

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE DOS ALTERNATIVAS DE FERTIRRIGACIÓN, CON Y SIN
FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA EN EL RENDIMIENTO DEL
TOMATE INDUSTRIAL (*Lycopersicum esculentum* Mill.),
BAJO INVERNADERO**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGRÓNOMO**

LUIS GEOVANNY SALAZAR PILLAJO

TUTOR: ING. AGR. CARLOS ALBERTO ORTEGA, M.Sc.

QUITO, JULIO 2016

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que con la intensidad de sus deseos me han dado fuerza y ánimos para seguir adelante.

Luis Salazar

AGRADECIMIENTO

A todos mis profesores de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador, por hacerme entender cosas que van más allá del aspecto académico, por hacerme comprender el futuro y la lucha que me espera.

Al Doctor Washington Padilla G., por ser más que un maestro, por ser un amigo.

AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, LUIS GEOVANNY SALAZAR PILLAJO, en calidad de autor del trabajo de investigación o tesis realizada sobre: **"EFECTO DE DOS ALTERNATIVAS DE FERTIRRIGACIÓN CON Y SIN FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA EN EL RENDIMIENTO DEL TOMATE INDUSTRIAL (*Lycopersicum esculentum* Mill.), BAJO INVERNADERO"**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, ha presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

Quito, 07 de Julio del 2016



LUIS GEOVANNY SALAZAR PILLAJO
C.I. 1719515155
Email: luissalazar.gp@gmail.com



AGROBIOLAB Cía. Ltda.

Gonzalo Zaldumbide N49-204 y Luis Calisto Urb. Dammer II – EL INCA
Telfs.: (593-2) 2412-383 / 2412-385 – Fax: (593-2) 2413-312
www.grupoclinicagricola.com / info@grupoclinicagricola.com
Quito – Ecuador

CERTIFICADO

Por el presente documento, el abajo firmante Director General del Laboratorio Agrobiolab Cía. Ltda, autoriza a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador, el uso y publicación virtual en el portal de la mencionada institución educacional, de la información obtenida durante la investigación realizada por el Señor Egresado Luis Salazar Pillajo, bajo el tema "Efecto de dos alternativas de fertirrigación con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo invernadero".

Quito, 7 de Julio del 2016


Dr. Washington Padilla G. PhD.
Director General de Agrobiolab Cía. Ltda..

Quito, 07 de Julio del 2016

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de graduación cuyo título es: **"EFECTO DE DOS ALTERNATIVAS DE FERTIRRIGACIÓN CON Y SIN FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA EN EL RENDIMIENTO DEL TOMATE INDUSTRIAL (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero"**, presentado por el señor LUIS GEOVANNY SALAZAR PILLAJO, previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo, considero que el proyecto reúne los requisitos necesarios.

Señal Director

Quito, 07 de Julio del 2016



Ing. Agr. Carlos Ortega, M.Sc.

TUTOR

Quito, 07 de Julio del 2016

Ingeniero

Carlos Alberto Ortega Ojeda, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

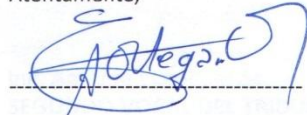
Presente

Señor Director

Luego de las revisiones técnicas realizadas por mi persona de trabajo de graduación **“EFECTO DE DOS ALTERNATIVAS DE FERTIRRIGACIÓN CON Y SIN FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA EN EL RENDIMIENTO DEL TOMATE INDUSTRIAL (*Lycopersicon esculentum* Mill.), BAJO INVERNADERO”**, llevado a cabo por el señor LUIS GEOVANNY SALAZAR PILLAJO, de la Carrera de Ingeniería Agronómica, ha concluido de manera exitosa, consecuentemente el indicado estudiante podrá continuar con los trámites de graduación correspondiente de acuerdo a lo que estipulan las normativas y disposiciones legales.

Por la atención que se digne dar a la presente reitero mi agradecimiento.

Atentamente,



Ing. Agr. Carlos Ortega, M.Sc.

TUTOR

"EFECTO DE DOS ALTERNATIVAS DE FERTIRRIGACIÓN, CON Y SIN FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA EN EL RENDIMIENTO DEL TOMATE INDUSTRIAL (*Lycopersicum esculentum* Mill.), BAJO INVERNADERO"

APROBADO POR:

Ing. Agr. Carlos Ortega O., M.Sc.
TUTOR



Lic. Diego Salazar, Mag.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Agr. Jorge Caicedo, M.Sc.
PRIMER VOCAL DEL TRIBUNAL



Ing. Agr. Juan León, M.Sc.
SEGUNDO VOCAL DEL TRIBUNAL



2016

CAPÍTULO	CONTENIDO	PÁGINAS
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	NECESIDADES DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE TOMATE	3
2.1.1.	Nitrógeno	4
2.1.2.	Fósforo	5
2.1.3.	Potasio	5
2.1.4.	Calcio	5
2.1.5.	Magnesio	6
2.1.6.	Manganeso	6
2.2.	FERTIRRIGACIÓN EN EL CULTIVO DE TOMATE	6
2.3.	FERTILIZACIÓN FOLIAR	10
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1.	Materiales	13
3.1.1.	Ubicación del sitio experimental	13
3.1.2.	Características del sitio experimental	13
3.1.3.	Material experimental	15
3.2.	Métodos	16
3.2.1.	Factores en estudio	16
3.2.2.	Interacciones	16
3.2.3.	Unidad experimental	17
3.2.4.	Análisis estadístico	17
3.2.5.	Esquema del análisis de varianza (ADEVA)	18
3.3.	Variables y métodos de evaluación	18
3.3.1.	Porcentaje de sólidos solubles	18
3.3.2.	Acidez titulable	19
3.3.3.	Conductividad eléctrica del jugo	19
3.3.4.	pH del jugo	19
3.3.5.	Duración en percha	19
3.3.6.	Peso promedio del fruto	20
3.3.7.	Porcentaje de materia seca	20
3.3.8.	Rendimiento	20

CAPÍTULO	PÁGINAS
3.3.9. Análisis financiero	20
3.4. Manejo del experimento	20
3.4.1. Preparación del terreno	20
3.4.2. Fertilización de base	21
3.4.3. Transplante	21
3.4.4. Poda de ramificaciones axilares (chupones)	21
3.4.5. Tutorio 21	
3.4.6. Control fitosanitario	21
3.4.7. Riego 22	
3.4.8. Fertilización	22
3.4.9. Cosecha 24	
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Porcentaje de sólidos solubles (Grados Brix)	25
4.2. Acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico)	31
4.3. Conductividad eléctrica del fruto.	32
4.4. pH del fruto.	33
4.5. Duración en percha.	36
4.6. Peso promedio del fruto	40
4.7. Porcentaje de materia seca.	43
4.8. Rendimiento	46
4.9. Análisis financiero	52
5. CONCLUSIONES	56
6. RECOMENDACIONES	57
7. RESUMEN	58
8. REFERENCIAS	60
9. ANEXOS	64
10. FOTOGRAFÍAS	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS

PÁG.

1. Informe de análisis de laboratorio de suelo previo establecimiento del cultivo.	64
2. Distribución de los tratamientos en el sitio experimental.	66
3. Productos fitosanitarios aplicados en el ensayo.	67
4. Requerimiento hídrico del cultivo de tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.).	67
5. Ficha técnica del híbrido de tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.) tipo San Marzano.	67
6. ADEVA de acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico) del fruto, en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	68
7. ADEVA de conductividad eléctrica del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero	68
8. Promedios para acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico) del fruto, en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	69
9. Promedios y pruebas de significación para conductividad eléctrica del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	70
10. Evolución de la acidez titulable en los frutos de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	71

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	PÁG.
1. Recomendaciones de fertilización para el cultivo de tomate bajo invernadero (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.).....	3
2. Requerimientos nutricionales del tomate para producir una tonelada de producto por hectárea.	4
3. Coeficientes de cultivo (Kc) para tomate (FAO, 1997).	9
4. Programa de fertirrigación para el cultivo de tomate (<i>L. esculentum</i>)	10
5. Tiempo de absorción de nutrientes en los tejidos	12
6. Resultados de análisis de suelo del sitio experimental.....	14
7. Interacciones para el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	16
8. Esquema del ADEVA para la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	18
9. Productos fitosanitarios utilizados en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	21
10. Requerimiento hídrico del cultivo en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	22
11. Programa de fertilización con fuentes compuestas para estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	23

12. Programa de fertilización con fuentes simples para el estudio del efecto de alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.).....	23
13. Prueba de normalidad de las variables evaluadas en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	25
14. ADEVA de porcentaje de sólidos solubles del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	26
15. ADEVA de pH del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	33
16. ADEVA de días de duración en percha en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	36
17. ADEVA para peso del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	41
18. ADEVA de materia seca del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	44
19. ADEVA de rendimiento en la evaluación el efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	47

TABLAS**PÁG.**

20. Análisis de regresión lineal múltiple en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	51
21. Costos de producción para el análisis de la fuente fertilizante simple con fertilización foliar complementaria en el cultivo de tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	53
22. Costos de producción para el análisis de la fuente fertilizante simple sin fertilización foliar complementaria en el cultivo de tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	54
23. Análisis financiero de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS

PÁG.

- 1.DMS al 5 % para porcentaje de sólidos solubles del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero 27
- 2.Evolución de grados Brix en los frutos de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero. 27
- 3.Resultado del análisis de extracto celular de peciolo en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero. 29
4. Resultado del análisis foliar en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero..... 29
5. Porcentaje de sólidos solubles en los frutos con relación al nivel de potasio en el análisis de extracto celular de peciolo de las interacciones en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero. 30
6. Porcentaje de sólidos solubles en los frutos con relación al nivel de potasio en el análisis foliar de las interacciones en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero..... 30
7. Acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico) del fruto de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero. 31

8. Conductividad eléctrica del fruto con relación al nivel de potasio en el análisis foliar en los tratamientos de la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	32
9. DMS al 5 % para pH del fruto de la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	34
10. pH del fruto con relación al nivel de potasio en el análisis foliar de los tratamientos de la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	34
11. Evolución de pH de los frutos de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	35
12. DMS al 5 % para días de duración en percha de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	37
13. Días de duración en percha de los tratamientos con relación al nivel de potasio en el análisis de extracto celular de peciolo en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	38
14. Días de duración en percha de los tratamientos con relación al nivel de potasio en el análisis de foliar en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	38

15. Días de duración en percha de los tratamientos con relación al nivel de potasio en el análisis de extracto celular de foliar en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	39
16. DMS al 5 % del peso promedio del fruto para fuente fertilizante y fertilización foliar complementaria en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	41
17. Absorción de los principales nutrientes en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	42
18. DMS al 5 % para porcentaje de materia seca en los frutos de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.	44
19. Nivel de nitrato en el extracto celular de peciolo en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	45
20. DMS al 5 % del rendimiento para los factores en estudio en la evaluación el efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	47
21. Rendimiento para interacciones en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	48

22. Conductividad eléctrica del suelo y de la planta en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	49
23. Temperatura máxima, mínima y promedio en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	50
27. Análisis de componentes principales en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.), bajo invernadero.....	51
29. Preparación de camas de cultivo.	72
30. Establecimiento del cultivo.	72
31. Soterramiento de mangueras de riego.....	73
32. Desarrollo del cultivo.	73
33. Labor de Tutorio.	74
34. Poda.	74
35. Monitoreo de plagas y enfermedades.	75
36. Control fitosanitario.	75
37. Ventury conectado al sistema de riego.	76
38. Racimo de tomate (<i>L. esculentum</i> Mill.)	76
39. Frutos listos para cosecha.	77
40. Refractómetro.....	77
41. Pérdida de calidad en frutos.	78
42. Potenciómetro digital.	78

EFFECTO DE DOS ALTERNATIVAS DE FERTIRRIGACIÓN, CON Y SIN FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA EN EL RENDIMIENTO DEL TOMATE INDUSTRIAL (*Lycopersicon esculentum* Mill.), BAJO INVERNADERO.

Autor: Luis Geovanny Salazar Pillajo

Tutor: Carlos Alberto Ortega Ojeda, M.Sc.

RESUMEN

En la finca María Esther, en Tumbaco, con el apoyo de AGROBIOLAB S.A., se evaluó la respuesta de dos alternativas de fertirrigación, con fuentes nutrientes simples y compuestas, a dos profundidades (0 y 5 cm) con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicon esculentum* Mill.), bajo invernadero; se utilizó un diseño de parcelas dos veces dividida con tres repeticiones. La principal variable evaluada fue rendimiento; se analizó también el porcentaje de materia seca, el peso de los frutos y sus características físicas y químicas. Como resultados la fuente compuesta permite obtener mayor rendimiento ($135,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) respecto a la fuente simple ($94,73 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), además, se obtienen mejores beneficios al aplicar fertilización foliar complementaria; la profundidad de fertirriego no tiene influencia sobre la productividad del cultivo. Por tanto el mejor tratamiento corresponde a la fuente compuesta.

PALABRAS CLAVE: FERTILIZACIÓN, ACIDEZ, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, SÓLIDOS SOLUBLES, SOLANACEAE.

EFFECTS OF TWO FERTIGATION ALTERNATIVES, WITH AND WITHOUT APPLICATION OF COMPLEMENTARY FOLIAR FERTILIZATION, ON INDUSTRIAL TOMATO (*Lycopersicum esculentum*) YIELDS, UNDER GREENHOUSE CONDITIONS.

Author: Luis Geovanny Salazar Pillajo

Tutor: Carlos Alberto Ortega Ojeda, M.Sc.

ABSTRACT

This study assessed the effects of two different fertigation alternatives, with simple and composite nutrient sources, at two different depths (0 and 5 cm), with and without complementary foliar fertilization, on industrial tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) yields, under greenhouse conditions. The study was conducted at *María Esther* plantation, located in Tumbaco, with the support of AGROBIOLAB S.A. The design was that of a twice-divided parcel with three repetitions. The main assessed variable was yield, though this study also analyzed dry matter content, fruit weight, and the fruit's chemical and physical properties. The results show that the composite nutrient source produces higher yields (135.74 t.ha^{-1}), and that there are further benefits when applying complementary foliar fertilization. The depth of fertigation did not influence crop productivity. Therefore, this study concludes that the best treatment is the one that uses a composite source of nutrients.

KEYWORDS: FERTILIZATION/ ACIDITY/ ELECTRICAL CONDUCTIVITY/ SOLUBLE SOLIDS/ SOLANACEAE.

EFFECTS OF TWO FERTIGATION ALTERNATIVES, WITH AND WITHOUT APPLICATION OF COMPLEMENTARY FOLIAR FERTILIZATION, ON INDUSTRIAL TOMATO (*Lycopersicum esculentum*) YIELDS, UNDER GREENHOUSE CONDITIONS.

Author: Luis Geovanny Salazar Pillajo

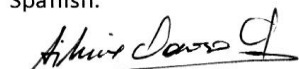
Tutor: Carlos Alberto Ortega Ojeda, M.Sc.

ABSTRACT

This study assessed the effects of two different fertigation alternatives, with simple and composite nutrient sources, at two different depths (0 and 5 cm), with and without complementary foliar fertilization, on industrial tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) yields, under greenhouse conditions. The study was conducted at *María Esther* plantation, located in Tumbaco, with the support of AGROBIOLAB S.A. The design was that of a twice-divided parcel with three repetitions. The main assessed variable was yield, though this study also analyzed dry matter content, fruit weight, and the fruit's chemical and physical properties. The results show that the composite nutrient source produces higher yields (135.74 t.ha⁻¹), compared to the simple source (94.73 t.ha⁻¹), and that there are further benefits when applying complementary foliar fertilization. The depth of fertigation did not influence crop productivity. Therefore, this study concludes that the best treatment is the one that uses a composite source of nutrients.

KEYWORDS: FERTILIZATION/ ACIDITY/ ELECTRICAL CONDUCTIVITY/ SOLUBLE SOLIDS/ SOLANACEAE.

I CERTIFY that the above and foregoing is a true and correct translation of the original document in Spanish.



Silvia Donoso Acosta
Certified Translator
ID.: 0601890544

Silvia Donoso A.
CERTIFIED TRANSLATOR
ID. # 0601890544

1. INTRODUCCIÓN

Son escasas las investigaciones que permiten tener en cuenta la importancia de la fertilidad del suelo y su efecto sobre las características de calidad del tomate para mercado fresco, además, no se conoce mucho acerca de la influencia de la época de siembra, la tasa de potasio aplicada y el cultivar, sobre las características de calidad en tomate como el pH, sólidos solubles y acidez titulable (Ruiz, 2008).

Desde hace muchos años el sector agrícola ecuatoriano ha mostrado una tendencia a proveer materias primas a otros países, especialmente a los Estados Unidos y Europa. Una expresión de esta tendencia fue el surgimiento de grandes plantaciones de monocultivos durante el siglo XIX, siendo remplazados a finales de los años cuarenta del siglo XX por el banano, aunque, este sector parece haber quedado relegado actualmente (SIPAE, 2011).

La agricultura y la industria han sido consideradas tradicionalmente como dos sectores independientes uno del otro, ya sea por sus características o por su función en el crecimiento económico, se ha estimado que la agricultura es el elemento característico de la primera etapa del desarrollo, mientras que se ha utilizado el grado de industrialización como el indicador más pertinente del avance de un país en la vía del desarrollo (FAO, 1997).

El sector agroindustrial ecuatoriano a pesar de su importancia no ha aprovechado todo el potencial de crecimiento existente, como consecuencia de esto se tienen importantes falencias, como por ejemplo, la escasa aplicación de nuevas tecnologías, una deficiente integración y organización a nivel de toda la cadena productiva, un aún lento progreso comercial y un heterogéneo nivel de calidad, que limitan su competitividad, problema que deriva de la baja productividad que presentan ciertos cultivos destinados a la agroindustria, como es el caso del tomate industrial (*L. esculentum* Mill.) (Baquero, 2010).

Estos factores obligan a las empresas a adquirir bienes semi-elaborados en el mercado externo para poder completar su producción, resultando paradójico ya que el Ecuador es un país provisto de una gran gama de recursos naturales y alta potencialidad productiva, lo que se ve reflejado en la poca información que se puede recabar acerca de la producción de esta especie al nivel nacional (Andrade, 2000).

Una de las técnicas de cultivo comúnmente aplicadas al tomate (*L.esculentum*Mill.) por parte de los agricultores de la sierra ecuatoriana es la fertirrigación, que se la puede definir como, el proceso por el cual los fertilizantes son aplicados junto con el agua de riego, controlando fácilmente la parcialización, la dosis, la concentración y la relación de fertilizantes(Sánchez, 2000).

La aplicación de fertilizantes foliares en tomate (*L. esculentum*) se ha convertido en una práctica común, ya que esta especie es de alto valor económico y se ha observado un incremento en la producción y la calidad de los frutos (Pereira, 2002). Varios trabajos de este tipo han demostrado la bondad de las fertilización foliar en la respuesta positiva de los cultivos, sin embargo, los incrementos de rendimiento por el uso de esta práctica han sido muy variables, lo que sugiere una necesidad de hacer más trabajos en busca de optimizar la capacidad productiva de las cosechas (Santos, 2000).

Con base en la problemática identificada se estableció como propósito de esta investigación contribuir con conocimientos actualizados dentro del ámbito de la producción agrícola destinada al sector industrial, que permitan maximizar la productividad y mejorar la condición de los productos, debido a que existe un sistema integral entre la producción primaria y la agroindustria.

El ensayo, con una duración de 180 días, se instaló en el invernadero de la finca María Esther en Tumbaco con el apoyo de AGROBIOLAB S.A. Por lo expuesto anteriormente, esta investigación se planteó evaluar la respuesta de dos alternativas de fertirrigación, a dos profundidades, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum*Mill.), bajo invernadero.

Específicamente se propuso determinar qué tipo de fuente fertilizante ofrece mayor rendimiento en el cultivo de tomate industrial (*L.esculentum*Mill.) híbrido tipo San Marzano, bajo las condiciones del estudio; determinar el efecto de la aplicación de fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del cultivo; determinar la profundidad de aplicación de fertirriego que genere mayor rendimiento en el cultivar; determinar si los factores en estudio interaccionan en la producción del híbrido de tomate (*L. esculentum*Mill.) evaluado; determinar el tratamiento que ofrece las mejores características físicas y químicas al fruto del híbrido, y, realizar el análisis financiero de las interacciones en estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. NECESIDADES DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE TOMATE

La nutrición vegetal balanceada conducirá a una madurez uniforme con frutos bien coloreados y de tamaño similar, esta madurez uniforme significa que en el cultivo todos los tomates alcancen la madurez al mismo tiempo; este es un requerimiento muy especial para la industria de conservas, que busca productos con características homogéneas de madurez color y tamaño (Tjallin, 2006).

El mismo autor sostiene que la nutrición balanceada de la planta permite alcanzar estándares cualitativos óptimos que permiten al productor ingresar al mercado agroindustrial, ya que esto depende de que el cultivo presente alto rendimiento y calidad adecuada, esto puede incluir características que afecten positivamente la salud humana; por ejemplo; un alto contenido de licopeno (carotenoide, antioxidante y anticancerígeno).

El tomate riñón (*L. esculentum*) es una especie vegetal que demanda, debido a su productividad, gran cantidad de nutrimentos (Cadahía, 2005). Entre estos, se puede mencionar al nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, como macroelementos; y, microelementos tales como magnesio, boro, manganeso y hierro son importantes en la nutrición del tomate.

En la(1)se exponen los requerimientos nutrimentales del tomate riñón cultivado bajo condiciones de invernadero:

Tabla 1. Recomendaciones de fertilización para el cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicum esculentum* Mill.) (Siavichay, 2011).

CONTENIDO EN EL SUELO	CANTIDAD (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
BAJO	400 – 600	150 – 200	400 – 750
MEDIO	250 – 400	80 – 150	200 – 400
ALTO	100 – 250	40 - 80	60 - 200

Tal como se observa, la cantidad de nutrientes que debe ser añadida al suelo para su aprovechamiento varía en función del contenido inicial, el cual, es determinado a través de un análisis de suelo.

En la (Tabla 2) se presentan las cantidades de nutrientes que se debe proveer a la planta para obtener una tonelada de producto en promedio:

Tabla 2. Requerimientos nutricionales del tomate para producir una tonelada de producto por hectárea (Padilla, 2011).

NUTRIMENTO	CANTIDAD (kg.(ha.t) ⁻¹)
Nitrógeno (N)	3.3
Fósforo (P ₂ O ₅)	0.8
Potasio (K ₂ O)	5.0

La mejor respuesta al uso de fertilizantes se obtiene si el suelo tiene un nivel elevado de fertilidad. Los principales factores determinantes de la fertilidad del suelo son: la materia orgánica (incluyendo la biomasa microbiana), la textura, la estructura, la profundidad, el contenido de los nutrientes, la capacidad de almacenamiento, la reacción del suelo y la ausencia de los elementos tóxicos (por ejemplo: aluminio libre) (IFA, 1992). Cada uno de los nutrientes, añadido en la cantidad adecuada y en la época oportuna, permite a la planta desarrollar funciones fisiológicas necesarias para obtener producto en cantidades que resulten económicamente viables. Los nutrimentos, cumplen funciones específicas en la fisiología del tomate, por tanto, se describirán las principales funciones de los elementos fundamentales para este cultivo:

2.1.1. Nitrógeno

Es un macronutriente primario que es parte fundamental del grupo *amina* de los aminoácidos, por tanto, es constituyente de las proteínas. Además es parte de la molécula de clorofila, siendo así indispensable para la fotosíntesis. Es requerido en cantidades relativamente altas (comparándolo con otros cultivos), desde 50 kg.ha⁻¹ hasta 700 kg.ha⁻¹ aproximadamente (Cano, 2011).

En términos generales es el nutriente que más limita las cosechas, por tanto, es el más adicionado a través de fertilizantes, derivando de ello el peligro de contaminar los suelos por nitratos, este es absorbido por la planta como dos tipos de molécula: nitratos o amonio, el nitrógeno como nitrato (NO₃) es más fácilmente absorbido por las plantas que el amonio (NH₄).

Es importante manejar el balance entre estos dos tipos de moléculas de nitrógeno en la fertilización del cultivo porque cuando la nutrición aniónica es mayor a la nutrición catiónica, es decir los nitratos son más altos que el amonio, entonces se exudan grupos hidroxilos al complejo

húmico-arcilloso aumentando el pH, y, de no existir la suficiente cantidad de materia orgánica que amortigüe los cambios bruscos en el pH, los suelos se salinizan y se presentan problemas de fitotoxicidad(Caguana, 2003).

2.1.2. Fósforo

Las deficiencias de fósforo afectan en mayor medida el crecimiento que la fotosíntesis, las plantas con deficiencias de fósforo presentan menor expansión y área foliar y un menor número de hojas. En contraste, los contenidos de proteína y clorofila por unidad de área foliar son poco afectados por la deficiencia de fósforo, el mayor efecto sobre el crecimiento foliar que sobre el contenido de clorofila explica los colores verdes más oscuros observados en plantas deficientes de este elemento (Kugler, 2007).

2.1.3. Potasio

Es fundamental para procesos tales como respiración celular y metabolismo de los azúcares. Este elemento es considerado como elemento de calidad porque la dureza del fruto del tomate depende de una adecuada fertilización potásica, además de determinar la cantidad de grados Brix que los frutos presenten a estado de cosecha (Imas, 2001)

La absorción del fósforo y el potasio será mayor cuando la humedad del suelo sea permanente y exista una alta densidad radical, de tal manera de garantizar el movimiento de los iones hacia las superficies activas de las raíces, por difusión o en la masa del agua del suelo(Ramírez, 1991).

El síntoma visual de deficiencia de potasio más común es un color amarillento (clorosis) de los bordes de las hojas inferiores; el área clorótica avanza hacia el centro de la hoja, ocurriendo entonces el inicio de la necrosis de las áreas más amarillas en los bordes(Da Silva, 2011).

2.1.4. Calcio

El calcio se encuentra presente como parte de la estructura orgánica, mantiene la estructura y características propias de permeabilidad de las membranas dando rigidez a la célula y su contenido aumenta con la edad, el calcio se encuentra principalmente en la pared celular formando sales insolubles al reaccionar con los ácidos de la lámina media, la cual está formada de pectatos de calcio y entra en el metabolismo de formación del núcleo y mitocondrias(Román, 1998).

2.1.5. Magnesio

En la descomposición de los minerales, y la degradación de la materia orgánica que se incorpora al suelo como residuos diversos de animales y vegetales, el magnesio pasa en parte al estado de sales solubles, cloruros, sulfatos etc. y en este estado al igual que el calcio puede tener distintos destinos: perderse por lixiviación, absorbido por los organismos del suelo o adsorbido por los coloides(Navarro, 2003).

Curt (2010), menciona que es un elemento de alta movilidad en la planta que constituye un mineral esencial en la molécula de clorofila, por lo que se encuentra ligado de manera directa a la productividad del cultivo. Es además elemento fundamental en el metabolismo de los carbohidratos.

La deficiencia de este elemento en la planta de tomate es identificable a través de sintomatología: clorosis internerval verde amarillento de hojas bajas, desde la base a manera de V invertida; las nervaduras y bordes de las hojas permanecen de un color verde intenso (León, 2004).

2.1.6. Manganeso

El manganeso se considera inmóvil dentro de la planta (floema) y su disponibilidad para los cultivos está influenciada por los factores del suelo que intervienen en el proceso de oxidoreducción, particularmente el pH, el contenido de materia orgánica, el estado hídrico del suelo y la actividad microbiana(Gómez M. , 2006)

El mismo autor sostiene que los contenidos altos de materia orgánica pueden ocasionar deficiencias, por la formación de complejos Mn-materia orgánica y que adicionalmente se pueden presentar antagonismos entre el hierro y el manganeso.

2.2. FERTIRRIGACIÓN EN EL CULTIVO DE TOMATE

La necesidad de incrementar la producción hortícola en un contexto de escasa superficie cultivable, climas adversos y agotamiento del recurso agua, ha llevado a considerar como opción tecnológica la producción intensiva en invernaderos, si a esta infraestructura se le combina con la fertirrigación se incrementarían los rendimientos por hectárea y la calidad de las cosechas con la posibilidad de producir constantemente durante todo el año(Quesada, 2011).

Fertirrigación o fertigación, son los términos para describir el proceso por el cual los fertilizantes son aplicados junto con el agua de riego. Este método es un componente de los modernos sistemas de riego a presión como; aspersión, microaspersión, pivote central, goteo, exudación, etc. Con esta técnica se puede controlar fácilmente la parcialización, la dosis, la concentración y la relación de fertilizantes(Sánchez, 2000).

El mismo autor señala que la solubilidad de un fertilizante es una de las características principales a tener en cuenta en el fertirriego. Los fertilizantes deben ser muy solubles y selectos en cuanto a su composición respecto a los nutrientes que aportan, para aprovecharla al máximo sin sobrepasar la concentración que puede tolerar el volumen del agua a regar. La solubilidad de un producto está influenciada por tres factores: temperatura, presión y pH, la temperatura del agua, entonces juega un papel directo e importante en la solubilidad de un fertilizante (a mayor temperatura mayor solubilidad).

Así mismo el autor acota que algunos fertilizantes al ser aplicados en el agua bajan la temperatura de esta; si se quiere agregar otro fertilizante, la solubilidad de este último se verá afectada; siendo conveniente esperar restablecer la temperatura inicial. Los fertilizantes sólidos solubles empleados en fertirrigación pueden aplicarse como un solo nutriente (ej. Urea), o como un compuesto de varios elementos (ej. fosfato monoamónico, nitrato de potasio, nitrato de calcio). Los fertilizantes líquidos son simples y/o compuestos, pero debido a su solubilidad, la concentración del elemento es menor (especialmente de uno de sus elementos componentes).

Según el INTA (2005), los fertilizantes pueden ser simples o compuestos, desde el punto de vista de la composición de los nutrientes. Los fertilizantes simples contienen un solo nutriente y los compuestos contienen al menos dos o varios elementos nutritivos, a veces también microelementos. Estos últimos muchas veces están formulados para distintos etapas del desarrollo de un cultivo. El proveedor elige los grados variando las proporciones de N-P-K, de forma de preparar un programa de fertilización, es decir distintas formulaciones sincronizadas con las necesidades del cultivo durante el desarrollo fenológico.

Calvache (2012), menciona que es importante tomar en cuenta el contenido de humedad del suelo, y, teniendo como premisa que el sistema de riego por goteo entrega el agua gota a gota, según su necesidad, humedeciendo solo una parte del suelo, donde se concentran las raíces, es necesario que la humedad en el suelo deba mantenerse a capacidad de campo de tal manera que los fertilizantes aplicados a través del sistema de riego se utilizan con la mayor eficiencia posible.

Según el INTA (2005), bajo el riego convencional tiene lugar un desplazamiento unidimensional hacia abajo del frente de mojado en todo el perfil de suelo. En contraste, bajo el riego por goteo, el agua se aplica en puntos discretos de la superficie del suelo resultando una infiltración tridimensional del agua a través del suelo.

Cuando los emisores están bien espaciados, por ejemplo microaspersores de los montes frutales, el suelo se moja de una forma aproximadamente elíptica, definiendo un bulbo húmedo. Si los emisores están más cerca entre sí, los bulbos húmedos se fusionan, al punto de mostrar un patrón de descarga bidimensional cuando están muy juntos entre sí. En suelos con drenaje impedido en el subsuelo, puede haber una difusión lateral haciendo que el bulbo tenga una forma cónica antes que elíptica.

Los mismos autores señalan que, el tamaño del sistema radicular y su patrón de distribución en un suelo está determinado en gran parte por la resistencia del suelo a la penetración, que depende a su vez de su contenido de humedad, su distribución y su interacción con la aireación del suelo y el suministro de nutrientes, en particular fósforo y nitrógeno.

Una de las principales características del riego por goteo es que solo una porción del suelo alrededor de cada planta está siendo regado, y las plantas adaptan fisiológicamente su sistema radical al riego de una parte del suelo, ya que la absorción de agua por unidad de raíz puede aumentar en la parte regada (INTA, 2005).

Debe considerarse para aplicar de manera técnica riego a los cultivos la evapotranspiración potencial-ETp, y el coeficiente del cultivo-Kc. La evapotranspiración se refiere a dos aspectos: la evaporación generada desde la superficie del suelo y de las hojas; y, la transpiración del agua desde el interior de las plantas hacia el ambiente. Para determinar la ETp, se han establecido distintos métodos, tales como la ecuación de Hargress, o el método del tanque tipo A, sin embargo, para efectos de practicidad se ha adoptado el segundo.

Este consiste en instalar el tanque tipo A en campo, y, en intervalos definidos, generalmente diarios, tomar valores de evaporación, que, a su vez, son multiplicados por un coeficiente Kp, determinado por el posicionamiento del tanque en el campo. De manera general, el valor de Kp es 0,8 cuando este está ubicado en medio de un cultivo, o puede ser 0,2 cuando el tanque se encuentra en un área seca y con vientos calientes, condición poco usual en la agricultura bajo invernadero.

Entonces, la determinación de la ETp, por el método del tanque tipo A, obedece a la siguiente función:

$$ETp = Kp \times \text{evaporación}$$

El valor de coeficiente del cultivo, Kc, necesario para determinar la cantidad de agua que debe aplicarse en el riego, se conceptualiza como el valor adimensional que refleja todos los factores que influyen sobre un cultivo en el campo y lo diferencian sobre el consumo de agua del cultivo de referencia (Allen, 2006); y, obedece a cuatro factores fundamentales:

- Tipo de cultivo
- Clima
- Evaporación del suelo
- Etapas de crecimiento del cultivo

Cada uno de ellos influye sobre el valor de Kc del cultivo, sin embargo, para efectos de realización del presente trabajo de investigación, se ha consultado literatura especializada en el cultivo de tomate encontrándose los siguientes valores:

Tabla 3. Coeficientes de cultivo (Kc) para tomate (FAO, 1997).

ETAPA	DURACIÓN (días)	VALOR Kc
1. Inicial (semillero)	30	0,10
2. Desarrollo vegetativo (crecimiento)	45	0,40
3. Intermedia (fructificación)	70	1,15
4. Final (senescencia)	35	0,70

Caguana (2003), señala que en el riego por goteo existe un ahorro importante de agua, disminuye el uso de mano de obra, permite regar cualquier terreno por accidentado, pedregoso o pobre que sea y se adapta a la realidad de cada sitio. Además menciona que existe menor evaporación, idéntica transpiración al riego por gravedad, pero menor humedad ambiental y por consiguiente menor incidencia de enfermedades.

Ahora, para efectuar el manejo de nutrientes en el cultivo del ensayo, Padilla (2011), recomienda aplicar en fertirriego las siguientes cantidades de fertilizantes (Tabla 4), durante el ciclo productivo del tomate cultivado en condiciones de invernadero:

Tabla 4. Programa de fertirrigación para el cultivo de tomate (*L. esculentum*), (Padilla, 2011).

ELEMENTO	DOSIS RECOMENDADA (kg/ha)
Nitrógeno	240,000
P ₂ O ₅	40,000
K ₂ O	280,000
Cobre	0,076
Hierro	0,926
Manganeso	0,128
Zinc	0,152
Molibdeno	0,064

2.3.FERTILIZACIÓN FOLIAR

La fertilización foliar ha despertado un creciente interés en productores y asesores, debido a la aparición de casos en los que ha permitido corregir deficiencias nutrimentales de las plantas, promover un buen desarrollo de los cultivos, y mejorar el rendimiento y la calidad del producto cosechado, algunas condiciones de cultivo favorecen la aparición de respuesta, como la remoción de microelementos a través de secuencias agrícolas que ya suman muchos años, fertilizantes tradicionales con mayor pureza, carencias inducidas por alta fertilización con NPS y menor contenido de elementos menores, a la vez de una demanda incrementada por mayores rendimientos(Ferraris, 2007).

La fertilización foliar ha sido utilizada como un medio para suplir nutrimentos, hormonas, bioestimulantes y otras sustancias benéficas para las plantas. Los efectos observados de la fertilización foliar normalmente se traducen en un incremento en el crecimiento y rendimiento de los cultivos, mayor resistencia a fitófagos y fitopatógenos, tolerancia a déficit hídrico, y un mejoramiento en la calidad de la cosecha.

La respuesta de la planta a la nutrición foliar dependerá de varios factores tales como la especie, la fuente del fertilizante, la concentración, la frecuencia de aplicación, así como el estado de crecimiento de la planta(Meléndez, 2002).

Paillacho (2008), menciona que la fertilización foliar consiste en el suministro de nutrientes a una planta a través del tejido foliar dado que allí se concentra la mayor actividad fisiológica de las plantas.

Santos (2000), afirman que varios trabajos de fertilización foliar han demostrado su bondad en la respuesta positiva en los cultivos, sin embargo, los incrementos de rendimiento han sido muy variables por lo que sugiere que se hagan más trabajos en busca de optimizar la capacidad

productiva de las cosechas de diferentes cultivos, utilizando la fertilización foliar como un apoyo a la fertilización del suelo.

El proceso de absorción foliar de un fertilizante según Rodríguez (2007), se lleva a cabo en varias etapas: en la primera de ellas, la sustancia que se aplica en la superficie de las hojas penetra a la cutícula y a la pared por difusión libre, posteriormente, la sustancia se introduce, vía apoplasto, y, es absorbida en la membrana plasmática; finalmente, las sustancias llegan al citoplasma.

Meléndez (2002), indica que la penetración de nutrimentos a través de la hoja es afectada por factores externos tales como la concentración del producto, la valencia del elemento, el o los nutrimentos involucrados, el ión acompañante, las condiciones tecnológicas de la aplicación y de factores ambientales tales como temperatura, humedad relativa, precipitación y viento. Así como también, por factores internos como la actividad metabólica.

Venegas (2008), señala que las ventajas de la fertilización foliar son:

- Rápida utilización de los nutrientes, corrigiendo deficiencias en corto plazo.
- Aporte de nutrientes cuando existen problemas de fijación en el suelo.
- Aplicación simultánea de una solución nutritiva junto con pesticidas, economizando labores.
- Ayuda a mantener la actividad fotosintética de las hojas.
- Aporte de nutrientes en condiciones de stress: sequía, anegamiento y bajas temperaturas.

Sin embargo, algunas de las desventajas de utilizar esta vía para suplir las necesidades nutricionales de las plantas, Paillacho (2008) son:

- Ciertos nutrientes, tales como el hierro, pueden presentar problemas de penetración si no se encuentran quelatados.
- Los nutrientes son fácilmente lavables por efectos de lluvia.
- La tasa de traslocación de los elementos es variable.
- Si se utilizan soluciones concentradas, puede generarse necrosamiento en los sitios aplicados.

Para ilustrar este último punto se presenta la(Tabla 5):

Tabla 5. Tiempo de absorción de nutrientes en los tejidos (CIA/UCR, 2002).

NUTRIENTE	Tiempo (50% de fertilizante absorbido)
Nitrógeno	0,5 a 2,0 horas
Fósforo	5 a 10 días
Potasio	10 a 24 horas
Calcio	1 a 2 días
Magnesio	2 a 5 horas
Azufre	8 días
Manganeso	1 a 2 días
Zinc	1 a 2 días
Molibdeno	10 a 20 días
Hierro	10 a 20 días

Según Melgar (2005), la aplicación de soluciones es más precisa que la aplicación de sólidos o fertilizantes granulados y que, además, pueden usarse los mismos implementos que los usados para la aplicación de pesticidas y otros agroquímicos, sin otros costos adicionales. Sin embargo, una vez más, las técnicas son sitio-específicas; algunos productos precisan de un determinado tipo de gota, algunos son simplemente de contacto. Las dosis de micronutrientes y de otros compuestos son de gran importancia y pueden existir incompatibilidades por el pH, solubilidad y otros factores.

El mismo autor acota que una de las consideraciones más importantes es la elección del compuesto apropiado a emplearse. La cantidad de productos en formulaciones multinutrientes para aplicaciones foliares es tan grande que se le hace muy difícil al productor elegir la más apropiada a sus necesidades en las distintas etapas de desarrollo del cultivo en una etapa particular de crecimiento. Las dosis o concentraciones de nutrientes en los productos varían considerablemente, lo que contribuye a una decisión dificultosa. Súmese la presencia en plaza de productos no inscriptos o de formulación no probada con potencial de daño importante.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Ubicación del sitio experimental

El ensayo se realizó en el invernadero de la Finca María Esther, Tumbaco, Pichincha.

3.1.1.1. Ubicación política

País: Ecuador
Provincia: Pichincha
Cantón: Quito
Parroquia: Tumbaco
Sector: Santa Rosa

3.1.1.2. Ubicación geográfica

34°, 0', 0" NOROESTE
0°, 12', 14" SUR
78°, 23', 35" OESTE
Altitud: 2353 msnm

3.1.2. Características del sitio experimental

Se encuentra en la formación ecológica bosque seco – Montano bajo (bs-Mb) (Cañadas, 1983).

3.1.2.1. Clima¹

Temperatura promedio anual: 15.7 °C
Temperatura mínima promedio anual: 10.0 °C
Temperatura máxima promedio anual: 22.7 °C
Precipitación promedio anual: 867.3 mm
Heliofanía promedio anual: 1 831.0 horas/sol

¹ Datos obtenidos de la Estación Meteorológica del CADET, F.CC.AA, U.C.E.

3.1.2.2. Condiciones climáticas del invernadero²

Temperatura promedio: 25.0 °C

Temperatura mínima promedio: 11.5 °C

Temperatura máxima promedio: 38.7 °C

3.1.2.3. Suelo

3.1.2.3.1. Características físicas

- Clasificación, (Arrobo, 2004):
 - Orden: Andisoles
 - Sub-orden: Ustands
 - Gran grupo: Durustands
 - Sub-grupo: TypicDurustands
- Textura: Franco-arenosa
- Topografía: ondulada
- Pendiente: 2% al 5%

3.1.2.3.2. Características químicas:

Tabla 6. Resultados de análisis de suelo del sitio experimental.

*pH	*C.E. (dS/m)	*M.O. (%)	C.I.C.E. (cmol_c kg⁻¹)
7.10 Pn	1.12 B	2,07 M	14,13 M
*NH₄(ppm)	*NO₃(ppm)	P (ppm)	K (cmol_c kg⁻¹)
29.40 B	13.80 B	46.70 A	0.56 A
Ca (cmol_c kg⁻¹)	Mg (cmol_c kg⁻¹)	*SO₄(ppm)	Cu (ppm)
9.62 A	3.70 A	12.00 B	8.40 E
Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	*B (ppm)
54.90 A	12.40 S	3.60 M	0.08 B

*:Prácticamente neutro (Pn) pH: Potencial hidrógeno M.O: Materia orgánica

**E (exceso), A (alto), S (suficiente), M (medio) y B (bajo)

C.E: Conductividad eléctrica

C.I.C.E: Capacidad de intercambio catiónico específica

² Datos obtenidos desde el 17 de Abril al 22 de Agosto del 2015 en el sitio experimental

3.1.3. Material experimental

3.1.3.1. Equipos, herramientas y materiales de campo

- Herramientas menores (azadones, rastrillos, palas, tijeras para podar)
- Materiales de oficina (cámara fotográfica, libreta de campo, esferográfico)
- Material de muestreo (fundas para muestras foliares, frascos para muestra edáfica)
- Material de campo (piola estriada, cinta métrica, estacas, letreros)
- Termómetro de máximos y mínimas
- Tanque evaporímetro
- Ventury
- Succionadores de solución edáfica
- Bomba de fumigar
- Balanza de precisión ($e=0.5$)
- Refractómetro
- Potenciómetro
- Equipo de protección

3.1.3.2. Insumos

- Plantas de tomate híbrido tipo San Marzano³
- Plantas de tomate híbrido Pietro utilizadas como planta borde
- Fuentes fertilizantes compuestas para fertirrigación:
 - Fórmula alta en fósforo (12-42-12) Inicio
 - Fórmula alta en nitrógeno (25-3-20) Crecimiento y Desarrollo
 - Fórmula alta en potasio (12-3-40) Maduración o Engrose
- Fuentes fertilizantes simples para fertirrigación.
 - Fosfato monoamónico (62 % P₂O₅)
 - Nitrato de Amonio (34 % N)
 - Nitrato de Potasio (44 % K₂O)
- Fertilizantes de aplicación foliar:
 - Par sinérgico estructura (Ca+Mn)
 - Par sinérgico fotosíntesis (Mg+Fe)
 - Par sinérgico engrose (K+B)

³ Las características se presentan en el Anexo 5

3.2. Métodos

3.2.1. Factores en estudio

Esta investigación evaluó tres factores en estudio:

3.2.1.1. Fuentes fertilizantes (F):

F_1 = Simples

F_2 = Compuestas

3.2.1.2. Fertilización foliar complementaria (C)

C_1 = con fertilización foliar complementaria

C_2 = sin fertilización foliar complementaria

3.2.1.3. Profundidad de aplicación de fertirriego (P)

P_1 = 0 cm

P_2 = 5 cm

3.2.2. Interacciones

Se evaluaron ocho interacciones que resultan de la combinación de los distintos niveles de cada factor en estudio (FE), los cuales se detallan en la(Tabla 7):

Tabla 7. Interacciones para el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicon esculentum* Mill.), bajo invernadero.

#	CODIFICACIÓN	SIGNIFICADO
1	$F_1C_2P_2$	fuelle simple + sin fertilización foliar complementaria + 5 cm
2	$F_1C_2P_1$	fuelle simple + sin fertilización foliar complementaria + 0 cm
3	$F_1C_1P_2$	fuelle simple + con fertilización foliar complementaria + 5 cm
4	$F_1C_1P_1$	fuelle simple + con fertilización foliar complementaria + 0 cm
5	$F_2C_2P_1$	fuelle compuesta + sin fertilización foliar complementaria + 0 cm
6	$F_2C_2P_2$	fuelle compuesta + sin fertilización foliar complementaria + 5 cm
7	$F_2C_1P_1$	fuelle compuesta + con fertilización foliar complementaria + 0 cm
8	$F_2C_1P_2$	fuelle compuesta + con fertilización foliar complementaria + 5 cm

3.2.3. Unidad experimental

La unidad experimental neta (UEN) está constituida por 27 plantas muestreadas,

U.E.N.:	$6.75 \text{ m} \times 0.40 \text{ m} = 2.70 \text{ m}^2$	27 plantas
ÁREA SUB-SUB-PARCELA:	$6.75 \text{ m} \times 3.00 \text{ m} = 20.25 \text{ m}^2$	81 plantas
ÁREA SUB-PARCELA:	$13.50 \text{ m} \times 3.00 \text{ m} = 40.50 \text{ m}^2$	165 plantas
ÁREA PARCELA GRANDE:	$27.00 \text{ m} \times 3.00 \text{ m} = 81.00 \text{ m}^2$	330 plantas
ÁREA TOTAL DEL ENSAYO:	$27.00 \text{ m} \times 9.00 \text{ m} = 243.00 \text{ m}^2$	990 plantas

3.2.4. Análisis estadístico

3.2.4.1. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Parcela Dos Veces Dividida (DP2D); las fuentes fertilizantes (F) se ubicaron en las parcelas grandes (PG), la fertilización foliar complementaria (C) ubicada en las sub-parcelas (SP) y las profundidades de aplicación de fertirriego (P) se encontraron en las sub-subparcelas (SSP) (Anexo 2).

3.2.4.2. Número de interacciones: ocho

3.2.4.3. Número de repeticiones: tres

3.2.4.4. Características del área experimental

Número de unidades experimentales:	24.00 u
Distancia entre tratamientos:	0.60 m
Distancia entre repeticiones:	0.50 m
Área total del experimento:	243.00 m^2

3.2.5. Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

Tabla 8. Esquema del ADEVA para la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Fuente de variación	Grados de libertad
FUENTE FERTILIZANTE (F)	1
ERROR (a)	2
FERTILIZACIÓN FOLIAR (C)	1
INTERACCIÓN F x C	1
ERROR (b)	4
PROFUNDIDAD (P)	1
INTERACCIÓN F x P	1
INTERACCIÓN C x P	1
INTERACCIÓN F x C x P	1
ERROR (c)	8
Promedio	
C.V %	

3.2.6. Análisis funcional

Se aplicará la prueba de DMS₅ % para las interacciones de primer orden F x C, F x P y C x P, y también para la interacción de segundo orden F x C x P, todo esto previo a obtener diferencias estadísticas significativas o altamente significativas en el análisis de varianza.

3.3. Variables y métodos de evaluación

3.3.1. Porcentaje de sólidos solubles

Se tomaron al azar diez frutos de cada interacción y del cuarto piso de producción en estado de madurez fisiológica (5), se procedió a medir el porcentaje de sólidos solubles, utilizando para ello un refractómetro, las tomas de datos se realizaron cada cuatro días, en total cuatro tomas de datos, los resultados de esta variable están expresados como grados Brix (° Bx).

3.3.2. Acidez titulable

Para medir la acidez titulable se tomaron al azar diez frutos de cada interacción y del cuarto piso de producción en estado de madurez fisiológica (5), las tomas de datos se realizaron cada cuatro días, en total cuatro tomas de datos, y este resultado se lo expresó como el porcentaje de ácido cítrico presente en los frutos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ácido cítrico} = [(V \times N \times P_{\text{meq}})/Y] \times 100$$

Donde:

V= volumen en ml de NaOH titulado.

N= solución normal de NaOH (0,1 N)

P_{meq}= peso en miliequivalente de ácido cítrico (0,064 meq)

Y= volumen en mililitros (10 mL)

3.3.3. Conductividad eléctrica del jugo

Para esta variable se tomaron diez frutos al azar de cada interacción al llegar al cuarto piso de producción en estado de madurez fisiológica (5), las tomas de datos se realizaron cada cuatro días, en total cuatro tomas de datos, para lo cual se utilizó un conductivímetro, luego se calculó el promedio aritmético de los datos obtenidos. Esta variable se expresa como (dS/m).

3.3.4. pH del jugo

Para esta variable se tomaron al azar diez frutos de cada interacción y del cuarto piso de producción en estado de madurez fisiológica (5), las tomas de datos se realizaron cada cuatro días, en total cuatro tomas de datos, para lo cual se utilizó un potenciómetro, luego se calculó el promedio aritmético de los datos obtenidos.

3.3.5. Duración en percha

Se registró el número de días, desde la cosecha hasta que el fruto presentó pérdidas en sus características físicas (firmeza) y químicas (cambio de coloración y sabor), para esto Se tomaron al azar diez frutos de cada interacción y del cuarto piso de producción y al estado de madurez fisiológica (5), realizando un promedio aritmético de los datos obtenidos, expresando los resultados en días.

3.3.6. Peso promedio del fruto

Se tomaron al azar diez frutos de cada interacción y de cada piso de producción al estado de madurez fisiológica (5), se los pesó en gramos en una balanza digital, y se procedió a realizar un promedio aritmético.

3.3.7. Porcentaje de materia seca

Se tomaron al azar diez frutos de cada interacción y del cuarto piso de producción en estado de madurez fisiológica (5) y se sometieron a un proceso de secado en estufa durante 24 horas a 105 °C, con el fin de obtener un dato general por piso; los resultados se expresaron como porcentaje de materia seca (% MS), realizando un promedio aritmético de los datos obtenidos.

3.3.8. Rendimiento

Se evaluaron seis pisos de producción, la cosecha se la realizó cuando los frutos alcanzaron el estado de madurez fisiológica (5), esta variable se expresó como toneladas por hectárea ($t \cdot ha^{-1}$).

3.3.9. Análisis financiero

Se realizó un análisis de los costos totales de producción bajo las condiciones de cada interacción estudiada con el objeto de obtener el tratamiento que mayor tasa beneficio – costo presente.

3.4. Manejo del experimento

3.4.1. Preparación del terreno

Se realizó labor mecánica con el rotavator, posterior a lo cual se procedió a delimitar y formar las camas con maquinaria, el suelo debe encontrarse húmedo, a capacidad de campo, para evitar dañar la estructura del mismo, aplicando materia orgánica descompuesta (≈ 60.0 g en cada plántula). El número total de camas para este experimento es de nueve, cada una de las camas tendrá un total de 110 plantas, siendo las dimensiones las siguientes:

Largo:	27.0 m
Ancho:	0.40 m
Caminos:	0.60 m

3.4.2. Fertilización de base

Se utilizó fertilizante edáfico (8 – 20 – 20), se aplicaron 15 gramos (g) por planta. El estado nutrimental del suelo en esta etapa del cultivo se la describe mediante el análisis físico-químico de suelo realizado (Anexo 1).

3.4.3. Transplante

Se trasplantó en sitio definitivo plántulas en fase de vivero⁴. La distancia considerada es de 0.46 m entre plantas y 0.40 m entre hileras y 0.60cm de camino. En total, para el área del ensayo (243.00 m²) se utilizaron 990 plantas, equivalente a 16296 plantas.ha⁻¹neta.

3.4.4. Poda de ramificaciones axilares (chupones)

Se realizaron podas semanales durante todo desarrollo del cultivo.

3.4.5. Tutorio

Se realizó tutorio a los quince días contados a partir de la fecha de transplante, continuando durante el ciclo según el desarrollo de la planta.

3.4.6. Control fitosanitario

Se aplicaron estrategias comprendidas dentro del manejo integrado de plagas, utilizando protectantes órgano-minerales de gran estabilidad, (Tabla 9)realizando aplicaciones semanales con bomba de motor, para mantener una acción preventiva.

Tabla 9. Productos fitosanitarios utilizados en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

No.	NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	TIPO
1	IoFungal	Yodo	Fungicida protectante
2	CusFungal	Sulfato de cobre	Fungicida protectante
3	PeroxiFungal	Peróxido de hidrógeno	Fungicida protectante

Se aplicaron, intercalados los productos, en intervalos semanales.

⁴ Treinta días después de la siembra (dds).

3.4.7. Riego

Para monitorear el contenido de humedad del suelo se instalaron dos tensiómetros a 30 cm de profundidad; la evapotranspiración se la determinó en intervalos diarios con el tanque evaporímetro, con los valores obtenidos del evaporímetro, se procedió a calcular la lámina de riego necesaria. La capacidad capilar de campo en estas condiciones ambientales y edáficas se la determinó en 12 cbar.

3.4.8. Fertilización

A la fecha de trasplante se aplicaron, aproximadamente, 60 g de materia orgánica descompuesta alrededor de la base del tallo.

3.4.8.1. Fertirriego

La evapotranspiración del cultivo (ETc) se calcula en base a la evapotranspiración referencial (ETo) del sitio experimental medida con un tanque evaporímetro, el cual indica los milímetros evaporados en el día (Tabla 10), los mismos que son multiplicados por el coeficiente (kc) del cultivo en cada etapa fenológica, según la información dotada por la FAO, lo que determinará la cantidad de agua que será aplicada al cultivo a través de un sistema de riego por goteo, además esto permite calcular el tiempo de riego, periodo en el que aplicarán los fertilizantes edáficos, Tablas (11-12).

$$ETc = ETo \times kc$$

Tabla 10. Requerimiento hídrico del cultivo en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

FASE	Evapotranspiracion referencial (mm)	Coeficiente de cultivo	Evapotranspiracion de cultivo (mm)	Área por cama (m ²)	Área del ensayo (m ²)	Requerimiento diario por cama (L)	Tiempo de riego (minutos)
Inicial (30 días)	3	0.6	1.8	10.8	97.2	19.44	7
Desarrollo (45 días)	3	1.15	3.45	10.8	97.2	37.26	13
Maduración (70 días)	3	1.15	3.45	10.8	97.2	37.26	13
Final (35 días)	3	0.7	2.1	10.8	97.2	22.68	8

Tabla 11. Programa de fertilización con fuentes compuestas para estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Fase de cultivo	Fertilizantes compuestos	Dosis a aplicar (g)	Dosis por planta (g)	Número aplicaciones	Requerimiento (Kg)
Inicial (30 días)	25-03-20	250.9	0.6	20	5.0
	12-42-12	160.0	0.4	20	3.2
	12-03-40	262.9	0.6	20	5.3
Desarrollo (45 días)	25-03-20	173.7	0.4	30	5.2
	12-42-12	140.7	0.3	30	4.2
	12-03-40	131.2	0.3	30	3.9
Maduración (70 días)	12-42-12	129.1	0.3	50	6.5
	12-03-40	350.4	0.8	50	17.5
Final (35 días)	12-42-12	129.1	0.3	25	3.2
	12-03-40	175.4	0.4	25	4.4

Como fuentes compuestas de alta solubilidad se usaron las fórmulas (12-3-40, 25-3-20 y 12-42-12) y como fuentes simples (Nitrato de Amonio, Nitrato de Potasio y Fosfato monoamónico).

Tabla 12. Programa de fertilización con fuentes simples para el estudio del efecto de alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

Fase de cultivo	Fertilizantes simples	Dosis a aplicar (g)	Dosis por planta (g)	Número aplicaciones	Requerimiento (Kg)
Inicial (30 días)	Nitrato de amonio	282.0	0.5	20	5.6
	Fosfato monoamónico	119.5	0.2	20	2.4
	Nitrato de potasio	244.4	0.4	20	4.9
Desarrollo (45 días)	Nitrato de amonio	190.8	0.3	30	5.7
	Fosfato monoamónico	102.9	0.2	30	3.1
	Nitrato de potasio	584.3	1.1	30	17.5
Maduración (70 días)	Nitrato de amonio	102.4	0.2	50	5.1
	Fosfato monoamónico	94.3	0.2	50	4.7
	Nitrato de potasio	572.0	1.0	50	28.6
Final (35 días)	Nitrato de amonio	102.4	0.2	25	2.6
	Fosfato monoamónico	94.3	0.2	25	2.4
	Nitrato de potasio	286.3	0.5	25	7.2

3.4.8.2. Fertilización foliar complementaria

Se aplicó con bomba de mochila en cada interacción, en las horas más frescas de la tarde (17h00 en adelante), para evitar la quemazón por el efecto lupa, se aplicaron los siguientes productos:

Par sinérgico estructura (Ca+Mn) 3 aplicaciones

$$50 \text{ L} \times 2 \text{ g.l}^{-1} = 100 \text{ g} \times 3 \text{ aplicaciones} = 300 \text{ g (Ca+Mn)}$$

Estos valores, extrapolados a hectáreas, con una densidad de 16296 plantas:

$$4,9 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ de (Ca+Mn)}$$

Par sinérgico fotosíntesis (Mg+Fe) 2 aplicaciones

$$50 \text{ L} \times 2 \text{ g.l}^{-1} = 100 \text{ g} \times 2 \text{ aplicaciones} = 200 \text{ g (Mg+Fe)}$$

Estos valores, extrapolados a hectáreas, con una densidad de 16296 plantas:

$$3,3 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ de (Mg+Fe)}$$

Par sinérgico engrose (K+B) 5 aplicaciones

$$50 \text{ L} \times 2 \text{ g.l}^{-1} = 100 \text{ g} \times 5 \text{ aplicaciones} = 500 \text{ g de (K+B)}$$

Estos valores, extrapolados a hectáreas, con una densidad de 16296 plantas:

$$8,2 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ de (K+B)}$$

3.4.9. Cosecha

Se la realizó semanalmente a los frutos que presentaron madurez fisiológica (5).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Prueba de normalidad

Según Segnini (2004), cuando los datos resultan de un proceso de medición o conteo, es necesario comprobar antes de cualquier análisis estadístico, si la variable aleatoria estudiada sigue el modelo normal de distribución de probabilidades. Para el efecto, se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk modificada (Tabla 13). Todas las variables de campo tuvieron distribución normal. Por el contrario, para variables de laboratorio únicamente los residuos del pH tuvieron distribución normal.

Tabla 13. Prueba de normalidad de las variables evaluadas en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Variable	Normalidad p-valor
RDUO_Rendimiento	0,2868
RDUO_Peso del fruto	0,8968
RDUO_Materia seca	0,3689
RDUO_Días en percha	0,2449
RDUO_Grados Brix	0,0061
RDUO_Acidez titulable	0,0048
RDUO_pH	0,3323
RDUO_Conductividad eléctrica	0,0030

4.2. Porcentaje de sólidos solubles (Grados Brix)

En el ADEVA de porcentaje de sólidos solubles (Tabla 14), se detectaron diferencias estadísticas significativas para fuente fertilizante (F), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para, fertilización foliar (C) y profundidad (P); así como tampoco para las interacciones de primer y segundo orden.

DMS al 5 % para tipo de fertilizante (Figura 1), detectó dos rangos de significancia, ubicándose en el primer rango, el fertilizante compuesto (F2) con un promedio de 4,91 °Bx; mientras que en el segundo rango se encuentra fertilizante simple (F1), con un promedio de 4,87 °Bx. Según Josafad (1998), un valor mayor o igual a 4.0 °Bx es considerado como bueno; además, existe una correlación directa entre los sólidos solubles y ciertas características de calidad como la firmeza del fruto, en su estudio los porcentajes de sólidos solubles para tomate bajo invernadero no superan los 4.6 °Bx; mientras, que los datos obtenidos en el presente trabajo son superiores con un máximo de 4.92 °Bx.

Hay que tener en cuenta que los hidratos de carbono sufren cambios bioquímicos durante la maduración, la degradación de los polisacáridos de las membranas ejerce una contribución importante sobre el aumento en el contenido de azúcares del fruto (Reina, 1998). Se puede apreciar que el nivel de azúcares incrementa con relación al paso de los días, encontrando que los valores de grados brix más altos se obtuvieron entre los diez y doce días desde la cosecha, sin embargo, se puede observar que estos valores decaen en los últimos días del ensayo(Figura 2).

El mismo autor menciona, que la respiración es un proceso metabólico mediante el cual el tejido vivo asegura el esencial suministro de energía para el mantenimiento de la actividad celular, teniendo en cuenta lo anterior, vale la pena observar que al frenar la producción de azúcares, se acaba la materia prima para el proceso de respiración, por lo cual esta disminuye, disminuyendo así el porcentaje de sólidos solubles.

Tabla 14. ADEVA de porcentaje de sólidos solubles del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Observaciones	24.00			
R ²	0.29			
Raíz CMEE	0.03			
Fuente de variación	GL	SM	CM	SIGNIFICANCIA
FUENTE FERTILIZANTE (F)	1	0.0067	0.0067	*
ERROR (a)	2	0.0027	0.0014	
FERTILIZACIÓN FOLIAR (C)	1	0.0017	0.0017	ns
INTERACCIÓN F x C	1	0.0000	0.0000	ns
ERROR (b)	4	0.0046	0.0011	
PROFUNDIDAD (P)	1	0.0000	0.0000	ns
INTERACCIÓN F x P	1	0.0000	0.0000	ns
INTERACCIÓN C x P	1	0.0000	0.0000	ns
INTERACCIÓN F x C x P	1	0.0000	0.0000	ns
ERROR (c)	8	0.0125	0.0016	
Promedio	4.89			
C.V %	0.80			

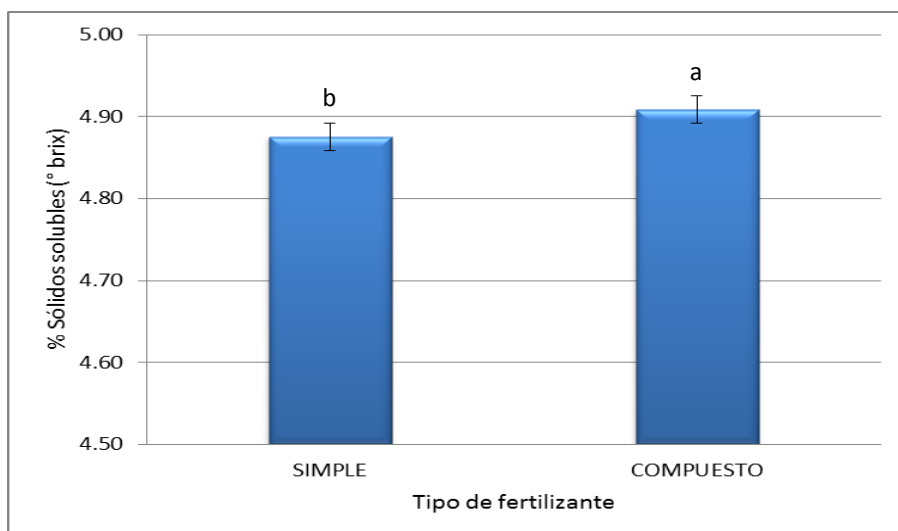


Figura 1. DMS al 5% para porcentaje de sólidos solubles del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero

La tendencia de los grados brix a decaer mientras transcurren los días después de la cosecha está acorde con lo que se indica en el trabajo de Villarreal (2002); sin embargo, el porcentaje de sólidos solubles reportado fue de 4,1 °Bx, menor al que se obtuvo con el híbrido de tomate en estudio, indicando que bajo las condiciones de fertilización del ensayo el tomate tipo san Marzano tiene mayores ventajas al ofertarse al sector agroindustrial.

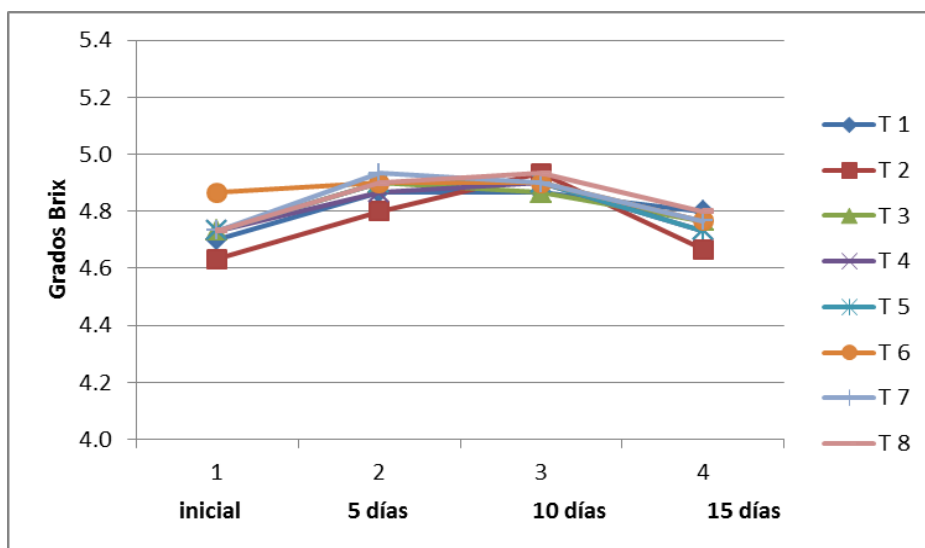


Figura 2. Evolución de grados Brix en los frutos de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Un nutriente que esté disponible en el suelo no necesariamente puede ser absorbido por la planta, esto se debe a que además de la presencia de elementos solubles en la rizósfera también intervienen diversos factores metabólicos (Frutos, 2006). Se observa que el tipo de fertilización tuvo efecto sobre el porcentaje de sólidos solubles, porque la absorción de nutrientes fue mayor con el fertilizante compuesto, esto de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de extracto celular de peciolo y al análisis foliar (Figuras 3-4).

Es de mucho interés el hecho de que con el fertilizante compuesto se incrementó la absorción de potasio, ya que según Ruiz (2008), el potasio es considerado un fabricante de calidad, que incrementa la producción y el contenido de azúcares, acorde a esto Molina (2006), afirma que estas características están directamente relacionadas con la presencia de potasio en el floema, que interviene en el transporte de sacarosa a los frutos.

Al aumentar las dosis de potasio se requiere una menor cantidad de frutos frescos para generar producto industrializado, esto indica que el potasio estaría relacionado con el nivel de conversión y que con mayores dosis de potasio en la fertilización los sólidos solubles aumentarán y mientras más alta es la cantidad producida de azúcares, la planta puede soportar más fruta de mejor calidad; por lo tanto, el rendimiento de tomate será más alto (González, 2008).

Por su parte Bojórquez (2001), indica que con una concentración alta de potasio en el plan de fertilización se obtienen efectos contraproducentes, disminuyendo la calidad de los frutos; en el análisis de extracto celular de peciolo, el tratamiento T1 presentó el nivel más alto de este elemento; sin embargo, esto no provocó un incremento proporcional de grados brix; en el mismo análisis los tratamientos T7 y T8, obtuvieron el nivel más alto de grados brix, presentando un menor nivel en la concentración de potasio (Figura 5).

Por otra parte, en el análisis foliar el resultado fue inverso siendo los tratamientos T7 y T8 los que presentaron porcentajes de sólidos solubles más altos, y a la vez los niveles de potasio más elevados, indicando que posiblemente el aprovechamiento de potasio fue más eficiente en estas interacciones, cumpliendo de esta manera con las expectativas que exige el mercado (Figuras 6).

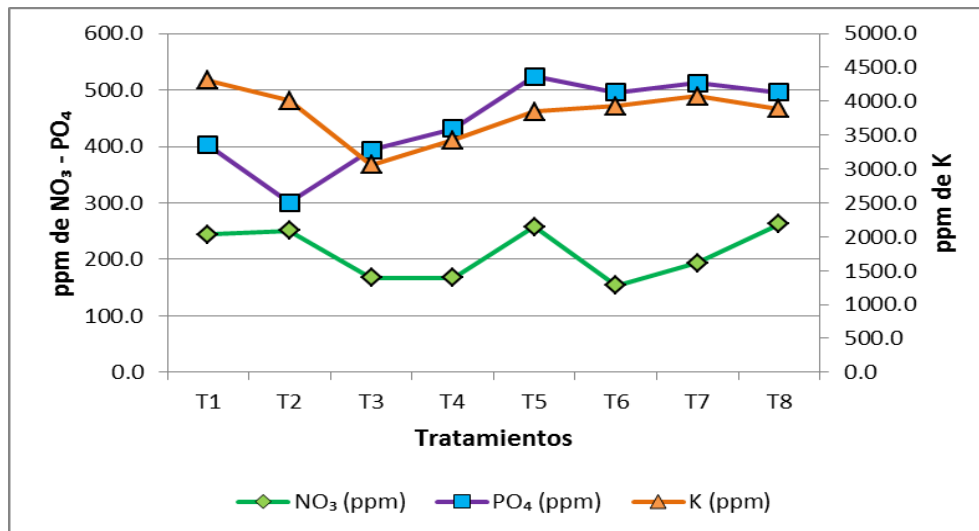


Figura 3. Resultado del análisis de extracto celular de peciolo en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

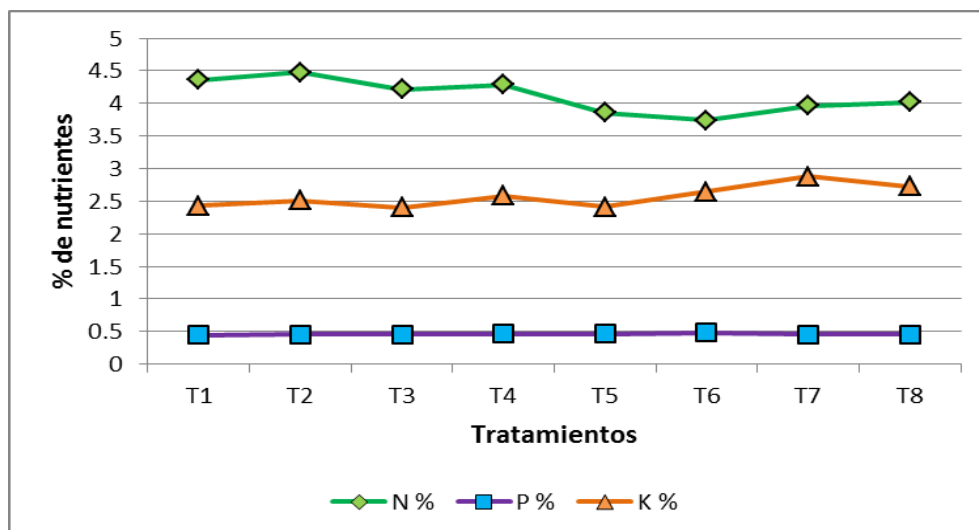


Figura 4. Resultado del análisis foliar en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

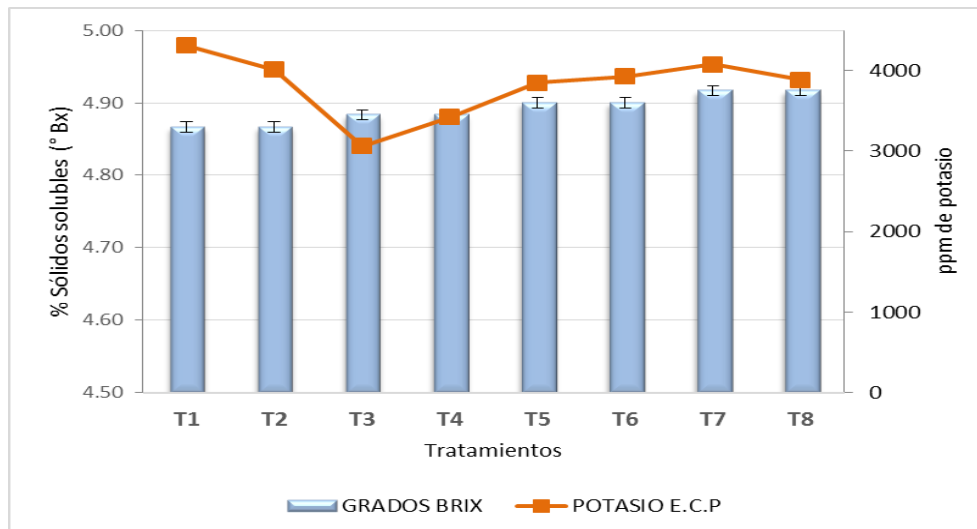


Figura 5. Porcentaje de sólidos solubles en los frutos con relación al nivel de potasio en el análisis de extracto celular de peciolo de las interacciones en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

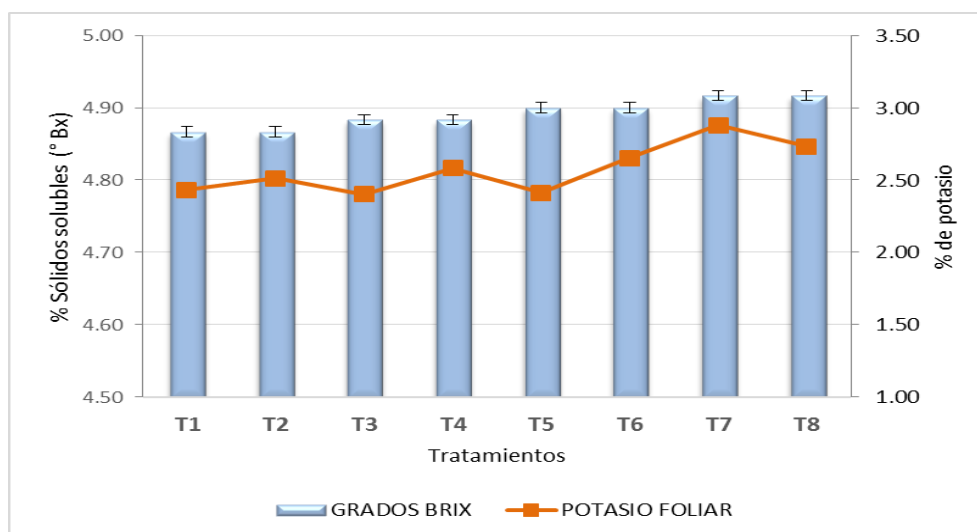


Figura 6. Porcentaje de sólidos solubles en los frutos con relación al nivel de potasio en el análisis foliar de las interacciones en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

4.3. Acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico)

Del ADEVA de acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico) del fruto, no se detectaron diferencias estadísticas significativas para, fuente fertilizante (F), fertilización foliar (C) y profundidad (P); así como tampoco para las interacciones de primer y segundo orden (Figura 7).

Alarcón(2013), indica que mientras menor sea el valor de la acidez del fruto y mayor el nivel de sólidos solubles, mejor será su sabor; por su parte, Gómez(2002), obtuvo valores de acidez de 0.45 % y 4.23 °Bx, en ambos casos los valores fueron superiores al promedio general del experimento que fue de 0.27 % de acidez y 4.89 °Bx; encontrando un punto de calidad máxima en los primeros cinco días después de la cosecha (Anexo 10).

Esto permite inferir que si bien los factores en estudio no tienen influencia sobre las características del híbrido evaluado, este cuenta con propiedades que lo hacen óptimo para el mercado agroindustrial (Figura 7).

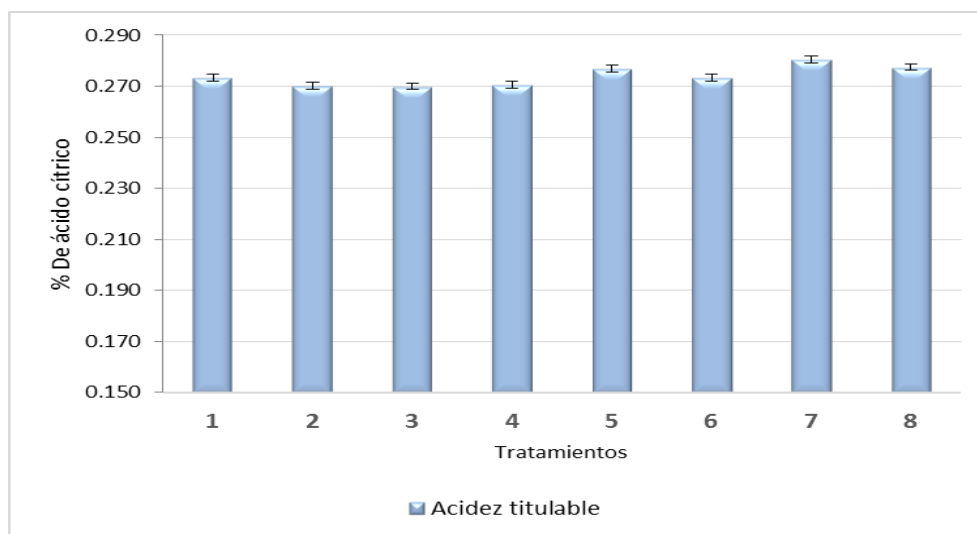


Figura 7. Acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico) del fruto de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

4.4. Conductividad eléctrica del fruto

En el ADEVA de conductividad eléctrica del fruto, no se detectaron diferencias estadísticas significativas para fuente fertilizante (F), fertilización foliar (C) y profundidad (P); así como tampoco para las interacciones de primer y segundo orden, el promedio general del experimento fue de $2,72 \text{ dS.m}^{-1}$ (Figura 8).

Los resultados reflejan que esta variable es independiente de los factores en estudio, ya que luego del análisis estadístico no se encontró ninguna relación que permita inferir que tanto las alternativas de fertirrigación o la fertilización foliar afecten de alguna manera los valores de conductividad eléctrica en el jugo del fruto.

Hernández(2012), indica que en los primeros días posteriores a la cosecha se obtuvo un promedio de 1.3 dS.m^{-1} , hasta 4.3 dS.m^{-1} al final del experimento, los valores obtenidos en el actual ensayo resultan inferiores; pero según el mismo autor, valores superiores pueden causar efectos negativos en variables de calidad del fruto como reducción en el tamaño de fruto y aumento en el pH del jugo.

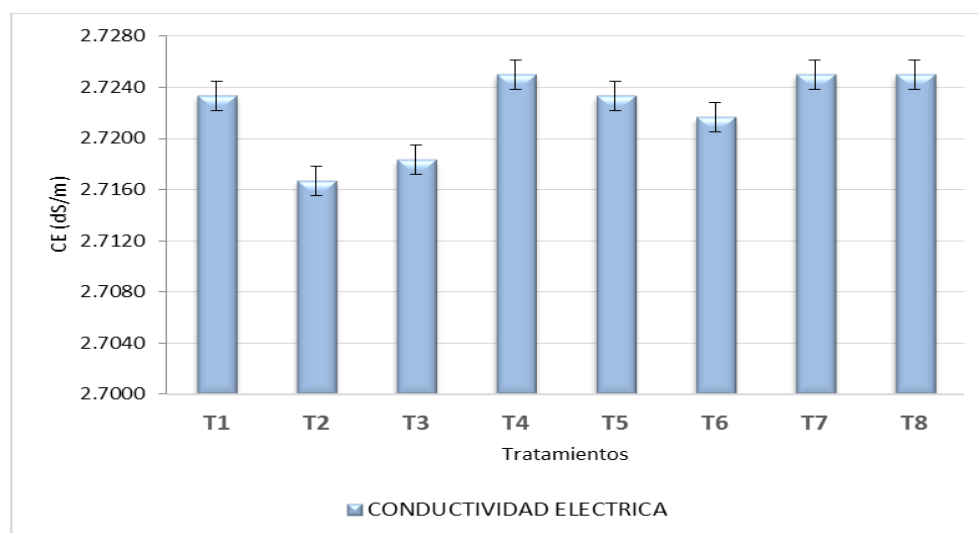


Figura 8. Conductividad eléctrica del fruto con relación al nivel de potasio en el análisis foliar en los tratamientos de la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

4.5. pH del fruto

En el ADEVA de pH del fruto (Tabla 15), no se detectaron diferencias estadísticas significativas para fuente fertilizante (F), ni para profundidad (P) y las interacciones entre los factores en estudio; sin embargo, se detectan diferencias estadísticas significativas para fertilización foliar (C); el promedio general del experimento fue de 4,63.

DMS al 5 % para fertilización foliar (C), detectó dos rangos de significancia, ubicándose en el primer rango, la fertilización foliar complementaria (C1) con un promedio de 4.64; mientras que en el segundo rango con el menor valor se encuentra el tratamiento sin fertilización foliar complementaria (C2) con un promedio de 4,63 (Figura 9).

Los valores de pH para tomate industrial son superiores a los reportados en el estudio de Escaff (2004), que se hallan en un rango de 4.4 a 4.6, por otra parte, estos valores también muestran ser mayores que los indicados por Coronel (2009) para tomate de mesa que se mantienen entre 2.5 y 4.1, es de mucha importancia que el valor del pH del fruto sea igual o inferior a 4.5 ya que de esta forma no se alteran características importantes como el sabor y el poder de conservación, inhibiendo el desarrollo de muchos microorganismos que afectan la calidad del producto y los vuelven inseguros para el consumo (Bello, 2000).

Tabla 15. ADEVA de pH del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Observaciones	24.00			
R ²	0.24			
Raíz CMEE	0.01			
Fuente de variación	GL	SM	CM	SIGNIFICANCIA
FUENTE FERTILIZANTE (F)	1	0.00002	0.00002	ns
ERROR (a)	2	0.00034	0.00017	
FERTILIZACIÓN FOLIAR (C)	1	0.00070	0.00070	*
INTERACCIÓN F x C	1	0.00000	0.00000	ns
ERROR (b)	4	0.00020	0.00005	
PROFUNDIDAD (P)	1	0.00000	0.00000	ns
INTERACCIÓN F x P	1	0.00000	0.00000	ns
INTERACCIÓN C x P	1	0.00000	0.00000	ns
INTERACCIÓN F x C x P	1	0.00034	0.00034	ns
ERROR (c)	8	0.00091	0.00011	
Promedio	4.63			
C.V %	0.28			

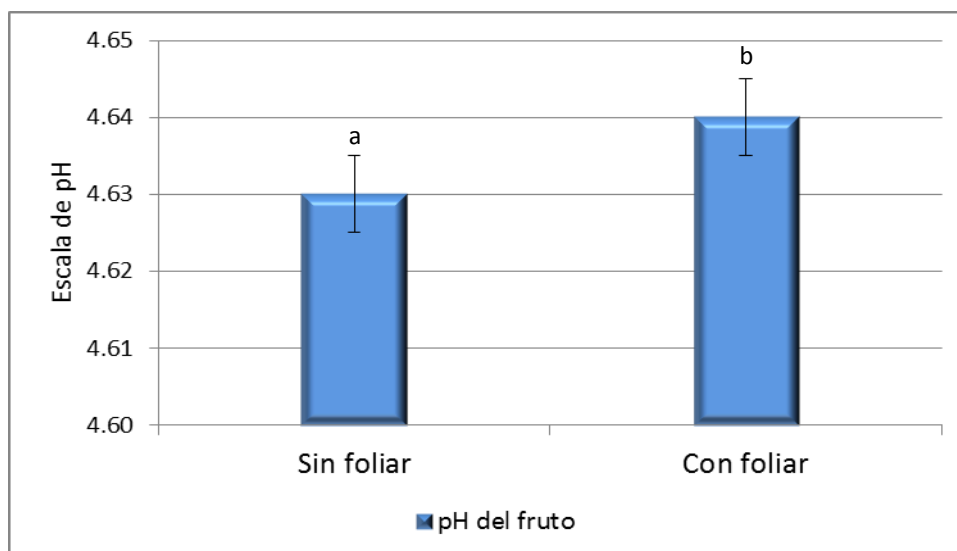


Figura 9. DMS al 5% para el pH del fruto de la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

En los resultados del análisis foliar se evidencia que la fertilización edáfica no tiene influencia sobre el pH del fruto; sin embargo, el análisis de varianza indica que la fertilización foliar actuó como un factor de alteración de este parámetro, siendo los tratamientos a los que se les aplicó el fertilizante foliarlos que presentaron los valores más altos, con un pH de 4.64 (Figura 10).

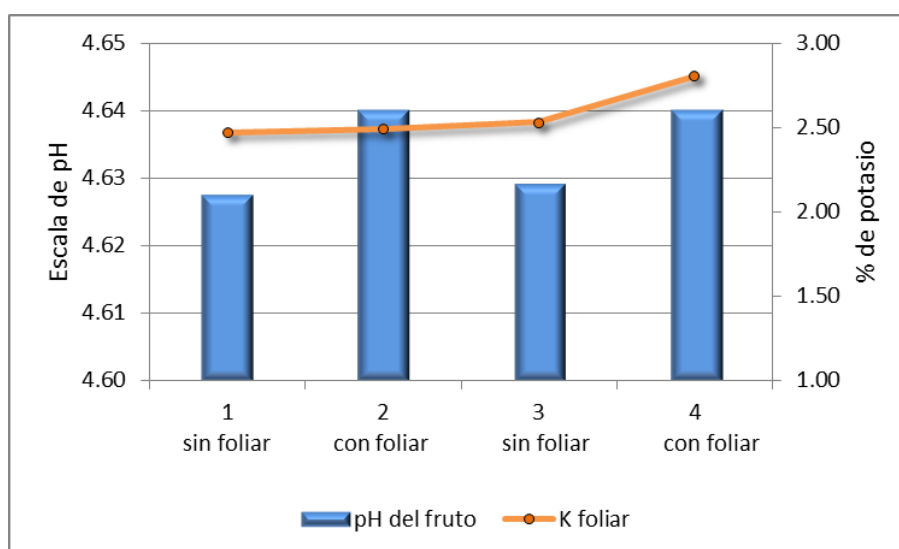


Figura 10. pH del fruto con relación al nivel de potasio en el análisis foliar de los tratamientos de la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

El mejor pH en el ensayo se lo obtuvo en el tratamiento dos (T2) con 4.62; sin embargo, no presentó un rendimiento satisfactorio ya que es una de las interacciones que menos toneladas produjo por hectárea, además, hay que tener en cuenta que el pH se lo puede modificar posteriormente en los procesos de industrialización con la utilización de ciertos ácidos; por ejemplo, el ácido ascórbico o el ácido tartárico de acuerdo a las normativas establecidas para la producción de alimentos(Amarita, 2002).

Si bien el pH es una característica que no resultó favorable en el presente estudio, hay que tener en cuenta que no es un factor limitante para la producción ni para la calidad de la fruta, concomitante con esto Casierra(2008), en su trabajo con híbridos de tomate (*L. esculentum* Mill.) cosechados en estados de madurez similares a los del actual ensayo, obtuvo valores de pH conformes a los obtenidos con el híbrido que es objeto de esta investigación.

Se puede observar que los valores de pH tienden a incrementar con el transcurso de los días, disminuyendo así la calidad del producto (Figura 11).

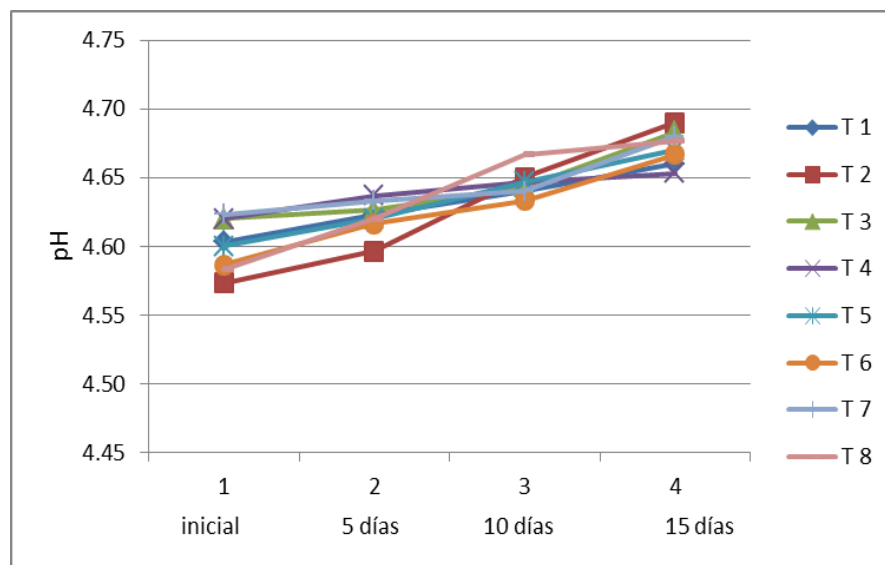


Figura 11. Evolución de pH de los frutos de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

4.6. Duración en percha

Del ADEVA de días de duración en percha (Tabla 16), no se detectaron diferencias estadísticas significativas para fertilización foliar (C) y profundidad (P); pero, si se hallan diferencias estadísticas significativas para fuente fertilizante (F), y para la interacción (FxC), no se hallaron diferencias significativas para el resto de interacciones de primer y segundo orden.

DMS al 5 % para fuente fertilizante (F), detectó dos rangos de significancia, ubicándose en el primer rango, con el valor más alto, la fuente fertilizante compuesta (F2) con un promedio de 18.17 días; mientras que en el segundo rango con el menor valor se encuentra la fuente fertilizante simple (F1) con un promedio de 17.50 días (Figura 12).

Siavichay (2011) indica promedios de vida útil para tomate industrial cosechados en similares condiciones, entre 17 y 18 días, datos comparables a los del presente estudio, para tomates de mesa se reportan valores entre 14 y 15 días, por otra parte Galiotta (2005), indica que bajo condiciones controladas se pueden alcanzar hasta 21 días de vida útil, lo que indica que el híbrido evaluado supera de manera satisfactoria el tiempo de vida útil que esperaría el mercado y que bajo condiciones adecuadas de almacenamiento puede alcanzar óptimas ventajas comerciales.

Tabla 16. ADEVA de días de duración en percha en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Observaciones	24.00			
R ²	0.40			
Raíz CMEE	0.68			
Fuente de variación	GL	SM	CM	SIGNIFICANCIA
FUENTE FERTILIZANTE (F)	1	2.6667	2.6667	*
ERROR (a)	2	1.0833	0.5417	
FERTILIZACIÓN FOLIAR (C)	1	0.0000	0.0000	ns
INTERACCIÓN F x C	1	2.6667	2.6667	*
ERROR (b)	4	1.8333	0.4583	
PROFUNDIDAD (P)	1	0.0000	0.0000	ns
INTERACCIÓN F x P	1	0.0000	0.0000	ns
INTERACCIÓN C x P	1	0.0000	0.0000	ns
INTERACCIÓN F x C x P	1	0.6667	0.6667	ns
ERROR (c)	8	2.3333	0.2917	
Promedio	17.83			
C.V %	4.10			

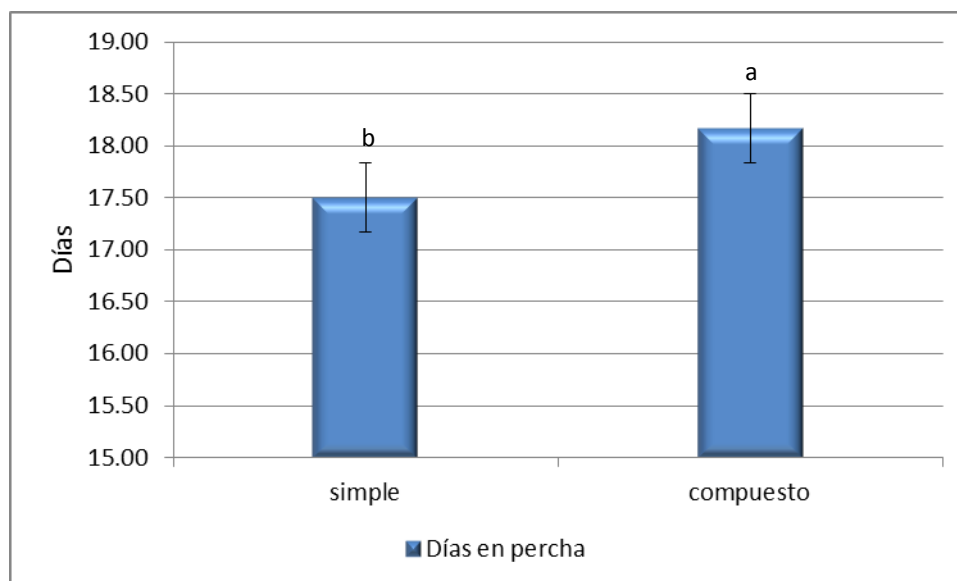


Figura 12. DMS al 5 % para días de duración en percha de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Se mantuvo los frutos en conservación a 20 °C y se realizó una evaluación cualitativa de los frutos para cada tratamiento, considerando que tienen un aspecto desfavorable para su comercialización cuando presentaron pérdida de brillo de la cáscara, arrugamiento y pérdida de firmeza, algunos frutos tuvieron presencia de hongos y agrietamiento.

Se puede observar en los resultados, que la fertilización edáfica tiene influencia sobre la duración en mostrador, esto debido a que una buena nutrición y absorción especialmente de potasio permiten mejorar la turgencia de las células del fruto (Mattos, 2004), por su parte Hernández (2006) reporta pérdidas en calidad antes de los 14 días; además, comprobó que el aumento de las concentraciones de potasio en la solución nutriente tiende a disminuir las pérdidas que se producen durante la vida en percha; esto indica que los frutos del ensayo tienen mejores características que les brindan mayor tiempo de resistencia a la degradación (Figuras 13-14).

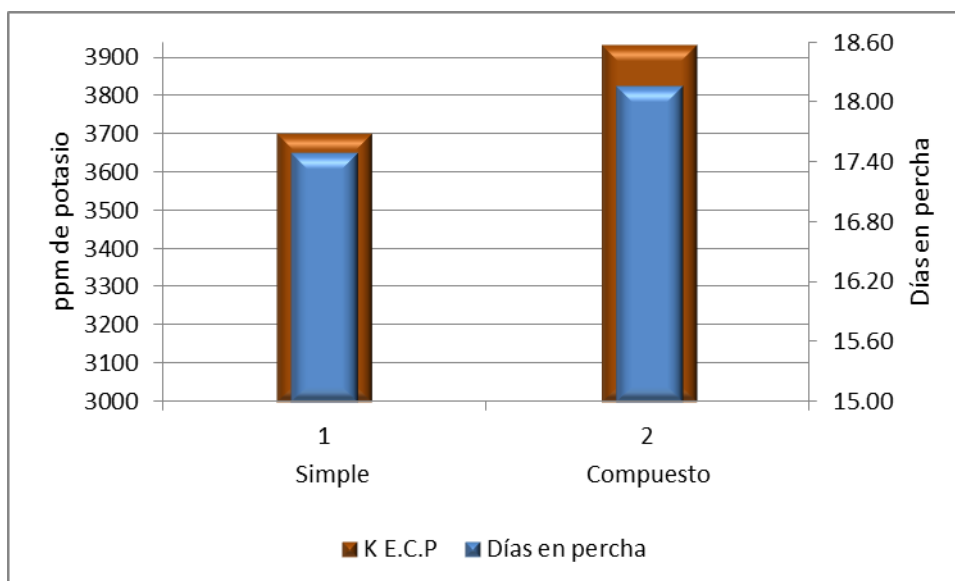


Figura 13. Días de duración en percha de los tratamientos con relación al nivel de potasio en el análisis de extracto celular de peciolo en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

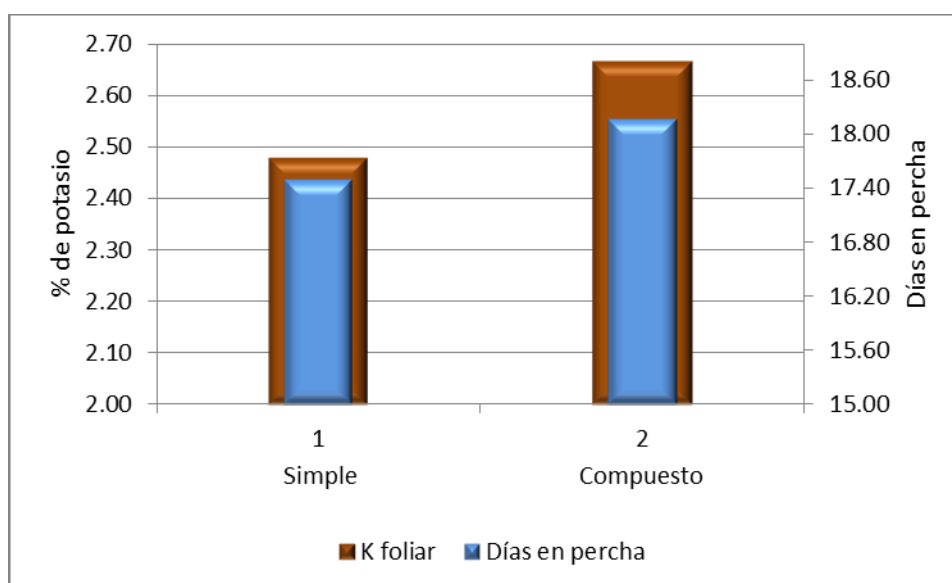


Figura 14. Días de duración en percha de los tratamientos con relación al nivel de potasio en el análisis de foliar en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

El calcio está gradualmente asociado a los procesos de maduración de frutos y vida de almacenamiento postcosecha, concentraciones altas de calcio en los tejidos del fruto resultan en una tasa lenta de maduración, cantidades más bajas de respiración y producción reducida de etileno, ya que se ha observado que al mantener concentraciones altas de calcio en el tejido del fruto, se obtienen tasas lentas de maduración y una mejor consistencia de frutos, ya que mantiene la estructura y características propias de permeabilidad de las membranas y da rigidez a las células, por lo que el calcio ha sido gradualmente asociado con la regulación de los procesos de maduración de frutos y vida de almacenaje (Román, 1998) (Figura 15).

Es importante la relación que se establece entre la fertilización de suelo y la foliar, ya que también mostró tener efecto sobre la vida útil de los frutos; cabe mencionar que la cantidades más importantes de calcio se las suministraron por aspersiones directas hacia las hojas, además se puede mencionar que el calcio es uno de los elementos responsables de la dureza de los frutos, además que es parte de la estructura de la planta (Latorre, 2011).

El mejor resultado lo presentó el tratamiento ocho (T8) con 19 días bajo las condiciones ambientales del ensayo, y comparado con trabajos similares permite inferir que bajo las condiciones del experimento el híbrido tipo san Marzano ofrece mejores posibilidades de conservar sus características físicas y químicas si se lo traslada sometido en ambientes controlados.

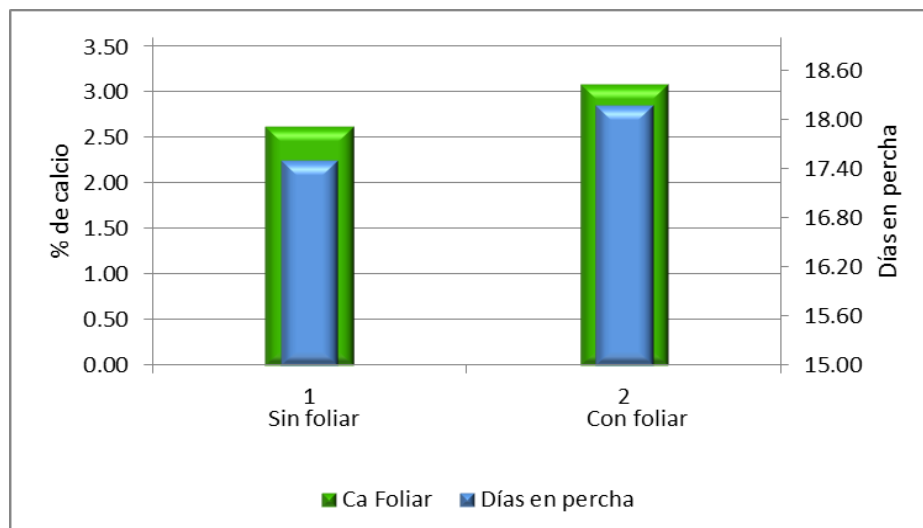


Figura 15. Días de duración en percha de los tratamientos con relación al nivel de potasio en el análisis de extracto celular de foliar en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

4.7. Peso promedio del fruto

Del ADEVA de peso promedio del fruto (Tabla 17), se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tipo de fuentes fertilizantes (F), fertilización foliar complementaria (C) y la interacción de estos dos factores (Fx C); se observa además diferencias no significativas entre la profundidad de aplicación de fertirriego y para las restantes interacciones de primer y segundo orden.

DMS al 5 % para tipo de fertilizante, detectó dos rangos de significancia, ubicándose en el primer rango, con el valor más alto la fuente fertilizante compuesta (F2) con un promedio de 178,17 g; mientras que en el segundo rango con el menor valor se encuentra la fuente fertilizante simple (F1), con un promedio de 132,32 g (Figura 16).

DMS al 5 % para fertilización foliar complementaria, detectó dos rangos de significancia, ubicándose en el primer rango con la mejor respuesta la fertilización foliar complementaria (C1) con un promedio de 160,87 g mientras que en el segundo rango con la menor respuesta se encuentran los tratamientos sin fertilización foliar complementaria (C2) (Figura 16).

Baena (2003), reporta en su investigación un promedio de 113 gramos por fruto; por otra parte, Callejón (2008) reporta un promedio por fruto de 123 gramos; mientras que, en el presente estudio se obtuvo un promedio general que supera lo indicado por ambos autores, en el ensayo destaca el tratamiento ocho (T8) con 187,18 g.

En contraposición a esto, Rodríguez (2009) en su estudio con varios híbridos de tomate (*L. esculentum* Mill.) reporta pesos de fruto entre 156 y 212 g, indicando que los pesos que se obtuvieron en el actual ensayo son altos, relacionado a esto, Prado (2002) indica que el peso que se podría considerar aceptable para tomate industrial (*L. esculentum* Mill.) es de 100 g, se puede apreciar que la interacción ocho (T8) ofrece un valor muy superior al indicado en dicho trabajo.

Por estas razones se puede inferir que el tomate tipo san marzano cultivado con fertilizantes compuestos y fertilización foliar complementaria, ofrece mejores ganancias de peso que derivan en altos rendimientos por hectárea.

Tabla 17. ADEVA para peso del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Observaciones	24.00			
R ²	0.99			
Raíz CMEE	2.46			
Fuente de variación	GL	SM	CM	SIGNIFICANCIA
FUENTE FERTILIZANTE (F)	1	12613.76	12613.76	**
ERROR (a)	2	0.88	0.44	
FERTILIZACIÓN FOLIAR (C)	1	760.42	760.42	**
INTERACCIÓN F x C	1	53.94	53.94	**
ERROR (b)	4	32.77	8.19	
PROFUNDIDAD (P)	1	1.20	1.20	ns
INTERACCIÓN F x P	1	34.43	34.43	ns
INTERACCIÓN C x P	1	2.66	2.66	ns
INTERACCIÓN F x C x P	1	8.00	8.00	ns
ERROR (c)	8		60.86	7.61
Promedio	155.24			
C.V %	0.40			

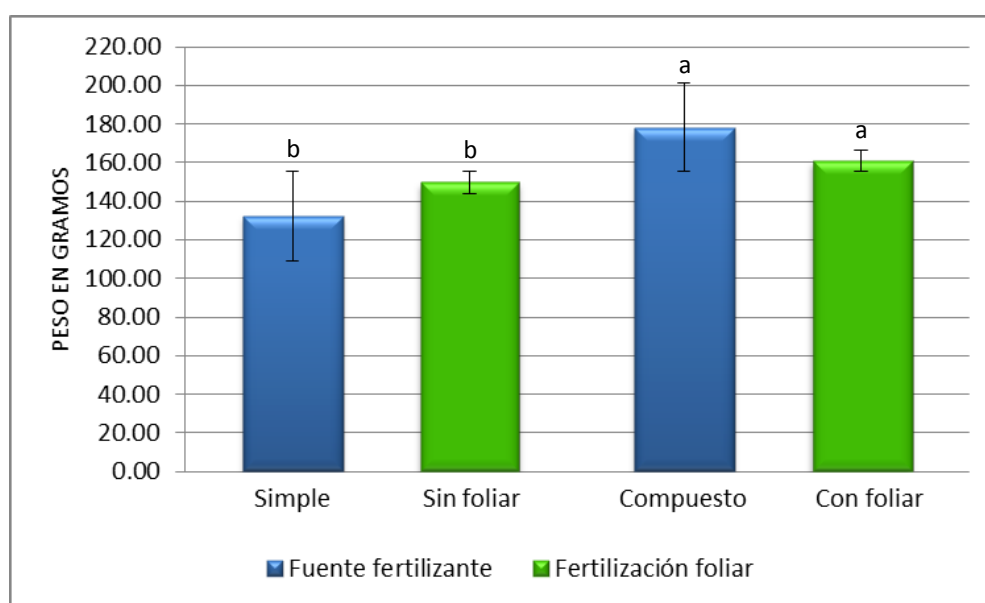


Figura 16. DMS al 5 % del peso promedio del fruto para fuente fertilizante y fertilización foliar complementaria en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

El peso de los frutos depende de la cantidad de nutrientes que la planta pueda absorber y traslocar; es decir, que también depende directamente de la calidad y cantidad de nutrientes que se encuentren en el suelo, al suministrar las fuentes de carácter simple se corren ciertos riesgos inherentes a este tipo de práctica ya que algunos de los minerales se pierden por volatilización

olixiviación. Por otra parte la aplicación de fuentes fertilizantes compuestas presenta moléculas más estables reduciendo el riesgo de pérdidas ya sea físicas o químicas en el suelo (Padilla, 2015)⁵.

El mismo autor menciona, que la fertilización compuesta no eleva de forma dramática la conductividad eléctrica del suelo generando un diferencial entre el contenido de sales del suelo y el contenido de sales del vegetal y que mientras más amplio sea este diferencial mejor es el aprovechamiento de los minerales del suelo, debido al incremento del gradiente del potencial hídrico de la planta; es decir; si la planta tiene mayor capacidad de absorción de agua mayor será la absorción de nutrientes (Figura 17).

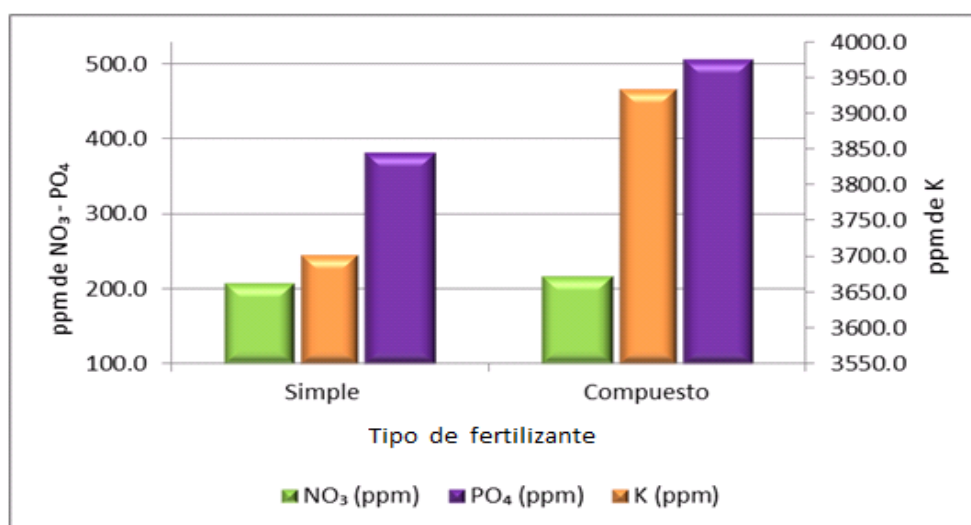


Figura 17. Absorción de los principales nutrientes en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Con base en esto se puede inferir que la fertilización compuesta permitió; probablemente, incrementar el peso de los frutos, debido a que estos compuestos a diferencia de las fuentes fertilizantes simples permiten que los nutrientes se absorban de forma y en cantidades adecuadas, y que estos elementos son los que más limitan la producción cuando se encuentran deficientes (INPOFOS, 1997).

El hecho de que el fertilizante compuesto minimice los cambios dramáticos de la conductividad eléctrica presenta una gran ventaja, ya que según Goycovik (2007), el cultivo de tomate (*L. esculentum* Mill.) en áreas con problemas de salinidad provoca en las plantas un sinnúmero de efectos fisiológicos, morfológicos y bioquímicos, tales como disminución de la fotosíntesis y un menor peso de los frutos.

⁵ Padilla, W. 2015. Diferencial osmótico suelo-planta (entrevista). Quito. Director general del laboratorio de suelos Agrobiolab clínica agrícola.

4.8. Porcentaje de materia seca

Del ADEVA de materia seca del fruto (Tabla 18), se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tipo de fuentes fertilizantes (F); y significativas para fertilización foliar complementaria (C), no se observan diferencias significativas para la profundidad de aplicación de fertirriego y para las interacciones de primer y segundo orden.

DMS al 5 % para tipo de fertilizante detectaó dos rangos de significancia, ubicándose en el primer rango, con el valor más alto, fuente fertilizante compuesta(F2) con un promedio de 10,46 %; mientras que en el segundo rango con el menor valor se encuentra fuente fertilizante simple (F1), con un promedio de 8,27 % (Figura 18).

DMS al 5 % para fertilización foliar complementaria detectó dos rangos de significancia, ubicándose en el primer rango con la mejor respuesta la fertilización foliar complementaria (C1) con un promedio de 9,52 %; mientras que en el segundo rango, con la menor respuesta se encuentranlostratamientos sin fertilización foliar complementaria (C2), con un promedio de 9,20 %(Figura 19).

Ortega (2000), en su estudio con un cultivar similar de tomate (*L. esculentum* Mill.) obtuvo valores de materia seca entre 6.0 y 7.3 %, por su parte González (1999), obtuvo valores de materia seca alrededor del 6 %, esto difiere del valor más alto obtenido en el actual estudio que fue de 10,81 % en el tratamiento ocho, presentándolo como la mejor interacción, esto deriva en una producción más eficiente a nivel industrial, ya que se necesitarían menos frutos frescos por unidad de producto elaborado.

Dentro de los factores que limitan la producción del cultivo de tomate(*L. esculentum* Mill.),se puede mencionar el suministro inadecuado de nitrógeno como el más importante, ya que es el elemento con mayores efectos en su crecimiento y producción; además, mejora el color, tamaño y peso del fruto(Martínez, 2013); la absorción de nitrógeno en los tratamientos con fertilización compuesta fue mayor (Figura 19), posiblemente este es el factor que determina el mayor porcentaje de materia seca que se obtuvo en los frutos de dichos tratamientos.

Tabla 18. ADEVA de materia seca del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Observaciones	24.00			
R ²	0.97			
Raíz CMEE	0.25			
Fuente de variación	GL	SM	CM	SIGNIFICANCIA
FUENTE FERTILIZANTE (F)	1	28.76	28.76	**
ERROR (a)	2	0.16	0.08	
FERTILIZACIÓN FOLIAR (C)	1	0.64	0.64	*
INTERACCIÓN F x C	1	0.32	0.32	ns
ERROR (b)	4	0.17	0.04	
PROFUNDIDAD (P)	1	0.15	0.15	ns
INTERACCIÓN F x P	1	0.11	0.11	ns
INTERACCIÓN C x P	1	0.01	0.01	ns
INTERACCIÓN F x C x P	1	0.25	0.25	ns
ERROR (c)	8	0.42	0.05	
Promedio	9.36			
C.V %	3.00			

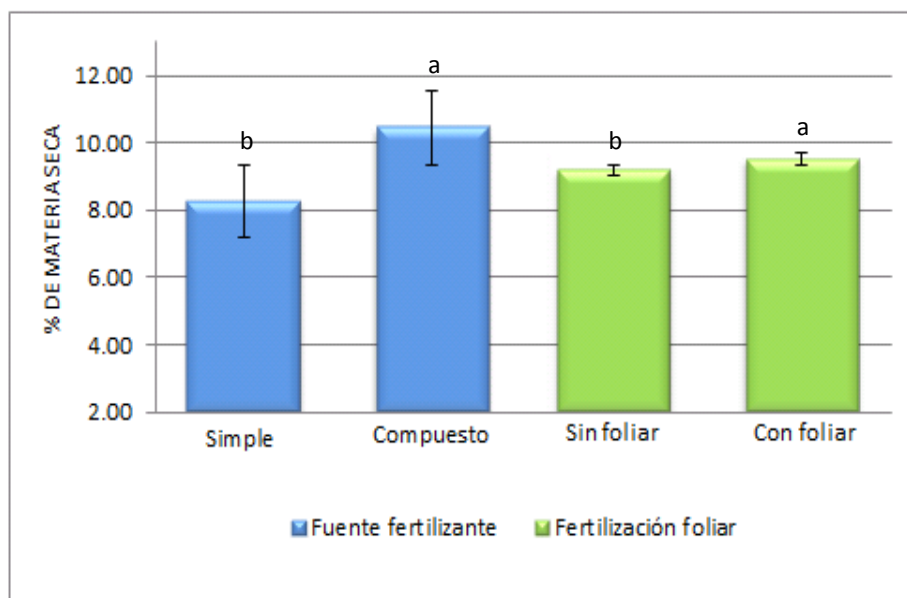


Figura 18. DMS al 5 % para porcentaje de materia seca en los frutos de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

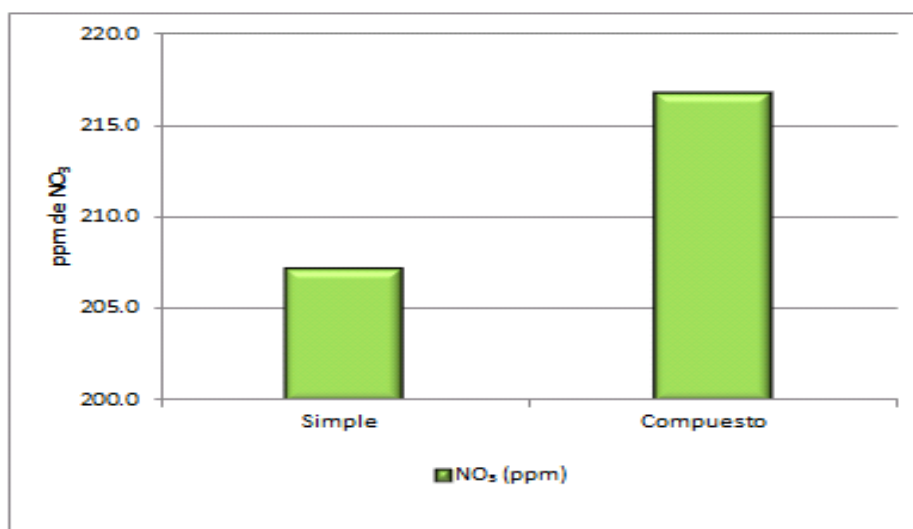


Figura 19. Nivel de nitrato en el extracto celular de peciolo en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Se considera que bajo condiciones en las que el suelo no puede suministrar nutrientes de forma adecuada a la planta, se obtendrá una mejor respuesta de la fertilización foliar, también se han verificado efectos sinérgicos del suministro foliar sobre la absorción de nutrientes por las raíces; sin embargo, este efecto depende de la movilidad del nutriente aplicado dentro de la planta vía floema; en el experimento se puede observar que existe una influencia positiva de la aplicación de fertilizantes foliares ya que estos son traslocados directamente hacia los frutos incrementando el contenido de materia seca (Melgar, 2005).

En evaluaciones de fertilización foliar sobre cucurbitáceas, Meléndez (2002) concluye que porcentajes altos de las aplicaciones foliares llegan a formar parte de los frutos, concomitante con esto Vélez (2013), encontró que las aplicaciones de fertilizantes foliares lograron incrementar el porcentaje de materia seca en el cultivo de (*Solanum tuberosum*).

Con base en esto se puede inferir que se obtienen ventajas considerables en contenido de materia seca en el cultivo de tomate (*L. esculentum* Mill.) bajo las condiciones del experimento; es decir, al aplicar fertilizantes edáficos compuestos en el fertirriego conjuntamente con la fertilización foliar complementaria.

4.9. Rendimiento

En el ADEVA de rendimiento (Tabla 19), se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tipo de fuentes fertilizantes (F); y fertilización foliar complementaria (C); no se observan diferencias significativas para la profundidad de aplicación de fertirriego y para las interacciones de primer y segundo orden, el promedio general del experimento fue de 115,23 t.ha⁻¹.

DMS al 5 % para tipo de fuentes fertilizantes, detectó dos rangos de significancia, ubicándose en el primer rango con la mejor respuesta la fuente fertilizante compuesta (F2), con un promedio de 135,74 t.ha⁻¹; mientras que en el segundo rango, con la menor respuesta se encuentra la fuente fertilizante simple (F1), con un promedio de 94,73 t.ha⁻¹ (Figura 20).

DMS al 5 % para fertilización foliar complementaria detectó dos rangos de significancia, ubicándose en el primer rango con la mejor respuesta la fertilización foliar complementaria (C1), con un promedio de 120,10 t.ha⁻¹; mientras que en el segundo rango con la menor respuesta se encuentran los tratamientos sin fertilización foliar complementaria (C2) con un promedio de 110,37 t.ha⁻¹ (Figura 20).

Se puede apreciar que estos resultados son superiores a los que se indican en el trabajo de García (2010), con un rendimiento de 78 t.ha⁻¹, y para el rendimiento de 104,70 t.ha⁻¹ obtenido por Gimenez (2010), ambos estudios en tomate industrial (*L. esculentum* Mill.), esto permite aludir que la fertilización con una fuente compuesta ofrece incrementos positivos en la productividad del cultivo.

Cabe mencionar que el rendimiento que se obtuvo en el ensayo es muy superior al obtenido por Docampo (2010), en cultivo orgánico de tomate industrial (*L. esculentum* Mill.) con un valor que no superó las 32 t.ha⁻¹, en contraposición a esto Jarrín (2013) en un ensayo similar reporta un rendimiento de 117 t.ha⁻¹; sin embargo, ninguno de estos valores supera al máximo obtenido en el presente ensayo, por consiguiente la fertilización con fuentes compuestas se presenta como una buena alternativa para mejorar la productividad del cultivo de tomate industrial (*L. esculentum* Mill.).

En los resultados se observa una diferencia muy marcada entre las fuentes fertilizantes y también entre la fertilización foliar utilizadas, destacando el tratamiento ocho (T8) con un rendimiento promedio de 144,79 t.ha⁻¹, seguido por el tratamiento siete (T7) con 136,67 t.ha⁻¹ (Figura 21).

Tabla 19. ADEVA de rendimiento en la evaluación el efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Observaciones	24.00			
R ²	0.94			
Raíz CMEE	6.40			
Fuente de variación	GL	SM	CM	SIGNIFICANCIA
FUENTE FERTILIZANTE (F)	1	10 091.19	10 091.19	**
ERROR (a)	2	185.20	92.60	
FERTILIZACIÓN FOLIAR (C)	1	567.92	567.92	**
INTERACCIÓN F x C	1	0.37	0.37	ns
ERROR (b)	4	91.81	22.95	
PROFUNDIDAD (P)	1	82.26	82.26	ns
INTERACCIÓN F x P	1	79.79	79.79	ns
INTERACCIÓN C x P	1	0.02	0.02	ns
INTERACCIÓN F x C x P	1	4.11	4.11	ns
ERROR (c)	8	322.73	40.34	
Promedio	115.23			
C.V %	8.4			

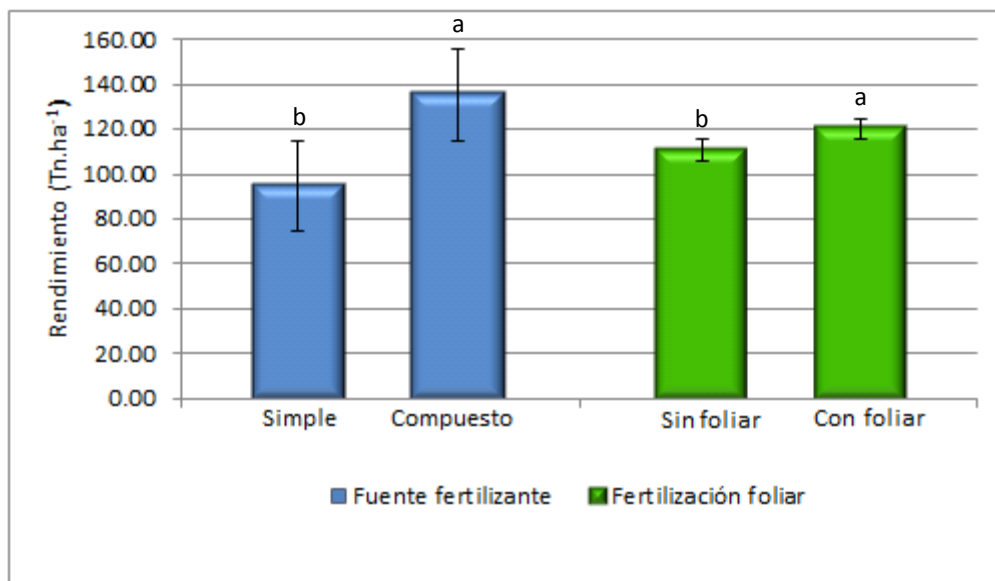


Figura 20. DMS al 5 % del rendimiento para los factores en estudio en la evaluación el efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

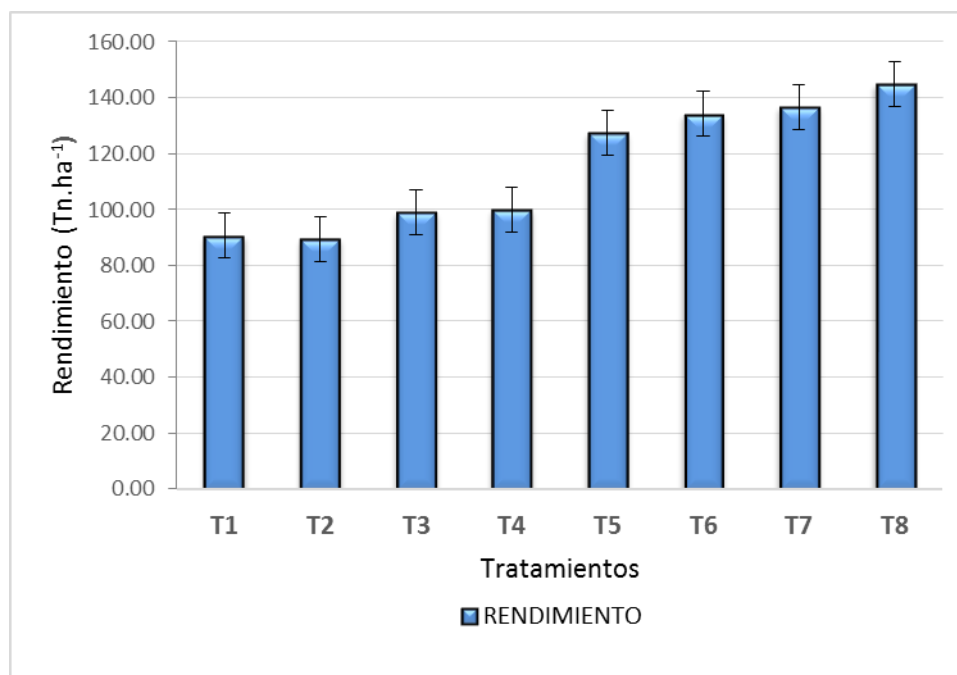


Figura 21. Rendimiento para interacciones en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Haciendo referencia al tipo de fertilización que se utilizó y que es objeto de estudio en este ensayo, se indica que la fertilización con fuentes compuestas permitió obtener mejor rendimiento debido a su estructura estequiométricamente balanceada, estas sales a diferencia del fertilizante simple, mantienen los valores de conductividad eléctrica bastante estables, permitiendo que los nutrientes se absorban de forma adecuada. Esto probablemente se debe al diferencial que se provoca entre la conductividad eléctrica interna de la planta y la conductividad eléctrica del suelo, mientras mayor es este diferencial mejor es el aprovechamiento de los minerales del suelo, debido al incremento de la presión osmótica; es decir; mientras el contenido de sales en la savia sea mayor que el contenido de sales en el suelo, mayor va a ser el ingreso de agua a través de la raíz conjuntamente con todos los minerales que se proveen en el fertilizante. (Padilla, 2015)⁶

La aplicación de la fertilización foliar complementaria no mostró generar una variabilidad marcada sobre la conductividad eléctrica del vegetal, como se puede observar en los datos obtenidos luego del análisis de extracto celular de peciolo; sin embargo, al analizar el ADEVA para rendimiento se aprecian diferencias altamente significativas para fertilización foliar, esto se debe a que todos los nutrientes que se apliquen a la planta por cualquier vía en la fase de producción son

⁶ Padilla, W. 2015. Interpretación de análisis foliares y de extracto celular de peciolo (entrevista). Quito. Director general del laboratorio de suelos Agrobiolab clínica agrícola.

transportados directamente a los frutos, provocando que la conductividad eléctrica de la savia del cultivar no presente variaciones representativas (Molina, 2006) (Figura 22).

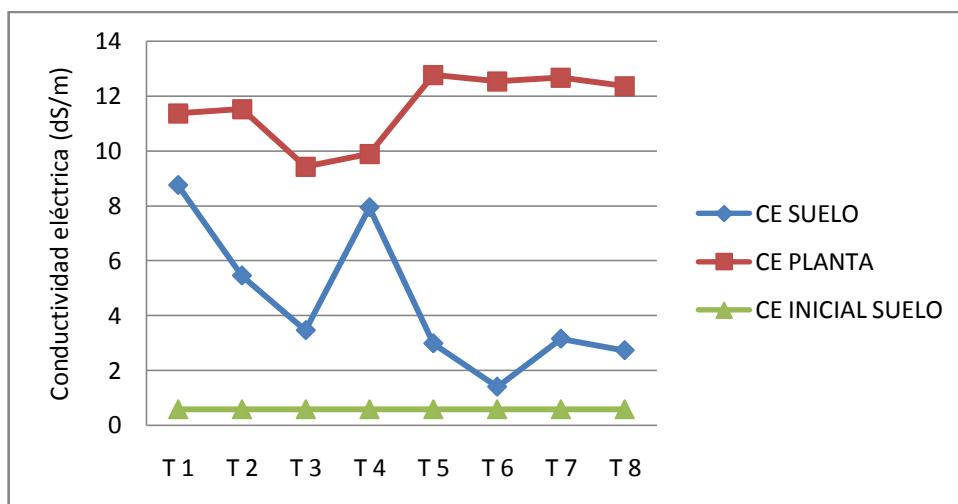


Figura 22. Conductividad eléctrica del suelo y de la planta en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Es importante mencionar que tanto la temperatura como el nivel de nutrientes del suelo son limitantes para la producción de tomate (*L. esculentum* Mill.); sin embargo, la temperatura ambiental se presentó como un inconveniente; ya que, Jaramillo (2006), indica que cuando se presentan temperaturas fuera del rango 12-25 °C para cultivos de tomate bajo invernadero, la fecundación comienza a presentar problemas y recomienda que el diferencial de temperatura día-noche no debe superar los 10 °C, el ensayo presentó temperaturas entre los 49-30 °C con un diferencial promedio de 19 °C (Figura 23).

Bajo estos antecedentes, es posible inferir que las condiciones de temperatura durante el ensayo influyeron negativamente sobre el crecimiento y desarrollo vegetal, ya que presentó un comportamiento que, según el autor antes mencionado, no permite el normal desarrollo de las plantas. Se observa entonces que efectivamente se presentaron temperaturas fuera del rango óptimo, disminuyendo la capacidad productiva del cultivar; es decir, con mejores condiciones ambientales la productividad del híbrido en estudio puede incrementarse.

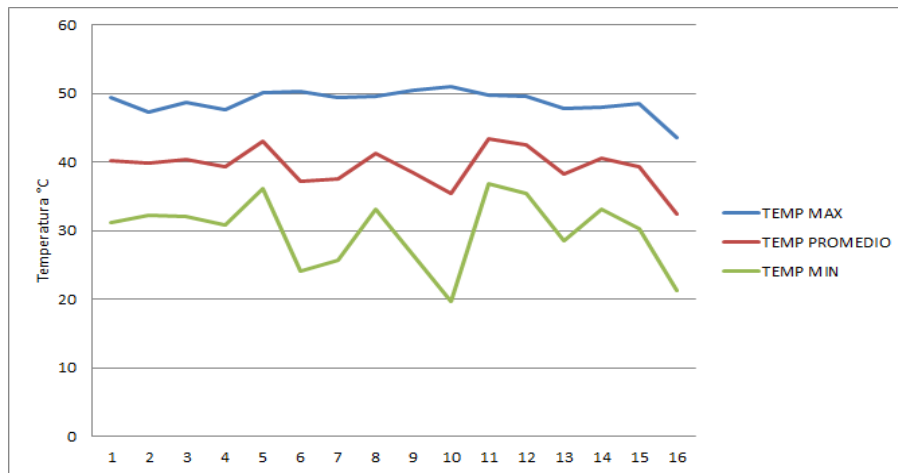


Figura 23. Temperatura máxima, mínima y promedio en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

El análisis de conglomerados (Figura 24),expone que las interacciones sometidas a la fertilización compuesta(T5-T8),se asocian en un solo grupoy de estos el que más destaca es el tratamientoT8, seguido del tratamiento T7, el coeficiente de correlación cofenética indica que las distancias del dendrograma reflejan las distancias verdaderas entre las variablescon un 78.9 % de certeza.

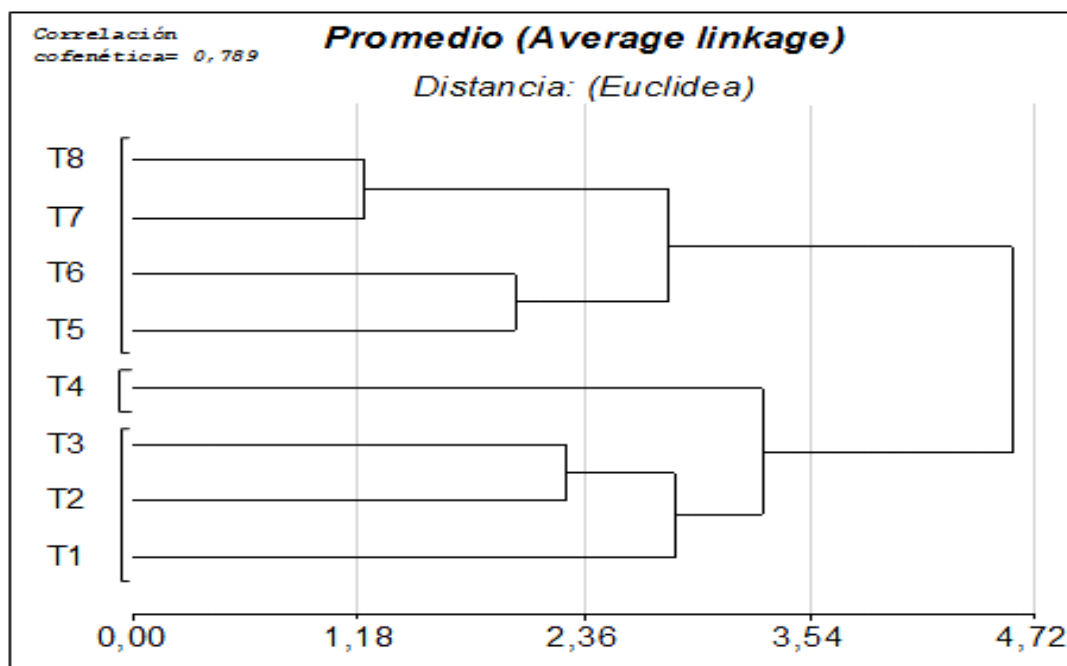


Figura 24.Análisis de conglomerados en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

En la (Figura 25), se observa que los mejores tratamientos se agrupan hacia la derecha destacando los tratamientos T7 y T8; además, que las variables que más influyen sobre el rendimiento son el porcentaje de sólidos solubles (grados brix) y el peso del fruto, en general se puede inferir que la fertilización compuesta permitió obtener mayores rendimientos en la mayoría de variables, exceptuando a la acidez titulable y la conductividad eléctrica del jugo que tienen un comportamiento aislado en el estudio.

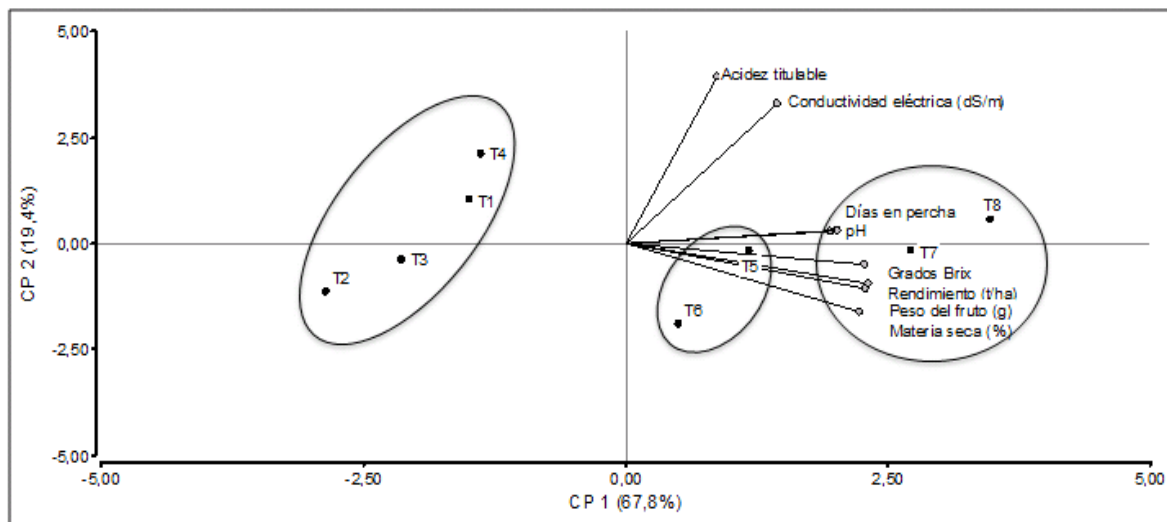


Figura 25. Análisis de componentes principales en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicon esculentum* Mill.), bajo invernadero.

El análisis de regresión lineal múltiple (Tabla 20), permitió obtener la ecuación que determina la relación entre los grados brix, el peso del fruto y el rendimiento, según (Josafad, 1998) el componente principal del rendimiento es el peso de los frutos, esto probablemente se debe a que la mayor ganancia individual del fruto se refleja en una ganancia general por planta y por ende del cultivo, según (González, 2008) mientras más alta es la cantidad producida de azúcares, la planta es capaz de soportar más fruta de mejor calidad; por lo tanto, el rendimiento de tomate será más alto.

Tabla 20. Análisis de regresión lineal múltiple en el estudio del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicon esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Coef.	Est.	p-valor
Const.	-461,46	0,0276
Peso de fruto (pf)	0,82	<0,0001
Grados brix (gb)	91,96	0,0348

$$\text{Rendimiento (t.ha}^{-1}\text{)} = -462.46 + 0.82(\text{peso del fruto "g"}) + 91.96(\text{grados Brix})$$

4.10. Análisis financiero

Luego de realizar el análisis de costos para los mejores tratamientos, (Tablas 21-22), el tratamiento que presentó la tasa beneficio-costo más alta es el T8 (Fuente fertilizante compuesta, con fertilización foliar complementaria, profundidad 5 cm) con un valor de 1.48, (Tabla 23).

El número de plantas, extrapoladas a hectárea neta, es de 16296; los cálculos son los siguientes:

$$27.00 \text{ m} \times 9 \text{ m} = 243.00 \text{ m}^2 (\text{largo, ancho, área bruta del ensayo}).$$

$$27.00 \text{ m} \times 0.40 \text{ m} \times 9,00 = 97.20 \text{ m}^2 (\text{largo cama, ancho cama, número de camas, área neta del ensayo}).$$

$$97.2 / 243 \approx 40\% \text{ de uso neto de área de invernadero}$$

$$\text{Entonces: } (10\,000 \text{ m}^2 \times 990 \text{ plantas} / 243.00 \text{ m}^2) \times 40.0\% = 16296 \text{ plantas.ha neta}^{-1}$$

Tabla 21. Costos de producción para el análisis de la fuente fertilizante simple con fertilización foliar complementaria en el cultivo de tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)	PORCENTAJE DEL TOTAL (%)	
A. INSUMOS						
Plantas híbrido tipo San Marzano	unidad	990.00	0.16	158.40	18.38	
Materia Orgánica	saco (25 kg)	2.00	20.00	40.00		
Fertilizante sintético 12-3-40	saco (25 kg)	1.00	42.33	42.33		
Fertilizante sintético 12-42-12	saco (25 kg)	1.00	62.73	62.73		
Fertilizante sintético 25-3-20	saco (25 kg)	1.00	34.90	34.90		
Fertilizante sintético 8-20-20	saco (50 kg)	1.00	39.50	39.50		
Primavera P.S 1	dcm³	1.00	17.24	17.24		
Aurora P.S 2	dcm³	1.00	18.38	18.38		
Vacuna PS.7	dcm³	1.00	31.66	31.66		
Vacuna PS.8	dcm³	1.00	31.66	31.66		
Cusfungal	dcm³	1.00	20.10	20.10		
Iofungal	dcm³	1.00	18.60	18.60		
Peroxifungal	dcm³	1.00	5.55	5.55		
Fijador	dcm³	1.00	3.44	3.44		
Regulador de pH	dcm³	1.00	11.00	11.00		
Nutramin fotosíntesis	kg	1.00	21.87	21.87		
Nutramin estructura	kg	1.00	21.87	21.87		
Nutramin elongación	kg	1.00	21.87	21.87		
Cal	saco	1.00	4.00	4.00		
Desinfectante de suelo	kg	1.00	38.00	38.00		
Agua de riego	mes	6	2	12.00		
SUB-TOTAL A				655.10		
B. MANO DE OBRA						
Preparación del terreno	Jornal	2.00	12.00	24.00		43.44
Trasplante	Jornal	3.00	12.00	36.00		
Poda	Jornal	2.00	12.00	24.00		
Fertirrigación	Jornal	20.00	12.00	240.00		
Control Fitosanitario	Jornal	25.00	12.00	300.00		
Fertilización foliar	Jornal	25.00	12.00	300.00		
Cosecha	Jornal	40.00	12.00	480.00		
Labor Poscosecha	Jornal	12.00	12.00	144.00		
SUB-TOTAL B				1 548.00		
C. EQUIPOS/HERRAMIENTAS						
Motocultor	hora	6.00	6.00	36.00	6.90	
Bomba	hora	32.00	5.00	160.00		
Herramienta menor	-----	1.00	50.00	50.00		
SUB-TOTAL C				246.00		
D. OTROS						
Análisis de suelo	muestra	4.00	42.56	170.24	26.52	
Análisis ECP	muestra	8.00	49.28	394.24		
Análisis foliar	muestra	8.00	42.56	340.48		
Materiales de campo	-----	1.00	10.00	10.00		
Trámites	-----	1.00	30.00	30.00		
			SUB-TOTAL D	944.96		
		Σ SUB-TOTALES		3 394.06		
		IMPREVISTOS 5 %		169.70	5.00	
		TOTAL (990 PLANTAS)		3 563.76	100.00	
		TOTAL (16 296 PLANTAS)		58 661.70		

Tabla 22. Costos de producción para el análisis de la fuente fertilizante simple sin fertilización foliar complementaria en el cultivo de tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)	PORCENTAJE DEL TOTAL (%)
A. INSUMOS					
Plantas híbrido tipo San Marzano	unidad	990.00	0.16	158.40	16.87
Materia Orgánica	saco (25 kg)	2.00	20.00	40.00	
Fertilizante sintético 12-3-40	saco (25 kg)	1.00	42.33	42.33	
Fertilizante sintético 12-42-12	saco (25 kg)	1.00	62.73	62.73	
Fertilizante sintético 25-3-20	saco (25 kg)	1.00	34.90	34.90	
Fertilizante sintético 8-20-20	saco (50 kg)	1.00	39.50	39.50	
Primavera P.S 1	dcm ³	1.00	17.24	17.24	
Aurora P.S 2	dcm ³	1.00	18.38	18.38	
Vacuna PS.7	dcm ³	1.00	31.66	31.66	
Vacuna PS.8	dcm ³	1.00	31.66	31.66	
Cusfungal	dcm ³	1.00	20.10	20.10	
Iofungal	dcm ³	1.00	18.60	18.60	
Peroxifungal	dcm ³	1.00	5.55	5.55	
Fijador	dcm ³	1.00	3.44	3.44	
Regulador de pH	dcm ³	1.00	11.00	11.00	
Cal	saco	1.00	4.00	4.00	
Desinfectante de suelo	kg	1.00	38.00	38.00	
Agua de riego	mes	6	2	12.00	
SUB-TOTAL A				589.49	
B. MANO DE OBRA					
Preparación del terreno	Jornal	2.00	12.00	24.00	44.29
Trasplante	Jornal	3.00	12.00	36.00	
Poda	Jornal	2.00	12.00	24.00	
Fertirrigación	Jornal	20.00	12.00	240.00	
Control Fitosanitario	Jornal	25.00	12.00	300.00	
Fertilización foliar	Jornal	25.00	12.00	300.00	
Cosecha	Jornal	40.00	12.00	480.00	
Labor Poscosecha	Jornal	12.00	12.00	144.00	
SUB-TOTAL B				1 548.00	
C. EQUIPOS/HERRAMIENTAS					
Motocultor	hora	6.00	6.00	36.00	7.04
Bomba	hora	32.00	5.00	160.00	
Herramienta menor	-----	1.00	50.00	50.00	
SUB-TOTAL C				246.00	
D. OTROS					
Análisis de suelo	muestra	4.00	42.56	170.24	27.04
Análisis ECP	muestra	8.00	49.28	394.24	
Análisis foliar	muestra	8.00	42.56	340.48	
Materiales de campo	-----	1.00	10.00	10.00	
Trámites	-----	1.00	30.00	30.00	
SUB-TOTAL D				944.96	
Σ SUB-TOTALES IMPREVISTOS 5 %				3 328.45	
TOTAL				166.42	5.00
TOTAL				(990 PLANTAS)	100.00
TOTAL				(16 296 PLANTAS)	
				57 527.72	

Tabla 23. Análisis financiero de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

TRATAMIENTO	CÓDIGO	INTERACCIÓN	PRODUCCIÓN (Kg)	BENEFICIO BRUTO (USD)	COSTO PRODUCCIÓN (USD)	BENEFICIO NETO (USD)	RELACIÓN B/C
T1	F ₁ C ₂ P ₂	fuelle simple + sin fertilización foliar complementaria + 5 cm	90460.49383	45230.25	58880.34	(13650.09)	0.77
T2	F ₁ C ₂ P ₁	fuelle simple + sin fertilización foliar complementaria + 0 cm	89514.81481	44757.41	58880.34	(14122.93)	0.76
T3	F ₁ C ₁ P ₂	fuelle simple + con fertilización foliar complementaria + 5 cm	99052.40741	49526.20	60014.32	(10488.11)	0.83
T4	F ₁ C ₁ P ₁	fuelle simple + con fertilización foliar complementaria + 0 cm	99885.80247	49942.90	60014.32	(10071.41)	0.83
T5	F ₂ C ₂ P ₁	fuelle compuesta + sin fertilización foliar complementaria + 0 cm	127459.2593	63729.63	58473.48	5256.15	1.09
T6	F ₂ C ₂ P ₂	fuelle compuesta + sin fertilización foliar complementaria + 5 cm	134042.0988	67021.05	57527.72	9493.33	1.17
T7	F ₂ C ₁ P ₁	fuelle compuesta + con fertilización foliar complementaria + 0 cm	136669.1358	68334.57	59607.46	8727.11	1.15
T8	F ₂ C ₁ P ₂	fuelle compuesta + con fertilización foliar complementaria + 5 cm	144785.1852	86871.11	58661.70	28209.41	1.48

5. CONCLUSIONES

Aplicar fertilizante de tipo compuesto en el estado nutrimental del suelo del ensayo, y bajo las condiciones de explotación del experimento, permite tener mayores rendimientos (135.74 t.ha^{-1}) a diferencia del fertilizante simple (94.73 t.ha^{-1}); es decir, un 30.21 % más de producción.

La aplicación de fertilizantes por vía foliar, demostró el incremento de la productividad del cultivo en un 8.10 % a diferencia de los tratamientos en los que no se aplicó fertilizante foliar.

El factor de profundidad de aplicación de fertirriego no resultó ser determinante para incrementar el rendimiento por hectárea.

La aplicación de la fuente fertilizante compuesta complementada con la fertilización foliar complementaria, permite obtener mayores pesos de fruto (178.17 g) sobre la fuente fertilizante simple, con un promedio de (132.32 g).

El fertirriego con fuentes minerales compuestas asociado con la fertilización foliar complementaria permite obtener mayores porcentajes de materia seca en el fruto (10.46 %) a diferencia de la fuente fertilizante simple (8.27 %)

En lo referente a las características químicas del fruto se puede observar que el fertilizante compuesto permite obtener un mayor nivel de grados Brix 4,91 sobre 4,87 que son efecto del fertilizante simple.

Como característica física se observó que para los días de duración en percha existe un efecto conjunto entre la fertilización edáfica y la foliar permitiendo obtener un tiempo de vida útil de hasta 19 días.

La conductividad eléctrica y la acidez titulable del fruto no presentaron variaciones demostrando que son independientes de los factores en estudio.

La fertilización foliar generó variaciones sobre el pH del fruto 4,64 con aplicación vía foliar y 4,63 sin aplicaciones foliares.

El mejor tratamiento, desde el punto de vista financiero, es T8 (Fuente fertilizante compuesta, con fertilización foliar complementaria, profundidad 5 cm), con una relación beneficio-coste de 1,48, es decir que por cada dólar invertido se obtendrá una ganancia de 0,48 usd.

6. RECOMENDACIONES

Cultivar el híbridotipo San Marzano fertirrigado con fuentes fertilizantes compuestas según las dosis indicadas en la (tabla 11) para cada fase de desarrollo de la planta, realizando aplicaciones de fertilización foliar complementaria con la frecuencia y en las dosis indicadas en el capítulo materiales y métodos, (T8), el fertirriego se lo puede realizar a 5 cm de profundidad, ya que se observó en campo que facilitaba la aplicación y que se reducía notablemente el desgaste de las cintas de riego, sin presentar problemas de obstrucción en los goteros.

Realizar análisis de suelos, de extracto celular de peciolo y foliares de los cultivos con el objeto de observar el comportamiento y aprovechamiento de los nutrientes para optimizar el manejo de la fertilidad del suelo.

7. RESUMEN

Son escasas las investigaciones que destacan la importancia de la fertilidad del suelo y su influencia sobre las características de calidad de los tomates para mercado fresco. (Ruiz, 2008), además, la agricultura y la industria han sido consideradas tradicionalmente como dos sectores separados, tanto por sus características como por su función en el crecimiento económico (FAO, 1997).

A pesar de su importancia el sector agroindustrial ecuatoriano no ha aprovechado todo el potencial de crecimiento existente, como consecuencia de esto se tienen importantes falencias, como por ejemplo la escasa aplicación de nuevas tecnologías, y una deficiente integración y organización a nivel de toda la cadena productiva, un aún lento progreso comercial y un heterogéneo nivel de calidad, que han limitado su competitividad (Baquero, 2010).

El propósito de esta investigación es contribuir con conocimientos actualizados dentro del ámbito de la producción agrícola destinada al sector industrial y complementar los resultados obtenidos en estudios similares, para fortalecer nuestra propia tecnología y de cierta forma lograr minimizar la relación de dependencia y desigualdad que existe con el mercado internacional.

Se evaluó la respuesta de dos alternativas de fertirrigación, con fuentes simples y fuentes compuestas, a dos profundidades (0 y 5 cm) con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero; se utilizó un diseño de parcelas dos veces dividida con tres repeticiones.

La principal variable evaluada fue rendimiento; se analizó también el porcentaje de materia seca, el peso de los frutos y sus características tanto físicas como químicas. Los resultados encontrados son: fuente compuesta permite obtener mayor rendimiento ($135,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) respecto a la fuente simple ($94,73 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), además, se obtienen mejores beneficios al aplicar fertilización foliar complementaria, la profundidad de fertirriego no demostró tener influencia sobre la productividad del cultivo.

En términos financieros, el tratamiento que presentó la tasa beneficio-costo más alta es T8 (Fuente fertilizante compuesta, con fertilización foliar complementaria, profundidad 5 cm) con 1,48.

Por tanto, se recomienda que:

Se cultive el híbrido de tomate tipo San Marzano, fertirrigado con fuentes compuestas a 5 cm, realizando aplicaciones de fertilización foliar complementaria.

SUMMARY

Little research highlighting the importance of soil fertility and its influence on the quality characteristics of tomatoes for fresh market. (Ruiz, 2008), also, agriculture and industry have traditionally been considered as two separate sectors, both in design and its role in economic growth (FAO D. E., 1997)

Despite its importance, the Ecuadorian agribusiness sector has not taken full potential of existing growth, as a consequence there are significant shortcomings, such as poor implementation of new technologies, and poor integration and organization-wide chain productive, even slow business progress and a heterogeneous standard, they have limited their competitiveness (Baquero, 2010).

The purpose of this research is to contribute to date in the field of agricultural production for the industrial sector and complement the results of similar studies, to strengthen our own technology and achieving a way to minimize the dependency and inequality knowledgeable the international market.

The response of two alternatives fertigation with simple supplies and composite fonts, two depths (0 to 5 cm) with and without additional foliar fertilization on the performance of industrial tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) in greenhouse was evaluated; it designs twice-divided plots with three replications.

The main variable was assessed performance; the percentage of dry matter, the weight of the fruit and its physical and chemical characteristics are also analyzed. The results are: source composed enables higher performance (135,74 t.ha⁻¹) with respect to the simple source (94.73 t ha⁻¹) also obtain better benefits when applying additional foliar fertilization depth fertigation showed no influence on crop productivity.

In financial terms, the treatment presented the highest benefit-cost rate is T8 (Source composite fertilizer, with additional foliar fertilization, depth 5 cm) with 1.48.

Therefore, it is recommended that:

The hybrid type San Marzano tomatoes, fertilized with 5 cm composite sources, performing complementary applications foliar fertilization is grown.

8. REFERENCIAS

- Arrobo, L. (2004). Utilización del catastro para la zonificación agroecológica del cadet y planificación de su granja con sistemas computarizados. Quito: s.n.
- Baena, D. (2003). *Avance generacional y selección de líneas promisorias de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) tipos chonto y milano*. Palmira: disponible en URL: http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/viewFile/48482/49688 [consulta 7 de julio de 2016]
- Baquero, M. (2010). *La Agroindustria ecuatoriana: Un sector importante que requiere una ley que promueva su desarrollo*. Ecuador: LA GRANJA, 11(1) pp. 44-46 disponible en URL: <http://lagranja.ups.edu.ec/documents/1317427/1371405/06agroindustriaEcuatoriana.pdf> [consulta 7 de julio de 2016]
- Bello, J. (2000). *Ciencia Bromatológica, principios generales de los alimentos*. Madrid: Díaz de Santos.
- Bojórquez, A. (2001). *Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate*. México: Revista Chapingo Serie Horticultura 7(1) pp.61-75
- Cadahía, C. (2005). *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Caguana, M. (2003). *El cultivo de tomate riñón en invernadero (Lycopersicum esculentum)*. Quilloac, Ecuador: Abya yala.
- Callejón, F. (2008). *Effect of shading with aluminised screens on fruit production and quality in tomato (Solanum lycopersicum L.) under greenhouse conditions*. Almería: s.n.
- Calvache, M. (2012). *Riego Andino Tecnificado*. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Cano, S. (2011). *Efecto de la aplicación de calcio y fósforo en un suelo ácido y la respuesta en el cultivo de tomate chonto (Solanum lycopersicum (L.) Mill)*. Colombia: Revista Agronomía, 19(1), pp. 77-87 disponible en URL: [http://200.21.104.25/agronomia/downloads/Agronomia19\(1\)_8.pdf](http://200.21.104.25/agronomia/downloads/Agronomia19(1)_8.pdf) [consulta 7 de julio de 2016]
- Cañadas, L. (1983). *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Ecuador: s.n.
- Casierra, F. (2008). *Calidad en frutos de tomate (Solanum lycopersicum L.) cosechados en diferentes estados de madurez*. Colombia: Agronomía Colombiana, 26(2), pp. 300-307
- CIA (2002). *Laboratorio de Suelos y Foliare*s. Costa Rica: Autor.
- Coronel, J. (2009). *Alternativas de mejora en el manejo postcosecha de tomate riñón cultivados en la provincia de Santa Elena*. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Ing. Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil: ESPOL, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. disponible en URL: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/11926> [consulta 7 de julio de 2016]
- Curt, M. (2010). *Nutrición mineral y fertilización*. Barcelona: Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería, Oceano.

- Da Silva, F. (2011). *Disponibilidad de potasio en suelos y productividad de soja en brasil*. Brasil: s.n. disponible en URL: <http://www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20II.pdf>[consulta 7 de julio de 2016]
- Docampo, R. (2010). *Efecto de diferentes niveles de fertilizacion mineral y de estiercol de ave en el rendimiento de tomate industrial*. Canelones, Uruguay: INIA
- Escaff, M. (2004). *Variedades de tomate para procesamiento: agronómico e industrial en Chile*. Chile: INIA
- FAO, D. E. (1997). La agroindustria y el desarrollo economico. Roma, Italia: FAO. disponible en url, <http://www.fao.org/docrep/w5800s/w5800s12.htm>[consulta 7 de julio de 2016]
- Ferraris, G. (2007). *Respuesta del maíz a la fertilización complementaria*. Argentina, INTA.
- Frutos, I. (2006). *El análisis de savia como un método de diagnóstico nutricional*. Madrid: s.n.
- Galietta, G. (2005). *Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche*. Montevideo: s.n.
- García, C. (2010). *Rendimiento del tomate de industria bajo diferentes manejos de agua*. Canelones, Uruguay: s.n.
- Gimenez, G. (2010). *Evaluación de híbridos y variedades de tomate para industria*. Rincón del Colorado, México: s.n.
- Gómez, C. (2002). *Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas*. Brasilia: s.n.
- Gómez, M. (2006). *El manganeso como factor positivo en la producción de papa y arveja en los suelos del altiplano Cundiboyacense*. Cundinamarca: s.n.
- González, K. (2008). *Efecto de la fertilización orgánica sobre la calidad y rendimiento del tomate para deshidratado*. Talca, México: s.n.
- González, M. (1999). *Eefecto de la aplicación de diferentes volúmenes de agua de riego y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad del tomate industrial*. Chillán, Chile: s.n.
- Goycovik, V. (2007). *Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo*. Santiago, Chile: s.n.
- Hernández, C. (2012). *Calidad de tomate (Solanum lycopersicum L.) producido en hidroponia con diferentes granulometrías de tezontle*. Montecillo, US: s.e.
- Hernández, M. (2006). *La fertilización potásica y su efecto en la producción, calidad y vida en anaquel del tomate para condiciones de cultivo protegido*. La Habana, Cuba: s.n.
- IFA (1992). *Los fertilizantes y su uso*. Roma, Italia: FAO
- Imas, P. (2001). El potasio: nutriente esencial para aumentar el rendimiento y la calidad de las cosechas. Israel: ICL FERTILIZIERS. disponible en URL: http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/El_potasio,_un_nutriente_esencia l.pdf[consulta 7 de julio de 2016]
- INPOFOS. (1997). *Manual internacional de fertilidad de suelos*. Quito: Autor.
- Equipo del Proyecto Fertilizar INTA Pergamino (2005). *Fertilizantes y soluciones concentradas*. Chile: Autor.

Jaramillo, J. (2006). *El cultivo de tomate bajo invernadero (Lycopersicum esculentum)*. Antioquia, Colombia: s.n. disponible en URL:https://www.academia.edu/8591625/El_cultivo_de_tomate_bajo_invernadero_1_Bolet%C3%ADn_T%C3%A9cnico_21[consulta 7 de julio de 2016]

Jarrín, G. (2013). *Efecto de la aplicación foliar complementaria y la profundidad de aplicación del fertirriego en dos variedades de tomate riñón*. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar la Título de Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.

Josafad, S. (1998). *Evaluación de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) bajo invernadero, criterios fenológicos y fisiológicos*. México: Agronomía Mesoamericana, 9(1), pp. 59-65 disponible en URL: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n01_059.pdf[consulta 7 de julio de 2016]

Kugler, W. (2007). *Fertilización Fosforada en Cultivos Extensivos*. Buenos Aires: s.n.

Latorre, F. (2011). *La vida de las plantas*. Quito: Editorial Universitaria.

León, J. (2004). *Guía de bolsillo para la determinación de deficiencias nutricionales en tomate de árbol*. Quito: INIAP, Boletín Divulgativo No. 319

Martínez, L. (2013). *Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento de tomate*. Oaxaca, México: s.n.

Mattos, D. (2004). *Efecto de la fertilización con nitrógeno y potasio sobre la calidad de los cítricos*. Ecuador: Informaciones Agronómicas, N° 61, pp.13 disponible en URL:[https://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/9CA5BCB0C20AF7A305257](https://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/9CA5BCB0C20AF7A305257)[consulta 7 de julio de 2016]

Meléndez, G. (2002). *Fertilización foliar principios y aplicaciones*. Costa Rica: s.n.

Melgar, R. (2005). *Aplicación Foliar de Micronutrientes*. disponible en URL: [https://scholar.google.com/ec/scholar?q=Melgar,+R.+\(2005\).+Aplicaci%C3%B3n+Foliar+de+Micro+nutrientes.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ved=0ahUKEwi654Xwm-LNAhXTsB4KHbd9BMkQgQMIGDAA](https://scholar.google.com/ec/scholar?q=Melgar,+R.+(2005).+Aplicaci%C3%B3n+Foliar+de+Micro+nutrientes.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ved=0ahUKEwi654Xwm-LNAhXTsB4KHbd9BMkQgQMIGDAA)[consulta 7 de julio de 2016]

Molina, E. (2006). *Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melón*. Ecuador: Informaciones Agronómicas, N° 63 pp. 7

Navarro, S. (2003). *Química Agrícola*. Madrid: Mundi Prensa.

Ortega, S. (2003). *Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomates de invernadero producido en primavera-verano*. Chile: Agricultura Técnica 63(4) disponible en URL: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072003000400008 [consulta 7 de julio de 2016]

Padilla, W. (2011). *Fertirrigación de cultivos bajo invernadero*. Quito. Seminario Internacional de Fertirrigación. , 118.

Paillacho, J. (2008). *Respuesta del tomate riñón (solanum lycopersicum) var. nemoneta, bajo invernadero, a la fertilización foliar complementaria con calcio*. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.

Pereira. (2002). *Aplicações de fertilizantes foliares na nutrição e na produção do pimentão e do tomateiro*. Brasília, Brasil: Centro Universitário Moura Lacerda, Depto. Agronomia.

- Prado, J. (2002). *Tipos y especificaciones de calidad en cultivo de tomate*. Badajoz, España: s.n.
- Quesada, G. (2011). *Fertirriego en el rendimiento de híbridos de tomate*. Costa Rica: s.n.
- Ramírez, R. (1991). *Uso eficiente del fósforo y potasio por el tomate*. Maracaibo, Venezuela: s.n.
- Reina, C. (1998). *Manejo Poscosecha y evaluación de la calidad de tomate (Lycopersicum esculentum Mill)*. Neiva, Colombia: s.n.
- Rodríguez, E. (2007). *Penetración de un fertilizante foliar en tomate (Lycopersicum esculentum)*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Rodríguez, N. (2009). *Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero*. Torreón, México: s.n.
- Román, L. (1998). *Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida de anaquel en tres tipos de melón*. Obregón, México: Instituto Tecnológico de Sonora.
- Ruiz. (2008). *Efecto del fertilizante potásico sobre la calidad química de frutos de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) almacenados bajo dos temperaturas*. Venezuela: Revista de la Facultad de Agronomía 25(2), pp. 12
- Sánchez, J. (2000). *FERTIRRIGACIÓN: Principios, Factores, Aplicaciones*. Perú: Fertirrigación.
- Santos, A. T. (1999). *Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos*. México: TERRA, 17(3) disponible en URL: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art247-255.pdf> [consulta 7 de julio de 2016]
- Segnini, S. (2004). *Fundamentos de bioestadística*. Mérida, Venezuela: s.n.
- Siavichay, M. (2011). *Aclimatación de diez cultivares de tomate (Lycopersicum esculentum), en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al Título de s Ing. Agr. Riobamba, Ecuador: Escuela Politécnica del Chimborazo. Riobamba.
- SIPAE. (2011). *Agroindustria-y-Soberanía-Alimentaria*. Quito: Sistema de investigación de la problemática agraria del Ecuador.
- Tjallin, H. (2006). *Guía de manejo de nutrición vegetal especialidad tomate*. SQM. disponible en URL: http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf [consulta 7 de julio de 2016]
- Vélez, A. (2013). *Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc para la biofortificación agronómica del tubérculo de (Solanum tuberosum), bajo invernadero*. Cutuglahua-Pichincha. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Venegas, C. (2008). *Fertilización foliar complementaria para nutrición y sanidad en producción de papas*. disponible en URL: <http://www.conpapa.org.mx/portal/pdf/EVENTO/Modulo%203%20Nutricion/Fertilizacion.pdf> consulta 7 de julio de 2016]
- Villarreal, M. (2002). *Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en fertirriego*. Culiacán, México: s.n.

9. ANEXOS

Anexo 1. Informe de análisis de laboratorio de suelo previo establecimiento del cultivo.


AGROBIOLAB
Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.
 LABORATORIO DE ENSAYO, BAJO LA NORMA INTERNACIONAL ISO 17025
 Gonzalo Zaldumbide N49-204 y Luis Calisto Urb. Dammer 2 (El Inca) Telfs: (593-2) 241-2383 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador
 Página Web: www.clinica-agricola.com E-mail: agrobiolab@clinica-agricola.com

Datos del Cliente				Referencia		Interpretación			
Cliente : SALAZAR LUIS	No. Doc.: 47609	Textura	Elementos	pH					
Prop / Dir : TESIS	Emisión: 16/05/2014	Boul. S.W. 1973	INIAP, Inf. Téc. 1979	Knott, J.E. 1962					
Cultivo : TOMATE DE MESA	Impreso: 16/05/2014	Fco = Franco	B = Bajo	Ac = Acido					
Ingreso : 12/05/2014	Página: 1 de 2	Arc = Arcilloso	M = Medio	LAc = Ug. Acido					
No. Lab. : Desde :145892		As = Arenoso	S = Suficiente	Pn = Prac. Neutro					
**Ensayo : 12/05/2014		Li = Limoso	A = Alto	LAl = Ug. Alcalino					
Hasta : 145893		Are = Arena	E = Exceso	Al = Alcalino					
		Fca = Franca							

Nombre : SIMPLE
No. Lab. : 145892 Profund (cm): 0-20

*pH	*C.E. mmhos/cm	*M.O. %	*NH4 ppm	*NO3 ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
7.30 Pn	1.36M	1.63B	35.80M	79.30M ± 10.20	63.80A ± 0.15	0.87A ± 0.15	8.88A ± 1.59	3.42A ± 0.58	0.18M	13.35M
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*SO4 ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4	
4.80A ± 0.96	40.60S ± 10.55	2.50B <L.C.	3.00B ± 1.14	1.32M	8.80B	16.24A	2.59A	3.93A	14.13E	

Nombre : COMPLETO
No. Lab. : 145893 Profund (cm): 0-20

*pH	*C.E. mmhos/cm	*M.O. %	*NH4 ppm	*NO3 ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
7.20 Pn	1.34M	2.02M	40.60M	70.40M ± 12.25	76.60A ± 0.14	0.79A ± 0.14	9.37A ± 1.68	3.43A ± 0.58	0.16M	13.75M
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*SO4 ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4	
5.20A ± 1.04	43.80S ± 11.38	2.80B <L.C.	3.70M ± 1.40	1.37M	10.60B	15.64A	2.73A	4.34A	16.20E	

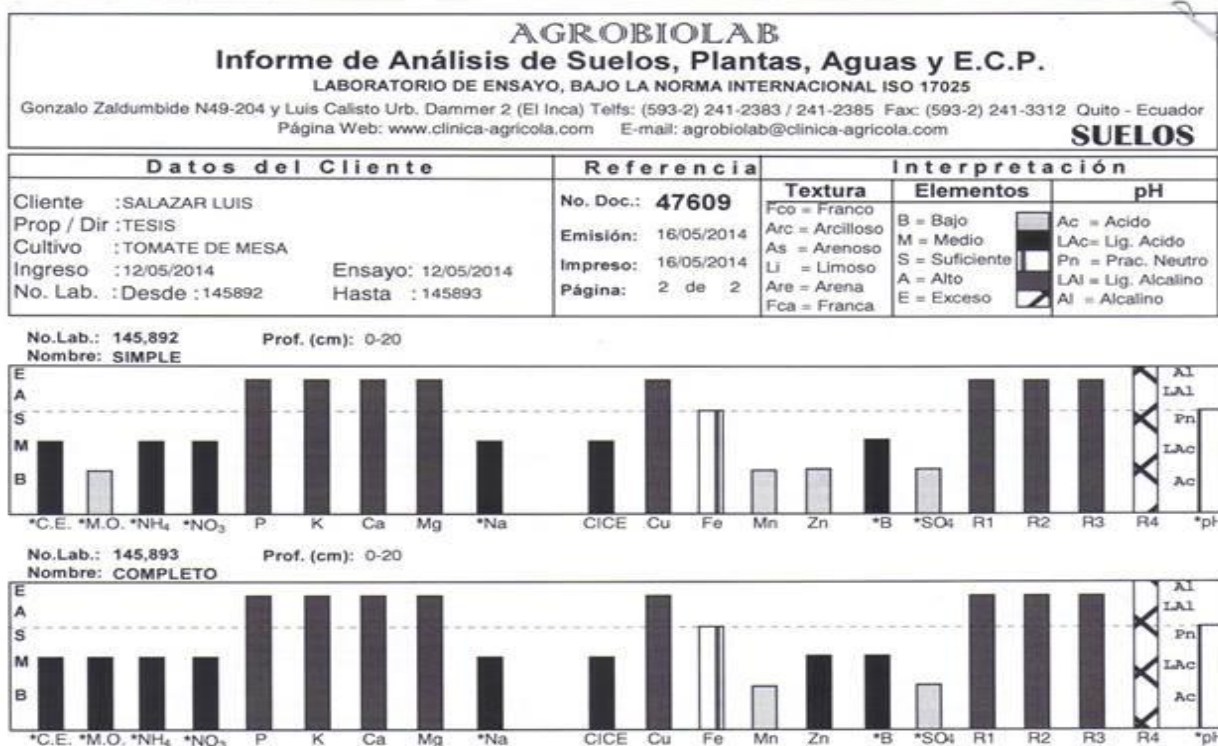


Símbolo decimal = (.)
 Los valores con incertidumbre (+/-) están calculados con un nivel de confianza del 95% (k=2)
 <L.C. = Valor menor al Límite de Cuantificación
 Métodos: pH 1:2,5 H2O; C.E., Na: Pasta saturada; M.O.: Walkley and Black; Al+H: Olsen Modificado B: Fósforo Monocálcico; NH4, NO3, SO4: Colorimetría
 Métodos Valorados: Ca: PEE/ABL/01; Mg: PEE/ABL/02; P: PEE/ABL/03; K: PEE/ABL/04; Zn, Cu, Fe, Mn: PEE/ABL/05
 Nota: Los ensayos marcados con (*), no tienen aun valores de incertidumbre.
 **Fecha Inicial de Ensayo; La Fecha Final de Ensayo es cuatro días laborables a partir de la Fecha Inicial de Ensayo.
 Resultados corresponden a muestras analizadas, si se va a fotocopiar hacer del documento total.


 Dr. Washington A. Padilla G. Ph.D
 Director del Laboratorio

¡SU ÉXITO ES NUESTRO!

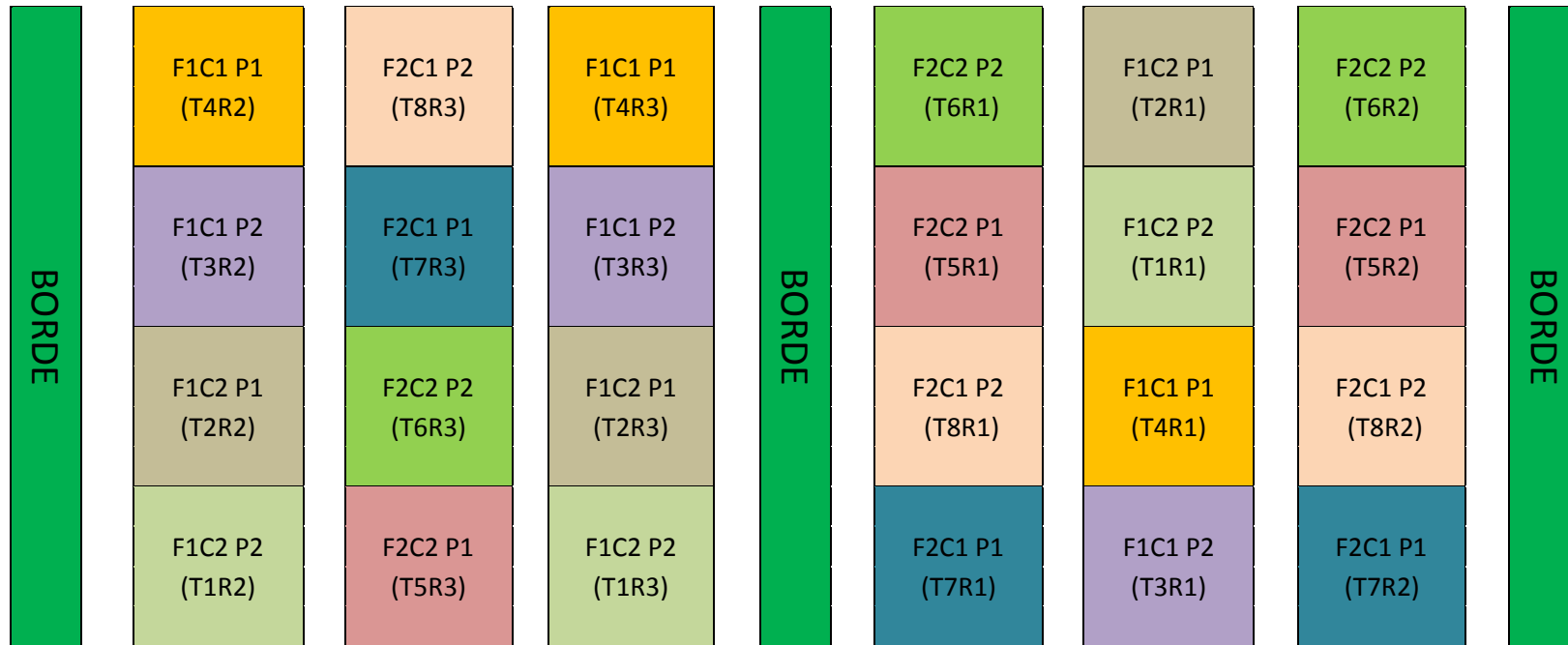
Anexo 1. (Continuación).



Métodos: pH 1:2,5 H₂O; C.E., Na: Pasta saturada; M.O.: Walkley and Black; Al+H: Olsen Modificado B: Fosfato Monocálcico; NH₄, NO₃, SO₄: Colorimetría
 Métodos Valorados: Ca: PEE/ABL/0; Mg: PEE/ABL/02; P: PEE/ABL/03; K: PEE/ABL/04; Zn, Cu, Fe, Mn: PEE/ABL/05
 Nota: Los ensayos marcados con (*), no tienen aun valores de incertidumbre.
 **Fecha Inicial de Ensayo; La Fecha Final de Ensayo es cuatro días laborables a partir de la Fecha Inicial de Ensayo.
 Resultados corresponden a muestras analizadas, si se va a fotocopiar hacer del documento total.

¡SU ÉXITO ES NUESTRO!

Anexo 2. Distribución de los tratamientos en el sitio experimental.



Parcela Grande: Fuente fertilizante (F).

Sub-parcela: Fertilización foliar complementaria (C).

Sub-sub-parcela: Profundidad de aplicación de fertirriego (P).

Anexo 3. Productos fitosanitarios aplicados en el ensayo.

No.	NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	TIPO
1	IoFungal	Yodo	Fungicida protectante
2	CusFungal	Sulfato de cobre	Fungicida protectante
3	PeroxiFungal	Peróxido de hidrógeno	Fungicida protectante
4	Mancozeb	Mancozeb	Fungicida protectante

Anexo 4. Requerimiento hídrico del cultivo de tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.).

FASE	Requerimiento diario	Requerimiento
	por ensayo (L)	por cada fase (L)
Inicial (30 días)	174.96	5248.8
Desarrollo (45 días)	335.34	15090.3
Maduración (70 días)	335.34	23473.8
Final (35 días)	204.12	7144.2
TOTAL		50957.1

Anexo 5. Ficha técnica del híbrido de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) tipo San Marzano.

	
Forma del fruto:	Aperada
Peso del fruto:	150 g -160 g
Tipo de crecimiento:	Indeterminado
Días a la madurez:	75 días
Usos:	Pastas, salsas, enlatados, consumo directo
Tipo de planta:	Híbrido
Resistencias:	Nemátodos (N), virus del bronceado del tomate (TSWV) y Virus del Mosaico del Tabaco (TMV)
Fuente: http://www.johnnyseeds.com/p-8490-granadero-f1-og.aspx	
Modificado por: autor	

Anexo 6. ADEVA de acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico) del fruto, en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

Observaciones	24.00			
R ²	0.23			
Raíz CMEE	0.01			
Fuente de variación	GL	SM	CM	SIGNIFICANCIA
FUENTE FERTILIZANTE (F)	1	0.00021	0.00021	ns
ERROR (a)	2	0.00004	0.00002	
FERTILIZACIÓN FOLIAR (C)	1	0.00001	0.00001	ns
INTERACCIÓN F x C	1	0.00004	0.00004	ns
ERROR (b)	4	0.00006	0.00002	
PROFUNDIDAD (P)	1	0.00001	0.00001	ns
INTERACCIÓN F x P	1	0.00003	0.00003	ns
INTERACCIÓN C x P	1	0.00000	0.00000	ns
INTERACCIÓN F x C x P	1	0.00001	0.00001	ns
ERROR (c)	8	0.00027	0.00003	
Promedio	0.27			
C.V %	1.60			

Anexo 7. ADEVA de conductividad eléctrica del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero

Observaciones	24.00			
R ²	0.21			
Raíz CMEE	0.01			
Fuente de variación	GL	SM	CM	SIGNIFICANCIA
FUENTE FERTILIZANTE (F)	1	0.00005	0.00005	ns
ERROR (a)	2	0.00006	0.00003	
FERTILIZACIÓN FOLIAR (C)	1	0.00003	0.00003	ns
INTERACCIÓN F x C	1	0.00000	0.00000	ns
ERROR (b)	4	0.00007	0.00002	
PROFUNDIDAD (P)	1	0.00000	0.00000	ns
INTERACCIÓN F x P	1	0.00000	0.00000	ns
INTERACCIÓN C x P	1	0.00005	0.00005	ns
INTERACCIÓN F x C x P	1	0.00008	0.00008	ns
ERROR (c)	8	0.00017	0.00002	
Promedio	2.72			
C.V %	0.21			

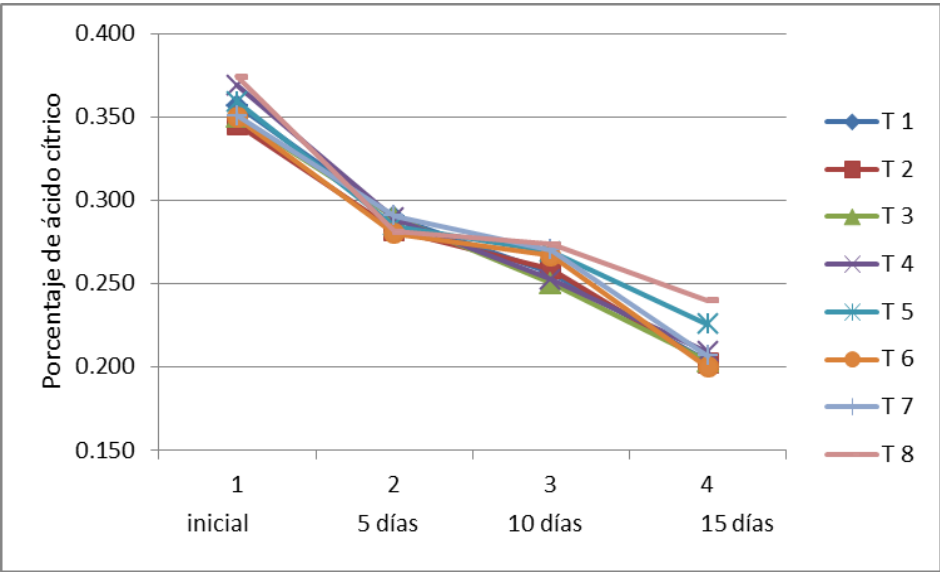
Anexo 8. Promedios para acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico) del fruto, en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

FACTORES	SIGNIFICADO	ACIDEZ TITULABLE (% ácido cítrico)	σ^2
Fuente fertilizante			
F2	Compuesto	0,28	$\pm 0,006$
F1	Simple	0,27	$\pm 0,009$
Fertilización foliar			
C1	Con foliar	0,28	$\pm 0,007$
C2	Sin foliar	0,27	$\pm 0,009$
Profundidad			
P2	5 cm	0,28	$\pm 0,009$
P1	0 cm	0,27	$\pm 0,007$
Interacciones			
F2 C1 P1 (T7)	Fuente compuesta + si fertilización foliar complementaria + 0cm	0,280	$\pm 0,00$
F2 C1 P2 (T8)	Fuente compuesta +si fertilización foliar complementaria + 5 cm	0,278	$\pm 0,00$
F2 C2 P1 (T5)	Fuente compuesta + no fertilización foliar complementaria + 0 cm	0,277	$\pm 0,01$
F1 C2 P2 (T1)	Fuente simple + no fertilización foliar complementaria + 5 cm	0,273	$\pm 0,02$
F2 C2 P2 (T6)	Fuente compuesta + no fertilización foliar complementaria + 5 cm	0,273	$\pm 0,01$
F1 C1 P1 (T4)	Fuente simple + si fertilización foliar complementaria + 0 cm	0,271	$\pm 0,01$
F1 C1 P2 (T3)	Fuente simple + si fertilización foliar complementaria + 5 cm	0,270	$\pm 0,01$
F1 C2 P1 (T2)	Fuente simple + no fertilización foliar complementaria + 0 cm	0,270	$\pm 0,00$

Anexo 9. Promedios y pruebas de significación para conductividad eléctrica del fruto en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.

FACTORES	SIGNIFICADO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS/m)	σ^2
Fuente fertilizante			
F2	Compuesto	2,73	$\pm 0,004$
F1	Simple	2,72	$\pm 0,005$
Fertilización foliar			
C1	Con foliar	2,73	$\pm 0,005$
C2	Sin foliar	2,72	$\pm 0,005$
Profundidad			
P1	0 cm	2,73	$\pm 0,005$
P2	5 cm	2,73	$\pm 0,005$
Interacciones			
F2 C1 P2 (T8)	Fuente compuesta + si fertilización foliar complementaria + 5cm	2,72	$\pm 0,000$
F2 C1 P1 (T7)	Fuente compuesta +si fertilización foliar complementaria + 0 cm	2,72	$\pm 0,006$
F1 C1 P1 (T4)	Fuente simple + si fertilización foliar complementaria + 0 cm	2,72	$\pm 0,000$
F2 C2 P1 (T5)	Fuente compuesta + no fertilización foliar complementaria + 0 cm	2,72	$\pm 0,005$
F1 C2 P2 (T1)	Fuente simple + no fertilización foliar complementaria + 5 cm	2,72	$\pm 0,006$
F2 C2 P2 (T6)	Fuente compuesta + no fertilización foliar complementaria + 5 cm	2,72	$\pm 0,006$
F1 C1 P2 (T3)	Fuente simple + si fertilización foliar complementaria + 5 cm	2,71	$\pm 0,000$
F1 C2 P1 (T2)	Fuente simple + no fertilización foliar complementaria + 0 cm	2,71	$\pm 0,000$

Anexo 10. Evolución de la acidez titulable en los frutos de los tratamientos en la evaluación del efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo invernadero.



10. FOTOGRAFÍAS



Figura 26. Preparación de camas de cultivo.



Figura 27. Establecimiento del cultivo.



Figura 28. Soterramiento de mangueras de riego.



Figura 29. Desarrollo del cultivo.



Figura 30. Labor de Tutoreo.



Figura 31. Poda.



Figura 32. Monitoreo de plagas y enfermedades.



Figura 33. Control fitosanitario.



Figura 34. Ventury conectado al sistema de riego.



Figura 35. Racimo de tomate (*L. esculentum* Mill.)



Figura 36. Frutos listos para cosecha.



Figura 37. Refractómetro.



Figura 38. Pérdida de calidad en frutos.



Figura 39. Potenciómetro digital.