchado en kg/ha y porcentaje.....	76
Cuadro 29. Análisis de varianza para largo de fruto.....	77
Cuadro 30. Prueba de contrastes ortogonales al 5% de significancia para largo de fruto de la interacción Programas * Híbridos.....	78
Cuadro 31. Análisis de varianza para diámetro de fruto.....	80
Cuadro 32. Prueba Contrastes Ortogonales al 5% de significancia para el variable diámetro de fruto en la fuente de variación Híbridos.....	81
Cuadro 33. Análisis de varianza para número de fruto por planta.....	82

Cuadro 34. Análisis de varianza para total solidos solubles (Grados Brix).....	84
Cuadro 35. Prueba de contrastes ortogonales para el total de solidos solubles (grados brix).....	85
Cuadro 36. Intensidad de color de fruto cosechado. ....	86
Cuadro 37. Análisis de varianza para altura de planta. ....	87
Cuadro 38. Prueba de contrastes ortogonales para Altura de Planta.....	88
Cuadro 39. Análisis de presupuesto parcial para tratamientos .....	89
Cuadro 40. Análisis de dominancia para tratamientos evaluados .....	91
Cuadro 41. Tasa marginal de retorno (TMR) para tratamientos no dominados en Q/ha.....	92
Cuadro 42. Arreglo ortogonal para rendimiento de fruto manchado en kilogramos por hectárea (kg/ha).....	102
Cuadro 43. Arreglo ortogonal para rendimiento de fruto en kg/ha para categoría de primera.....	103
Cuadro 44. Arreglo ortogonal para clasificación de tomate según su largo (mm) ..	103
Cuadro 45. Arreglo ortogonal para clasificación de tomate según su diámetro (mm).....	104
Cuadro 46. Arreglo ortogonal para total de solidos solubles (Grados Brix) .....	104
Cuadro 47. Arreglo ortogonal para altura de planta (cm) .....	105
Cuadro 48. Calculo de costos variables. ....	105

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estados fenológicos en tomate de crecimiento determinado (Holwerda, 2006, p. 24).....	10
Figura 2 . Absorción de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y K <sub>2</sub> O en las partes aéreas con un rendimiento de 90 ton/ha de tomate al aire libre (Holwerda, 2006). .....	25
Figura 3. Curvas de liberación de dos diferentes fuentes de nitrógeno, fertilizantes granulado urea convencional 46-0-0 (Urea Conv) y fertilizante de liberación controlado Agrocote Nitrógeno 43-0-0 (AgMAxN43-N), expresado en porcentajes de liberación por día (EVERRIS, 2015).....	32
Figura 4. Curvas de liberación de dos diferentes fuentes de potasio, fertilizantes granulado cloruro de potasio 0-0-60 (Clo. K) y fertilizante de liberación controlado Agrocote potasio 0-0-56 (AgroK.56), expresado en porcentajes de liberación por día (EVERRIS, 2015).....	32
Figura 5. Curvas de liberación de dos diferentes fuentes de fósforo, fertilizantes granulado Fosfato Mono Amonico convencional 12-60-0 (MAP Conv) y fertilizante de liberación controlado Agrocote fósforo 9-47-00 el cual se expresa la distribución del nitrógeno (AP947-N) y el fósforo (AP947-P), expresado en porcentajes de liberación por día (EVERRIS, 2015).....	33
Figura 6. Diseño de unidad experimental para el establecimiento de la investigación. ....	42
Figura 7. Diseño de unidad experimental de la parcela pequeña.....	43
Figura 8. Croquis de campo de distribución aleatorizada de tratamientos .....	44
Figura 9. Grados de madurez del tomate. ....	59
Figura 10. Rendimiento de fruto manchado en kg/ha para tratamientos .....	65
Figura 11. Porcentaje fruta manchada para cada tratamiento.....	67
Figura 12. Rendimiento total de fruto en kg/ha de nueve tratamientos. ....	69

Figura 13. Rendimiento de fruto de primera por Híbrido en kg/ha .....	71
Figura 14. Rendimiento de fruto de segunda en kg/ha .....	73
Figura 15. Rendimiento de fruto de tercera en kg/ha .....	75
Figura 16. Largo de fruto promedio por planta. ....	79
Figura 17. Diámetro de fruto promedio por planta. ....	81
Figura 18. Número promedio de fruto por planta. ....	83
Figura 19. Total de sólidos solubles (Grados Brix). ....	85
Figura 20. Comportamiento de altura planta (cm) para cada tratamiento .....	88
Figura 21. CRONOGRAMA DE TRABAJO .....	101
Figura 22. Análisis de suelo .....	106
Figura 23. Preparación del terreno .....	107
Figura 24. Trasplante .....	107
Figura 25. Aplicación de fertilizantes granulados .....	107
Figura 26. Aplicación de fertilizantes de liberación controlada .....	108
Figura 27. Medición de altura de planta .....	108
Figura 28. Tratamiento Liberación controlada + Toliman .....	109
Figura 29. Tratamiento Liberación controlada + Retana .....	109
Figura 30. Tratamiento Liberación controlada + Pony Express .....	110
Figura 31. Tratamiento Hidrosoluble + Toliman.....	110
Figura 32. Tratamiento Hidrosoluble + Retana.....	111
Figura 33. Tratamiento Hidrosoluble + Pony Express .....	111

Figura 34. Tratamiento Granulado-Hidrosoluble + Toliman .....	112
Figura 35. Tratamiento Granulado-Hidrosoluble + Retana.....	112
Figura 36. Tratamiento Granulado-Hidrosoluble + Pony Express .....	113
Figura 37. Cosecha .....	113
Figura 38. Medición de largo de fruto a muestra seleccionada .....	114
Figura 39. Clasificación de fruto manchado .....	114

# **EFFECTO DEL PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE EL MANCHADO DE FRUTO EN EL CULTIVO DE TOMATE; JUTIAPA**

## **Resumen**

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de aldea El Chiltepe, Jutiapa, con el propósito de evaluar un programa de fertilización de liberación controlada sobre el manchado de fruto en el cultivo de tomate comparado con un programa de fertilización hidrosoluble y uno en combinación fertilizantes granulado e hidrosoluble, sobre tres híbridos comerciales Pony Express, Retana y Toliman. Para el desarrollo de la investigación, se utilizó un arreglo factorial en parcelas divididas en distribución en bloques completos al azar, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: rendimiento en kg/ha de fruto manchado, porcentaje de fruto manchado por cada tratamiento, rendimiento total y por categoría de fruto en kg/ha, número de frutos por planta, sólidos solubles, intensidad de color de fruto y altura de planta en centímetros. Derivado de los resultados obtenidos por medio de la comparación de contrastes ortogonales se concluyó que para las variables rendimiento en kg/ha de fruto manchado y rendimiento en kg/ha de fruto de primera calidad existe interacción entre el programa de fertilización e híbrido a utilizar. El análisis de dominancia económica determinó que los tratamientos granulado-hidrosoluble + Pony Express y granulado-hidrosoluble + Retana obtuvieron una tasa marginal de retorno positiva con Q56,325.32/ha y Q10,087.10/ha respectivamente.

# **EFFECT OF THE CONTROLLED RELEASE FERTILIZATION PROGRAM ON FRUIT STAINING IN THE TOMATO CROP; JUTIAPA**

## **Summary**

The present research was carried out in the locality of El Chiltepe, Jutiapa, in order to evaluate a controlled release fertilization program on fruit staining in the tomato crop, compared to a water soluble fertilization program and one with the combination of granulated and water soluble fertilizers, on three commercial hybrids: Pony Express, Retana and Toliman. For the development of the research, a factorial arrangement was used in divided plots, into randomized complete blocks, with nine treatments and four replications. The variables evaluated were: yield in kg / ha of stained fruit, percentage of stained fruit, total yield and fruit category in kg / ha, number of fruits per plant, soluble solids, fruit color intensity and height of plant in centimeters. Derived from the results obtained by comparing orthogonal contrasts, it was concluded that for the variables yield in kg / ha of spotted fruit and yield in kg / ha of first quality fruit there is interaction between the fertilization program and the used hybrid. The analysis of economic dominance determined that the granulated-water-soluble treatments + Pony Express hybrid and granulated-water-soluble + Retana hybrid obtained a marginal positive rate of return with Q56,325.32 / ha and Q10,087.10 / ha respectively.

## I INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2012, párr. 1), la producción mundial de tomate en 2012 fue de 161,1793,834.00 kilos, reportándose un área cultivada de 4,803,680.00 hectáreas. Cultivándose en más de cien países tanto para consumo fresco como industrial, en los que se encuentran siete principales productores que concentran más del 69 % del total mundial son, China, India, Estados Unidos, Turquía, Egipto, Irán e Italia, siendo estas zonas las que marcan las tendencias de precios y consumo mundial.

En Guatemala cultivo de tomate se extiende sobre todas sus regiones, siendo el principal productor de Centro América, con un área total de producción reportada en 2013 de 12,800 hectáreas concentrándose en los departamentos de Baja Verapaz, Jutiapa, Chiquimula y Jalapa, convirtiéndose en un cultivo de importancia económica, que genera además el mayor número de empleos en el Oriente del país (MAGA, 2014, p.4).

En la región oriental del país debido a su constante producción existe problemas relacionados al rendimientos y calidad del fruto (color, sabor y textura), estos problemas se asocian a factores bióticos y abióticos, causando desordenes fisiológicos durante todos sus estadios del cultivo, uno de los más comunes se denominado manchado de fruto que afecta directamente en la calidad del fruto, ya que su maduración no es uniforme presentado bandas de color verdes, amarillas verdosas o naranjas y por lo cual visualmente este tipo de fruto no son atractivos al consumidor por lo que los productores tienen que vender este tipos de frutos a bajo precio y cuando hay sobreproducción estos no se cosechan. Son varios los factores que se atribuyen al manchado de fruto dentro de los cuales se menciona, la presencia de virus, cambio climático y desordenes nutricionales (antagonismo, mala distribución y frecuencia de los fertilizantes).

Ante dicha problemática se propone evaluar un programa de nutrición (NPK) con fertilizantes de liberación controlada (fertilizantes que por su revestimiento de polímero orgánico proporcionan una adecuada distribución de nutrientes durante el ciclo), comparado con un programa de fertilizantes hidrosolubles y uno en combinación con fertilizantes granulado e hidrosoluble, sobre tres genotipo de tomate comerciales, en la localidad de aldea El Chiltepe, Jutiapa.

## II MARCO TEÓRICO

### 2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCION

El tomate es originario de América del sur, entre las regiones de Chile, Ecuador y Colombia, pero su domesticación se inició en México y norte de Guatemala. Las formas silvestres de “tomate cereza”, *Lycopersicon esculentum* var. *Cerasiforme*, originario de Perú, migrado a través del Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México, se llamó tomatl de donde nace el nombre de como hoy en día se conoce (Jaramillo, Rodríguez, Guzmán, Rengifo, 2007, p. 48).

El consumo de tomate como fuente de alimento ocurrió aproximadamente en 1850 en los Estados Unidos, y solo a partir de esta fecha comenzó a tener un poco de interés científico y agronómico. Solo a partir del siglo XIX adquirió gran importancia económica mundial, hasta llegar a ser, junto con la papa, la hortaliza más difundida y predominante del mundo (Jaramillo, et al. 2007, p. 48).

### 2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TOMATE

Según la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO- (2012 párr. 2), “el tomate se considera como una de las hortalizas más importantes del mundo, dada la versatilidad de uso y su generalizado consumo. Mundialmente la extensión que ocupa el cultivo de tomate es de 4803680 hectáreas, que ha llegado a producir 161.79 millones de toneladas”.

En términos generales la producción mundial de tomate está en permanente aumento, no solo como consecuencia del incremento de las áreas cultivadas sino por la mejora en los avances tecnológicos que permiten los rendimientos en los nuevos híbridos, y forma de cultivo, como el desarrollo que se ha logrado con la implementación de invernadero (FAO, 2012 párr. 4).

Cuadro 1. Visión de los países en área de mayor producción de tomate, a nivel global.

Posición	País	Kilos	Hectáreas
1	China	50,125,055.00	1,005.003
2	India	17,500,000.00	870.000
3	EEUU	13,206,950.00	150.140
4	Turquía	11,350,000.00	300.000
5	Egipto	8,625,219.00	216.395
6	Irán	6,000,000.00	160.000
7	Italia	5,131,977.00	91.850
Subtotal 1-7		111,939,201.00	2793.388
Resto del mundo		49,854,633.00	2010.292
Total mundial		161.793.834.00	4.803.680

(FAO, 2012).

Según la FAO (2012), citada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- (2014), la producción de tomate para cada país en centro América es la siguiente, en Panamá de 1100 hectáreas, en Costa Rica de 982 hectáreas, Nicaragua 400 hectáreas, honduras 5000 hectáreas y para el salvador de 459 hectárea, para Guatemala en el año 2013 se reportaba alrededor de 12800 hectáreas sembradas de tomate en 11 departamentos, siendo los departamentos de mayor área productiva, Baja Verapaz , Jutiapa, Chiquimula y Jalapa en los que se reporta la mayor extensión.

Según el MAGA (2014, p. 4), los mercados del tomate en Centro América han sido los más importantes para la producción de Guatemala, donde tradicionalmente se ha podido tener una presencia permanente durante los últimos diez años, el volumen de las exportaciones ha pasado de 26600 toneladas exportadas en 2009, a casi 53 mil toneladas para el 2013, los ingresos por estas ventas solo se han incrementado de 4 millones a 5.6 millones de dólares para el 2013 un 40% más.

Cuadro 2. Área de producción de tomate a nivel nacional durante el año 2010.

No.	Departamento	Área (ha)
1	Baja Verapaz	4092.35
2	Jutiapa	2765.07
3	Chiquimula	2376.24
4	Jalapa	2165.86
5	Santa Rosa	644.34
6	Guatemala	546.67
7	Suchitepéquez	338.02
8	Alta Verapaz	251.85
9	Otros	106.06
Total Nacional (ha)		13288.51

(MAGA 2014)

### 2.3 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

El tomate pertenece a la familia de las Solanáceas su nombre técnico es (Solanum lycopersicum L.), es una planta anual, posee un sistema radicular pivotante que por lo general, como se modifica con el empleo de las técnicas culturales, llega a separarse y es sustituida por otras adventicias, más superficiales (Bonilla y Trescastro, 2000, p. 632).

El tallo principal tiene dos a cuatro centímetros de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Éste tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta. Las hojas en la planta se encuentran compuestas imparipinadas con siete a nueve foliolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados con borde dentado y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo (Jaramillo, et al. 2007, p. 51).

“Las hojas se disponen en forma alternas en el tallo, constan entre siete y once foliolos y presentan pubescencia y glándulas con un olor característico” (Bonilla y Trescastro, 2000, p. 632).

Las flores pueden ser perfecta o hermafrodita, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos; tiene un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que encierra el pistilo. Esta conformación favorece la autopolinización. El pistilo está compuesto de un ovario y de un estilo largo, simple y levemente engrosado; el ovario tiene entre dos y 20 óvulos formados según la variedad, y éstos reflejan la forma del fruto que podría desarrollarse. Las flores se agrupan en racimos simples ramificados que se desarrollan en el tallo y en las ramas del lado opuesto a las hojas. Un racimo puede reunir de 4 a 20 flores dependiendo de la variedad cultivada y las condiciones de desarrollo de la planta; una variedad de fruto pequeño como cherry puede tener hasta 40 flores por inflorescencia. Las flores son amarillas y normalmente pequeñas (uno a dos cm de diámetro). 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 2-3 hojas (Jaramillo, et al. 2007, p. 51).

“El fruto consiste en una baya de colores variables, entre amarillo y el rojo, con formas más o menos globosas. Suele necesitar entre 45 y 60 días para llegar desde el cuaje hasta la madurez. Las semillas aparecen en el seno de la pulpa; son blanquecinas y de forma redondeada y aplastadas” (Bonilla y Trescastro, 2000, p. 633).

## **2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS TOMATES**

Para la clasificación de los cultivos de tomate desde el punto de vista comercial se tiene en cuenta aspectos como el hábito de crecimiento (indeterminados, semideterminado y determinados) o el más usado el número de celdas de frutos, que condiciona a la fruta por su forma, el tamaño y su aspecto externo del mismo, dentro de esta clasificación se encuentran (Jaramillo, et al. 2007, p. 52):

### **2.4.1 Tomate Cherry**

Posee únicamente dos lóculos estos tipo cherry posee frutos y tamaño muy pequeños, de 1 a 3 cm de diámetro con un peso de 10 gr, se agrupan en ramilletes de 15 o más frutos y existen variedad de colores (amarillo, rojo o naranja). Los frutos pueden ser del tipo pera o redondo. Su consumo preferente es en fresco (Jaramillo, et al.2007).

### **2.4.2 Tomate Saladett**

“Son usados más comúnmente para proceso dos o más lóculos, se caracteriza por tener gran cantidad de solidos solubles que lo hacen atractivo para su procesamiento principalmente en la producción de salsa o pastas. Su forma puede variar, desde cilíndrica a ovalada, y son de color rojo intenso” (Jaramillo, et al. 2007, p.53).

### **2.4.3 Tomate Beef**

Se producen fundamental en invernadero, estos son de gran tamaño se utilizan principalmente en salsas, en forma de rodaja y se consume maduros o verde, siendo preferidos por los restaurante. El tipo beef es de forma achatada o semiachatada, con cuatro lóculos o más y con peso promedio de 200 y 400 gr. Este tipo de tomate tiene mayor valor comercial y palatabilidad (Jaramillo et al. 2007, p. 53).

### **2.4.4 Tomate Blocky**

“Los tomate tipo blocky son de forma redonda a ovalada, levemente alongada u oblongos, con dos a cuatro lóculos y tiene con peso promedio de 70 a 220 gr. Se consume en fresco y son utilizados en la preparación de guisos o pastas” (Jaramillo et al. 2007, p. 54).

## 2.5 REQUERIMIENTO EDAFOCLIMÁTICOS

La temperatura es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza, el cultivo de tomate puede resistir durante la fase vegetativa temperaturas elevadas, siempre que la humedad relativa del ambiente no sea demasiado baja. Estas condiciones, son desfavorables para el cuajado de los frutos, momento en que la humedad relativa debe de mantenerse entre el 55% y 60%. La alternancia de temperaturas entre la noche y el día (termoperiodos) también influyen en el desarrollo vegetativo de las plantas y la maduración de los frutos. La temperatura media ideal de crecimiento está en torno a 22° C y 23° C; la actividad vegetativa se paraliza por debajo de 12° C (Bonilla y Trescastro, 2000, p. 634).

Los tomates se pueden producir en una gran variedad de suelos en la medida en que el drenaje y la estructura de los suelos sea la adecuada. La mayor parte de las masas de las raíces se concentran, normalmente en los primeros 60 cm en la zona de cultivo, el 70% del volumen total se encuentra en los primeros 20 cm de suelo. Los tomates demandan una buena nutrición, de modo que los mejores cultivos se encuentran en los suelos más fértiles con pH que varían entre 5.0-7.5, esto debido que cuando el pH cae por debajo de los 5.5 la disponibilidad de magnesio y molibdeno disminuyen, y por encima de 6.5 el zinc, manganeso y el hierro se vuelven deficientes (YARA, 2006).

Luminosidad es otro aspecto fundamental, el tomate requiere días soleados para un buen desarrollo de la planta y lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta y reduce la absorción de agua y nutrientes (Jaramillo, et al. 2007, p. 68), la cantidad de luminosidad determina la cantidad de azúcares producidas en la hoja durante la fotosíntesis, mientras más alta es la cantidad que produce de azúcares, la planta puede soportar más frutas, por lo tanto el rendimiento de tomates puede ser más alto. El tomate es sensible a las condiciones de baja luminosidad, ya que el cultivo

requiere un mínimo de 6 horas de luz directa del sol para florecer. Sin embargo, si la intensidad de radiación solar es intensa se puede producir partiduras de frutos, golpes de sol, coloración irregular a la madurez (Holwerda, 2006, p. 14).

## **2.6 FENOLOGÍA EN EL CULTIVO**

“La vida de la planta de tomate se puede subdividir en etapas, ya que la precisión en la fertilización de los cultivo se basa, en el conocimiento de cada etapa que vive la planta” (Román, 2001, p.73).

### **Latencia y Activación**

La semilla se encuentra en receso metabólico el cual termina luego de las horas frío, que rompe la organización hormonal y permanece en latencia, no existe consumo interno de agua y nutrientes. La activación, es al término de la latencia, se ha cumplido las horas frío para activar la planta la semilla, se inició el consumo de los nutrientes de reserva, ella misma se auto abastece (Román, 2001, p. 73).

### **Germinación**

En esta etapa comienza una intensa actividad celular, aparece las primeras hojas, iniciando la emisión de raíces, por lo que la absorción de agua y nutrientes en el suelo es bajo únicamente se aplican para ayudar a la planta a establecer rápidamente los órganos de relación para auto sustentarse como hojas y raíces (Román, 2001, p. 73).

### **Desarrollo**

Inicia el proceso de brotación, comienza casi simultáneamente la etapa, de desarrollo. Esta consiste en que la planta produce una gran división celular orientada a la formación, a nivel celular de todos sus órganos para distintas funciones en la planta. Los cambios visuales casi son imperceptibles en campo, pero internamente esta diseña, toda su plano arquitectura (Román, 2001, p. 74).

## **Crecimiento**

Es la etapa donde las células multiplicadas y especializadas durante la fase anterior comienzan a crecer aumentando su tamaño considerablemente. Una vez que termine el proceso de desarrollo no se da origen a nuevas células, sino solo existe aumento de un tamaño microscópico aun tamaño macroscópico (hoja, tallo y raíces). A que se inicia el aumento notable de agua diaria y de nutrientes, especialmente el nitrógeno y calcio. En esta etapa, las raíces se encuentran en su apogeo con su máxima producción diaria de materia seca (Román, 2001, p. 74).

“Esta fase ocurre entre los primeros 40-45 días, después de lo cual empieza el desarrollo continuo de fruta, seguido por 4 semanas de crecimiento acelerado” (Holwerda, 2006, p.23).

## **Floración**

Con la floración se inicia la fase reproductiva, produciendo un gran cambio hormonal interno y los nutrientes, azúcares, agua se destinan ahora a formar mayoritariamente a la flor. La planta se organiza hormonalmente para redirigir la producción de nutrientes a sus nuevos órganos, que anteriormente se concentraba en las hojas. La planta se encuentra en su máxima potencial radicular desplegada y la absorción de agua y nutrientes es el máximo. La dependencia del riego y nutrición externa llega al máximo (Román, 2001 p. 74). “Dependiendo de la variedad, la floración inicia dentro de los 20-40 días luego del trasplante y continúa durante todo el crecimiento” (Holwerda, 2006).

## **Cuaje**

“El cuaje es una etapa muy breve y marca el inicio de la etapa de fructificación o fase crítica” (Román, 2001, p.74).

## **Llenado de fruto**

Esta fase marca el inicio masivo de movilización de nutrientes, azúcares, absorción de agua y nutrientes. En esta etapa la demanda de nutrientes llega al máximo, en especial el potasio y en la primera etapa de formación de fruto el calcio. Se inicia el crecimiento

acelerado de la fruta desde el tamaño de una cabeza de alfiler hasta el tamaño máximo, se debe evitar a toda costa déficit y desordenes de nutricional, hídricos y sanitarios (Román, 2001, p. 74).

## Maduración

Es la etapa en que la fruta ha llegado a su máximo tamaño y comienza a cambiar de color. Esta etapa se caracteriza por que comienza a una acumulación decreciente de azúcares y se inicia, más bien una transformación de carbohidratos y algunos cambios fisiológicos en función de tejidos. En esta etapa la planta completa trabaja para el fruto y el potasio sigue jugando un papel estratégico en lograr calibre, dureza y grados brix (Román, 2001, p. 75).

## Cosecha

“Es el momento fisiológico en que ya comenzada la senescencia de los tejidos vegetales y el producto final está listo. La cosecha es una etapa en que normalmente no se aplica nutriente ni en fertirriego ni en sistema tradicional” (Román, 2001, p. 75).



Figura 1. Estados fenológicos en tomate de crecimiento determinado (Holwerda, 2006, p. 24).

## **2.7 DESORDENES FISIOLÓGICOS EN EL CULTIVO DE TOMATE**

“En el cultivo de tomate puede ocurrir varios desordenes fisiológicos, estas causados principalmente por condiciones medio ambientales extremas (temperatura alta o baja, humedad alta), desordenes nutricionales u otros, en las etapas más críticas de la planta” (Holwerda, 2006, p. 26).

### **2.7.1 Bufado**

El bufado se describe como fruta con porciones huecas entre la pared exterior y los lóculos y un número reducido de semillas. A la fruta bufada le falta todo el material gelatinoso que recubre a la semilla. Externamente la fruta es angular en lugar de redonda, esto es causado por condiciones ambientales, como los cambios de temperatura, baja intensidad de luz o alta intensidad de lluvia y los desbalances hormonales entre auxinas y citoquininas (Holwerda, 2006, p. 26).

### **2.7.2 Russetting (Marca De La Fruta)**

Son cicatrices cafés en la piel que pueden ser producido por condiciones de alta humedad durante el crecimiento, daños por aspersión también puede causar problemas similares o cuan ay un crecimiento excesivo de la fruta a tal punto donde la epidermis sede produciendo daños y la más usual es la cicatriz de antera es una marca vertical a lo largo del lado de la fruta (apariencia de cremallera) está causada cuando la antera se pega al borde del ovario que al desarrollar la fruta la cicatriz crece con ella, este problema es genético no es causado por algunas condiciones medio ambiental (Holwerda, 2006, p. 27).

### **2.7.3 Cat Facing (Cara De Gato)**

“Catfacing se describe como una fruta deforme debido a un desarrollo anormal, generalmente debido a las condiciones frías en la floración o en cuaje” (Holwerda, 2006, p.27).

#### **2.7.4 Blossom End Rot o Pudrición Apical**

Esta es producida por la escasez de agua que causa un crecimiento reducido y escasa absorción de calcio, conduciendo a un desequilibrio por deficiencia, que se muestra en la fruta como Blossom end Root, que no es más que la podredumbre apical de los frutos de tomate y perdiendo racimos completos de tomate (Holwerda, 2006, p. 15).

#### **2.7.5 Manchado de la fruta**

El manchado de fruta o madurez irregular de la fruta de tomate está caracterizado por áreas verdes, amarillas verdosas o naranjas sobre el fruto rojo aparente mente normal. Esta mancha esta confinada no solo a las partes internas sino a su exterior. Las áreas inmaduras o decoloradas de la fruta contienen menos ácido orgánico, materia seca, solidos totales, almidones, azúcares y compuestos nitrogenados, en la parte interna de la fruta poseen color verdoso, tornándose color blanco al madurar. Las causas exactas de este desorden se desconoce (INIA, 1992, p. 20).

“Algunas de las causas que se le atribuyen al manchado de la fruta en tomate, se encuentra, problemas por daño de virus, por cambios medio ambientales y por problemas nutricionales” (Bayer, 1998, parr. 5).

#### **Manchado por virus**

“Algunos de los virus a los que se le atribuyen el manchado de fruta se encuentran el virus del bronceado (TSWV). Virus del mosaico del tabaco (TMV) y al virus de la pera melón (PepMV)” (Bayer, 1998, parr. 5).

El virus del pera melón (PepMV) se ve en la planta de tomate los cuales muestran síntomas de este virus los cuales son más potentes en las épocas frías y con poca luminosidad del invierno. En los frutos los mosaicos se presenta en forma de jaspeados en diferentes tonalidades, desde el naranja al rojo causando deformación y rugosidades (Bayer, 1998, parr. 12).

El virus del bronceado (TSWV), transmitido por el trips provoca síntoma visible en pequeñas manchas, anaranjado - amarillas en las hojas más viejas que más tarde en las hojas se desarrollan pequeñas manchas oscuras más o menos circulares, que les dan una apariencia bronceada. Los crecimientos en las puntas de las hojas pueden morir conforme la enfermedad progresa. Las Fruta suelen mostrar un característico anillado concéntricos verdes, amarillas y rojas, ligeramente elevadas, aunque algunas cepas pueden causar necrosis severa (Bayer, 1998).

En el tomate el virus del mosaico del tabaco (TMV) provoca síntoma en alteraciones de la forma y color de los folíolos, con áreas cloróticas de color verde normal y verde oscuro, apareciendo rizados o con aspecto liforme. El crecimiento de la planta se reduce, así como el tamaño y el número de frutos, también se puede observar la caída de flores. Cuanto más precoz es la infección, mayor es la repercusión en la producción (Bayer, 1998, parr. 20).

### **Manchado de fruto por problemas ambientales**

Otro de los factores que incide en los desórdenes que no permiten la madurez uniforme del fruto del tomate son los cambios ambientales, luminosidad y temperaturas bajas constantes, provocan irregularidades en la pigmentación del fruto así como retraso en la madurez y disminuye la palatabilidad, presentándose pérdidas de color en ciertas áreas del fruto durante el proceso de maduración en algunas áreas no adquieren el color rojo característico sino que forman coloraciones bronceadas, las manchas no son uniformes extendiéndose en gran parte del fruto (Jaramillo et al 2007).

### **Manchado de fruto por desórdenes nutricionales**

Muchos de los desórdenes fisiológicos se le atribuyen al mal manejo, distribución y al desbalance de los nutrientes, ya que la nutrición vegetal balanceada conducirá a una madurez uniforme y de taño similar, el cultivo de tomate la Madurez uniforme significa que todos los frutos alcanzan la madurez al mismo tiempo (Holwerda, 2006, p. 25).

La FAO (1990, p. 193), describe que las fisiopatía en el fruto se le atribuye a problemas con el elemento potasio, ya que el desbalance en la etapa de fructificación del cultivo

es debido a que este elemento es de gran importancia dentro de la fisiología del cultivo e influye en una serie de factores dentro del fruto tales como: compacidad, color, sabor y resistencia al transporte.

La compacidad del fruto depende tanto del patrimonio genético, como de las condiciones del cultivo. Las altas temperaturas en invernadero favorecen el reblandecimiento del fruto. Por lo que la temperatura debe ser inferior a los 30°C y además contar con un buen manejo del riego y una relación de potasio y nitrógeno (FAO, 1990, p. 193).

La coloración del tomate debe ser lo más homogénea posible, con un pronunciado color rojo clásico, que se debe al contenido de licopeno del cual es responsable el potasio, pero hay frutos que llegan a la madurez sin contar con su pigmentación uniforme, el manchado de fruta es una coloración anómala, que se caracteriza por la presencia de zonas verdes o amarillas en la superficie del fruto maduro, este fenómeno parece estar relacionado con la deficiencia y a la mala distribución de potasio y boro dentro de la fertilización. Otra alteración del color consiste en la aparición de un cuello amarillo en el fruto maduro cuando las temperaturas son muy elevadas (por encima de los 25°C) y los niveles de fertilización de potasio son deficientes. Otra de las fisiopatías que se caracteriza por producir una maduración irregular a lo largo de la superficie de la fruta y la aparición de una mancha amarilla en forma de estrella (FAO, 1990, p. 285).

“Se ha demostrado que la relación N/K alta muestran poco problema de manchado de fruto, cuando el nitrógeno se eleva y se excede influye en la madurez del fruto ya que esta no es homogénea” (Alarcón, 2002, p. 18).

Mikkelsen (s.f., p. 2), demuestra en sus estudios efectuados con tomates de procesamiento el alto requerimiento de potasio, debido a que la absorción de potasio por el cultivo puede ser superior a 390 kg/ha y la mayoría de este potasio se remueve en la fruta, debido que para la industria es importante un color uniforme en la fruta, además cita que en los estudios realizados por Lachover (1972), reportaron que la fertilización con potasio incrementa el rendimiento de frutas y el contenido de sólidos, inclusive en suelo con alto contenido de potasio y la incidencia del manchado de fruta en parches externos e internos se redujo con el incremento del suplemento de potasio.

La fertilización con este elemento influye en el rendimiento y el color de tomate para procesamiento. Los resultados sugieren aumentar la aplicación de potasio para obtener el máximo rendimiento y que el color de la fruta sea óptimo.

## **2.8 NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE TOMATE**

Román (2001, p. 80), se refiere a la nutrición como el conjunto de procesos mediante los cuales los vegetales toman sustancias del exterior y las transforman en energía y materia. Debido a que las plantas son autótrofas, capaces de utilizar energía de la luz solar para sintetizar todos sus componentes de dióxidos de carbono, agua y elementos minerales. Estudios en nutrición vegetal han demostrado que los elementos minerales específicos son esenciales para la planta y que algunos de los trastorno nutricionales pueden ocurrir debido a el déficit de uno de ellos.

Según Nelson (1998) citado por Romero (2010, p.1), dice que las plantas requieren de 16 elementos para cumplir con sus funciones de crecimiento y reproducción. Se denominan esenciales por que la ausencia de cualquiera de ellos no permite que la planta complete sus fases vegetativas o reproductivas. De estos elementos esenciales, el carbono (C), hidrogeno (H) y el oxígeno (O), representan el 89% del contenido total de nutrientes dentro de la planta y se obtiene naturalmente del agua y la atmósfera, ocasionalmente se suplementa CO<sub>2</sub> en invernaderos para incrementar la fotosíntesis.

Según la clasificación de los elementos por su importancia en la planta, se nombra a él nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) como macronutrientes y representan el 10.5% del contenido total de nutrientes en las plantas. De estos, el N, P y K en los elementos primarios y se incluyen en la mayoría de fertilizantes, mientras que Ca, Mg y S se clasifican en los elementos secundarios y no siempre se incluyen dentro de las fórmulas de fertilizantes, el hierro (Fe), manganeso (Mn), cloro (Cl), boro (B), zinc (Zn), Cobre (Cu) y molibdeno (Mo) se conoce como macronutrientes porque se requiere en cantidades muy pequeñas y constituyen solamente el 0.5% del contenido de nutrientes en la planta (Romero, 2010, p.1).

“Existen tres formas por las cuales los nutrientes se mueven en el suelo para llegar a la raíz: flujo de masa, difusión e intercepción radicular” (Romero, 2010 p. 3).

Flujo de masa es el movimiento de nutrientes promovido por el flujo de agua hacia la raíz causando por la transpiración de plantas. Este flujo es afectado por el consumo de agua por la planta y por la concentración en la solución en el suelo. Días nublados con alta humedad relativa, que reduce la transpiración, o condiciones de falta de agua puede ocasionar deficiencia del nutriente que se mueve por este mecanismo, a pesar de que se encuentre en nivel adecuado en el suelo. Este mecanismo mueve a las nutrientes distancias más largas que los demás mecanismos. Los nutrientes que llegan a la raíz por flujo de masa son: N-NO<sub>3</sub>, Ca, Mg, S, B y Mo (Romero, 2010 p. 2).

Difusión es el movimiento de nutrientes a corta distancias (mm) que se producen de un área de mayor concentración en el suelo a una de menor concentración, a medida que las plantas van absorbiendo de los nutrientes de la suelo, la concentración de estos se deprime formando un gradiente de concentración que mueve los nutrientes de las zonas de alta concentración hacia las raíces. Las condiciones de suelo que afectan este mecanismo son temperaturas, humedad y textura, además de la magnitud del gradiente que depende del área radicular absorbente. Los nutrientes que llegan a la raíz por difusión son: P, K, Fe, Cu, Mn y Zn (Romero, 2010, p.4).

Intercepción radicular es el intercambio de iones a través del contacto físico entre las raíces y las superficies minerales del suelo. La magnitud de intercepción depende del volumen o masa de raíces. A pesar de que existe un sistema radicular extenso, solo una pequeña fracción de la masa total del suelo está en contacto con la raíz (1-2 % del volumen del suelo), los nutrientes que llegan a la raíz por intercepción radicular son: Ca, Mg, Fe, Mn y Zn (Romero, 2010, p.4).

Además Román (2001 p. 84), se refiere a la Nutrición Vegetal como el área de la agronomía que estudia los procesos biológicos, químicos y bioquímicos asociados a la dinámica y uso de los nutrientes minerales que las plantas necesitan para la construcción de sus tejidos vegetales y la realización de sus funciones metabólicas, esto debido a que los nutrientes vegetales se encargan de proponer las cantidades,

tipo, combinación y distribución de los nutrientes durante el ciclo vegetativo, para lograr los objetivos de rendimiento, calidad y sustentabilidad de los sistemas productivos. La planta utiliza elementos (átomos) para construir sus tejidos y cumplir con sus necesidades metabólicas. Ya que cada uno de los nutrientes cumple funciones específicas, únicas e irremplazables en la vida de la planta, el concepto de esencialidad dice que todo elemento en cuya ausencia la planta no pueda cumplir con su ciclo vital, tiene carácter de esencial.

Una nutrición completa y balanceada se interpreta por medio de la Ley del Mínimo de Leibig, que dice que cualquiera de los elementos esenciales que falte o esté bajo del mínimo pasa a ser el elemento limitante para una mayor productividad, no basta que exista abundancia de los demás nutrientes, basta que uno esté bajo el mínimo y el sistema llega a su tope de producción (Román, 2001, p. 84).

De acuerdo a Landis (1989) “citado por Alarcón (2002, p. 12), los macroelementos que inciden en la nutrición de las plantas son”:

### **2.8.1 Nitrógeno (N)**

Alarcón (2002, p. 20) toma al nitrógeno como un elemento esencial para todos los seres vivos. Debido a que es un componente de las proteínas y está presente en la mayoría de las combinaciones y estructuras orgánicas de las plantas. La importancia y esencialidad del nitrógeno se demostró definitivamente sino hasta 1847, por Lawes y Gilbert, fundadores de la Estación Experimental de Rothamsted. Hoy en día está suficientemente demostrado, que el nitrógeno constituye el factor limitante más común en el crecimiento de las plantas.

Las raíces absorben el nitrógeno de dos formas, la nítrica y la amoniacal. Algunos factores como la edad de la planta, la especie, el pH del suelo, la composición del mismo, determina la absorción de una u otra forma. El nitrógeno en su forma amónica, reduce la absorción de calcio y magnesio. El nitrógeno que es absorbido bajo su forma nítrica no puede ser directamente utilizado por la planta, es necesario para lo cual su reducción a la forma amónica, para posteriormente ser incorporado como constituyente

de los diferentes compuestos nitrogenados que integran el organismo vegetal. Este elemento constituye el 2% en peso seco de las plantas. Los mayores contenidos de nitrógeno en la planta se encuentran en los tejidos jóvenes, es estos el porcentaje suelo oscila entre 5.5 y 6.5% en peso seco. A medida que la planta avanza en edad aumenta el porcentaje de celulosa lo que implica que la relación Carbono y nitrógeno se eleve (Alarcón, 2002, p. 20).

Algunas de las deficiencia que Alarcón (2002, p. 23) cita, es la manifestación de plantas raquílicas, el desarrollo de un sistema vegetativo pequeño y que las hojas permanecen pequeñas, rígidas y de un color verde amarillento. El peciolo se acorta, los nervios aparecen más pronunciados. La floración es muy escasa si la deficiencia es severa. Debido a que estos elementos son muy móviles dentro de la planta las deficiencias se demuestran principalmente en las hojas bajas, ya que ocurre un desplazamiento hacia las hojas y brotes jóvenes, dando además que la fruta madure en una forma acelerada y que el rendimiento decaiga.

### **2.8.2 Fósforo (P)**

Alarcón (2002, p. 30) cita la esencialidad de fósforo, que “fue estudiada por Boussingault en 1834 quien primero sugirió la esencialidad del fósforo y reconfirmada por Leibig, siendo ratificado por los trabajos de Lawes, Gilbert y Salm-Horstmar vinieron a ratificar estas apreciaciones. La mayor parte del fósforo presente en el suelo no es aprovechable por las plantas debido a su insolubilidad, ya que para que pueda ser asimilado, debe de estar como  $H_2PO_4$  o como  $HPO_4^{-2}$  en disolución del suelo”.

El fósforo en concentración en la solución del suelo es muy baja, esto debido a que los fosfatos reaccionan rápidamente formando compuestos menos solubles debido a procesos de fijación y precipitación. La fijación ocurre en suelos tropicales viejos y en suelos de origen de ceniza volcánica, que están dominados por arcillas que activan el Fe y Al, que reaccionan fuertemente con la energía que retienen completamente el P. Mientras que el proceso de precipitación ocurre cuando los iones de ortofosfato forman fácilmente iones con el Al y Fe en el suelo de pH ácido, y con el Ca en suelos alcalinos, forman compuestos poco solubles que precipitan en el suelo (Romero, 2010 p.22).

La mayor parte del fósforo se absorbe como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y en menor proporción  $\text{HPO}_4^{2-}$ , la primera forma se absorbe 10 veces más rápido, aunque depende mucho del pH del suelo. En la planta, el fósforo mayoritariamente se encuentra formando parte de combinaciones orgánicas como lecitinas, ácidos nucleicos, fitina (sal cálcica de inositol hexafosfato muy importante en semillas) y numerosos coenzimas. Una parte importante también se encuentra en forma iónica libre, el 75% del mismo en las vacuolas desde donde se moviliza. Además de compuestos fosforados del almacenamiento y el transporte de la energía, que son tres derivados de la adenosina: adenosin monofosfato (AMP), adenosin difosfato (ADP) y adenosin trifosfato (ATP) (Alarcón, 2002, p. 31).

El fósforo en la planta fomenta la extensión de las raíces, así como su ramificación lateral (branching). Además de ser constituyente de numerosos compuestos imprescindibles en el metabolismo vegetal y del papel desempeñado en la síntesis de proteínas (ácidos nucleicos), acumulación y transferencia de energía vía ATP. Estimula la brotación de meristemas en la planta en especial raíces. También promueve la formación de semillas y aporta energía durante la fotosíntesis y transporte de carbohidratos (Román, 2001 p. 84).

Alarcón (2002 p.32) define algunas deficiencias de fósforo en la fisiología de la planta como, la manifestación en las hojas cuando se muestran más delgadas, erectas y de menor tamaño, y con las venas poco pronunciadas. Los tejidos deficientes en fósforo toman tonalidades violetas o púrpura, debido a la reducción en la síntesis proteica que provoca un incremento relativo de azúcares, lo que promueve la síntesis de antocianinas. Al ser un elemento bastante móvil en la planta, los síntomas de deficiencia ocurren primero en la formación de semillas y menor crecimiento de general, flores, hojas, frutos y yemas.

### **2.8.3 Potasio (K)**

La esencialidad del potasio fue puesta de manifiesto en las célebres experiencias de Salm-Horstmar con disoluciones nutritivas. Unos años después, los trabajos de Birner y Lucanas, y poco después de Nobbe, ratificaron al potasio como elemento esencial para las plantas. El potasio es absorbido por las raíces bajo la forma  $\text{K}^+$ . Su contenido

fluctúa bastante dependiendo de la especie y el órgano considerados. En hortalizas se pueden alcanzar niveles foliares del 5% sobre materia seca. (Alarcón, 2002, p. 36).

El potasio es el nutriente de mayor importancia, cualitativa y cuantitativa en la producción moderna del cultivos, especialmente en síntesis de producción intensiva de fruta, hortalizas, flores y forraje. Las funciones claves en la planta son: Activador de más de 60 complejos enzimáticos. Regulación osmótica, el potasio actúa como regulador de la presión osmótica celular, hace disminuir la transpiración y contribuye a mantener la turgencia celular, transporte de azúcar desde las hojas al fruto y al proceso de fotosíntesis, aumenta la actividad fotosintética, asegurando una mejor utilización de la energía luminosa, fundamentalmente al promover la existencia de un pH estable y óptimo (Alarcón, 2002, p. 37).

Bewley y Whitw (1996) citados por Holwerda (2006, p. 32) toman el elemento potasio como un elemento importante dentro de la fisiología del fruto ya que es responsable por la síntesis de licopeno que da el color rojo a los frutos, debido a que el aumento de niveles de potasio en tomate reduce la incidencia de desórdenes en maduración.

Holwerda (2006, p. 46) demuestra que los desórdenes fisiológicos por deficiencia de potasio en el cultivo de tomate se muestran en plantas jóvenes que tienen hojas verdes oscuras, tallos pequeños o entrenudos cortos, además cita el estudio de "Hewit (1944) en el cual menciona que las frutas presentan manchas en la maduración, siendo irregular, y son insípidas (sin sabor) y carentes de acidez. Mientras que Wallace (1951) menciona que el fruto en su superficie puede presentar áreas verdes y amarillas que emergen en el color rojo".

#### **2.8.4 Calcio (Ca)**

La aceptación del calcio como elemento esencial data de las experiencias con disoluciones de Salm-Horstmar y Sach y Knop, a mediados del siglo XIX. Es absorbido como  $\text{Ca}^{+2}$ . En las plantas jóvenes, se encuentra preferentemente en el protoplasma y en las membranas celulares, mientras que en las adultas, se encuentra principalmente en vacuolas, formando oxalato cálcico. El calcio en la planta se encuentra en mayor

proporción en hojas y tallos que en semillas y frutos. Alarcón (2002, p. 43) cita dentro de su investigación que el calcio, a pesar de estar presente en ciertas cantidades en forma soluble dentro de la planta, no se desplaza fácilmente, ya que es absorbido pasivamente, transportado vía xilema y apenas retransportado vía floema, esta es la causa de las fisiónarias por deficiencia de calcio como el “Blossom end Rot” de tomate que es la podredumbre apical de la fruta.

Horwerda (2006) menciona que la deficiencia de calcio se presenta en la muerte de los puntos de crecimiento y yemas florales que no desarrollan. Otra de las deficiencias por la mala movilidad es, en las hojas más jóvenes se tornan café y en algunas áreas intervénegales se tornan amarilla. El calcio dentro de las funciones de la planta, tiene tres funciones principales: Mantener la integridad de la membrana celular, también se encuentra en el centro de los mecanismos de defensa de la planta, que ayuda a detectar y reaccionar contra el stress externo. Es esencial para las paredes celulares, ya que el 90% del calcio se encuentra en las paredes celulares, sin el calcio se retiene el desarrollo de nuevos tejidos, es responsable de la firmeza del fruto de tomate y retarda la senescencia resultado en las hojas duraderas capaces de continuar el proceso de la fotosíntesis.

### **2.8.5 Magnesio (Mg)**

Liebig en 1843 citado por Alarcón (2002, p. 46), “propone al magnesio como elemento esencial para las plantas. Los posteriores trabajos de Salm-Horstmar, Sachs y Knop y Raulin, confirmaron su esencialidad”.

Se absorbe como  $Mg^{+2}$ , estando presente en la planta con un contenido total medio en torno al 0.5% sobre peso seco. Es constituyente de la clorofila esencial en la pigmentación, se menciona que del 15-20% del magnesio de las hojas se encuentra formando parte de la molécula de la clorofila, además cerca del 70% se encuentra asociado a aniones inorgánicos y orgánicos, es constituyente de la fitina que es un compuesto importante en la semilla y activa más enzimas que cualquier otro elemento en la planta (Alarcon, 2002).

“El magnesio es particularmente importante para asegurar una maduración pareja con frutos bien formados” (Yara, 2006).

En el magnesio las deficiencias son débiles, siendo raros los casos de una deficiencia extrema. Un aporte excesivo de potasio y la falta de un adecuado suministro de nitrógeno con la correspondiente acumulación de fósforo, puede inducir una deficiencia de magnesio. A diferencia del calcio, el magnesio es muy móvil dentro de la planta, pudiéndose trasladar de las hojas más viejas a las hojas más jóvenes, por lo que los síntomas se presentarían en hojas adultas, mostrándose zonas cloróticas simétricas en el limbo de la hoja, necrosando con rapidez, además la posterior caída de las hojas afectadas, quedando únicamente las hojas de los extremos superiores de las ramas. El exceso de magnesio dentro de la planta puede resultar en desequilibrio, mostrándose en forma de deficiencia de calcio y/o potasio. Ya que un aumento excesivo de uno de los elementos, calcio, potasio o magnesio, aumentan el desequilibrio entre nutrientes y muestran la deficiencia de los dos con menor concentración. (Alarcón, 2002, p. 47).

### **2.8.6 Azufre (S)**

La esencialidad del elemento azufre según Alarcón (2002), “cita que se propuso en el trabajo de Saussure en 1804, aunque se reconoció en definitiva de su esencialidad en 1860 con las experiencias con disoluciones nutritivas de Salm-Horstmar y Sachs y Knop”.

El azufre es absorbido por la planta, casi exclusivamente bajo la forma sulfato  $\text{SO}_4^{-2}$ . En pequeñas cantidades, también puede ser absorbido del suelo como sulfito ( $\text{SO}_3^{-2}$ ) y de la atmósfera como  $\text{SO}_2$  por las hojas. Las funciones principales en las que interactúa el azufre con plantas, se encuentran: Biosíntesis de los aminoácidos azufrados cisteína, cistina, metionina y por lo tanto el azufre resulta esencial en la síntesis de proteína. Es constituyente de las ferredoxinas vitales en el proceso de fotosíntesis y en la formación de fitoquelatina, compuestos con elevado número de residuos de cisteína que forman compuestos con metales pesados y previene su toxicidad (Cd, Cu, Zn). Participa en la biosíntesis de lípidos, clorofila, carotenos y ácidos orgánicos (Alarcón, 2002, p. 40) La deficiencia de azufre en la planta, tiene una apariencia a la deficiencia de nitrógeno, sin

embargo comienza en las hojas jóvenes, ya que el azufre no es tan móvil como el nitrógeno en la planta (Holwerda, 2006, p. 32).

## **2.9 FERTILIZACIÓN**

Según Green Wood (1983) citado por Avitia, Castillo, Corona, Valdez, y Gómez (2008), menciona que uno de los factores fundamentales que permite el control de la producción y calidad de un cultivo es la fertilización, la cual debe ser ajustada a cada especie y condición de crecimiento. Los programas actuales de fertilización deben basarse en la demanda nutricional de los cultivo está dada por su producción de biomasa y la concentración de nutrientes en la planta o requerimiento interno. Ya que la curva de extracción nutrimental determina la cantidad de nutrientes extraídos por una planta, a través de su ciclo de vida.

“Una buena recomendación de fertilización debe entregar al cultivo la suficiente cantidad de nutrientes, en un balance adecuado, para que el cultivo tenga un óptimo desarrollo, diferenciación y maduración. Si se utiliza todas las prácticas adecuadas de manejo y el clima no es límite” (Romero, 2010).

Bonilla y Trescastro (2000 p. 634) proponen que para estimar cual es la dosis a aplicar en la fertilización de los cultivos hay que tener en cuenta una aserie de condiciones previos. Por un parte la agricultura, como cualquier otra actividad económica, persigue la obtención del máximo rendimiento con el mínimo de requisitos. La influencia además de factores genéticos, ambientales, biológicos y culturales, en suma no es utilizar una fertilización muy abundante si la planta en cuestión no tiene capacidad para responder a ella.

Calcular cuales son las necesidades en nutrientes de las plantas, es cada vez más, un aspecto importantísimo para la rentabilizar la aplicación de fertilizantes. La dosis del fertilizante debe de calcularse de modo que cubra las necesidades que plantee el cultivo y mantenga o mejore la fertilidad del suelo. Para calcular la dosis de fertilización, en una primera fase se prever cual van hacer la extracción de los cultivos (demanda del cultivo); Después tendrá que realizar un seguimiento del contenido de minerales de

suelo (análisis de suelo) y por último la selección del fertilizante (Bonilla, y Trescastro. 2000, p. 634).

Dentro de su investigación Román (2001, p. 109), menciona que la demanda del cultivo, se entenderá como la cantidad de nutrientes contenidos en los tejidos que serán exportados del terreno. No se considera hojas, tallos, flores, raíces, lo que quedan finalmente en el suelo, lo cuales se reciclan y finalmente entran en equilibrio con el suelo. La demanda de se obtiene por la relación entre la cantidad de materia seca producida por hectárea del fruto o tejido a cosechar por la concentración de nutrientes en dicha materia seca. La demanda de extracción de nutrientes para el cultivo de tomate ha sido determinada, generando los valores que presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Dosis referencial de uso nutrientes para el cultivo de tomate (kg/ha).

Hortaliza	Rendimiento ton/ha	N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	CaO	MgO
Tomate	100-120	250	150	420	50	95	60

(Roman, 2001).

La dosis totales de los nutrientes para fertirriego se calcula directamente por la formula balanceada, donde la dosis de un nutrimento puede estimarse a partir del conocimiento de la demanda del cultivo, la cual está en función del rendimiento esperado en un agroambiente específico; de la cantidad de nutrimento que aporte del suelo y que puede suministrar durante el ciclo de cultivo y de la eficiencia con la que el cultivo puede aprovechar el nutrimento que se aplica al suelo como fertilizante. Esta última es afectada por las características del sistema radical de la planta, por la técnica de manejo del cultivo y la de aplicación del fertilizante (Roman, 2001).

Dosis de nutriente= (Demanda del cultivo – Aporte del suelo)

Eficiencia del fertilizante

El aporte del suelo se determina mediante el análisis de suelos que es una herramienta que se utiliza como referencia para el manejo de la fertilidad, ya sea para determinar deficiencias y necesidades de fertilización, así como para monitorear la evolución de la disponibilidad de nutrientes en el suelo. El análisis permite uso correcto tanto de fertilizantes químicos y orgánicos como de enmiendas (Jaramillo, et al. 2007, p. 95).

Luego de haber calculado las necesidades totales de extracción de nutrientes del cultivo de tomate y de haber deducido las cantidades de nutrientes presentes en el suelo por medio de la interpretación del análisis de suelo, disponibles para la nutrición del cultivo, se debe de distribuir los nutrientes por fase fenológica ya que se debe de mantener el rango de dosificación que no exceda los requerimientos en el cultivo y proporcionando a la planta los elementos que demanda (Holwerda, 2006, p. 37).

Dumas (2005), “citado por Holwerda (2006, p. 37), describe la absorción de N-P-K durante el ciclo de crecimiento de tomate cultivado al aire libre en el sur-este de Francia para un rendimiento de 90 ton/ha”.

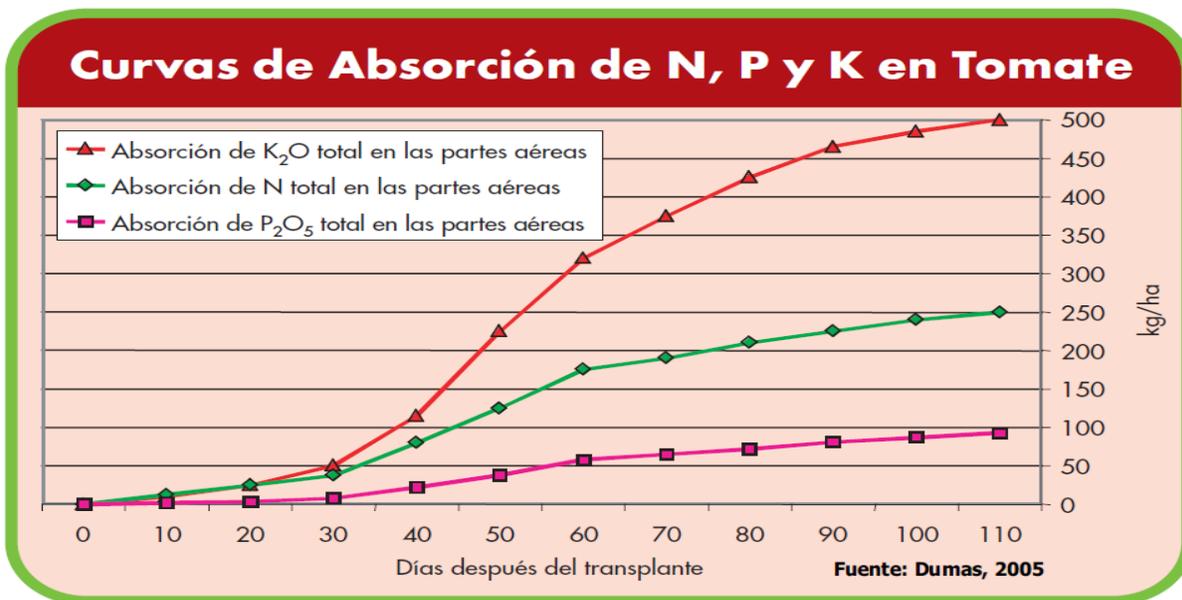


Figura 2 . Absorción de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  en las partes aéreas con un rendimiento de 90 ton/ha de tomate al aire libre (Holwerda, 2006).

Cuadro 4. División de nutrientes por etapas fenológicas expresadas en porcentaje.

Etapa fenológica	DDT	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O%	CaO%	MgO%	S%
Trasplante	0-14	5	17	5	5	5	5
Desarrollo	15-28	12	17	7	15	20	20
Floración y cuaje de fruta	29-42	20	17	17	20	20	20
Cuaje a formación de fruta	43-63	20	16	20	20	20	20
Formación de fruta	64-84	17	17	18	20	20	20
Cosecha	85-112	17	16	18	15	15	15
Terminó de cosecha	113-140	9	0	15	5	0	0
	Total	100	100	100	100	100	100

(Holwerda, 2006).

Criterios para la elección de fertilizantes, ya que los fertilizantes minerales son compuestos que proporcionan nutrientes para la planta. Se menciona que la nomenclatura que se utiliza para reafirmarse a fertilizantes y tipo de fertilizantes es diverso y se puede resumir de acuerdo a los siguientes criterios: según los nutrientes, la época de aplicación, forma de aplicación y su eficiencia en campo. Los mercados en la actualidad ofrecen una amplia gama de fertilizantes, a continuación se menciona una clasificación de criterios para la selección que satisfaga nuestras necesidades: estado físico (sólido o líquido), composición química, solubilidad, reacción al pH y eficiencia en el suelo (Bonilla y Trescastro, 2000, p. 633).

### 2.9.1 Fuente de fertilizantes

Molina y Meléndez (2003, p. 20) define que los fertilizantes son materiales que contienen nutrientes para la planta y que son aplicados generalmente a través del suelo, agua o aspersiones foliares. La mayoría de los fertilizantes que se utilizan en la agricultura moderna y en particular en ambientes protegidos son productos de origen químicos. Entre las presentaciones de los fertilizantes más usuales están los descritos a continuación.

## **Fertilizantes granulados**

Fertilizantes en el cual las partículas están constituidas por gránulos de diámetro variable que oscilan generalmente entre 2 y 4 milímetros. En general, el termino granular no implica un proceso específico para obtener la granulación, ya que esta puede lograrse mediante la agregación de partículas pequeñas, fraccionamiento y tamizado de fragmentos grandes y control del tamaño del cristal en los procesos de cristalización. los fertilizantes granulados pueden ser de mezcla física o composición química, donde los de mezcla física son los que provienen de una mezcla mecánica de dos o más materiales y difieren de los fertilizantes de composición química en que no media reacción química alguna. Las partículas de los fertilizantes granulados deben tener suficiente estabilidad mecánica, esto con el objeto de mantener un comportamiento normal durante las labores de manipuleo, sin que los gránulos se rompan y formen polvo. Dentro de los fertilizantes de origen químico la solubilidad es una propiedad fundamental, es en ella donde reside la mayor o menor disponibilidad de los nutrientes, pero para los fertilizantes granulados esta cualidad es baja (Guerrero. 1981, p. 20).

Es muy importante en el control de la tasa de liberación del fertilizante en el suelo, los fertilizantes con baja solubilidad en agua pueden tener un tamaño de partícula más fino para asegurar su disolución y un mejor aprovechamiento por las plantas. La tasa de liberación es inversamente proporcional al tamaño de la partícula, fertilizantes de alta solubilidad presentan un tamaño de partículas mayor, como los nitrogenados. Los fertilizantes fosfatados con un tamaño de partícula mayor de 5 mm, aumentan su eficiencia en suelos altamente fijadores de fósforo. Solubilidad de los fertilizantes granulados depende de factores como la disponibilidad de agua en el suelo, las características físicas y químicas del suelo, la temperatura del suelo y la tecnología de los fertilizantes aplicados (Molina y Meléndez, 2003, p.23).

## **Fertilizantes hidrosolubles**

Estos son de materia prima mineral cristalizada de origen natural o sintetizado industrialmente, que contienen uno o dos nutrientes esenciales para los cultivos.

Normalmente se trata de una o dos moléculas compuestas por un catión y un anión (ej. Nitrato potasio,  $KNO_3$ , catión K más anión  $NO_3$ ) o sus mezclas. Estas materias se pueden unir dando origen a los fertilizantes solubles N-P-K, los cuales se pueden incluir una gama completa de nutrientes que los cultivos necesitan. La solubilidad en estos fertilizantes se describe como electrolitos fuertes, es decir se solubilizan al 100%, en este concepto influye la pureza de las sales fertilizantes, la cual incide en los insolubles y en las impurezas (Román, 2001, p. 91). Romero (2010) describe a los fertilizantes solubles que en su mayoría son de reacción endotérmica (absorben el calor) y producen frío al mezclarlo con agua.

El uso de fertirriego por medio de la implantación de fertilizantes hidrosolubles, se ha visto un incremento en la eficiencia de uso de los nutrientes en el cultivo, ello se debe a que estos son inyectados directamente al sector donde se encuentran el 90% de las raíces. Para el caso del fósforo donde se avisto movilidad de hasta 15 cm de profundidad, respecto al método convencional que se moviliza 1-2 cm/año. Además de señalar, que los nutrientes son más efectivos en llegar a las raíces y ser absorbidos, disminuyendo perdidas por volatilización, lixiviación y adición a las arcillas, aumenta su disponibilidad ya que se encuentran como solutos disueltos en agua, además esto dependerá de las condiciones edáficas del área cultivada (Roman, 2001, p. 111).

Cuadro 5. Comparación rangos de eficiencia aproximada de los usos de nutrientes en fertirriego con respecto a fertilizantes tradicionales (granulados).

Nutrientes	Fertilizantes granulado Rango %	Fertirriego Rango %
Nitrógeno	15-50	50-80
Fosforo	5-30	30-40
Potasio	30-40	40-60
Azufre	20-50	50-80
Calcio	30-40	40-60
Magnesio	30-40	40-60
Micro nutrientes	5-50	30-60

(Roman, 2001)

## **Fertilizantes de liberación controlada**

Carrasco (2002, p. 1) “menciona que dentro de las nuevas tecnologías en fertilizantes se encuentra los fertilizantes liberación lenta y los fertilizantes liberación controlada; dentro de estas nuevas tecnologías” se dividen en:

### **Fertilizantes de liberación lenta**

Son derivados de la condensación de la urea recubierta por una sal de azufre que inhiben la nitrificación, estos para su disponibilidad tienen que ser susceptibles al ataque microbiano y consecuentemente su descomposición, estos para ingresar dentro de esta clasificación deben cumplir con las siguientes características (medidas a una temperatura de 25°C): no más de 15% de liberación dentro de las primeras 24 horas, el 75% de su liberación en 28 días; pero la tasa, patrón y duración de liberación no son bien controladas (Paredes, 2014, p. 13).

### **Fertilizantes de liberación controlada**

Paredes (2014, p. 15) describe a los fertilizantes de liberación controlada como fertilizantes recubiertos o encapsulados por polímero orgánico, cita además a Shaviv (2001) quien menciona que se les denomina así porque los factores tasa, patrón y duración de la liberación son bien conocidos y controlables, únicamente son afectados por humedad, pH y principalmente la temperatura. Trenkel (2010) en su cita describe que estos fertilizantes pueden encontrarse como gránulos revestidos de polímeros hidrófobos a base de resina, este recubrimiento se prepara por polimerización “in situ” resultados de un polímero hidrófobo reticulado, estos polímeros normalmente se conoce como “thermosetting” que significa que se degradan al calentarse, una de las principales familias de esta resina son las resinas alquídicas que se encuentran en productos como Osmocote y Agrocote, la liberación de elementos de estos ocurre mediante la penetración de agua en forma de vapor, a través de la capa de los poros microscópicos que posee y aumenta la presión osmótica del núcleo recubierto, expandiendo la capa del polímero, cuando esto ocurre aumenta el tamaño y la cantidad de microporos, permitiendo que el fertilizante se disuelva lentamente

conforme el agua atraviesa el recubrimiento, por lo cual libera los nutrientes a través de esto. El recubrimiento alquídico proporciona un buen control sobre la composición y espesor de la resina, lo que permite controlar la tasa y el patrón de liberación de fertilizantes.

Según Shaviv (2001) y Mikkelsen (1994) citados por Paredes (2014, p. 17) mencionan que los fertilizantes de liberación controlada permiten aplicar grandes cantidades a la planta, son diseñados para proporcionar un buen control sobre la liberación de nutrientes en los suelos y para que coincida con la demanda que tienen las plantas en determinado estado fenológico; con lo cual su propósito es proporcionar una alta eficiencia en el uso de nutrientes y que se minimice los efectos adversos sobre el ambiente por pérdidas por lixiviación y/o volatilización.

El Centro de Investigación Agrícola –CIA- (2013, parr. 23), menciona que uno de los objetivos de la fertilización es proveer a la plantas los elementos necesarios para su desarrollo en forma ágil y eficiente, siguiendo el ritmo de crecimiento y absorción de elementos de acuerdo con su estado fenológico. Sin embargo los métodos de fertilización no siempre garantizan que la planta tenga acceso a los nutrientes en forma oportuna debido a que estos están expuestos a una serie de mecanismos en el suelo que afectan su disponibilidad, algunos de estos procesos inciden en la pérdida de nutrientes y en la eficacia de los fertilizantes, tales como la erosión, lixiviación, escorrentía volatilización, desnitrificación, fijación. Para reducir las pérdidas e incremento de la eficiencia, el fertilizante ideal debería ser aquel que: requiera una sola aplicación y que a partir de ella suministre los nutrientes que demanda, que presentara un elevado porcentaje de absorción por el cultivo y que tuviera un menor impacto posible sobre el ambiente (agua, suelo, cultivo, atmósfera).

Los fertilizantes de liberación controlada, es una alternativa viable para suplir los nutrientes con un ritmo similar a la exigencia del cultivo, ya que este consta de una sola aplicación que por su ritmo de liberación mantendrá nutriendo a la planta en forma continua, y de acuerdo con el ritmo de crecimiento de la planta, además se evitan pérdidas por degradación, volatilización, lixiviación. Los fertilizantes de liberación

controlada, pueden liberar los nutrientes de la manera requerida por cada tipo de planta, lo que permite una eficiencia en la utilización del mismo, como consiguiente ahorro de producto, sumado a la disminución por la contaminación por fertilizantes. (CIA, 2003, parr 39).

El factor que controla el suministro de estos fertilizantes recubiertos con resina orgánica, es la diferencia de presión de vapor entre el interior y el exterior de la película que constituye la capsula, este tipo de recubrimiento no se ve afectado por las características físico químicas o biológicas del suelo, ni por su contenido de agua. Solamente la temperatura interviene en la velocidad de su disolución, estos fertilizantes pueden ser aplicados en altas dosis sin causar problemas por quemadura en la raíz o fitotoxicidad en las plantas (CIA, 2003, parr. 42).

La empresa EVERRIS (2015), dentro de su gama de productos, maneja gran parte del mercado de fertilizantes de liberación controlada, dentro de los cuales se encuentra los fertilizantes Osmocote® que son gránulos de fertilizantes de combinación N-P-K mas micro elementos recubiertos por capas de polímero orgánico y los AGROCOTES® que son fertilizantes recubiertos por polímero orgánico que dentro de él se encuentran fórmulas de fertilizantes con uno o dos elementos máximo, la empresa describe que la velocidad de difusión de los elementos dentro de estos fertilizantes dependerán de la permeabilidad del recubrimiento del polímero y principalmente por la temperatura, con temperaturas más altas aumentan la liberación y con temperaturas más baja minimiza, de esta forma se consigue una liberación según la actividad metabólica de la planta. Esta tecnología de fertilización a diferencia de la aplicación de granulados convencionales, proporcionan una adecuada distribución de fertilizantes en el ciclo, permitiendo por medio de una aplicación una distribución uniforme que logre sustentar los requerimientos del cultivo durante todo su ciclo, según las investigaciones realizadas por Ubiera (2015) citado por EVERRIS (2015), se muestran a continuación un estudio de las curvas de liberación de los fertilizantes granulados convencionales frente a los de liberación controlada (AGROCOTE®), partiendo de la misma dosificación, se establecieron diferencias significativas dentro del tiempo y el porcentaje de liberación diaria.

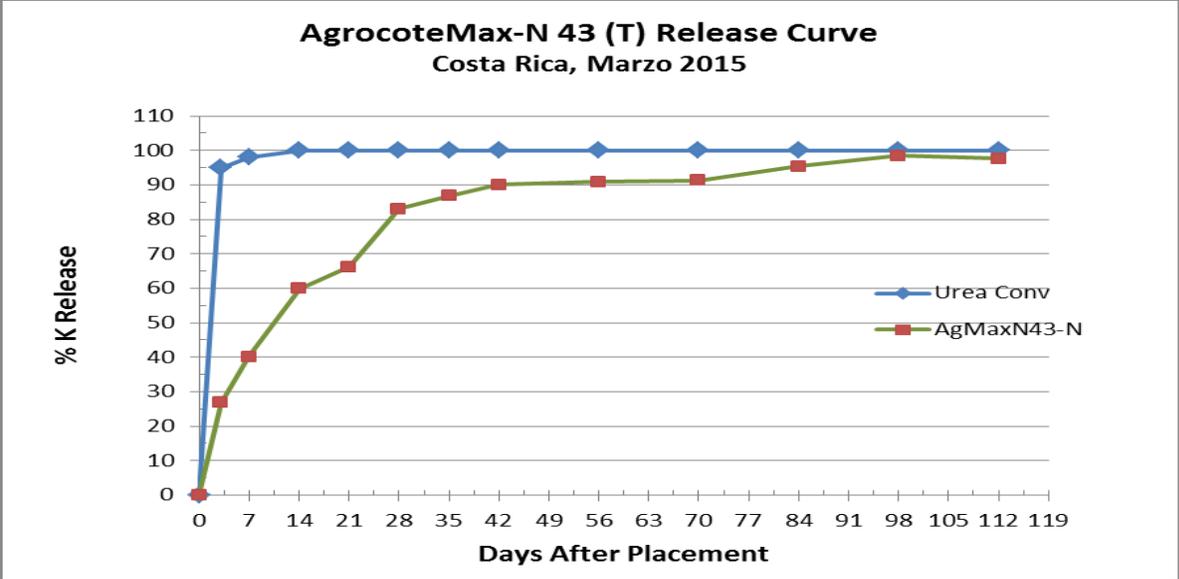


Figura 3. Curvas de liberación de dos diferentes fuentes de nitrógeno, fertilizantes granulado urea convencional 46-0-0 (Urea Conv) y fertilizante de liberación controlado Agrocote Nitrógeno 43-0-0 (AgMAXN43-N), expresado en porcentajes de liberación por día (EVERRIS, 2015).

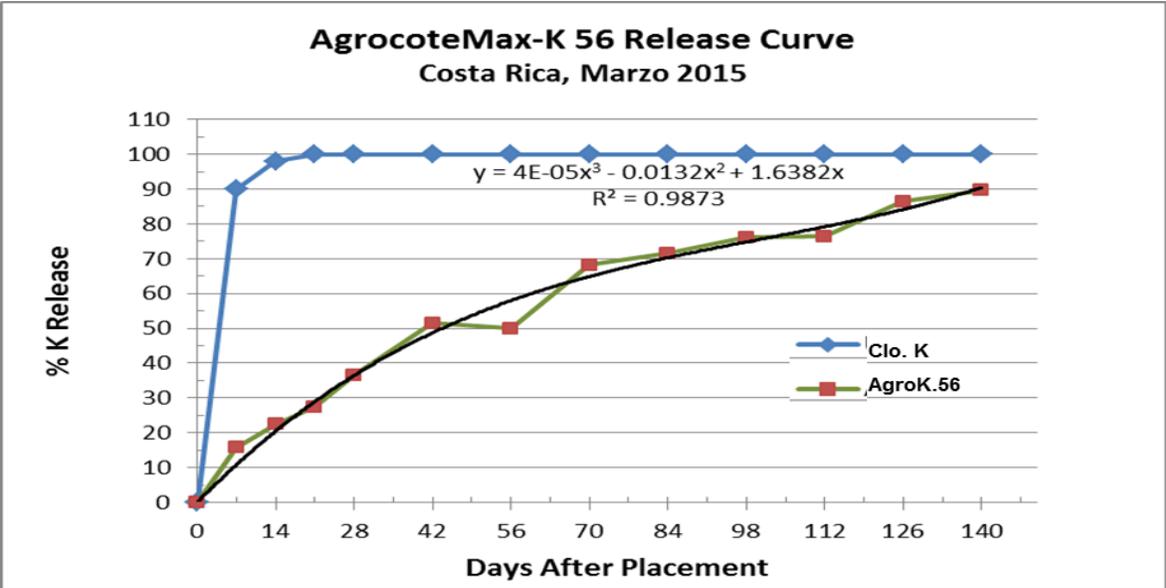


Figura 4. Curvas de liberación de dos diferentes fuentes de potasio, fertilizantes granulado cloruro de potasio 0-0-60 (Clo. K) y fertilizante de liberación controlado Agrocote potasio 0-0-56 (AgroK.56), expresado en porcentajes de liberación por día (EVERRIS, 2015).

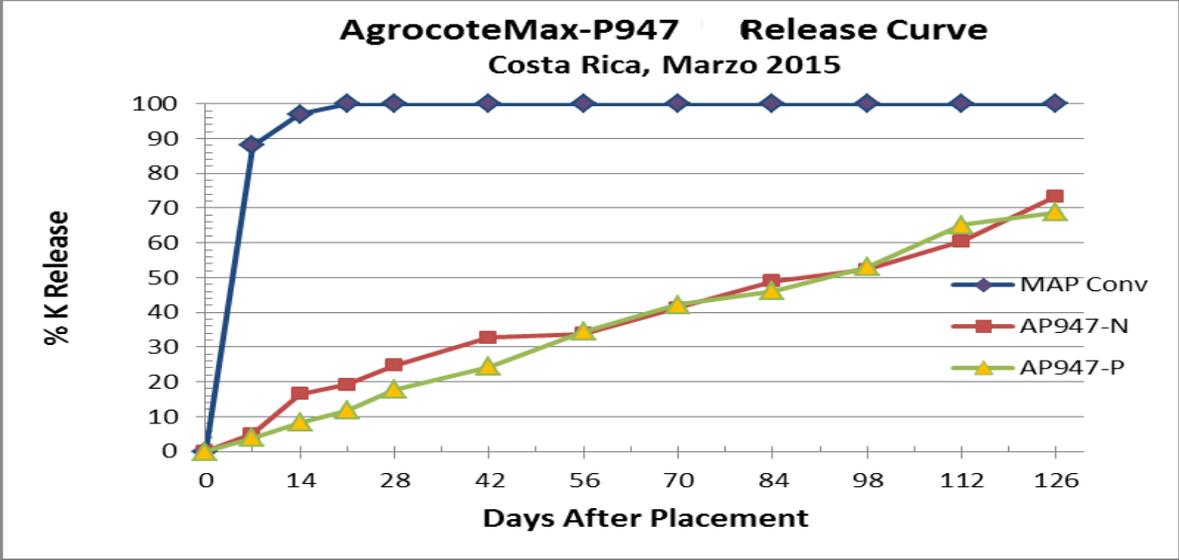


Figura 5. Curvas de liberación de dos diferentes fuentes de fósforo, fertilizantes granulado Fosfato Mono Amonico convencional 12-60-0 (MAP Conv) y fertilizante de liberación controlado Agrocote fósforo 9-47-00 el cual se expresa la distribución del nitrógeno (AP947-N) y el fósforo (AP947-P), expresado en porcentajes de liberación por día (EVERRIS, 2015).

### III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Actualmente los productores de tomate de la región del oriente de Guatemala, afrontan problemas que influyen en el rendimiento y calidad de fruto (color, sabor y textura), siendo uno de los más frecuentes el manchado de la fruta que afecta directamente la calidad y por consiguiente el precio de venta. Los factores que se relacionan a este desorden fisiológico en el fruto se mencionan la alta incidencia de virus, variaciones en los factores climáticos pero atribuyéndose principalmente a problemas relacionados con la nutrición del cultivo, como la mala distribución y frecuencia nutricional, y antagonismos por sobre dosificación a lo largo del ciclo del cultivo.

Según MAGA (2014), citado por el Proyecto AdA-Integración (2014, párr.1,3y4), se coordinó una investigación a cargo del epidemiólogo Francisco Oliva en las fincas productoras de tomate de los departamentos de Jalapa, Santa Rosa, Baja Verapaz, Quetzaltenango y Huehuetenango, coordinado por expertos mexicanos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria con el fin de la identificación de problemas asociados al cultivo tomate donde se encontraron que el problema principal que causa pérdidas al momento de la cosecha es el manchado de fruto, dichas pérdidas ascienden hasta un 40% .

Por tal motivo se propone evaluar el efecto de un programa de nutrición (N-P-K) con fertilizantes de liberación controlada (fertilizantes que debido a su revestimiento de polímero orgánico proporcionan una adecuada distribución de nutrientes durante todo el ciclo del cultivo) sobre el manchado de fruto en tres híbridos comerciales que más se siembran por los productores de la región del oriente comparado con un programa de fertilización a base de hidrosoluble y la combinación de fertilizante granulado con hidrosoluble.

## **IV OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

Evaluar el efecto del programa de fertilización de liberación controlada sobre el manchado de fruto en tres híbridos del cultivo de tomate, en la localidad de aldea El Chiltepe, Jutiapa, Jutiapa.

### **4.2 ESPECÍFICOS**

Establecer si existen diferencias significativas de efecto respuesta entre programas de fertilización sobre el manchado de fruto en los tres híbridos

Cuantificar el rendimiento total de manchado de fruto para cada híbrido por efecto de cada uno de los tratamientos.

Determinar cómo influye cada uno de los tratamientos sobre la calidad de fruto en cuanto al color y total de sólidos solubles.

Determinar cómo influyen los tratamientos sobre la fisiología (altura de planta) de cada uno de los híbridos.

Realizar el análisis económico para establecer la rentabilidad para cada tratamiento.

## **V HIPÓTESIS**

### **5.1 HIPOTESIS ALTERNA**

Al menos uno de los tres programas de fertilización a evaluar tendrá un efecto respuesta diferente sobre el manchado de fruto y rendimiento total de frutos en kg/ha.

Por lo menos uno de los tres híbridos tendrá un comportamiento diferente, en cuanto al manchado de fruto y rendimiento en kg/ha.

Al menos uno de los tratamientos de la interacción entre programas de fertilización e híbridos será diferente al resto, en cuanto al manchado y rendimiento de fruto total de fruta en kg/ha.

## **VI METODOLOGIA**

### **6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO**

El estudio se realizó en la aldea El Chiltepe, ubicado en el municipio de Jutiapa, Jutiapa, ubicada geográficamente en las coordenadas 14° 15'17.3" latitud Norte y 89° 53'40.2" longitud Oeste, a una altura de 870 msnm, esta aldea se encuentra colindante a aldea Majadas, San Francisco y Lomitas (GUATEPYMES, 2015).

#### **6.1.1 Tipo de suelo y zona de vida**

Son suelos que corresponden a la serie de suelos Culma, son poco profundos, bien drenados desarrollados sobre un lahar mafico (suelo originado por flujos de materiales piroclasticos suspendido y basáltico, de alto contenido de hierro y magnesio), son suelos franco arcillosos de color café oscuro. La estructura de los suelos es granular y la reacción es de ligeramente ácido a neutra y el pH alrededor de 6.5 (Simmons, 1959, p. 37).

Según la clasificación de vida de Holdridge, el municipio se encuentra ubicado en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical-Templado -bh-S (T)- (MAGA, 2002).

### **6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

#### **6.2.1 Descripción de los Híbridos**

Se evaluaron tres híbridos, los cuales se seleccionaron por su forma y características físicas, siendo de importancia comercial para el mercado guatemalteco y salvadoreño.

##### **Hibrido Toliman**

Tomate tipo saladette ovalado, altamente rendidor, con buena estructura de planta, excelente floración y buen fruto, con racimos de 5 a 6 frutos, híbrido de crecimiento

determinado. Este híbrido presenta resistencia a: *Verticillium dahliae* “raza 0”, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* raza 0 y raza 1, virus del mosaico del tomate (ToMV) cepa 0,1 y 2 (Bejo, 2017, p. 33).

### **Hibrido Retana**

“De crecimiento determinado, de alto potencial de rendimiento, y frutos saladette uniforme y excelente firmeza, con alta vida de anaquel. Resistencia a: virus mosaico tabaco (ToM) y Resistencia intermedia al virus del bronceado del tomate (TSWV IR:M)” (VILMORIN, 2017, párr. 1).

### **Hibrido Pony Express**

“De crecimiento determinado precoz de alto potencial de rendimiento y muy concentrado, con fruto tipo blocky, buena firmeza, resistente al transporte. Este híbrido presenta resistencia a: *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raza 1, 2 y 3, *Verticillium*, virus del mosaico del tomate (ToMV) y peca bacteriana (Pst)”, (HARRIS MORAN, 2014 p. 1).

## **6.2.2 Descripción de las fuentes de fertilizante**

### **Fertilizantes de liberación controlada**

A continuación se presenta las especificaciones de los fertilizantes de liberación controlada y donde las indicaciones de la casa formuladora el marco de liberación oscila entre 90 a 120 días con una eficiencia del 85-90%.

Cuadro 6. Descripción de la composición de los fertilizantes de liberación controlada.

Fuente de formulación del fertilizante	Formula Final	Nombre Comercial
Urea	43-00-00	Agrocote 43-00-00
Fosfato Monoamónico	09-47-00	Agrocote 9-47-00
Cloruro de potasio	00-00-56	Agrocote 00-00-56

(EVERRIS, 2015)

## Fertilizantes hidrosolubles

A continuación se presentan las especificaciones de la formulación y fuentes N-P-K de hidrosolubles

Cuadro 7. Descripción de fórmulas y fuentes de fertilizantes hidrosolubles

Formula	Fuentes de formulación fertilizante	Nombre Comercial
9-45-15	Fosfato Monoamónico Cloruro de potasio	Actimix Enraizador
23-11-23	Urea Fosfato Monopotásico Cloruro de Potasio	Actimix crecimiento
12-5-41	Urea Fosfato Monopotásico Cloruro de Potasio	Actimix Producción
12-20-30	Urea Fosfato Monopotásico Cloruro de Potasio	Actimix desarrollo
0-40-40	Fosfato Monopotásico Cloruro de Potasio	Actimix equilibrio y cuaje
0-0-34	Cloruro de Potasio Sulfato magnesio Sulfato potasio	Actimix fructificación
40-0-0	Nitrato de Amonio Urea	Actimix N40
0-0-61	Cloruro de Potasio	Cloruro de Potasio

(NOVIAGRO, 2015).

## Fertilizantes granulados

Las fuentes que se utilizaron fue 46-0-0 (urea), 18-46-0 fosfato di-amónico (DAP) y 0-0-60 muriato de potasio (MOP).

### 6.3 FACTORES A ESTUDIAR

**Factor A (parcela grande):** Programas de fertilización

Programa 1: fertilizantes liberación controlada.

Programa 2: fertilizantes hidrosolubles.

Programa 3: combinación fertilizantes granulados + hidrosolubles

**Factor B (parcela pequeña):** Híbridos de tomate

Retana, Toliman y Pony Express

### 6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Cuadro 8. Descripción de tratamientos a evaluar.

No.	Programa de fertilización factor A	Híbridos factor B	Tratamiento
1	Liberación controlada	Toliman	Liberación controlada + Toliman
2	Liberación controlada	Retana	Liberación controlada + Retana
3	Liberación controlada	Pony Express	Liberación controlada + Pony Express
4	Hidrosoluble	Toliman	Hidrosoluble + Toliman
5	Hidrosoluble	Retana	Hidrosoluble + Retana
6	Hidrosoluble	Pony Express	Hidrosoluble + Pony Express

7	Granulado-Hidrosoluble	Toliman	Granulado-Hidrosoluble + Toliman
8	Granulado-Hidrosoluble	Retana	Granulado-Hidrosoluble + Retana
9	Granulado-Hidrosoluble	Pony Express	Granulado-Hidrosoluble + Pony Express

---

## 6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

En la presente investigación se utilizó un arreglo factorial en parcelas divididas, donde la parcela grande fueron los programas de fertilización y las parcelas pequeñas los híbridos. La distribución de tratamientos fue en bloques completos al azar (DBCA), con nueve tratamientos y cuatro repeticiones.

## 6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico de parcelas divididas usado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A_i B_j + R_k + E_{ik} + E_{ijk}$$

$Y_{ijk}$ = variable respuesta asociado a la  $ijk$ -ésima unidad experimental

$\mu$ = efecto de la media general

$A_i$ = efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor A (programas de fertilización)

$B_j$ = efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor B (híbridos de tomate).

$A_i B_j$ = efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo nivel del factor A con el  $j$ -ésimo nivel del factor B

$R_k$ = efecto del  $k$ -ésimo bloque

$E_{ik}$ = error experimental asociado a las parcelas grandes

$E_{ijk}$ =error experimental asociado la  $ijk$ -ésima unidad experimental (error experimental asociado a las parcelas pequeñas)

(Sitún, 2005).

## 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

El experimento ocupó un área de 46.8 metros (m) de ancho y 35 m de largo con área aproximada de 1638 m<sup>2</sup>, la cual conto con 9 túneles de malla antivirius con un ancho de 5.2 m entre túneles y 3 surcos por cada uno, el distanciamiento entre planta utilizado fue de 0.40 m para un total de 1620 plantas.

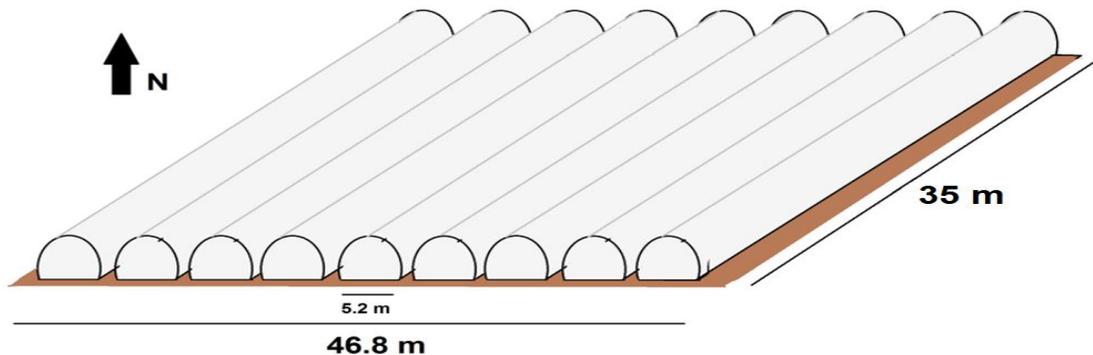


Figura 6. Diseño de unidad experimental para el establecimiento de la investigación.

### 6.7.1 Parcela Grande

Las parcelas grandes ocupó tres macro túneles, cada parcela grande constó de un largo de surco de 8 m, ancho entre túneles 5.2 m y distancia entre surco de 1.3 m. El distanciamiento entre planta fue de 0.40 m, teniendo un total de 171 plantas, teniendo un área total de 124.8 m<sup>2</sup>.

### 6.7.2 Parcela pequeña

La parcela pequeña constó de un macro túnel de tres surcos con un largo de surco de 8 m, ancho entre túneles de 5.2 m, distancia entre surco de 1.3 m y distancia entre plantas de 0.4 m teniendo un total de 57 plantas. El área de parcela pequeña fue de 41.6 m<sup>2</sup>.

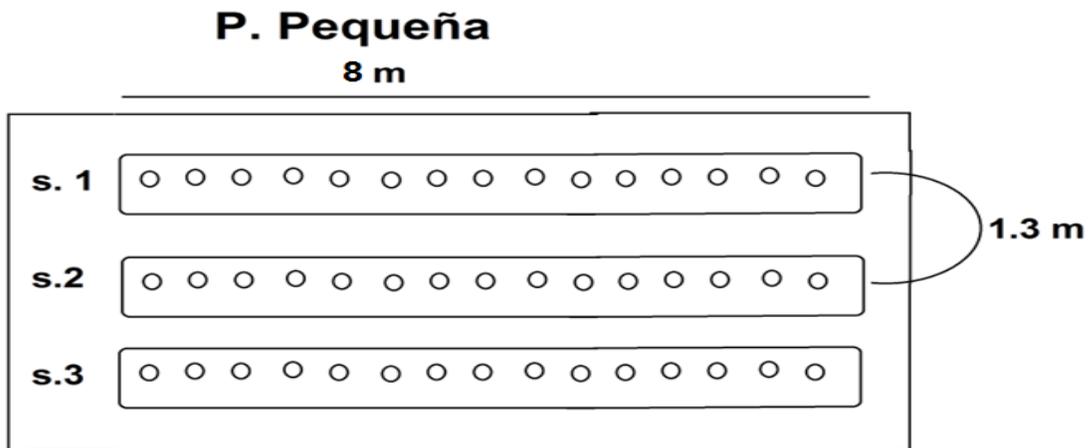


Figura 7. Diseño de unidad experimental de la parcela pequeña.

### 6.7.3 Parcela Neta

Se cosechó el surco central de cada macro túnel, cuyo largo fue de 7.6 m y ancho entre túneles de 5.2 m y distancia entre plantas de 0.4 m, con un total de 19 plantas. El área fue de 39.52 m<sup>2</sup>



## 6.8 Croquis De Campo

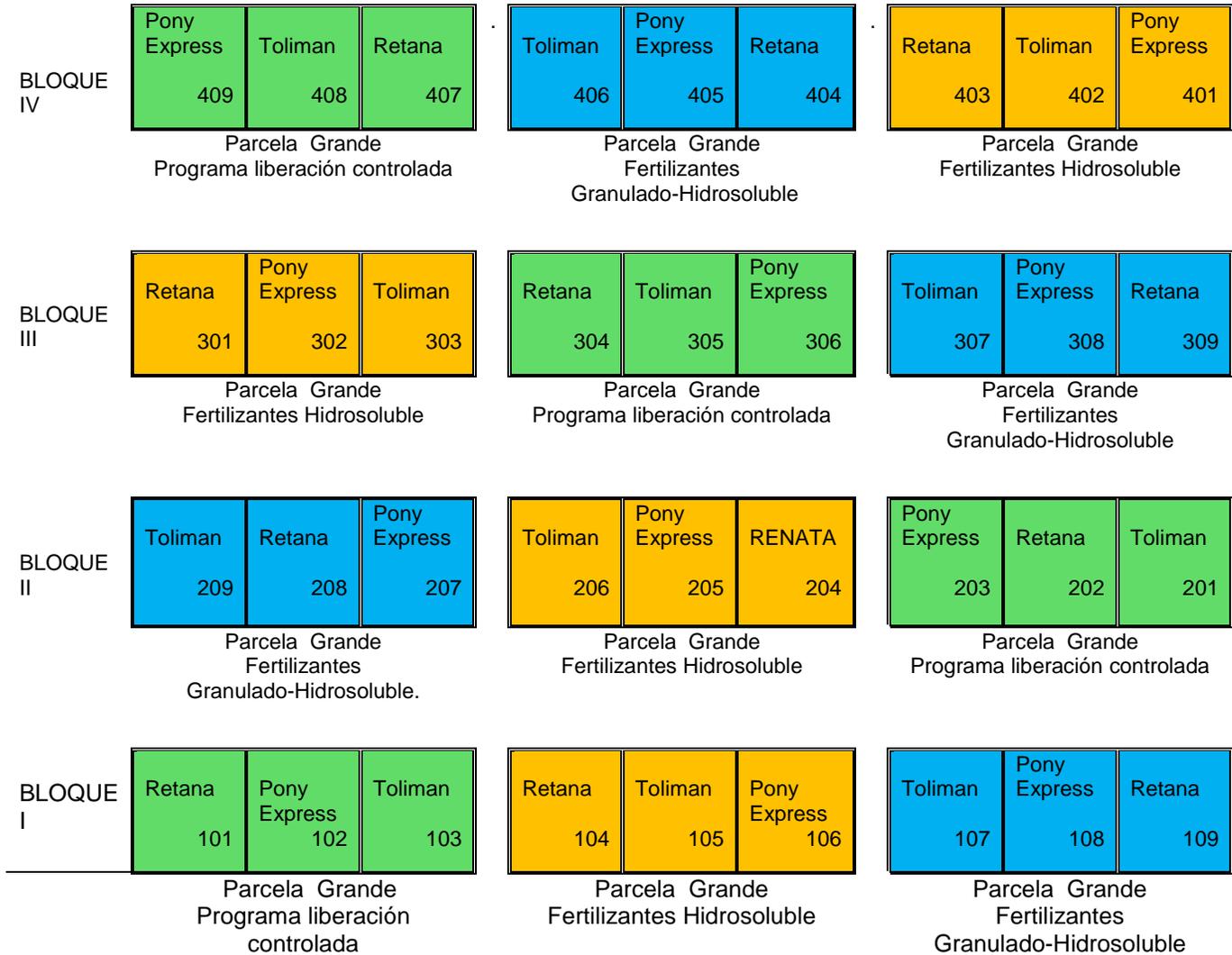


Figura 8. Croquis de campo de distribución aleatorizada de tratamientos

## 6.9 MANEJO EXPERIMENTAL

### 6.9.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno se inició con la mecanización del terreno, para lo cual se efectuó un paso de rastra para nivelar el terreno y prepararlo para luego el paso del arado para la remoción del suelo a una profundidad de 0.30 m, permitiendo voltear los

suelos de manera homogénea, lo cual permitió una adecuado aireación del suelo. Posteriormente se realizó dos pasos de rastra, con el propósito de mullir la superficie removida por el arado y luego se formaron los surcos con una surqueadora.

### **6.9.2 Colocación cinta de riego**

La cinta de riego por goteo se colocó en forma manual distribuyéndolo sobre el surco, la cinta poseía una descarga de 1.2 lt/h y una distancia entre gotero de 0.20 m.

### **6.9.3 Colocación del acolchado**

Se utilizó el acolchado plata negro de 1 milésima de espesor y 1.37 m de ancho. Colocándose en forma manual cubriendo los bordes del nylon con tierra, con el fin de favorecer al cultivo manteniendo humedad y evitar las malezas.

### **6.9.4 Construcción de túneles de malla antiviral 70 mesh**

Se inició con la instalación de arcos de tubos de metal de 2/3 de pulgada, los cuales se colocaran a lo largo del surco a una distancia de 4 m entre cada uno y cada túnel consto de tres surcos, luego se colocó la rafia negra a cada 0.35 m a lo largo del túnel con el fin de servir de sostén de la malla, posteriormente se colocó sobre los arcos la malla antiviral de 70 mesh.

### **6.9.5 Control de malezas**

Para el control de malezas se realizó en forma manual y químico para el control de gramíneas Fluzifop-P-Butyl (FUSILADE®) y Glufosinate ammonium (BASTA®) para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas (VADEAGRO, 2011).

### **6.9.6 Perforación del acolchado**

Esta actividad se realizó para dejar establecido el área donde se trasplantaron las plantas de tomate. La perforación del agujero se realizó a una distancia de 0.40m entre cada uno y una dimensión de 10.16 cm de diámetro.

### **6.9.7 Trasplante**

Esta actividad consistió en llevar a la parcela las plantas que fueron desarrolladas a partir de semillas y cultivadas por 30 días bajo un ambiente controlados, luego de forma manual se procedió a la siembra.

### **6.9.8 Tutorado**

Se utilizaron estacas de madera de 1.75 m de largo y colocadas a una distancia de 1.5 m. Además se colocaron niveles de rafia distanciadas a 0.3 m.

### **6.9.9 Riego**

El riego se aplicó por medio del sistema de goteo con una frecuencia de 48 horas tratando de cubrir los requerimientos hídricos que la planta necesitaba.

### **6.9.10 Control de plagas y enfermedades**

Se realizó el programa Fitosanitario de aplicaciones preventivas y curativas para el control de plagas y enfermedades que se pudieran haber presentado durante la fase del cultivo como fueron: babosa (*Arion fasciatus*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), minador (*Liriomyza* spp), pulgón (*Aphis gossypii* Glover), larvas de lepidópteros , Nematodo, ácaro (*Tetranychus* spp), trips (*Trips* spp y *Frankliniella* spp) , y para el control de hongos del mal de talluelo (*Phytophthora* spp y *Pythium* spp) y enfermedades foliares se aplicaron preventivos. Los ingredientes activos a utilizados para el programa fueron los que se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Descripción de ingredientes activos para el programa-fitosanitario.

No.	Ingrediente activo	Producto	Controla
1	Etridiazol-tiofanato	Banrot ®	Mal de talluelo
2	Oxamyl	Vidate ®	Nematodo
3	Imidacloprid	Plural ®	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) Pulgón ( <i>Myzus persicae</i> ) Trips ( <i>Trips spp.</i> ).
4	Spiromesifen	Oberon ®	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) Acaro ( <i>Tetranychus spp</i> )
5	spirotetramate	Movento ®	Pulgón ( <i>Aphis spp</i> ) Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )
6	Thiodicarb	Krisol®	Huevo de lepidóptero
7	Methiocarb	Caracolex ®	babosa ( <i>Arion fasciatus</i> )
8	Extracto de ajo	Bralic ®	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) Trips ( <i>Tris spp.</i> ).
9	Sulfoxaflor	Target ®	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) Pulgón ( <i>Aphis spp</i> )
10	Flubendiamida	Takumi ®	Larvas de lepidóptero
11	Abamectina	Vertimec ®	Trips ( <i>Tris spp.</i> ) Acaro ( <i>Tetranychus spp</i> ) Minador ( <i>Liriomyza spp</i> )
12	Oxixloruro de cobre	Cobrethane ®	Prevención de enfermedades fungosas

(VADEAGRO, 2011)

### 6.9.11 Análisis de suelo

El muestreo de suelo se realizó dos semanas previas a la preparación del terreno, para lo cual se usó la metodología propuesta por Romero (2010, p. 31), posteriormente la muestra de suelo de 1 kg de peso se envió a laboratorio para su análisis de contenidos de elementos (P, K, Ca, Mg, S y micro elementos). (Ver Anexos, figura 20).

### 6.9.12 Fertilización

Los programas de fertilización se elaboraron de la siguiente manera

#### Elaboración de programas de fertilización

Los programas se elaboraron a partir del requerimiento teórico (ver cuadro10) y de los resultados de análisis de suelo de donde se procedió a determinar las cantidades en kg/ha de elemento que se encontraba disponible en el suelo (ver cuadro 11).

Cuadro 10. Dosis referencial del requerimiento de nutrientes para el cultivo de tomate en kg/ha.

Hortaliza	Rendimiento ton/ha	kg/ha					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	CaO	MgO
Tomate	100-120	250	150	420	50	95	60

(Roman, 2001).

Cuadro 11. Interpretación y cálculo de análisis de suelo

Elemento	Contenido Suelo mg/dm <sup>3</sup>	Volumen De Suelo dm <sup>3</sup> /ha	Contenido Suelo kg/ha	Unidad Conversión	Cantidad Aprovechable kg/ha
P	15.10	1,500,000	22.65	2.2914	51.90 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
K	82.50	1,500,000	123.75	1.2046	149.07 K <sub>2</sub> O
Ca	1,563.75	1,500,000	2,345.63	1.3992	3282.00 CaO
Mg	243.75	1,500,000	365.63	1.6579	606.17 MgO

dm<sup>3</sup>: decímetro cubico

Los programas de fertilización se elaboraron tomando como base el modelo para cálculo de dosis de fertilizante propuesto por Román (2001, p. 108), el cual se estima a partir de la demanda del cultivo menos la cantidad de nutrientes que aporta el suelo dividido la eficiencia del fertilizante.

Cuadro 12. Dosis de fertilizante para programa de fertilización de liberación controlada

Elemento	Demanda del Cultivo kg/ha	Aporte del suelo kg/ha	Eficiencia de fertilizante	Dosis de fertilizante kg/ha
N	250		85%	294.12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	150	51.90	85%	115.41
K <sub>2</sub> O	420	149.07	85%	318.74

Cuadro 13. Dosis de fertilizante para programa de fertilización hidrosoluble.

Elemento	Demanda del Cultivo kg/ha	Aporte del suelo kg/ha	Eficiencia de fertilizante	Dosis de fertilizante kg/ha
N	250		80%	312.50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	150	51.90	40%	245.25
K <sub>2</sub> O	420	149.07	60%	451.55

Cuadro 14. Dosis de fertilizante para programa de fertilización granulado –hidrosoluble, fase de fertilizante Granulado.

Elemento	Demanda del Cultivo kg/ha	Aporte del suelo kg/ha	Porcentaje aplicación %	Eficiencia de fertilizante	Dosis de fertilizante kg/ha
Fase de fertilizante granulados					
N	250		20%	50%	100
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	150	51.90	20%	30%	65.40
K <sub>2</sub> O	420	149.07	20%	40%	135.47
Fase de fertilizante hidrosoluble					
N	250		80%	80%	250
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	150	51.90	80%	40%	196.20
K <sub>2</sub> O	420	149.07	80%	60%	361.24

## Programa liberación controlada

En el cuadro 16 se presenta la distribución del programa de fertilización, el cual se distribuyó en dos aplicaciones, siendo la primera a los dos días antes del trasplante aplicando el 30% del total de programa y una segunda aplicación a los veinticinco días después del trasplante aplicando el 70% restante.

Cuadro 15. Programa de fertilización de liberación controlada.

Producto	% de composición (presentación 22.73 kg)			kg/ha de producto comercial
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Primera aplicación 2 días después de trasplante				
Agrocote 43-00-00	43	0	0	73.80
Agrocote 9-47-00	9	43	0	170.70
Agrocote 00-00-56	0	0	56	196.50
Segunda aplicación 25 días después de trasplante				
Agrocote 43-00-00	43	0	0	172.20
Agrocote 9-47-00	9	43	0	398.30
Agrocote 00-00-56	0	0	56	458.50

## Programa de hidrosolubles

En el cuadro 17 se presenta la distribución del requerimiento para N-P-K y donde se fertilizo por medio del sistema de goteo en forma balanceada en función de lo requerido en las etapas fenológicas del cultivo.

Cuadro 16. Programa de fertilización hidrosoluble.

DDT	Producto	% de composición (presentación 25 kg)			kg/ha De Producto Comercial
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Etapa de trasplante					
2	Actimix Enraizador	9	45	15	38
5	Actimix Enraizador	9	45	15	40
12	Actimix Crecimiento	23	11	23	25
14	Actimix Desarrollo	12	20	30	20
Etapa de desarrollo					
18	Actimix Enraizador	9	45	15	48
	Actimix N 40	40	00	00	30
24	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	25
	Actimix N 40	40	00	00	53
28	Cloruro de Potasio	00	00	61	7
	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	25
Etapa de inicio de floración					
30	Actimix N 40	40	00	00	25
	Cloruro de Potasio	00	00	61	44
33	Actimix Crecimiento	23	11	23	35
	Actimix N 40	40	00	00	25
39	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	37
	Actimix N 40	40	00	00	24
42	Actimix Desarrollo	12	20	30	40
	Actimix N 40	40	00	00	24

44	Actimix equilibrio y cuaje.	0	40	40	38
	Actimix N 40	40	00	00	26
Etapa de cuaje y formación de fruto					
46	Cloruro de Potasio	00	00	61	23
	Actimix N 40	40	00	00	40
49	Actimix Producción.	12	5	41	45
	Actimix N 40	40	00	00	22
55	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	40
	Actimix N 40	40	00	00	22
58	Actimix Producción.	12	5	41	45
	Actimix N 40	40	00	00	45
62	Cloruro de Potasio	00	00	61	9
	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	45
Etapa de fructificación					
66	Actimix Producción.	12	5	41	55
	Actimix N 40	40	00	00	30
72	Actimix N 40	40	00	00	22
	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	45
78	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	45
	Actimix N 40	40	00	00	20
82	Actimix Producción.	12	5	41	55
	Actimix N 40	40	00	00	28
Etapa de inicio de cosecha					
85	Actimix Fructificación.	00	00	34	35
	Actimix N 40	40	00	00	37

	Actimix N 40	40	00	00	20
93	Actimix Producción.	12	5	41	50
97	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	42
	Actimix N 40	40	00		20
101	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	50
109	Actimix Fructificación.	00	00	34	35
	Actimix N 40	40	00	00	40
Etapa de termino de cosecha					
113	Actimix N 40	40	00	00	20
	Cloruro de Potasio	00	00	61	45
118	Actimix N 40	40	00	00	25
	Cloruro de Potasio	00	00	61	44
123	Actimix Fructificación.	00	00	34	40
	Actimix N 40	40	00	00	25

---

### **Programa granulado – hidrosoluble**

En el cuadro 18, se presenta la distribución del programa de fertilización granulado-hidrosoluble cual se estableció en dos etapas la primera con la aplicación fertilizantes granuladas cubriendo el 20% de N-P-K incorporados a la base previa al trasplante y una segunda cubriendo el 80% con fuentes hidrosolubles.

Cuadro 17. Programa de fertilización Granulado-Hidrosoluble.

DDT	Producto	% de composición (presentación 45.45 kg)			kg/ha De Producto Comercial
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Aplicación base de fertilizante granulado					
0	Fosfato di-amónico (DAP)	18	46	00	142
	Urea	46	00	00	163
	Muriato de potasio (MOP)	00	00	60	226
Etapa de desarrollo					
2	Actimix Enraizador	9	45	15	35
5	Actimix Enraizador	9	45	15	30
	Actimix N 40	40	00	00	6
12	Actimix Crecimiento	23	11	23	12
	Cloruro de Potasio	00	00	61	2
14	Actimix Desarrollo	12	20	30	15
Etapa De Desarrollo					
18	Actimix Enraizador	9	45	15	35
24	Actimix Crecimiento	23	11	23	17
	Actimix N 40	40	00	00	25
28	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	40
	Actimix N 40	40	00	00	25
Etapa de inicio de floración					
30	Actimix N 40	40	00	00	12
	Cloruro de Potasio	00	00	61	10
33	Actimix Crecimiento	23	11	23	25
39	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	60
	Actimix N 40	40	00	00	39

42	Actimix N 40	40	00	00	12
	Cloruro de Potasio	00	00	61	20
44	Actimix Desarrollo	12	20	40	33
	Actimix N 40	40	00	00	38
Etapa de cuaje y formación de fruto					
46	Actimix N 40	40	00	00	35
49	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	35
	Actimix Producción.	12	5	41	25
55	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	35
	Actimix N 40	40	00	00	35
58	Cloruro de Potasio	00	00	61	12
	Actimix Producción.	12	5	41	30
62	Actimix N 40	40	00	00	40
	Actimix Fructificación	00	00	34	45
Etapa de fructificación					
66	Actimix Producción.	12	5	41	25
	Actimix N 40	40	00	00	25
72	Actimix Fructificación	00	00	34	35
	Actimix N 40	40	00	00	40
78	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	37
	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	40
82	Actimix N 40	40	00	00	25
	Actimix Producción.	12	5	41	30
Etapa de inicio de cosecha					
85	Actimix N 40	40	00	00	22
	Actimix Fructificación	00	00	34	33
	Actimix N 40	40	00	00	22
93	Actimix Producción.	12	5	41	35
97	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	37

	Actimix equilibrio y cuaje.	00	40	40	37
101	Actimix N 40	40	00	00	22
109	Actimix Fructificación	00	00	34	30
	Actimix N 40	40	00	00	30
Etapa de final de cosecha					
113	Actimix 40-0-0.	40	00	00	17
	Cloruro de Potasio	00	00	61	35
118	Actimix 40-0-0.	40	00	00	30
	Cloruro de Potasio	00	00	61	35
123	Actimix Fructificación	00	00	34	35
	Actimix 40-0-0.	40	00	00	10

Los requerimientos de calcio, magnesio y azufre se cubrieron con fertilizantes hidrosolubles como se muestra en el cuadro 15, las cantidades aplicadas fueron constantes para los tres programas de fertilización.

Cuadro 18. Dosis de fertilizante para programa de fertilización para calcio y magnesio en fertilizante hidrosoluble.

DDT	Producto	% de composición (presentación 25 kg)			kg/ha De Producto Comercial
		MgO%	S%	CaO%	kg/ha
Trasplante					
8	Actimix Calcio 45	00	00	37.8	7.54
10	sulfato magnesio	16	13.06	00	9.38
Desarrollo					
15	Actimix Calcio 45	00	00	37.8	22.62
18	sulfato magnesio	16	13.06	00	36
Floración y cuaje de fruta					

29	Actimix Calcio 45	00	00	37.8	30
33	sulfato magnesio	16	13.06	00	18.75
40	sulfato magnesio	16	13.06	00	18.75
	Cuaje a formación de fruta				
47	Actimix Calcio 45	00	00	37.8	25.5
55	sulfato magnesio	16	13.06	00	37.5
	Formación de fruta				
64	Actimix Calcio 45	00	00	37.8	15.0
69	sulfato magnesio	16	13.06	00	28.0
75	Actimix Calcio 45	00	00	37.8	15.0
	Cosecha				
90	Actimix Calcio 45	00	00	37.8	22.62
96	sulfato magnesio	16	13.06	00	28.13
	Terminó de cosecha				
114	Actimix Calcio 45	00	00	37.8	7.54

### 6.9.13 Cosecha

Se realizó en forma manual partiendo del tamaño y color según los requerimientos exigidos por el mercado nacional, se realizaron cortes cada ocho días; para dicha actividad se utilizaron botes plásticos, cajas de madera y balanza analítica.

### 6.9.14 Comercialización.

Los frutos se comercializaron en el mercado nacional, trasportándose debidamente bien clasificados por categorías de primera segunda y tercera además según su uniformidad de color.

## 6.10 VARIABLES RESPUESTAS.

### 6.10.1 Rendimiento en kilogramos por hectárea (kg/ha) de fruto manchado.

Se seleccionaron los frutos que presentaron manchado se contaron y pesaron por tratamiento en cada parcela neta de cada repetición en cada día de corte y para ello utilizando una balanza analítica.

### 6.10.2 Porcentaje (%) de fruto manchado por cada tratamiento.

Al final de la cosecha se determinó el porcentaje de fruto manchado por cada tratamiento en cada repetición.

$$\% \text{ Fruto manchado por tratamiento} = \frac{\text{Peso de fruto manchado kg}}{\text{Peso total fruto manchado kg}} * 100$$

### 6.10.3 Rendimiento total y por categoría de fruto en kilogramos por hectárea (kg/ha).

Posterior a cada uno de los cortes de cada tratamiento, los frutos se clasificaron según su categoría (primera, segunda y tercera) utilizando un vernier para medir sus dimensiones y se pesaron por medio de una balanza analítica, como se muestra en el cuadro 19.

Cuadro 19. Clasificación de tomate según su calibre.

	Primera	Segunda	Tercera
Largo (mm)	Mayor 50	50-30	30
Diámetro (mm)	Mayor 47	40-46	30-39
Peso (gr)	70	50	30

(Lemus, 2012, p. 40)

#### 6.10.4 Número de fruto por planta.

Se tomó una muestra representativa de la parcela en forma aleatoria para lo cual se seleccionó dos plantas que representaba un 10% de la parcela neta y que permitió poder cuantificar correctamente el número de frutos totales que poseía.

#### 6.10.5 Total de solidos solubles (grados brix)

Se midió el contenido de concentración de azúcares del jugo de fruto por medio de un refractómetro para cada uno de los tratamientos en cada parcela neta.

#### 6.10.6 Intensidad de color de fruto

Se clasificaron los frutos por la uniformidad e intensidad del color utilizando las escalas que se muestran en la figura 9 para determinar el grado de madurez al momento del corte. Para determinar la influencia de los tratamientos sobre las repeticiones en la incidencia del manchado de fruto.

Figura 9. Grados de madurez del tomate.

Grado de madurez	Verde	Rompiendo	Pinto	Rosado	Rojo claro	Rojo	Fruto manchado
Figura							
Porcentaje superficie de fruto maduro	0%	10%	10-30%	30-60%	60-90%	Más 90%	Indefinido

(Jaramillo, et al. 2007)

#### 6.10.7 Altura de planta en centímetros (cm)

Se tomaron cinco lecturas de altura de planta (15, 30, 45, 60 y 75 días después de trasplante) en cada uno de los tratamientos.

## **6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **6.11.1 Análisis estadístico**

Para conocer el efecto de cada uno de los tratamientos, se organizaron y analizaron los datos por medio análisis de varianza para cada variable respuesta a evaluar a través del paquete de Análisis Estadístico InfoStat utilizando las herramientas lineales mixtas con el objetivo de determinar si existe o no diferencia estadística para las fuentes de variación. Cuando la diferencia entre fuentes de variación estadísticamente significativa se procedió a efectuar la prueba de contrastes ortogonales al 5% de probabilidad. Además se presenta en forma gráfica los efectos respuesta de los factores y la interacción.

### **6.11.2 Análisis económico.**

#### **Presupuesto parcial**

Se elaboró el análisis de presupuesto parcial para cada tratamiento ya que esto nos permitió estimar los resultados económicos de la investigación, con lo cual se estimó el impacto de cambio entre cada programa de fertilización sobre los costos e ingresos del mismo. Al realizar el análisis, se cuantifico el impacto ocasionado por el cambio de tecnología de cada sistema de producción, debido a que el factor que cambia y modifica el costo en cada tratamiento son los programas de fertilización y costo de la planta de cada híbrido, que influyo sobre los ingresos netos sin necesidad de conocer todos sus costos de producción, para lo cual se utilizó el método propuesto por Horton en 1982 el cual nos permitió determinar el presupuesto de gastos adicionales realizados (costo que varían), así como el de ingresos adicionales (beneficio bruto), consecuente del uso e implementación de las tecnologías y comparándolas entre sí, estimando el impacto de cambio entre cada tratamiento sobre los costos e ingresos netos de los mismos.

## **Análisis de Dominancia**

Para dicho análisis se utilizó la metodología propuesta por El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo -CIMMYT- (1998), la cual ordena los tratamientos de forma descendente (menor a mayor) en función de los costos totales que varían y los beneficios netos. Moviéndose de la tecnología de menor a la de mayor costo variable, donde la tecnología que cueste más o igual que el anterior pero genere un menor beneficio neto se dice que es dominada y esta se excluye, seleccionando únicamente aquellas que produzcan más beneficios netos. Posteriormente se realizó el análisis marginal de retorno el cual nos permitió calcular la tasa de marginal de retorno para los tratamientos alternativos, empezando con el tratamiento de menor al de mayor costo variable, determinando el tratamiento que genere mayor ingreso neto para el agricultor.

## VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA (kg/ha) DE FRUTO MANCHADO

En el cuadro 20, se presenta los resultados del análisis de varianza para rendimiento de fruto manchado, donde se observa que se obtuvo significancia estadística en la interacción programas de fertilización e híbridos, no así para programas ni híbridos como efectos independientes. Por lo que se puede establecer que los diferentes programas de fertilización si influyeron sobre el rendimiento de fruto manchado en cada uno de los híbridos.

El valor del coeficiente de variación se considera aceptable en función de la dispersión de puntos de la variable evaluada representada por la desviación estándar en relación a la media general y por lo tanto se considera que la información es confiable y que el experimento estuvo bajo un manejo agronómico adecuado.

Cuadro 20. Análisis de varianza para rendimiento de fruto manchado en kg/ha.

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	162608.98	0.75	0.5362	N.S
Programas	2	260975.18	1.60	0.2782	N.S (Programas * Bloques)
Programas * Bloques	6	163591.26	0.76	0.6138	N.S
(error a )					
Híbridos	2	177826.02	0.82	0.4559	N.S
Programas * Híbridos	4	710000.09	3.28	0.0349	*
Error ( b )	18	216671.9			
Total	35				

C.V. 34.74%

P-valor <0.05 existe significancia estadística (\*)

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (N.S)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje

En función de la significancia estadística entre la interacción programas de fertilización e híbridos, se procedió a realizar la comparación de contrastes ortogonales.

En el cuadro 21, se presentan los resultados para cada uno de los contrastes, donde se determinó que para el contraste dos se obtuvo significancia estadística es decir que se aceptó la hipótesis alterna la cual estableció que el programa hidrosoluble e híbrido Pony Express con un promedio de rendimiento de 921.65 kg/ha fue diferente a hidrosoluble-granulado e híbrido Pony Express con un promedio de 1698.68 kg/ha; para el contraste tres el programa hidrosoluble-granulado e híbrido Retana con rendimiento de 1629.81 kg/ha fue diferente estadísticamente a hidrosoluble e híbrido Retana con promedio de 1876.58 kg/ha y al programa liberación controlada e híbrido Retana con 923.94 kg/ha. En tanto para el contraste cuatro se determinó que el programa hidrosoluble e híbrido Retana con un rendimiento de 1876.58 kg/ha fue diferente a liberación controlada e híbrido Retana con una producción 923.94 kg/ha de fruta manchada.

Para los contrastes uno, cinco y seis no se obtuvo significancia estadística es decir que se aceptó la hipótesis nula la cual estableció que el efecto repuesta de peso de fruta manchada fue igual entre contrastes o programas. El programa de liberación controlada fue diferente únicamente a los otros dos programas con el híbrido Retana.

Cuadro 21. Prueba de contrastes ortogonales al 5% de significancia para rendimiento de fruto manchado en kg/ha.

Programas*Híbridos	Contraste	gl	Fc	P<valor	
Contraste 1	(L.C. Pony Express = H. Pony Express + H.G. Pony Express)	1	0.01	0.9162	N.S
Contraste 2	(H. Pony Express = H.G. Pony Express)	1	5.57	0.0297	*
Contraste 3	(H.G. Retana = L.C. Retana + H. Retana)	1	4.43	0.0497	*

Contraste 4	(H. Retana = L.C. Retana)	1	4.60	0.0459	*
Contraste 5	(L.C. Toliman = H. Toliman + H.G. Toliman)	1	0.90	0.3566	N.S
Contraste 6	(H.G. Toliman = H. Toliman)	1	0.01	0.9178	N.S
Total		6	2.59	0.0550	

L.C.=Liberación Controlada    H= Hidrosoluble    H.G. = Hidrosoluble-Granulado

La investigación nos permitió establecer que cada híbrido respondió diferente al efecto de cada uno los programas de fertilización, ya que para el híbrido Pony Express el programa de liberación controlada no mostro diferencia estadística en comparación con el programa hidrosoluble e hidrosoluble-granulado mientras que el programa hidrosoluble si fue diferente a hidrosoluble-granulado.

Para el híbrido Retana, el programa de liberación controlada fue el que registro el menor rendimiento de fruta manchado con un valor de 923.94 kg/ha el cual tuvo un efecto diferente en comparación con los otros dos programas quienes fueron diferentes estadísticamente. Para el híbrido Toliman, el programa de liberación controlada no mostró un efecto diferente entre contrastes, como también hidrosoluble en comparación a hidrosoluble-granulado.

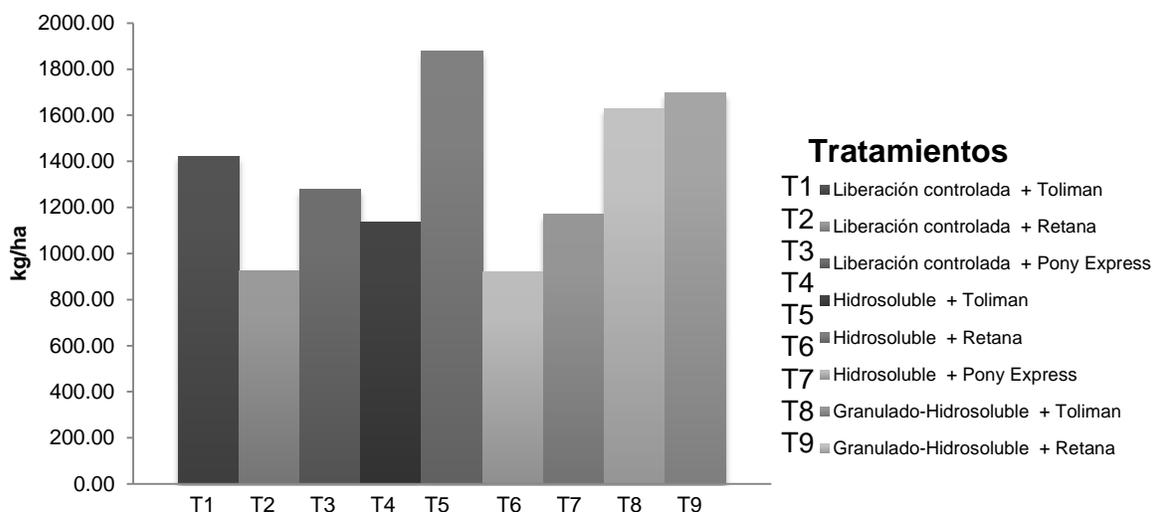


Figura 10. Rendimiento de fruto manchado en kg/ha para tratamientos

En la figura 10, se presenta el comportamiento de cada tratamiento y donde el programas de Hidrosoluble + Retana con 1876.58 kg/ha, Granulado-Hidrosoluble + Pony Express con 1698.68 kg/ha, Granulado-Hidrosoluble + Retana con 1629.81 kg/ha, Liberación controlada + Toliman con 1423.22 kg/ha estuvieron por arriba del promedio general de 1340.07 kg/ha de fruta manchada y los programas Liberación controlada + Pony Express con 1279.75 kg/ha, Granulado-Hidrosoluble + Toliman con 1170.71 kg/ha, Hidrosoluble + Toliman con 1136.28 kg/ha, Liberación controlada + Retana con 923.94 kg/ha, Hidrosoluble + Pony Express con 921.65 kg/ha estuvieron por debajo del promedio.

## 7.2 PORCENTAJE (%) DE FRUTO MANCHADO

En el cuadro 22, se presentan los resultados del análisis de varianza para dicha variable y donde no se obtuvo significancia estadística tanto para factores independientes como para la interacción entre ellos. El coeficiente de variación se considera aceptable, lo que nos permite asegurar que la información es confiable y que el experimento estuvo bajo un manejo agronómico adecuado.

Cuadro 22. Análisis de varianza para el porcentaje de fruto manchado

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	56.58	1.04	0.3979	N.S
Programas	2	55.93	1.36	0.3264	N.S (Programas * Bloques)
Programas * Bloques	6	41.21	0.76	0.6111	N.S
(error a )					
Híbridos	2	26.11	0.48	0.626	N.S
Programas * Híbridos	4	154.14	2.48	0.549	N.S
Error ( b )	18	54.3			
Total	35				

C.V. 29.62 %

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (N.S)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje

En el figura 11 se observa que los tratamientos Hidrosoluble + Retana con 1.77 %, Granulado-Hidrosoluble + Retana con 1.59%, Liberación controlada + Pony Express con 1.37 %, Liberación controlada + Toliman con 1.3% reportaron porcentajes por

abajo del promedio de 1.25% y los programas Granulado-Hidrosoluble + Toliman con 1.24%, Granulado-Hidrosoluble + Pony Express con 1.22 %, Hidrosoluble + Toliman con 1.03 %, Liberación controlada + Retana con 1.01 % e Hidrosoluble + Pony Express con 0.75 % se encontraron por debajo de promedio.

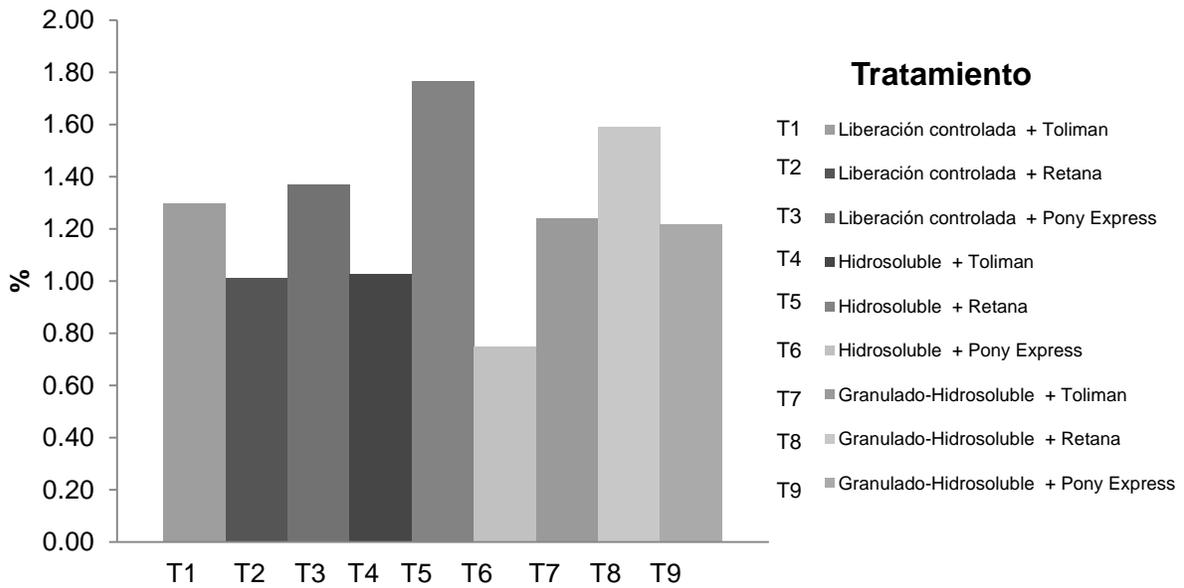


Figura 11. Porcentaje fruta manchada para cada tratamiento.

### 7.3 RENDIMIENTO TOTAL Y POR CATEGORÍA DE FRUTO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA (kg/ha)

#### 7.3.1 Rendimiento total de fruto en kg/ha

En el cuadro 23, se presenta los resultados de análisis de varianza y donde no se obtuvo significancia estadística para factores independientes y la interacción. El coeficiente de variación de 19.11% se considera aceptable.

Cuadro 23. Análisis de varianza para el rendimiento total de fruto kg/ha.

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	187054513.9	0.41	0.749	N.S
Programas	2	604196713.8	0.91	0.4519	N.S (Programas * Bloques)
Programas * Bloques	6	664347857.4	1.45	0.2507	N.S
(error a )					
Híbridos	2	1141884079	2.49	0.1109	NS
Programas * Híbridos	4	396029280.3	0.86	0.5041	NS
Error ( b )	18	458286654.6			
Total	35				

C.V. 19.11 %

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (NS)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje

En la figura 12, se observa que los tratamientos Granulado-Hidrosoluble + Pony Express con 136892.78 kg/ha e Hidrosoluble + Pony Express con 126015.5 kg/ha estuvieron por arriba del promedio de 112,006.64 kg/ha y los programas Hidrosoluble +

Toliman con 114655.02 kg/ha, Granulado-Hidrosoluble + Retana con 111561.82 kg/ha, Liberación controlada + Toliman con 109558.99 kg/ha, Liberación controlada + Pony Express con 106081.29 kg/ha, Hidrosoluble + Retana con 105656.62 kg/ha, Granulado-Hidrosoluble + Toliman con 101737.03 kg/ha y Liberación controlada + Retana con 95900.7 se encontraron por abajo de la media.

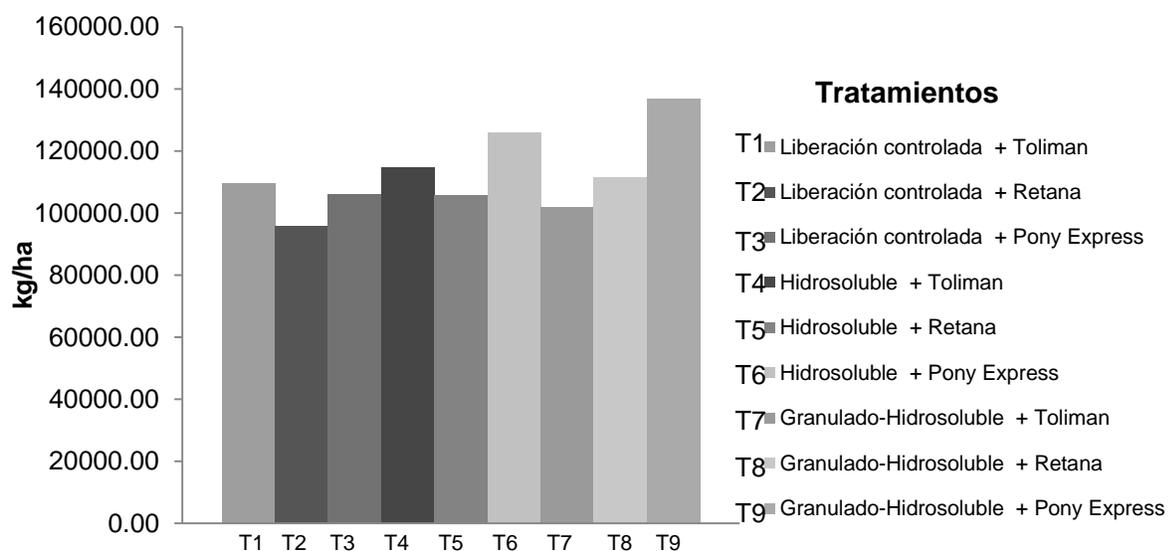


Figura 12. Rendimiento total de fruto en kg/ha de nueve tratamientos.

### 7.3.2. Rendimiento de fruto para primera categoría en kg/ha

En el cuadro 24, se observa que se obtuvo significancia estadística para híbridos, no así para programas ni para la interacción programas e híbridos, en tal sentido se puede determinar que los programas de fertilización no influyeron sobre esta variable sino únicamente para híbridos. El coeficiente de variación fue de 17.56%.

Cuadro 24. Análisis de varianza rendimiento de fruto de primera.

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	175211959.8	1.48	0.2525	NS
Programas	2	159908157	1.29	0.341	NS (Programas*Bloques)
Programas * Bloques	6	123573638.7	1.05	0.4287	NS
(error a )					
Híbridos	2	593210621.3	5.03	0.0185	*
Programas * Híbridos	4	208062440.9	1.76	0.1804	NS
Error ( b )	18	118047429.5			
Total	35				

C.V. 17.56 %

P-valor <0.05 existe significancia estadística (\*)

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (NS)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje.

En el cuadro 25, se presentan los resultados para cada uno de los contrastes, donde se determinó que para el primer contraste se obtuvo alta significancia estadística ya que el híbrido Pony Express con un promedio de rendimiento de 69400.94 kg/ha fue diferente a Retana con 55482.49 kg/ha y Toliman con 60706.69 kg/ha, mientras que

para el segundo contraste no se obtuvo significancia estadística es decir Retana fue igual a Toliman.

Cuadro 25. Prueba de contrastes ortogonales al 5% de significancia para rendimiento de fruto de primera en kg/ha.

Programa * Híbridos	Contraste	gl	Fc	P<valor	
Contraste 1	Pony Express = Retana + Toliman	1	8.66	0.0087	**
Contraste 2	Retana = Toliman	1	1.39	0.2542	N.S
Total		2	5.03	0.185	N.S

En la figura 13, se observa que el híbrido Pony Express con 69400.94 kg/ha estuvo por arriba del promedio de 61863.38 kg/ha mientras los híbridos Retana con 55482.49 kg/ha y Toliman con 60706.69 kg/ha estuvieron por debajo de la media.

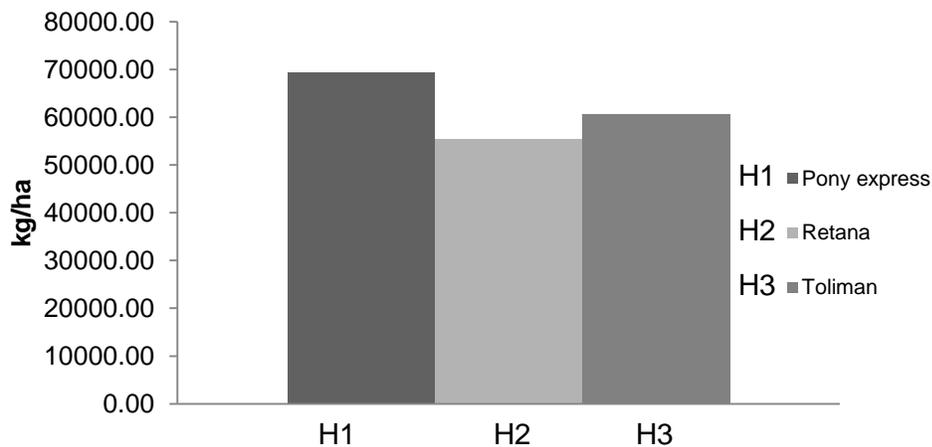


Figura 13. Rendimiento de fruto de primera por Híbrido en kg/ha

### 7.3.3. Rendimiento de fruto de segunda categoría en kg/ha

Los resultados del análisis de varianza determinaron que no hubo significancia estadística para factores independientes y también para la interacción programas de fertilización e híbridos (ver cuadro 26).

Cuadro 26. Análisis de varianza rendimiento kg/ha de fruto de segunda.

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	36257001.11	0.31	0.8146	NS
Programas	2	85124686.84	0.62	0.5682	NS (Programas*Bloques)
Programas *	6	136832810.7	1.19	0.3566	NS
Bloques (error a )					
Híbridos	2	256753624.9	2.23	0.1366	NS
Programas *	4	133475834.7	1.16	0.3618	NS
Híbridos Error ( b )	18	115251423.7			
Total	35				

C.V. 29.90 %

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (NS)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje

En la figura 14 se presenta el comportamiento de cada tratamiento y donde el programa Granulado-Hidrosoluble + Pony Express con 50443.85 kg/ha, Hidrosoluble + Pony Express con 40205.87 kg/ha e Hidrosoluble + Toliman con 36825.73 kg/ha estuvieron por arriba del promedio de 35906.25 kg/ha y los programas Liberación controlada + Toliman con 35046.71 kg/ha, Granulado-Hidrosoluble + Retana con 33020.92 kg/ha, Liberación controlada + Pony Express con 32510.17 kg/ha,

Granulado-Hidrosoluble + Toliman con 31832.99 kg/ha, Liberación controlada + Retana con 31815.78 kg/ha e Hidrosoluble + Retana con 31454.24 kg/ha estuvieron por de debajo de la media.

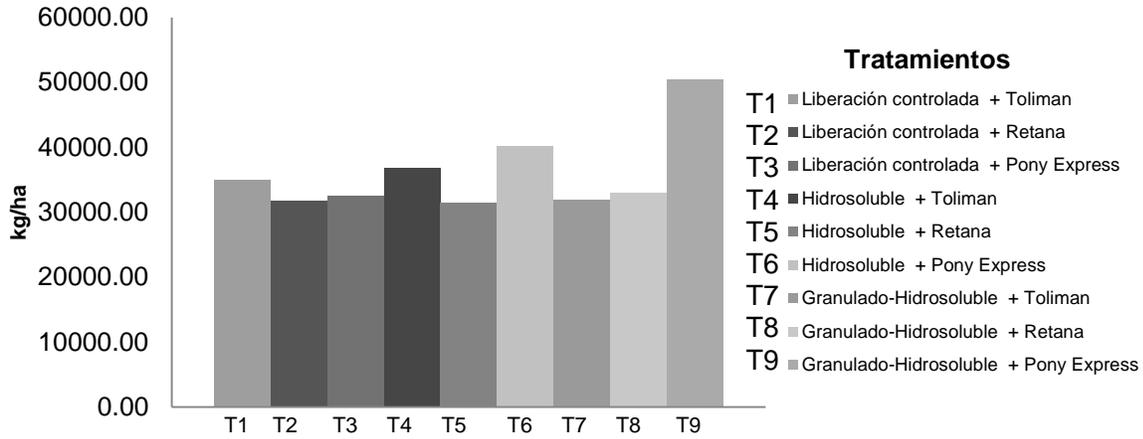


Figura 14. Rendimiento de fruto de segunda en kg/ha

### 7.3.4. Rendimiento de fruto de tercera categoría en kg/ha

En el cuadro 27, se presentan los resultados de análisis de varianza y donde no se obtuvo significancia estadística para factores independientes ni para la interacción programas e híbridos.

Cuadro 27. Análisis de varianza de rendimiento de fruto de tercera en kg/ha

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	26381667.17	1.99	0.1515	N.S
Programas	2	50666204.75	2.02	0.2139	N.S (Programas*Bloques)
Programas * Bloques	6	25125706.17	1.9	0.1368	N.S
(error a )					
Híbridos	2	45092954.97	3.4	0.0558	N.S
Programas * Híbridos	4	9203655.63	0.69	0.6054	N.S
Error ( b )	18	13250638.02			
Total	35				

C.V. 33.31%

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (NS)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje

En la figura 15, se observa el comportamiento de cada tratamiento y donde Granulado-Hidrosoluble + Toliman con 14025.57 kg/ha, Granulado-Hidrosoluble + Retana con 13704.2 kg/ha, Hidrosoluble + Retana con 13210.66 kg/ha, Liberación controlada + Retana con 12470.36 kg/ha y Granulado-Hidrosoluble + Pony Express con 11402.95 kg/ha estuvieron por arriba del promedio de 10926.63 kg/ha y los

programas Hidrosoluble + Toliman con 9646.88 kg/ha, Hidrosoluble + Pony Express con 9526.37 kg/ha, Liberación controlada + Pony Express con 7500.58 kg/ha y Liberación controlada + Toliman con 6852.1 kg/ha se encontraron por debajo de la media.

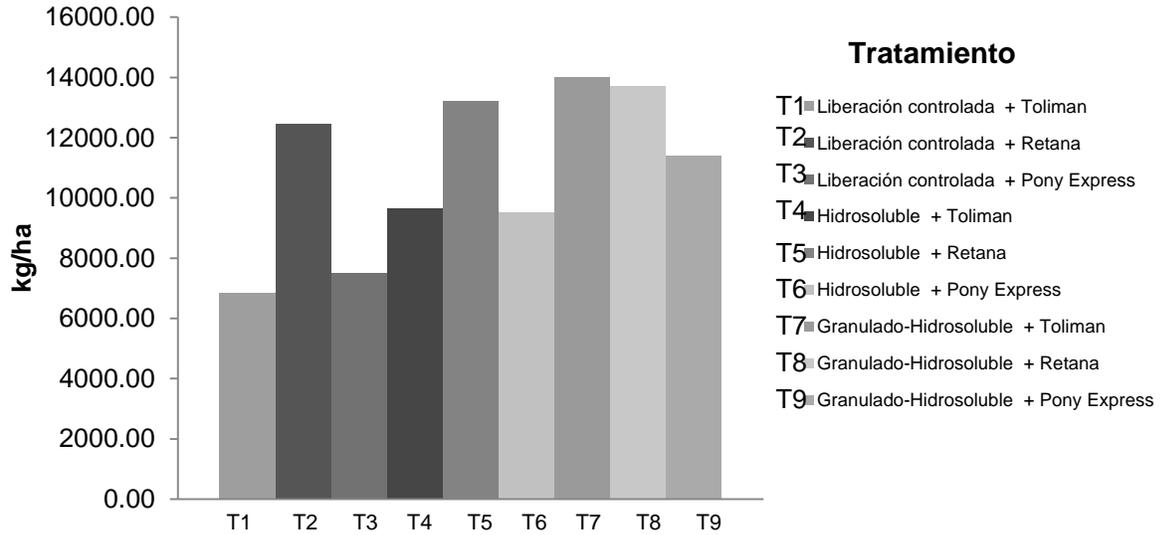


Figura 15. Rendimiento de fruto de tercera en kg/ha

### 7.3.5. Rendimiento total y por categoría de fruto en kg/ha y porcentaje.

En el cuadro 28, se presenta el comportamiento de los tratamientos para cada categoría, estableciéndose que los tratamientos que obtuvieron mayor porcentaje de rendimiento de primera categoría fueron liberación controlada + Toliman con un 58.89% de primera y un 1.30% de fruto manchado, el tratamiento hidrosoluble + Pony Express con un 58.66% y un 0.73% de fruto manchado y el tratamiento liberación controlada + Pony Express con un 58.56% de fruta de primera categoría y un 1.21% de fruto manchado, además se muestra que el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de fruto manchado fue granulado-Hidrosoluble + Retana con un 1.46%.

Cuadro 28. Análisis de rendimiento total, por categoría de fruto y fruto manchado en kg/ha y porcentaje.

Tratamientos	Total kg/ha	Primera		Segunda		Tercera		Fruto Manchado	
		kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
T1	109558.99	64515.33	58.89	35046.71	31.99	6852.10	6.25	1423.22	1.30
T2	95900.70	48532.83	50.61	31815.78	33.18	12470.36	13.00	923.94	0.96
T3	106081.29	62116.52	58.56	32510.17	30.65	7500.58	7.07	1279.75	1.21
T4	114655.02	66053.32	57.61	36825.73	32.12	9646.88	8.41	1136.28	0.99
T5	105656.62	57020.49	53.97	31454.24	29.77	13210.66	12.50	1876.58	1.78
T6	126015.50	73926.92	58.66	40205.87	31.91	9526.37	7.56	921.65	0.73
T7	101737.03	51551.43	50.67	31832.99	31.29	14025.57	13.79	1170.71	1.15
T8	111561.82	60894.16	54.58	33020.92	29.60	13704.20	12.28	1629.81	1.46
T9	136892.78	72159.38	52.71	50443.85	36.85	11402.95	8.33	1698.68	1.24

#### 7.4. CLASIFICACIÓN DE TOMATE SU ÍNDICE DE FORMA (mm)

En el cuadro 29, se observa que se obtuvo significancia estadística para híbridos y alta significancia estadística para la interacción programas de fertilización e híbridos. Por lo que se puede establecer que los diferentes programas de fertilización si influyeron sobre el largo de fruto. El valor del coeficiente de variación de 2.57% se considera aceptable y por lo tanto existe certeza que la información es confiable.

Cuadro 29. Análisis de varianza para largo de fruto

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	2.84	0.97	0.4728	N.S
Programas	2	2.83	0.85	0.4719	N.S (Programas*Bloques)
Programas * Bloques	6	3.31	1.02	0.4442	N.S
(error a )					
Híbridos	2	136.62	41.74	<0.0001	**
Programas * Híbridos	4	14.11	4.34	0.0124	*
Error ( b )	18	3.25			
Total	35				

C.V. 2.57 %

P-valor <0.05 existe significancia estadística (\*)

P-valor <0.01 existe alta significancia estadística (\*\*)

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (NS)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje

En el cuadro 30, se presentan los resultados de las comparaciones entre contrastes ortogonales para la interacción programas de fertilización e híbridos y donde se determinó que para el contraste uno y dos que corresponde a Pony express ninguno de los tres programas mostro un efecto diferente. En tanto que el contraste tres donde

el programa hidrosoluble-granulado +Retana estadísticamente fue igual a liberación controlada + Retana e hidrosoluble Retana, en tanto el contraste cuatro el programa hidrosoluble e híbrido Retana con un promedio de longitud de 73.43 mm estadísticamente fue diferente al programa liberación controlada e híbrido Retana con un promedio de 70.06 mm.

El contraste cinco que corresponde al programa liberación controlada e híbrido Toliman con largo promedio de 71.25 mm fue diferente a hidrosoluble Toliman con 73.13 mm y a hidrosoluble-granulado e híbrido Toliman con 74.28 mm y contraste seis hidrosoluble-granulado e híbrido Toliman estadísticamente fue igual al programa hidrosoluble e híbrido Toliman.

Cuadro 30. Prueba de contrastes ortogonales al 5% de significancia para largo de fruto de la interacción Programas \* Híbridos.

Programas * Híbrido	Contraste	gl	Fc	P<valor
Contraste 1	(L.C. Pony Express = H. Pony Express + H.G. Pony Express)	1	3.71	0.07 NS
Contraste 2	(H. Pony Express = H.G. Pony Express)	1	0.15	0.7066 NS
Contraste 3	(H.G. Retana = L.C. Retana + H. Retana)	1	2.5	0.1313 NS
Contraste 4	(H. Retana = L.C. Retana)	1	7.01	0.0164 *
Contraste 5	(L.C. Toliman = H. Toliman + H.G. Toliman)	1	4.93	0.0395 *
Contraste 6	(H.G. Toliman = H. Toliman)	1	0.81	0.3799 NS
Total		6	3.18	0.0261

L.C.= Liberación Controlado H= Hidrosoluble H.G= Hidrosoluble-Granulado

En la figura 16, se observa que los tratamientos que están por arriba del promedio de 70.15 mm fueron Granulado-Hidrosoluble + Toliman con 74.28 kg/ha, Hidrosoluble + Retana con 73.43 kg/ha, Hidrosoluble + Toliman con 73.13 kg/ha, Liberación controlada + Toliman con 71.25 kg/ha, Liberación controlada + Retana con 70.06 kg/ha mientras que Granulado-Hidrosoluble + Retana con 70 kg/ha, Liberación controlada + Pony Express con 67.81 kg/ha, Granulado-Hidrosoluble + Pony Express con 65.93 e Hidrosoluble + Pony Express con 65.44 kg/ha se encuentran por debajo de la media.

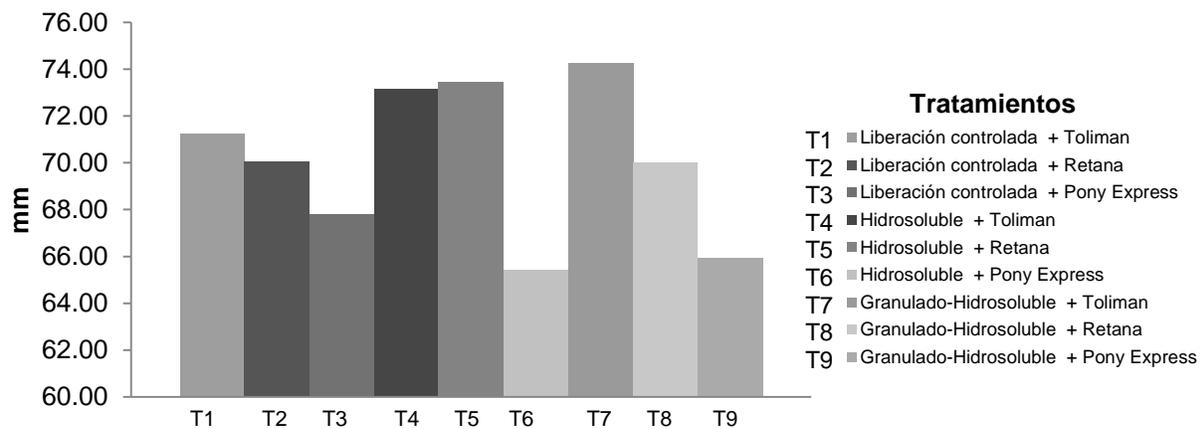


Figura 16. Largo de fruto promedio por planta.

## 7.5. CLASIFICACIÓN SEGÚN DIAMETRO (mm) DE FRUTO

En el cuadro 31, se presenta el análisis de varianza para diámetro de fruto y donde se obtuvo alta significancia estadística para híbridos, no así para programas y la interacción programas e híbridos; entendiendo que los tres programas de fertilización no influyeron de manera diferente sobre dicha variable sino el efecto se dio a nivel de la genética. El coeficiente de variación de 8% se considera aceptable por lo tanto la información es confiable.

Cuadro 31. Análisis de varianza para diámetro de fruto

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	14	1.1	0.3763	N.S
Programas	2	2.75	0.32	0.7355	N.S (Programas*Bloques)
Programas * Bloques	6	8.5	0.67	0.6786	N.S
(error a )					
Híbridos	2	206.62	16.18	0.0001	**
Programas * Híbridos	4	8.24	0.65	0.6373	N.S
Error ( b )	18	12.77			
Total	35				

C.V. 8.00 %

P-valor <0.01 existe alta significancia estadística (\*\*)

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (NS)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje

En el cuadro 32, se presentan los resultados para los contrastes y donde el primer contraste híbrido Pony Express cuyo diámetro de fruto de 49.25 mm registro una alta

significancia estadística en comparación a Retana con 43.69 mm y Toliman con 41.14 mm, mientras que para el contraste dos no se obtuvo significancia estadística es decir Retana fue igual a Toliman quienes superaron a Pony Express.

Cuadro 32. Prueba Contrastes Ortogonales al 5% de significancia para el variable diámetro de fruto en la fuente de variación Híbridos.

Programa *	Contraste	gl	Fc	P<valor
Híbridos				
Contraste 1	Pony Express = Retana + Toliman	1	29.28	<0.0001 **
Contraste 2	Retana = Toliman	1	3.07	0.0967 NS
Total		2	16.18	0.0001

El la figura 17, se observa que el Hibrido que están por arriba del promedio de 44.69 mm fue el Pony Express con 49.25mm mientras que los híbridos Retana con 43.69 mm y Toliman con 41.14 mm se encuentran por debajo de la media.

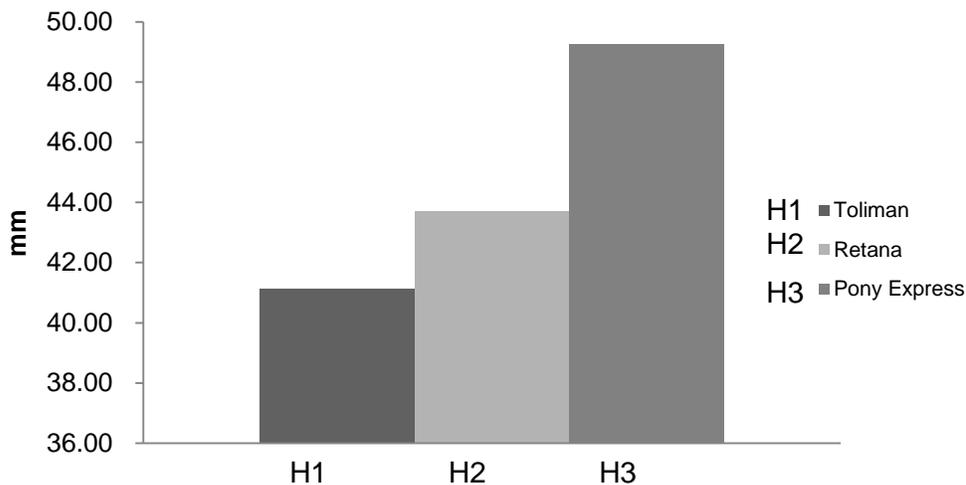


Figura 17. Diámetro de fruto promedio por planta.

## 7.6. NUMERO DE FRUTO POR PLANTA

En el cuadro 33, se observan los resultados del análisis de varianza y donde no se obtuvo significancia estadística para factores independientes ni para la interacción, es decir que los tres programas de fertilización influyeron de manera similar en los tres híbridos ya que no se establecieron diferencias como también a nivel de híbridos no se registraron diferencias reales. El coeficiente de variación de 18.06% se considera aceptable por lo que la información es confiable.

Cuadro 33. Análisis de varianza para número de fruto por planta.

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	284.74	1.12	0.3673	N.S
Programas	2	32,39	0.09	0.9145	N.S (Programas*Bloques)
Programas * Bloques (error a )	6	356.82	1.4	0.267	N.S
Híbridos	2	577.73	2.27	0.1319	N.S
Programas * Híbridos	4	204.51	0.8	0.5384	N.S
Error ( b )	18	254.33			
Total	35				

C.V. 18.06 %

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (NS)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje

En la figura 18 se observa que los tratamientos Granulado-Hidrosoluble + Retana con 100.86 kg/ha, Liberación controlada + Retana con 97.3 kg/ha, Hidrosoluble + Toliman con 92.21 kg/ha y Liberación controlada + Toliman con 90.38 kg/ha reportaron valores por arriba del promedio de 88.31 frutos/planta mientras que Hidrosoluble + Retana con

86.17 kg/ha, Granulado-Hidrosoluble + Toliman con 84.92 kg/ha, Granulado-Hidrosoluble + Pony Express con 84.82 kg/ha, Hidrosoluble + Pony Express con 84.18 kg/ha y Liberación controlada + Pony Express con 73.93 kg/ha se encuentran por debajo de la media.

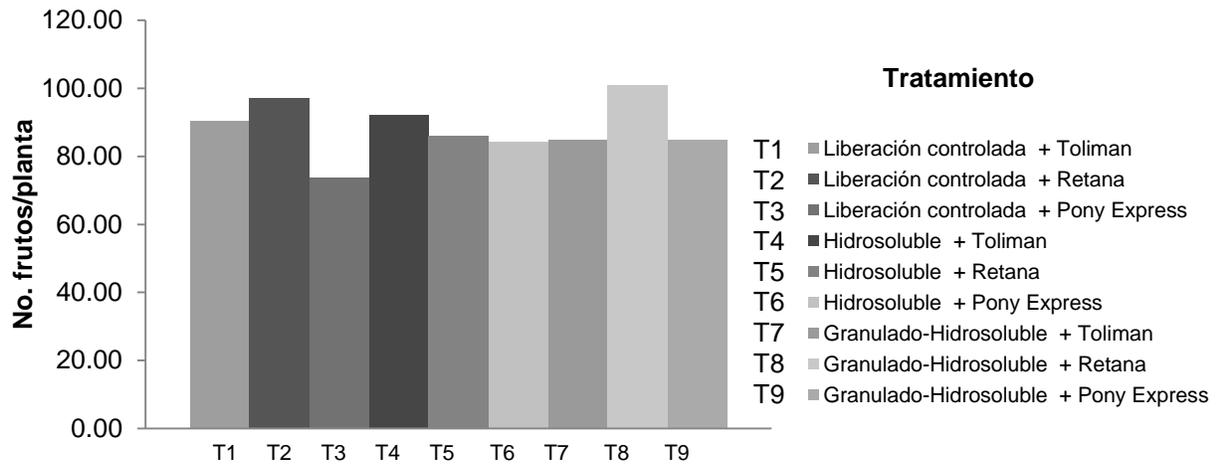


Figura 18. Numero promedio de fruto por planta.

### 7.7. TOTAL DE SOLIDOS SOLUBLES (Grados Brix)

En el cuadro 34, se presenta el análisis de varianza obteniéndose significancia estadística para la variable híbridos no así para programas y la interacción programas e híbridos, en función de los resultados obtenidos se interpreta que los programas de fertilización no influyeron en la concentración del total de sólidos solubles sino está determinada a cada híbrido. El valor del coeficiente de variación de 5.49% se considera aceptable por lo cual los datos se consideran confiables.

Cuadro 34. Análisis de varianza para total sólidos solubles (Grados Brix).

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	0.02	0.37	0.7771	NS
Programas	2	0.07	1.16	0.3756	NS (Programas*Bloques)
Programas * Bloques (error a )	6	0.06	1.28	0.3131	NS
Híbridos	2	0.28	5.81	0.0113	*
Programas * Híbridos	4	0.06	1.19	0.3483	NS
Error ( b )	18	0.05			
Total	35				

C.V. 5.49 %

P-valor <0.05 existe significancia estadística (\*)

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (NS)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje

En el cuadro 35, se encuentran los resultados para cada contraste teniendo para el primero híbrido Pony Express con un promedio de 3.86 grados brix fue diferente a Retana con 4.06 grados brix y Toliman con 4.16 grados brix ya que se obtuvo alta significancia estadística, mientras que para el segundo contraste compuesto por Retana y Toliman no se obtuvo significancia estadística es decir que se aceptó la

hipótesis nula la cual estableció que el efecto respuesta de grados brix fue igual entre híbridos los cuales superaron a Pony Express.

Cuadro 35. Prueba de contrastes ortogonales para el total de solidos solubles (grados brix)

Programa * Híbridos	Contraste	gl	Fc	P<valor
Contraste 1	Pony Express = Retana + Toliman	1	10.3	0.0049 **
Contraste 2	Retana = Toliman	1	1.31	0.2672 NS
Total		2	5.81	0.0113

El la figura 19 muestra que el Híbrido que se encuentran por arriba del promedio de 4.03° de solidos solubles fue Toliman con 4.16° mientras que el híbrido Retana con 4.06° y pony Express con 3.86° se encontraron por debajo de la media.

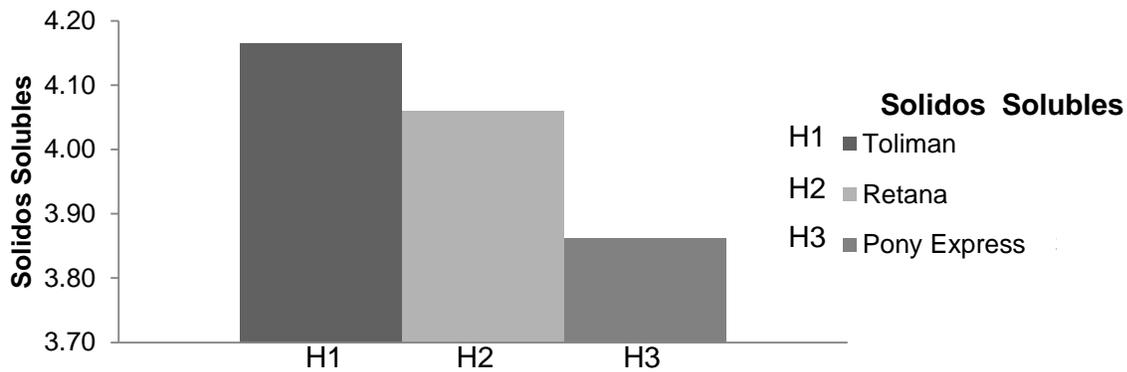


Figura 19. Total de solidos solubles (Grados Brix).

## 7.8. INTENSIDAD DE COLOR DE FRUTO.

En el cuadro 36, se observa que todos los tratamientos estuvieron por arriba del 90% de intensidad de color, en tanto que para porcentaje de fruto manchado los tratamientos liberación controlada + Retana, hidrosoluble + Toliman, hidrosoluble + Pony express y granulado-hidrosoluble + Toliman registraron valores por abajo del promedio de 1.20%.

En tal sentido podemos establecer que el programa de liberación controlada no mostro ningún efecto sobresaliente en comparación con los otros dos.

Cuadro 36. Intensidad de color de fruto cosechado.

Tratamiento	% Color rojo al 90%	% Fruto manchado
Liberación controlada + Toliman	98.70	1.30
Liberación controlada + Retana	99.04	0.96
Liberación controlada + Pony Express	98.79	1.21
Hidrosoluble + Toliman	99.01	0.99
Hidrosoluble + Retana	98.22	1.78
Hidrosoluble + Pony Express	99.27	0.73
Granulado-Hidrosoluble + Toliman	98.85	1.15
Granulado-Hidrosoluble + Retana	98.54	1.46
Granulado-Hidrosoluble + Pony Express	98.76	1.24

( \*)= Grados de madurez del tomate figura 9.

## 7.9. ALTURA DE PLANTA (cm)

En el cuadro 37, se presenta el análisis de varianza para altura de planta y donde se obtuvo alta significancia estadística para híbridos no así para programas y la interacción programas e híbridos, por lo que dicha variable está relacionada con la genética de cada híbrido. El valor del coeficiente de variación de 9.67% se considera aceptable.

Cuadro 37. Análisis de varianza para altura de planta.

F.V.	gl	CM	Fc	P<valor	
Bloques	3	8.74	0.07	0.9748	N.S
Programas	2	263.36	2.12	0.2009	N.S (Programas*Bloques)
Programas * Bloques	6	124.1	1.01	0.4523	N.S
(error a )					
Híbridos	2	1144.11	9.27	0.0017	**
Programas * Híbridos	4	34.28	0.28	0.8886	N.S
Error ( b )	18	123.48			
Total	35				

C.V. 9.67%

P-valor <0.01 existe alta significancia estadística (\*\*)

P-valor >0.05 no existe significancia estadística (N.S)

C.V.=Coeficiente de variación en porcentaje

La prueba de contrastes ortogonales determino que Pony Express con una altura de 104.8 cm al compararlo con Retana con 115.5 cm y Toliman 124.3 cm de altura fue altamente significativo es decir que Pony Express fue diferente y superado en altura por los dos híbridos. Para el segundo contraste se determinó que Retana y Toliman estadísticamente son iguales.

Cuadro 38. Prueba de contrastes ortogonales para Altura de Planta.

Programa *	Híbridos	Contraste	gl	Fc	P<valor
		Pony Express = Retana + Toliman	1	14.74	0.0012 **
		Retana = Toliman	1	3.79	0.0673 ns
		Total	2	9.27	0.0017

En figura 20, se observa el comportamiento de altura de planta para cada uno de los tratamientos donde se observa que con el programa hidrosoluble el híbrido Toliman alcanzó las mayores alturas de planta a partir de los 45 ddt, observándose además que las menores alturas se obtuvieron con híbrido Pony Express y programa liberación controlada.

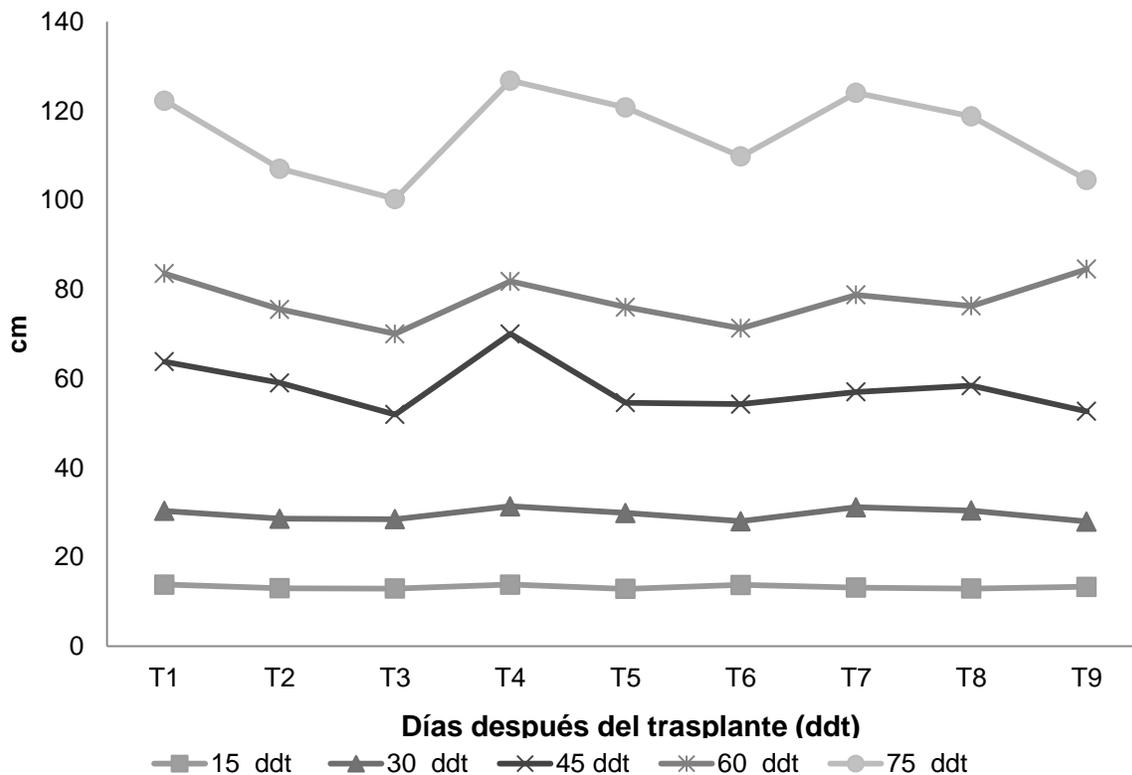


Figura 20. Comportamiento de altura planta (cm) para cada tratamiento

## 7.9 ANALISIS ECONOMICO

### 7.9.1 Presupuesto parcial.

La metodología del presupuesto parcial consiste en una evaluación de los tratamientos evaluando a través de los costos que varían y los rendimientos obtenidos, calculándose por medio retenimiento promedio un rendimiento ajustado que es la estimación del rendimiento que el productor lograría obtener con la misma tecnología cual ajuste es de 10% considerándose algunos aspectos de manejo y cosecha.

En el cuadro 39, se cuantifico el impacto ocasionado por el cambio de tecnología de cada programa de fertilización e híbridos debido a que estos factores ocasionaban cambios y modificaciones a los costos en cada tratamiento repercutiendo así en el ingreso neto, identificando como los mejores tratamientos el de granulado-hidrosoluble + Pony Express con ingreso neto Q 266,586, hidrosoluble + Pony Express con Q238,992 e hidrosoluble + Toliman con de Q 214,585, siendo granulado-hidrosoluble + Pony Express el mejor obteniendo un ingreso neto mayor a sus comparadores.

Cuadro 39. Análisis de presupuesto parcial para tratamientos

Tratamientos	Rendimiento Promedio kg/ha	Rendimiento Ajustado (10%) kg/ha	Ingreso Bruto Q/ha	Costo Varían Q/ha	Ingreso Neto Q/ha	Rentabilidad Q/ha
Liberación controlado +Toliman	109559	98603	Q244,424	Q35,554	Q208,869	186.65%
Liberación controlado +Retana	95901	86311	Q213,952	Q36,304	Q177,648	162.45%
Liberación controlado + Pony Express	106081	95473	Q236,665	Q36,492	Q200,173	179.44%

Hidrosoluble + Toliman	114655	103190	Q255,793	Q41,208	Q214,585	187.25%
Hidrosoluble + Retana	105657	95091	Q235,718	Q41,958	Q193,760	171.61%
Hidrosoluble + Pony Express	126016	113414	Q281,138	Q42,145	Q238,992	204.40%
Granulado- Hidrosoluble + Toliman	101737	91563	Q226,973	Q37,882	Q189,091	170.30%
Granulado- Hidrosoluble + Retana	111562	100406	Q248,892	Q38,632	Q210,260	185.70%
Granulado- Hidrosoluble + Pony Express	136893	123204	Q305,405	Q38,819	Q266,586	227.54%

---

Precio promedio ponderado Q 2.48 kg de fruto

### 7.9.2 Análisis de dominancia.

En el cuadro 40, se presenta los resultados del análisis de dominancia donde se determinó que los tratamientos dominados fueron: Liberación controlada + Retana, Granulado hidrosoluble + Toliman, hidrosoluble + Toliman e Hidrosoluble + Retana, los cuales se excluyeron del análisis ya que la utilización de estos tratamientos incurriría en aumento de costos adicionales sin aumentar sus ingresos netos demostrándose que aunque aumente rendimiento no es suficiente para compensar el incremento de costos; mientras los no dominados fueron : liberación controlada + Toliman, liberación controlada + Pony Express, granulado-hidrosoluble + Retana, granulado-hidrosoluble + Pony Express e hidrosoluble + Pony Express. La característica consiste que estos cambios de tecnología si es factible realizarlos aunque los costos de cada uno de ellos aumenten, estos se verían reflejados proporcionalmente al incremento de los ingresos netos.

Cuadro 40. Análisis de dominancia para tratamientos evaluados

Tratamiento	Costo totales de varian Q/ha	Beneficio Neto Q/ha	
Liberación controlada + Toliman	Q35,554.38	Q208,869.34	No Dominado
Liberación controlada + Retana	Q36,304.38	Q177,647.99	Dominado
Liberación controlada + Pony Express	Q36,491.88	Q200,173.17	No Dominado
Granulado-Hidrosoluble + Toliman	Q37,881.72	Q189,091.37	Dominado
Granulado-Hidrosoluble + Retana	Q38,631.72	Q210,260.26	No Dominado
Granulado-Hidrosoluble + Pony Express	Q38,819.22	Q266,585.58	No Dominado
Hidrosoluble + Toliman	Q41,207.94	Q214,584.91	Dominado
Hidrosoluble + Retana	Q41,957.94	Q193,759.68	Dominado
Hidrosoluble + Pony Express	Q42,145.44	Q238,992.39	No Dominado

A partir del análisis de dominancia se determinó la tasa marginal de retorno (TMR), estableciendo que granulado-hidrosoluble + Pony Express fue quien registro la mayor TMR siendo de Q 56,325.32 seguido de granulado-hidrosoluble + Retana cuyo valor fue de Q 10,087.10. En tal sentido la investigación determino la opción de implementar el tratamiento granulado-hidrosoluble + Pony Express, pues generaría un incremento en su beneficio neto por cada hectárea en producción de Q. 56,325.32, lo que indica que éste es económicamente rentable (ver cuadro 41).

Cuadro 41. Tasa marginal de retorno (TMR) para tratamientos no dominados en Q/ha.

Tratamiento	Costo totales		Beneficio Neto (Q/ha)	TMR	
	que varían (Q/ha)	(Q/cambio)		(Q/ha)	(%)
Liberación controlada + Toliman	Q35554.38	0	Q208869.34	0	0
Liberación controlada + Pony Express	Q36491.88	Q937.50	Q200173.17	-Q8696.17	-927.59%
Granulado-Hidrosoluble + Retana	Q38631.72	Q2139.85	Q210260.26	Q10087.10	471.39%
Granulado-Hidrosoluble + Pony Express	Q38819.22	Q187.50	Q266585.58	Q56325.32	30040.17%
Hidrosoluble + Pony Express	Q42145.44	Q3326.21	Q238992.39	-Q27593.2	-829.57%

## VIII CONCLUSIONES

Para rendimiento de fruto manchado se obtuvo significancia estadística para la interacción programas de fertilización e híbridos no así para componentes independientes en la que la prueba de contrastes ortogonales para rendimiento de fruto manchado determino que el programa hidrosoluble-Pony Express con 921.65 kg/ha al compararlo con granulado-hidrosoluble-Pony Express con 1698.68 kg/ha estadísticamente fue diferente; mientras granulado-hidrosoluble +Retana con 1629.81 kg/ha fue diferente a liberación controlada + Retana con 923.94 kg/ha e hidrosoluble +Retana con 1876.58 kg/ha fue diferente a liberación controlada-Retana. Para lo que el programa de liberación controlada únicamente mostro un efecto diferente con el híbrido Retana para rendimiento de fruto manchado; en tanto para porcentaje de fruto manchado no se obtuvo significancia estadística.

En el rendimiento total de fruto, como de segunda y tercera categoría no se obtuvo significancia estadística; sino únicamente para rendimiento de primera categoría correspondiente a híbridos en la que la prueba de contrastes ortogonales determino que el híbrido Pony Express con 69400.94 kg/ha al compararlo con Toliman con 60706.69kg/ha y Retana con 55482.49 kg/ha estadísticamente fue diferente.

Se obtuvo significancia estadística para total de solidos solubles para híbridos y la prueba de contrastes estableció que Pony Express con 3.86° comparado con Retana 4.06° y Tolima 4.16° fue estadísticamente diferente.

Los tratamientos con mayor porcentaje de intensidad de color de fruto corresponden Hidrosoluble + Pony Express con 99.27% de fruto rojo y un 0.73% de fruto manchado, Liberación Controlada + Retana con 99.04% de rojo un 0.96% de fruto manchado e Hidrosoluble + Toliman con 99.01% de rojo y un 0.99% de fruto manchado.

En altura de planta se obtuvo alta significancia para híbridos y la prueba de contrastes estableció que al comparar el híbrido Pony Express con Retana y Toliman estadísticamente fue diferente.

El análisis de dominancia determino que los tratamientos granulado-hidrosoluble +Pony Express y granulado-hidrosoluble +Retana fueron los que obtuvieron una tasa marginal de retorno positiva con Q56325.32/ha y Q10087.1/ha respectivamente.

## **IX RECOMENDACIONES**

Se recomienda con base a los resultados obtenidos desde el punto de vista estadístico y económico se recomienda validar el programa de fertilización granulado - hidrosoluble e híbrido Pony Express.

Se considera pertinente realizar investigaciones combinando fuentes de liberación controlada con granuladas e hidrosolubles en cultivos bajo cobertura y a campo abierto.

Realizar las evaluaciones del programa de fertilizantes de liberación controlada en diferentes épocas del año (época de lluviosa y seca) con el objetivo de confirmar el rendimiento que ha expresado el cultivo de tomate en esta investigación.

## X BIBLIOGRAFIA

Alarcón, A. (2002). Historia e introducción a la nutrición mineral, Elementos esenciales. Editado. Dpto. Producción agraria. Área edafología y Química Agrícola. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. Colombia, p.12,18, 20, 24, 30, 31, 32, 34 y 35, 43, 46, 47 y 40.

Carrasco, I. (2002). Nuevas tecnologías en fertilización para el respeto del medio ambiente. España. P. 1, 37 Consultado 5 de septiembre 2015. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=16574> .

CIA Centro de Investigacion Agrícola (2003). Fertilizantes características y manejo. Editado por: Gloria melendez y Eloy MolinA. Costa Rica. P. 1 y 37 Consultado 29 de agosto 2015. Disponible en. [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr)

Bayer (1998). Fisiopatías en los cultivos hortícolas (en línea). México D.F, p. 5, 12 y20 consultado 2 agosto de 2015. Disponible: [www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bscmexico.nsf/file/extranet/\\$file?nutricion.pdf](http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bscmexico.nsf/file/extranet/$file?nutricion.pdf)

BEJO, (2017). Manual de Semillas de Hortalizas. Manual Bejo, Guatemala, p. 33.

Bonilla, S. y Trescastro, I. (2000). Enciclopedia Practica de la Agricultura y la Ganadería. Editorial OCEANO, España, p. 632, 633 y 634

EVERRIS (2015). OSMOCOTE, AGROCOTE, Fertilizantes de liberación controlado (en línea), Estados Unidos. Consultado 5 de agosto 2015. Disponible <http://www.everris.us.com>

FAO (2012), Producción mundial de tomate (en línea). Mundial, p. 1, 2 y4. Consultado 29 de agosto de 2015. Disponible. [www.hortoinfo.es/index.php/noticia/4151-superf-mundo-tomate-101014](http://www.hortoinfo.es/index.php/noticia/4151-superf-mundo-tomate-101014)

FAO (1990). El cultivo protegidos en clima mediterraneo (en linea), España. p.193 y 285. Consultado 12 septiembre 2015 disponible: <https://books.google.com.gt>

Guerrero R. 1981. Propiedades generales de los fertilizantes solidos manual técnico. Venezuela (en línea). Venezuela p. 20 Consultado 3 de septiembre 2015. Disponible en: [http://www.monomeros.com/descargas/dpmanual\\_fertilizacion.pdf](http://www.monomeros.com/descargas/dpmanual_fertilizacion.pdf)

GUATEPAYMES (2015) EL CHILTEPE, JUTIAPA (en línea). Guatemala. Consultado 30 septiembre 2015. Disponible. <http://www.guatepymes.com/geodic.php?keyw=24992>

HARRIS MORAN, (2014). PONY EXPRESS F1 (en línea), p. 1. Consultado 1 de septiembre de 2015. Disponible [http://www.harrismoran.com/mexico/products/tomato/pdf/Pony\\_Express.pdf](http://www.harrismoran.com/mexico/products/tomato/pdf/Pony_Express.pdf)

Hernández, A. (2010). Evaluación del almacenamiento y al ambiente de cuatro ecotipos selectivos de chirimoya (*Annona Cherimola* Mil) (en línea), Mexico. Consultado el 2 de septiembre de 2015. Disponible. [https://books.google.com.gt/books?id=JIYzAQAAMAAJ&pg=PA96&lpg=PA96&dq=analisis+de+dominancia+evans&source=bl&ots=4ac1ME\\_aFL&sig=JbKcEz2MzDFO-1DzWNRz41Tc0&hl=es&sa=X&ved=0CCAQ6AEwAWoVChMIwavSn4qiyAIVAZYeCh1YUA4K#v=onepage&q=analisis%20de%20dominancia%20evans&f=false](https://books.google.com.gt/books?id=JIYzAQAAMAAJ&pg=PA96&lpg=PA96&dq=analisis+de+dominancia+evans&source=bl&ots=4ac1ME_aFL&sig=JbKcEz2MzDFO-1DzWNRz41Tc0&hl=es&sa=X&ved=0CCAQ6AEwAWoVChMIwavSn4qiyAIVAZYeCh1YUA4K#v=onepage&q=analisis%20de%20dominancia%20evans&f=false)

Holwerda, H. (2006). Guia de Manejo Nutricional Vegetal Especializada Tomate (en línea), Primera edición, Chile. Consultado el 2 de septiembre de 2015. Disponible. <http://www.sgm.com> p. 11,14,15, 24, 23, 25, 26, 27, 32, 37, 70 y 69.

Horton, D. (1982). Analisis de presupuesto parcial para invetigacion de papa al nivel de finca (en linea), Peru, p. 3 consutado el 1 de octubre de 2015. Disponible [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNABD6610.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABD6610.pdf)

INTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA –INIA- (1992). Fisiologia y manejo de postcosecha en tomate de primor (en linea), p. 20. Montevideo-Uruguay. consultado 15 de septiembre 2015. Disponible: [www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/111219220807113210.pdf](http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/111219220807113210.pdf)

- Jaramillo, J. Rodriguez, V. Guzman, M. Rengifo, T. (2007). Manual técnico, Buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Primera Edición. Colombia, p.48, 51, 52, 53, 54,68, 78 y 95.
- Lemus, A. (2012) Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de fruto de seis híbridos de tomate tolerantes a marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), en aldea el Tempisque, Agua Blanca, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Jutiapa, Guatemala, URL. p. 40.
- MAGA (2014). Perfil Comercial Tomate(en línea). Guatemala. p. 4-37 Consulta 29 agosto de 2015. Disponible. [www.mag.god.gt](http://www.mag.god.gt).
- MAGA (2002). Mapa de zonas de vida de Holdridge, Republica de Guatemala (en línea), Guatemala. Consultado el 23 de septiembre de 2015. Disponible. <http://www.sigmaga.com.gt/imagenes/mapas/vegetacion/zonas-de-vida.pdf>
- Mikkelsen, R. (s. f.) sabor del tomate y la nutrición de la planta (en línea). Gloval. p.2 Consultado 15 septiembre de 2015 disponible: [www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/48f55702806B860F052570C00077E757/\\$file/sabo+del+tomate+y+la+nutricion+de+la+planta.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/48f55702806B860F052570C00077E757/$file/sabo+del+tomate+y+la+nutricion+de+la+planta.pdf)
- Molina, E. Melendez, G. (2003). Fertilizantes: Características y Manejo. Costa Rica. Primera edición. p. 20 y 23
- NAKTUINDOW NL (2009). Variety Description Bss 712 (Toliman) (en línea). Consultado 1 de septiembre de 2015. Disponible <http://www.naktuinbouw.nl/sites/naktuinbouw.eu/files/TMT1986%20VD.pdf>
- NOVIAGRO (2015) Fertilizantes Línea Actimix. Guatemala. Consultado 5 de agosto 2015. Disponible: <http://noviagro.com/v1/es/catalogo-de-productos>
- Paredes, D. (2014). Fertilizantes de liberación controlada: una alternativa para cultivos de ciclo corto. Tesis inédita de maestría. Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas. Ecuador. p. 13, 15 y 17

Pineda, J.; Avitia, E.; Castillo, A.; Corona, T.; Valdez, L. y Gómez, J. (2008). Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. Terra Latinoamericana. P.370

Proyecto AdA-Integración (2014). Trabajo de campo para el diagnóstico de enfermedades en tomate y papa (en línea), párrafo. 1,3 y4. Consultado 26 de septiembre de 2015. Disponible. <http://proyectoadaintegracion.gt/trabajo-de-campo-para-el-diagnostico-de-enfermedades-en-tomate-y-papa/>

Romero, N. (2010). Guía para Diseñar Programas Efectivos de Fertilización. Primera edición, Editados Soluciones Analíticas S.A., Guatemala. p. 1, 2, 3, 4, 22 y 31.

Román, S. (2001). Libro Azul, Manual básico de fertirriego. Primera edición, Editado Soquimich Comercial S.A. Chile. p. 73, 74, 75, 79, 80, 84, 91, 108, 109 y 111

Simmons, Ch. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Instituto Agropecuario Nacional Guatemala. p. 37

Sitún, M. (2005). Investigación Agrícola, Guía de estudio. Segunda edición, Editorial ENCA, Guatemala, Guatemala.

VADEAGRO (2011). VADEAGRO®. Quinta Edición, Editorial. Edifarm Internacional Centroamérica, Guatemala, Guatemala. p. 800.

VILMORIN (2017) RETANA F1 exp. V264: ficha técnica (en línea). Moldavia, párrafo. 11, Consultado 25 de marzo de 2017. <http://www.vadalex.md/index.php/products/semena/ovoshchnykh/tomaty>

YARA (2006). Revista, Plantmaster de tomate. YARA especialidades. Volumen tomate, Noruega, p. 5-17

## **XI ANEXOS**

Figura 21. CRONOGRAMA DE TRABAJO

	Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
MUESTREO DE SUELO	█																																			
PREPARACION DEL TERRENO			█	█																																
CONSTRUCCIÓN DE LOS MACRO TÚNELES				█																																
TRASPLANTE				█																																
RIEGO				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█													
MANEJO DEL EXPERIMENTO				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█													
MANEJO CULTURAL DEL CULTIVO				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█													
COSECHA																█	█	█	█	█	█	█														
TOMA DE DATOS				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█													
TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS																							█	█	█	█										
PRESENTACIÓN RESULTADOS																							█	█	█	█										
ELABORACIÓN INFORME FINAL	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	

Cuadro 42. Arreglo ortogonal para rendimiento de fruto manchado en kilogramos por hectárea (kg/ha)

Tratamiento	Promedio	Ct. 1	Ct2	Ct 3	Ct. 4	Ct. 5	Ct. 6
	kg/ha						
Liberación Controlada + Toliman	1279.75	2	0	0	0	0	0
Liberación Controlada + Retana	923.94	0	0	-1	-1	0	0
Liberación Controlada + Pony Express	1423.22	0	0	0	0	2	0
Hidrosoluble + Toliman	921.65	-1	1	0	0	0	0
Hidrosoluble + Retana	1876.58	0	0	-1	1	0	0
Hidrosoluble + Pony Express	1136.28	0	0	0	0	-1	-1
Granulado-Hidrosoluble + Toliman	1698.68	-1	-1	0	0	0	0
Granulado-Hidrosoluble + Retana	1629.81	0	0	2	0	0	0
Granulado-Hidrosoluble + Pony Express	1170.71	0	0	0	0	-1	1

Ct = contraste

Cuadro 43. Arreglo ortogonal para rendimiento de fruto en kg/ha para categoría de primera

Tratamiento	Promedio kg/ha	Ct. 1	Ct. 2
Pony express	69401	2	0
Retana	55482	-1	1
Tolimán	60707	-1	-1

Ct = contraste

Cuadro 44. Arreglo ortogonal para clasificación de tomate según su largo (mm)

Tratamiento	Promedio mm	Ct. 1	Ct. 2	Ct. 3	Ct. 4	Ct. 5	Ct. 6
Liberación Controlada + Tolimán	71.25	2	0	0	0	0	0
Liberación Controlada + Retana	70.06	0	0	-1	-1	0	0
Liberación Controlada + Pony Express	67.81	0	0	0	0	2	0
Hidrosoluble + Tolimán	73.13	-1	1	0	0	0	0
Hidrosoluble + Retana	73.43	0	0	-1	1	0	0
Hidrosoluble + Pony Express	65.44	0	0	0	0	-1	-1
Granulado-Hidrosoluble + Tolimán	74.28	-1	-1	0	0	0	0

Granulado-Hidrosoluble + Retana	70.00	0	0	2	0	0	0
Granulado-Hidrosoluble + Pony Express	65.93	0	0	0	0	-1	1

---

Ct = contraste

Cuadro 45. Arreglo ortogonal para clasificación de tomate según su diámetro (mm)

Tratamiento	Promedio mm	Ct. 1	Ct. 2
Pony express	49.25	2	0
Retana	43.69	-1	1
Toliman	41.13	-1	-1

---

Ct = contraste

Cuadro 46. Arreglo ortogonal para total de solidos solubles (Grados Brix)

Tratamiento	Promedio Brix	Ct. 1	Ct. 2
Pony express	3.86	2	0
Retana	4.06	-1	1
Toliman	4.16	-1	-1

---

Ct = contraste

Cuadro 47. Arreglo ortogonal para altura de planta (cm)

Tratamiento	Promedio	Ct. 1	Ct. 2
	cm		
Pony express	104.83	2	0
Retana	115.5	-1	1
Tolimán	124.33	-1	-1

Ct = contraste

#### ESTIMACIÓN DE COSTOS QUE VARÍAN (Q/ha).

Cuadro 48. Calculo de costos variables.

Tratamientos	Costo fertilización Q/ha	Costo Pílon Q/ha	Costo Mano De Obra Q/ha	Costo variables Q/ha
Liberación controlado +Tolimán	Q26,301	Q8,654	Q600	Q35,554
Liberación controlado +Retana	Q26,301	Q9,404	Q600	Q36,304
Liberación controlado + Pony Express	Q26,301	Q9,591	Q600	Q36,492
Hidrosoluble + Tolimán	Q30,754	Q8,654	Q1,800	Q41,208
Hidrosoluble + Retana	Q30,754	Q9,404	Q1,800	Q41,958
Hidrosoluble + Pony Express	Q30,754	Q9,591	Q1,800	Q42,145
Granulado-Hidrosoluble + Tolimán	Q27,128	Q8,654	Q2,100	Q37,882
Granulado-Hidrosoluble + Retana	Q27,128	Q9,404	Q2,100	Q38,632
Granulado-Hidrosoluble + Pony Express	Q27,128	Q9,591	Q2,100	Q38,819

**INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS**

INTERESADO:	DOC.
FINCA:	PROF.
CULTIVO: TOMATE	FECHA: 15-12-2015
MUNICIPIO:	DEPTO:

NUTRIENTES		RANGOS ADECUADOS
N-total (g/kg)	2,73 D	3.0-6.0
P Mehlich (mg/dm3)	15,10 A	15-20
K (mg/dm3)	82,50 D	160-230
Ca (mg/dm3)	1563,75 A	800-2200
Mg (mg/dm3)	243,75 E	85-180
S (mg/dm3)	13,09 D	35-40
B (mg/dm3)	0,52 A	0.5-1.5
Fe (mg/dm3)	14,50 D	30-50
Cu (mg/dm3)	2,25 A	2 A 10
Mn (mg/dm3)	15,40 E	5 A 10
Zn (mg/dm3)	2,90 D	3 A 10
<b>OTRAS CARACTERISTICAS</b>		
pH (agua - 1:2.5)	6,52 E	5.8-6.3
pH CaCl2	5,86 A	5.5-6.0
C.e. (dS/m)	0,17 A	MENOR DE 2
M.O. (g/kg)	58,95 A	40 A 100
C.I.C. Efectiva (mmolc/dm3)	100,70 A	75 A 150
Acidez (mmolc/dm3)	1,00 D	10 A 25
Al (mmolc/dm3)	0,50 D	3 A 5
Arcilla (g/kg)	14,65	
Limo (g/kg)	20,29	
Arena (g/kg)	65,06	
Clase Textural	Franco Arenoso	
<b>RELACIONES CATIONICAS</b>		
Ca/Mg	3,89 D	4.00-5.00/1
Ca/K	36,98 E	5.00-20.00/1
Mg/K	9,51 A	3.00-10.00/1
Ca+Mg/K	46,49 E	3.00-25.00/1
100K/Ca+Mg+K	12,21 A	4.00-25.00/1
<b>COMPLEJO ADSORBENTE</b>		
Ca (%)	77,10 A	65.00-80.00
Mg (%)	19,82 A	15.00-20.00
K (%)	2,08 D	3.00-7.00
Al (%)	0,49 D	5.00-10.00
H (%)	0,49 D	10.00-15.00

SIMBOLOGIA: D = Deficiente; A = Adecuado; E = Exceso  
 Ref. 15-2838

*mgldc*  
 Ing. Agr. Margarita H. de Colocho  
 Especialista en análisis de Suelos  
 y Fisiología Vegetal

USE RACIONALMENTE EL SUELO, HÁGALE ANÁLISIS, CONSERVEMOS LA NATURALEZA

Figura 22. Análisis de suelo



Figura 23. Preparación del terreno



Figura 24. Trasplante



Figura 25. Aplicación de fertilizantes granulados



Figura 26. Aplicación de fertilizantes de liberación controlada



Figura 27. Medición de altura de planta



Figura 28. Tratamiento Liberación controlada + Toliman



Figura 29. Tratamiento Liberación controlada + Retana



Figura 30. Tratamiento Liberación controlada + Pony Express



Figura 31. Tratamiento Hidrosoluble + Toliman



Figura 32. Tratamiento Hidrosoluble + Retana



Figura 33. Tratamiento Hidrosoluble + Pony Express



Figura 34. Tratamiento Granulado-Hidrosoluble + Toliman



Figura 35. Tratamiento Granulado-Hidrosoluble + Retana



Figura 36. Tratamiento Granulado-Hidrosoluble + Pony Express



Figura 37. Cosecha



Figura 38. Medición de largo de fruto a muestra seleccionada



Figura 39. Clasificación de fruto manchado