



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Uso de un biofertilizante elaborado de humus de lombriz en el cultivo
orgánico de tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill.) cv. Besuto en
invernadero**

MEMORIA DE TITULO

Elias Rafael Salinas López

TALCA, CHILE

2019



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

Uso de un biofertilizante elaborado de humus de lombriz en el cultivo orgánico de tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill.) cv. Besuto en invernadero

Por

Elias Rafael Salinas López

MEMORIA DE TITULO

presentada a la Universidad de Talca como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO AGRÓNOMO

TALCA, CHILE

2019

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2019

Quiero dedicar esta tesis a mi madre María Mónica López Parraguez por su apoyo incondicional para llegar a ser un profesional y a mi padre Hernán Rafael Salinas Ahumada quien no pudo verme termina este desafío, por lo que se lo dedico con mucho agradecimiento al cielo.

A mi hermana Natalia Salinas López y novia María Jesús Rozas Correa por sus palabras de aliento para cumplir mis metas y nunca perder mis ideales.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo recibido, la dedicación y paciencia de mi familia para poder lograr esta investigación.

A mis profesores Hernán Paillán y Carolina Vásquez por permitirme trabajar con ellos y por su apoyo en todo momento. Gracias por estar en mi formación profesional

Infinitas gracias a mis amigos quienes fueron una parte importante en el transcurso de la memoria.

Finalmente, a María Jesús, por tu apoyo incondicional y por estar en todo este proceso a mi lado.

Aprobación:

Profesor Guía; Ing. Agro. Dr Hernán Paillán Legue
Profesor Escuela de Agronomía
Facultad de ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Profesor Informante; Ing. Agro. Mg. Carolina Vásquez Palma
Escuela de Agronomía
Facultad de ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Fecha de presentación de Memoria de Título 15 Marzo del 2019

RESUMEN

Se efectuó una investigación en los invernaderos de la unidad de manejo orgánico en la Estación Experimental de Panguilemo perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca. En los paralelos 35°22'14,62" latitud sur, y meridiano 71°35'45,52" latitud oeste, al norte de la ciudad de Talca. En un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil), cv Besuto, ejecutado en la temporada verano otoño entre los meses de Diciembre 2017 a Mayo 2018. El objetivo fue evaluar el efecto sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento comercial del cultivo de tomate bajo invernadero del biofertilizante elaborado de humus de lombriz y *Kosakonia radicincitans*, para lo cual el experimento se llevó a cabo como un diseño de bloques completamente al azar. Se dispuso de 5 tratamientos con diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica y 1 tratamiento testigo con lo aportado por el suelo, cabe considerar que en todas las parcelas se sembró e incorporó previamente una mezcla de abono verde, cada manejo agrícola contó con 4 repeticiones.

El cultivo de tomate fue establecido el 21 de diciembre a un marco de 0,6 metros entre hileras y a 0,35 metros sobre hilera, con una distribución en zig-zag. Se efectuó una conducción de eje principal, hasta 6 racimo productivos. Los resultados de las evaluaciones se sometieron a un análisis de varianza y en caso de encontrarse diferencias significativas se compararon las medias con el test LSD ($p \leq 0,05$).

Los resultados obtenidos mostraron que el biofertilizante más el (100%) fertilización orgánica obtuvo el valor más alto en rendimiento total, pero solo se diferenció estadísticamente del testigo con 218.026 kg/ha. De igual modo, presentó el mayor rendimiento en la categoría comercial (primera), correspondiente a 106.936 (kg/ha).

En relación con las propiedades organolépticas de los frutos, se obtuvo valores óptimos entre los tratamientos.

ABSTRACT

An investigation was carried out in the greenhouses of the organic management unit in the Experimental Station of Panguilemo belonging to the Faculty of Agrarian Sciences of the University of Talca. In the parallels 35 ° 22'14,62 " south latitude, and meridian 71 ° 35'45,52 " west latitude, north of the city of Talca. In a tomato crop (*Lycopersicon esculentum* Mill), cv Besuto, executed in the summer autumn season between the months of December 2017 to May 2018. The objective was to evaluate the effect on the vegetative development and commercial yield of the greenhouse tomato crop. biofertilizer made from earthworm humus and *Kosakonia radicincitans*, for which the experiment was carried out as a completely randomized block design. There were 5 treatments with different levels and sources of organic fertilization and 1 control treatment with the soil, it can be considered that in all the plots a mixture of green manure was planted and previously incorporated, each agricultural management had 4 repetitions.

The tomato crop was established on December 21 to a frame of 0.6 meters between rows and 0.35 meters on a row, with a zig-zag distribution. A main shaft conduction was carried out, up to 6 productive clusters. The results of the evaluations were subjected to an analysis of variance and, if significant differences were found, the means were compared with the LSD test ($p \leq 0.05$).

The obtained results showed that the biofertilizer plus the (100%) organic fertilization obtained the highest value in total yield, but only statistically differed from the control with 218,026 kg / ha. Likewise, it presented the highest performance in the commercial category (first), corresponding to 106,936 (kg / ha).

In relation to the organoleptic properties of the fruits, optimal values were obtained between the treatments

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis.....	3
1.2. Objetivo general.....	3
1.3. Objetivos específicos	3
2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Generalidades del cultivo de tomate	4
2.1.1. Requerimiento climáticos	4
2.1.2. Requerimientos de suelo	5
2.1.3. Descripción morfológica de la planta de tomate	6
2.1.4. Requerimiento nutricional del cultivo de tomate	6
2.2. Superficie y producción de tomate en Chile	7
2.3. Agricultura orgánica	8
2.3.1. Agricultura orgánica en Chile	9
2.3.2. Fertilización orgánica.....	10
2.3.3. Características del humus de lombriz	11
2.4 Bacterias promotoras del crecimiento vegetal.	11
2.4.1. Fijación de nitrógeno	13
2.4.2. Producción de fitohormonas.....	14
2.4.3. Producción de antibióticos.....	15
2.5. Familia Enterobacteriaceae.....	16
3.- MATERIALES Y METODOS	17
3.1. Descripción de los materiales	17
3.1.1. Caracterización del lugar experimental	17
3.1.2. Descripción del invernadero	17
3.1.3. Cultivar de tomate empleado	18
3.1.4. Mulch.....	18
3.1.5. Manejo sanitario	18

3.2. Descripción del metodo	19
3.2.1.Preparación de suelo.....	19
3.2.2.Tratamientos	19
3.2.3.Diseño experimental	20
3.2.4. Establecimiento del cultivo de tomate.....	20
3.2.5.Fertilización del cultivo de tomate.....	21
3.2.6.Análisis de suelo.....	22
3.2.7.Riego del cultivo de tomate	23
3.2.8.Índice de cosecha	23
3.3. Evaluaciones	24
3.3.1.Evaluaciones desarrollo floral, altura y contenido de clorofila	24
3.3.1.1.Altura	25
3.3.1.2.Clorofila	25
3.3.1.3.Flores del racimo	25
3.3.1.4. Evaluación de la precocidad del rendimiento comercial	25
3.3.2.Evaluaciones de las propiedades organolépticas del fruto de tomate	26
3.3.2.1.Sólidos Solubles	26
3.3.2.2.Medición de presión	26
3.3.3. Porcentaje de materia seca	26
3.3.4.Análisis Nutricional	26
3.4.Análisis estadístico	27
4.- DISCUSIÓN Y RESULTADOS	28
4.1 Fenología del desarrollo floral respecto a flores y frutos cuajados.....	28
4.2. Altura.....	30
4.3 Contenido de clorofila	31
4.4. Contenido de materia seca y análisis nutricional.....	33
4.5.Rendimiento comercial, no comercial y precocidad	37
4.6. Calidad de los frutos de tomate respecto a sólidos solubles y presión.....	40
4.6.1.Concentración de sólidos solubles	40
4.6.2. Presión de los frutos	41
5.- CONCLUSIONES.....	43

6.- CITAS BIBLIOGRÁFICAS	44
7.- ANEXOS.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la sostenibilidad en un sistema orgánico (Labra, Astudillo, y Diaz, 2007).....	9
Figura 2. Altura de las plantas de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018	30
Figura 3. Contenido de clorofila de las plantas de tomate orgánico bajo invernadero cv Besuto, temporada 2017-2018.....	31
Figura 4. Contenido de materia seca de los frutos de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018.	33
Figura 5. Contenido de materia seca de hojas, tallo y raíz al finalizar el ensayo de las plantas de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018	34
Figura 6. Concentración de solidos solubles de los frutos de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018.	40
Figura 7. Presión de los frutos de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018.	42

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resumen de temperaturas óptimas y críticas para el desarrollo del tomate (Allende et al. 2017).....	5
Cuadro 2. Requerimiento nutricional para tomate en invernadero (Quesada y Hernández, 2012).....	<u>7</u>
Cuadro 3. Efectos del humus de lombriz en el suelo_	11
Cuadro 4. Ejemplos de PGPR probados en distintos tipos de cultivos (Ranjitha Kumari 2015).....	13
Cuadro 5. Manejos agrícolas (Tratamientos) propuestos, para tomate “Besuto”, temporada 2017-2018.....	19
Cuadro 6. Contenido nutricional de la fertilización orgánica estándar para tomate orgánico bajo invernadero “Besuto”, temporada 2017-2018	21
Cuadro 7. Aporte nutricional de la fertilización orgánica estándar para tomate orgánico bajo invernadero “Besuto”, temporada 2017-2018	22
Cuadro 8. Análisis nutricional del extracto de humus de lombriz para tomate orgánico bajo invernadero “Besuto”, temporada 2017-2018	22
Cuadro 9. Contenido nutricional del suelo post incorporación de los abonos verdes_23	
Cuadro 10. Clasificación comercial de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018.....	24
Cuadro 11. Número total de flores abiertas, polinizadas y frutos cuajados por racimo para distintos tratamientos de diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica para cultivo de tomate orgánico en invernadero	28
Cuadro 12. Contenido nutricional de la planta de tomate	36
Cuadro 13. Distribución del rendimiento comercial, total y precocidad del rendimiento comercial (kg/ha), para distintos tratamientos de diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica para cultivo de tomate orgánico en invernadero_	37
Cuadro 14. Distribución del rendimiento en las categorías extra y primera (kg/ha) para distintos tratamientos de diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica para cultivo de tomate orgánico en invernadero	38

INTRODUCCIÓN

La horticultura es una actividad influyente en nuestro país, si se utiliza adecuadamente puede llegar a generar resultados provechosos para el comercio nacional e internacional (Sellés, 2015). A nivel nacional y desde el punto de vista de la alimentación de la familia chilena, el tomate también es considerado la hortaliza más importante. Ocupa el primer lugar dentro de las hortalizas de la canasta (ponderación de 0,32%), lo que significa que es la hortaliza a la que los hogares destinan más recursos, de acuerdo con los datos entregados por el Instituto Nacional de Estadísticas (Flaño, 2013). Debido a esto, la producción de tomate en nuestro país es alta en comparación a los demás productos hortícolas.

Hoy en día los consumidores tienden a elegir alimentos libres de agroquímicos e inocuos, preferentemente los que son consumidos en fresco como el tomate. La palabra “orgánica” significa “de origen vegetal o animal”, pero también se aplica al aspecto organizacional de un organismo, por consiguiente “la agricultura orgánica” no es un término muy preciso, para algunas personas es el tipo de agricultura que se basa en abonos orgánicos o insumos naturales, en otras palabras, mineral u otros pesticidas de origen de vegetal. En vista de lo anterior, el énfasis es dado a la renuncia del uso de fertilizantes y pesticidas que son sintéticos o químicos (IFOAM, 2005). El sector orgánico, respaldado por normas orgánicas y sistemas de certificación muy elaborados, es uno de los sectores que más crece en el mercado de alimentos. IFOAM y FIBL (2019) afirman que en 2017 se reportaron 2.9 millones de agricultores orgánicos en todo el mundo, un 4,7 % más que en el año 2016. Los países con mayor superficie orgánica lo lideran Australia, Argentina y China, en relación con el número de productores orgánicos lo lidera India, Uganda y México. El mercado de los productos orgánicos se concentra en Estados Unidos (40 billones euros), Alemania (10 billones de euros) y Francia (7 billones de euros).

En la producción orgánica del tomate se emplean diversos fertilizantes de origen orgánico. El humus de lombriz, el cual se define como el resultado de la descomposición y estabilización microbiana de la materia orgánica al interior del tracto digestivo de lombrices de tierra (*Eisenia foetida* Sav.), luego de ser ingerida por éstas en el suelo (Domínguez, 2004). La elaboración de un biofertilizante a partir de humus de lombriz para la producción de tomate es por sus propiedades altamente benéficas. Durante el proceso de

vermicompostaje (proceso por el cual se obtiene humus de lombriz) elementos como el N, P, K y Ca presentes en los residuos orgánicos se liberan y se convierten, a través de la actividad microbiana, en formas más solubles y disponibles para las plantas (Hidalgo y Harkess, 2002). Gracias a estas características el humus de lombriz se ha posicionado dentro de los abonos orgánicos. El humus de lombriz tiene un gran potencial comercial en la industria hortícola, y está siendo utilizado como fertilizante orgánico, enmienda de suelos y como componente de sustratos para la producción de almácigos y plantas (Bachman y Metzger, 2007). Existen diversas formas de aplicar el humus de lombriz al cultivo. El humus líquido aplicado al suelo o a la planta ayuda a asimilar los cationes macro y micronutrientes, gracias a su carga eléctrica negativa, al mismo tiempo evita la concentración de sales y estabiliza el pH del sustrato. Crea un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos como las bacterias, hongos y otros impidiendo el desarrollo de patógenos, reduciendo sensiblemente el riesgo de enfermedades (Adani *et al.*, 1998).

De acuerdo con lo anterior el uso de humus de lombriz como biofertilizante pretende ser una opción viable. Ya que favorecen la sostenibilidad agrícola contribuyendo a efectos beneficiosos a largo plazo en los aspectos físicos, químicos y biológicos de los suelos (Méndez y Viteri, 2007). Para la fabricación de biofertilizantes, se agrega una fuente de microorganismos responsable de la transformación de los materiales orgánicos (Restrepo, 2001). Actualmente, existe una gran variedad de biofertilizantes con diversas funciones y atendiendo al tipo de cultivo. En general, los biofertilizantes más difundidos se componen de hongos micorrízicos y bacterias (All-Taweil *et al.*, 2009). Se conoce un gran número de bacterias de vida libre o asociativas que destacan por su potencial como biofertilizantes (Díaz *et al.*, 2001), entre las que se encuentran las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR, del inglés Plant Growth Promoting Rhizobacteria) (Bruinsma, 2003). Los efectos positivos que ejercen estas bacterias en las plantas radican en que producen y segregan reguladores del crecimiento de plantas como auxinas, giberelinas y citoquininas, mejorando procesos como germinación de semillas, nutrición mineral, desarrollo de raíces, empleo del agua, entre otros (Pan *et al.*, 1999).

A continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente estudio:

1.1. Hipótesis

El biofertilizante elaborado a partir de humus de lombriz afecta el desarrollo vegetativo y rendimiento comercial del cultivo de tomate bajo invernadero

1.2. Objetivo general

Evaluar el uso de un biofertilizante en el cultivo de tomate de consumo fresco bajo producción orgánica en invernadero.

1.3. Objetivos específicos

- I. Evaluar el desarrollo floral, altura de la planta, contenido de clorofila y nutrientes en la estructura vegetativa de la planta.
- II. Cuantificar el rendimiento total y comercial (kg/ha) del cultivo de tomate.
- III. Evaluar la precocidad del rendimiento comercial hasta el tercer racimo productivo.
- IV. Caracterizar las propiedades organolépticas del fruto de tomate.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades del cultivo de tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sinonimia (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia Solanácea (Urrutia, 2000). Su nomenclatura se deriva de los términos aztecas “tomatil”, “xitomate” (Maroto, 1995).

El centro de origen de *Lycopersicon esculentum* Mill. Es la región sur-central de Perú (Rick, 1995), sin embargo, la domesticación de esta especie se habría producido en México, por evidencias históricas, culturales, lingüísticas, y etnobotánicas (Jenkins, 1948). Desde ese país habría sido llevado a Europa después de la conquista española, y se dispersó a Francia, Inglaterra e Italia principalmente (Rick, 1995). En estos países es donde el tomate adquirió importancia comercial (Ruiz *et al.*, 2005). En la actualidad es la principal hortaliza de fruto en el mundo y de alto consumo como producto en fresco o procesado, ya sea en pasta, jugo, deshidratado, entre otros (Palomo *et al.*, 2010)

2.1.1 Requerimientos climáticos

Para una óptima producción de tomate se requiere de una temperatura entre los 16°C y 27°C (Heuvelink 2005). Con temperaturas mayores a 35°C la planta esta susceptible a daños por deshidratación (Serrano, 1996). Respecto de la humedad relativa, el desarrollo del tomate requiere que ésta oscile entre 60 y 80%, considerando que humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas que, además, dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores (Heuvelink 2005). También se vincula al agrietamiento del fruto o “rajado”, cuando se presenta un período de estrés hídrico, seguido de un exceso de humedad en el suelo por riego abundante (Allende *et al.* 2017)

En el cuadro 1 se presenta las temperaturas óptimas y críticas del cultivo de tomate

Cuadro 1. Resumen de temperaturas óptimas y críticas para el desarrollo del tomate (Allende *et al.* 2017).

Temperaturas óptimas		
Desarrollo	Diurna	23 – 26°C
	Nocturna	13 – 16°C
Floración	Diurna	23 – 26°C
	Nocturna	15 – 18°C
Maduración		15 – 22°C
Temperatura crítica de heladas		-2°C
Temperatura crítica de desarrollo		10 – 12°C

2.1.2 Requerimientos de suelo

La rusticidad de la planta de tomate permite que sea poco exigente a las condiciones de suelo. Sin embargo, debe tener un buen drenaje. De aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica (Allende *et al.* 2017). La textura ideal para el cultivo de tomate es silíceo – arcillosa (Heuvelink 2005). En cuanto al pH de suelo, el óptimo debe oscilar entre 6 y 6,5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente. El tomate como cultivo producido en invernadero, es la planta con mayor resistencia a la salinidad en el suelo (Serrano 1996).

2.1.3 Descripción morfológica de la planta de tomate

La planta presenta una raíz pivotante y es capaz de alcanzar cerca de tres metros de profundidad y una extensión lateral de 1,5 metros. Cuando el sistema radicular sufre algún daño tiene la capacidad de emitir raíces adventicias en la porción basal del tallo (Corfo, 1986).

El tallo es anguloso, alcanza 4 cm de diámetro en su base y está recubierto por tricomas, en su mayoría de origen glandular que le otorgan el olor característico. En las primeras etapas es erguido, luego debido al peso, toma un hábito rastroero al no ser conducido (Maroto, 1995).

Las hojas están dispuestas alternadamente sobre el tallo, son compuestas e imparipinnadas, generalmente tienen de siete a nueve folíolos lobulados o dentados y también están cubiertas de tricomas (Maroto, 1995).

La flor del tomate es perfecta. Los pétalos y los sépalos se encuentran dispuestos en forma helicoidal en un número de cinco o más. En cada inflorescencia se agrupan tres a diez flores formando el racimo floral (Rodríguez *et al.*, 1984).

El fruto es una baya, que, dependiendo del cultivar, presenta distintos colores como rojo, rosado o amarillo. De igual manera su forma varía desde achatada a pera. La superficie puede ser lisa o presentar surcos más o menos profundos (Corfo, 1986).

2.1.4 Requerimiento nutricional del cultivo de tomate

El conocimiento de que elementos minerales requiere el tomate para su crecimiento y su ritmo de absorción en cada una de las etapas de su desarrollo es fundamental para formular recomendaciones de abonado (Rodríguez, 2001).

La extracción y acumulación de nutrientes por el cultivo de tomate aumenta conforme se incrementa el crecimiento de la planta; la floración y fructificación son las etapas en las que se producen los cambios más acentuados en la absorción de los nutrientes. La absorción

de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio se incrementa intensamente a partir de la floración (45 días post trasplante) y hasta el inicio de la maduración de los frutos (90 días); la tasa máxima de acumulación de nutrientes se logra a los 90 días post trasplante, y es el potasio el elemento que toma la planta en mayor proporción, ya que aproximadamente el 73,8% lo absorbe en el proceso de fructificación (Jaramillo *et al.*, 2007).

Cuadro 2. Requerimiento nutricional para tomate en invernadero (Quesada y Hernández, 2012)

Rendimiento (t/ha)	Absorción según rendimiento					Fuente
	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Mg (kg/ha)	Ca (kg/ha)	
115,4	211	30	264	40	195	Fayad <i>et al.</i> , (2002)
100	200	44	500	-	-	Molina (2006)
195	450	65	710	-	-	Scaife y BarYosef (1995)
180	562	110	886	72	139	Haifa Nutri.Net (2008)
80	250	34	420	40	220	Fao,sf.

2.2 Superficie y Producción de tomate en Chile

El tomate se ha transformado en el cultivo hortícola de mayor importancia económica en Chile. La superficie total de hortalizas en Chile para el año 2014 alcanzó 69.884,5 hectáreas, de las cuales 5.038,1 fueron de tomate para consumo fresco equivalente al 6,43% del total, ocupando el cuarto lugar de especies hortícolas con mayor superficie (ODEPA, 2014). El cultivo se realiza desde la I a la XII Región, pero se concentra en la V, VI y VII Regiones. (Flaño, 2013). El tomate para consumo fresco para el 2016 presentó una superficie de 4.936 ha y el año 2017 aumentó a una superficie de 5.296 ha, equivalente a un 6,8%. Se estima que casi 2.200 ha se producen en invernaderos (ODEPA, 2018)

En Chile, el tomate es una de las principales hortalizas cultivadas en términos de superficie y producción, cuyo rendimiento promedio bajo invernadero (150 t/ha) supera a países como China, Italia, México, Brasil, entre otros (Allende et al. 2017). La producción al aire libre tiene rendimientos menores que una producción de tomate bajo invernadero, los cultivos de tomate al aire libre pueden llegar por lo general entre 40 a 100 t/ha, mientras que los rendimientos de tomate bajo invernadero en América presentan rendimientos mayores de 100 t/ha. Estas diferencias se deben principalmente a la temperatura obtenida dentro de un invernadero, la producción de biomasa, intercepción de luz, etc. (Heuvelink , 2005)

2.3 Agricultura Orgánica

La agricultura orgánica es un sistema holístico de gestión que cuida la biodiversidad, el medioambiente y la fertilidad del suelo. Cuida las rotaciones sanas de los cultivos, con técnicas no contaminantes de bajo empleo de energía, y no utiliza pesticidas ni fertilizantes químicos. Este sistema de producción orgánica privilegia el logro de agroecosistemas óptimos y sostenibles, en lo social, ecológico y económico (Codex Alimentarius, 2007; Koechlin, 2008)

De acuerdo con International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) (2005), los cuatro principios de la agricultura orgánica son:

1. Salud: Sostiene y promueve la salud del suelo, las plantas, los animales, y las personas como un todo.
2. Ecología: Se basa en sistemas y ciclos ecológicos vivos.
3. Equidad: Prioriza relaciones que aseguren equidad en la relación con el medioambiente.
4. Precaución: Se gestiona de manera responsable para proteger el medioambiente, la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

En la figura 1 se presenta el esquema representativo de la sostenibilidad en un sistema orgánico. Se denomina “sistema productivo sostenible”, en donde juegan un rol de igual dimensión los aspectos económicos, ecológicos y socioculturales.

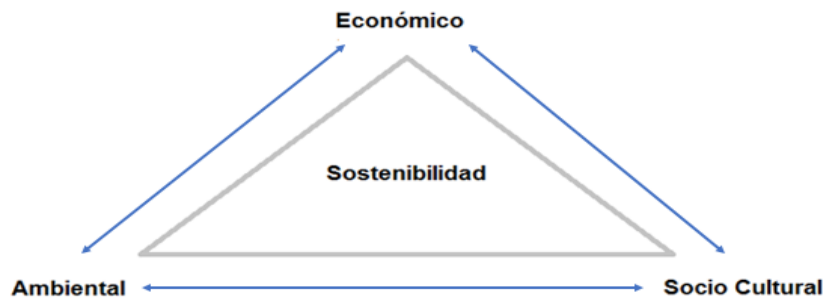


Figura 1. Esquema de la sostenibilidad en un sistema orgánico (Labra et al., 2007)

Hoy en día, la agricultura orgánica “sistema productivo sostenible” ha surgido para instalarse como una opción viable para los desafíos que enfrenta la producción de alimentos en el ámbito social, cultural y agrícola a nivel mundial: cómo alimentar a la humanidad, como reducir los impactos del cambio climático, mejorar el ecosistema inmerso en la producción agrícola. Todo lo anterior, posiciona a la agricultura orgánica como un modelo de producción promisorio que permita fundar las bases para llegar a la sustentabilidad en el área agroalimentaria (Bellon y Pervern, 2014).

2.3.1 Agricultura Orgánica en Chile

Chile es un país reconocido como productor de agricultura orgánica principalmente por sus variadas características climáticas a lo largo de su extenso territorio; por su patrimonio fito y zosanitario privilegiado debido a que está protegido por el desierto, la cordillera de Los Andes, el Océano Pacífico y la Antártica (ODEPA 2007)

La superficie agrícola certificada como orgánica en Chile en el año 2017 alcanzó 174.666 hectáreas, lo que representa un aumento de 33% en comparación con las 131.973 hectáreas informadas en el año 2016. Las tres regiones con más superficie orgánica certificada son la Región del Los Ríos con 50.630 hectáreas (29%); la Región del Maule,

con 40.086 hectáreas (23%) y la Región de Bio Bio, con 35.769 hectáreas (20%) (SAG 2017)

2.3.2 Fertilización Orgánica

El manejo agronómico y las prácticas culturales asociados a la producción orgánica tiene efectos positivos sobre la fertilidad del suelo. Labores tales como el arado de la tierra, la rotación de cultivos y la aplicación de enmiendas orgánicas ayudan a contrarrestar los efectos de la erosión, aumentan la flora del ecosistema, mejora la disponibilidad de nutrientes y aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo (Benzing 2001). Sin embargo, estas prácticas deben ser continuas en el tiempo para que los efectos sean sustanciales y mejoren la calidad física, química y biológica del suelo a cultivar (Tamm, 2009).

Se conoce como abono orgánico a toda fuente de materia orgánica capaz de descomponerse e integrarse al suelo para mejorar sus características químicas, físicas y microbiológicas (Martínez, 2003). La aplicación de abonos orgánicos para mejorar y mantener el contenido de materia orgánica en el suelo e incrementar la disponibilidad de nutrientes, es una práctica muy antigua.

Un suelo fértil va a proporcionar los nutrientes esenciales para un óptimo desarrollo de las plantas, siendo beneficiado aún más con buenas cantidades de materia orgánica (Mäder *et al.* 2002). Según Benzing (2001), la materia orgánica es el componente más importante para la agricultura orgánica, ya que influye en todos los aspectos del suelo.

Los abonos orgánicos más utilizados para potenciar la fertilidad y mantener un óptimo porcentaje de materia seca en el suelo son purines y estiércol de animal, humus de lombriz o lombricomposta, compost y abonos verdes.(Tapia et al., 2010)

2.3.3 Características del humus de lombriz

El humus de lombriz es el resultado de la digestión de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* S) (Flores, 2007). La cual se alimenta de desechos en descomposición, asimila una parte para cubrir sus necesidades fisiológicas y la otra parte la excreta. La composición química y calidad del humus de lombriz está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz. Un manejo adecuado de los desechos, una mezcla bien balanceada, permite obtener un material de buena calidad, la cantidad de nutrientes presentes en el humus de lombriz es variable (Martínez, 1995).

En el cuadro 3 se presenta los efectos positivos del humus de lombriz en el suelo

Cuadro 3. Efectos del humus de lombriz en el suelo.

Efectos del humus de lombriz	Referencias
- Estimula la fertilidad del suelo - Regenera la flora bacteriana del suelo	Martínez, 1995
- Adiciona materia orgánica al suelo, aumentando la flora bacteriana del suelo	Manaf et al., 2009
- Aumenta la aireación del suelo - Disminuye la compactación del suelo	Tapia et al., 2010

2.4 Bacterias promotoras del crecimiento vegetal

El término "rizobacterias" se refiere a las comunidades bacterianas del suelo, que, competitivamente colonizan las raíces de las plantas y estimulan su crecimiento, reduciendo de este modo la incidencia de enfermedades en ellas. Denominaron estas rizobacterias beneficiosas como Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) (Cook, 2002). Gray y Smith (2005) afirman que géneros bacterianos como: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Erwinia*,

Enterobacter, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* y *Serratia* pertenecen a PGPR. Son bacterias libres del suelo que pueden directa o indirectamente facilitar el enraizamiento y crecimiento de las plantas (Mayak et al., 1999). Las PGPR están íntimamente asociadas con nutrientes como el carbono, fósforo, nitrógeno y azufre, así como con la eliminación de toxinas y producción de fitohormonas o antibióticos (Turino , 2017).

Los mecanismos empleados por las bacterias son diversos, se pueden diferenciar claramente dos procesos esenciales: el primero consiste en la producción de sustancias orgánicas, producto del metabolismo secundario de las bacterias, que son capaces de promover respuestas fisiológicas específicas en las células vegetales. El segundo mecanismo se puede encontrar en la intervención directa de los microorganismos en los ciclos bioquímicos, en los cuales pueden hacer disponibles compuestos orgánicos e inorgánicos que son aprovechados por las plantas (Ahn et al., 2007). Los mecanismos de promoción vegetal de las bacterias engloban diferentes procesos, los cuales alteran de forma positiva el desarrollo vegetal.

En el cuadro 4 se presentan algunos ejemplos de rizo bacterias y su efecto promotor de crecimiento vegetal en diferentes plantas y condiciones.

Cuadro 4. Ejemplos de PGPR probados en distintos tipos de cultivos (Ranjitha Kumari 2015).

PGPR	Plantas	Condiciones	Resultados	Referencias
<i>Pseudomonas</i> sp. PS1	Greengram (<i>Vigna radiate</i>)	Maceta	Aumento significativo del peso seco de la planta, número de nódulos, contenido total de clorofila, leghemoglobina, N raíz, N brote, P raíz, P brote, rendimiento semilla y proteína de semilla.	Ahemand y Kibret 2010;2012
<i>Bradyrhizobium</i> MRM6	Greengram (<i>Vigna radiate</i>)	Maceta	Cuando se utilizo la cepa MRP1 de <i>Rhizobium</i> tolerante a herbicidas con herbicida, aumentó los parámetros de crecimiento en todas las concentraciones ensayadas de herbicidas.	Ahemad y Kibret, 2011; 2012
<i>Pseudomonas</i> sp <i>Paenibacillus polymyxa</i>	<i>Zea mays</i> L	Campo	Aumento significativamente la actividad de las enzimas del suelo, productividad total, admisión de los nutrientes, la biomasa de las plantas, y provocó resistencia sistémica inducida contra patógenos.	Sharma SK, Johrl BN, Ramesh A, Joshl OP, Prasad SVS (2011).
<i>Enterobacter Sakazaki</i> 8MR5	<i>Pisum Sativum</i>	Campo	La inoculación incrementó los parámetros de crecimiento.	Babalola OO, Osrl EO, Sannl A, Odinalmbo GD, Bullma WD (2003)

2.4.1 Fijación de nitrógeno

Las bacterias promotoras del crecimiento poseen varios mecanismos, entre los cuales se debe destacar la fijación biológica de nitrógeno. El nitrógeno es uno de los principales nutrientes de las plantas, siendo un factor limitante en el crecimiento de éstas y, como consecuencia, en los ecosistemas de explotación de la agricultura.

Oberson et al. (2013) afirma que podemos clasificar las bacterias fijadoras de nitrógeno en dos categorías:

1. En primer lugar, encontramos bacterias simbióticas asociadas a las leguminosas, que infectan la raíz, produciendo nódulos. Como ejemplo destaca: *Rhizobium leguminosarum*.
2. El segundo grupo bacteriano es conocido como fijadores de nitrógeno de vida libre. En él se incluyen especies de los géneros *Azospirillum* o *Azoarcus*. Este grupo de bacterias se encuentra cerca de los tejidos de la raíz, aunque no la invaden. Se caracterizan por realizar la fijación del nitrógeno atmosférico. Gracias a la enzimas nitrogenasas que poseen (Oda y Jos, 2000)

2.4.2 Producción de fitohormonas

Son hormonas vegetales que regulan parámetros como el crecimiento, la división celular o extensión de la raíz (Glick 2014). Las principales fitohormonas son auxinas, giberelinas y citoquininas. Plantas inoculadas con *Azospirillum sp* evidenciaron el mecanismo de acción de las bacterias promotoras del crecimiento respecto a la producción de fitohormonas al aumentar su densidad radicular y elongación del tallo (Oda y Jos, 2000)

- Auxinas

Múltiples especies de bacterias producen auxinas como producto de su metabolismo, incluyendo indol-3-ácido acético (IAA), indol-3-ácido butírico (IAB). Estas moléculas tienen una gran influencia en el crecimiento de los cultivos, principalmente de la raíz, número y longitud de pelos absorbentes (Lavenus et al. 2013). Además, las auxinas están relacionadas a la germinación y dormancia de las semillas (Shu, 2016).

- Giberelinas

La producción de giberelinas por PGPR es baja, solo dos especies producen de forma destacada esta fitohormona *Bacillus pumilus* y *Bacillus licheniformis* (Wong et al., 2015). Cuatro tipos de giberelinas son sintetizadas por bacterias GA1, GA2, GA3 y GA20. Estas hormonas son transportadas desde las raíces a las partes aéreas de la planta, donde los efectos que ejercen son notables en el crecimiento vegetativo (Gutierrez et al., 2001)

- Citoquininas

Las citoquininas son derivados de purinas que promueven y mantienen la división celular de las plantas, además están involucradas en la formación de brotes y el crecimiento radicular (Leibfried et al. 2005). Los principales géneros involucrados en la producción de citoquininas son *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Bacillus* (Persello et al. 2001).

2.4.3 Producción de antibióticos

Bacterias promotoras del crecimiento vegetal como *Pseudomonas* y *Bacillus* excretan metabolitos secundarios a la rizosfera como sustancias antibióticas. Estas bacterias presentan una colonización de la rizosfera, desplazando a otras bacterias y hongos desfavorables para el desarrollo de las plantas (Bloemberg y Lugtenberg, 2001). La función de un antibiótico es suprimir el crecimiento de otros microorganismos y en algunos casos eliminarlos (Alarcón , 2003)

2.5 Familia Enterobacteriaceae

La familia Enterobacteriaceae constituye un grupo grande y heterogéneo de bacterias gramnegativas. Se encuentran de forma universal en el suelo, el agua y la vegetación, (Puerta y Rodríguez, 2010). Dentro de esta familia se destaca el género Enterobacter. Presenta diversos efectos simbióticos sobre las plantas (Jha et al., 2011)

La especie *Kosakonia radicincitans* perteneciente al género Enterobacter. Está siendo utilizada en diversos cereales como el trigo o maíz. Sin embargo, efectos promotores del crecimiento y aumento en rendimientos son lo que ha llevado a esta bacteria a ser utilizada en cultivos hortícolas. Los efectos que produce esta bacteria en los cultivos son debido a la capacidad de fijar biológicamente nitrógeno de la atmosfera, producir fitohormonas y la solubilización de fosfatos (Berger et al., 2017)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de los materiales

3.1.1 Caracterización del lugar experimental

La investigación se realizó en los invernaderos de la unidad de investigación de manejo orgánico en la Estación Experimental de Panguilemo perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca. En los paralelos 35°22'14,62" latitud sur, y meridiano 71°35'45,52" latitud oeste, al norte de la ciudad de Talca.

El clima de la zona es de tipo mediterráneo, presenta un régimen de temperatura media anual de 15°C. El cual se caracteriza por un verano seco, el mes de enero es el más cálido del año con una temperatura media inferior a 22° C y una máxima superior a 30°C. Por otra parte, los meses más fríos corresponden a junio y julio. Las precipitaciones presentan un régimen anual de 600 – 700 mm (Gonzalez, 1984)

El suelo del lugar experimental correspondió a la serie Talca tipo alfisol, formado a partir de suelos aluviales y fluvio glaciales, su textura es franco arcilloso de un color pardo rojizo oscuro, no presenta pendientes pronunciadas, posee buen drenaje y un pH neutro, el nivel freático se encuentra después de 1,20 metros de profundidad (CIREN, 1997)

3.1.2 Descripción del invernadero

El ensayo se llevó a cabo en un invernadero tipo capilla modificada, compuesto de una estructura de madera con una cubierta de polietileno de dos temporadas, con protección de radiación ultravioleta (UV). La superficie cubierta por el invernadero es de 210 m².

3.1.3 Cultivar de tomate empleado

El trasplante de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill cv. Besuto se realizó con plantines de una altura de 13 a 15 cm y de 2 a 3 hojas verdaderas. Este cultivar corresponde a un tomate tipo beef; carnosos, multiloculares y de gran tamaño. Besuto es un tomate indeterminado que se destaca por ser redondo, firme, gran calibre, buen cierre y alta calidad en postcosecha (Seminis 2017).

3.1.4 Mulch

Anterior al trasplante de los tomates, se instaló el mulch en las mesas de plantación. Se utilizó un mulch plástico de color naranja de 1,4 metros de ancho y 0,03 mm de espesor.

3.1.5 Manejos sanitario

En relación con el manejo sanitario se utilizó trampas con feromona sexual de la hembra para la captura de la polilla del tomate; *Tuta absoluta*. De forma preventiva se aplicó vía riego *Trichoderma* spp. El control de malezas se realizó de forma Manual con azadón.

3.2 Descripción del método.

3.2.1 Preparación del suelo.

En la superficie a utilizar para el ensayo, se estableció la primera semana de marzo una mezcla de abonos verdes (Haba 250 kg/ha, lupino 250 kg/ha y vicia 100 kg/ha), la siembra se realizó de forma manual al voleo y se cortaron e incorporaron el 0 a 15 de mayo del año 2017 al suelo previo al inicio de su floración, cuyo aporte de materia seca al momento de incorporar fue de 5700 kg/ha. En el cuadro 5 se puede apreciar el aporte nutricional del abono verde. Luego de esperar la descomposición del abono verde se realizaron dos volteos de suelo.

Se utilizaron dos mesas de trabajo de 28 metros de largo y un metro de ancho. Adquiriendo una superficie utilizada por el ensayo de 56 m².

3.2.2 Tratamientos

En el presente ensayo se realizaron 6 tratamientos, basados en diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica.

En el cuadro 5 se presentan los diferentes manejos agrícolas propuestos para el ensayo.

Cuadro 5. Manejos agrícolas (Tratamientos) propuestos, para tomate "Besuto", temporada 2017-2018.

Tratamiento 1	Testigo, sin fertilización, suelo con aporte de abonos verdes.
Tratamiento 2	Fertilización orgánica estándar (FOE) (100%) + fertirrigación (F) Tradicional + abonos verdes
Tratamiento 3	Fertilización orgánica estándar (FOE) (100%) + fertirrigación (F) Extracto de humus + abonos verdes
Tratamiento 4	Fertilización orgánica estándar (FOE) (100%) + fertirrigación (F) Biofertilizante + abonos verdes

Tratamiento 5	Fertilización orgánica estándar (FOE) (70%) + fertirrigación (F) Extracto de humus + abonos verdes
Tratamiento 6	Fertilización orgánica estándar (FOE) (70%) + fertirrigación (F) Biofertilizante + abonos verdes

Elaboración propia.

3.2.3 Diseño Experimental

El ensayo se realizó bajo un diseño experimental de bloque completo al azar (DBCA), con 6 tratamientos, y cada uno tenía 4 repeticiones o bloques. Consiguiendo un total de 24 unidades experimentales.

3.2.4 Establecimiento del cultivo de tomate

Trasplante de los plantines de tomate

Los plantines de tomate cv. Besuto se trasplantaron el 21 de diciembre del 2017, a un marco de 0,6 metros entre hileras y a 0,35 metros sobre hilera, con una distribución en zig-zag.

Conducción y poda de las plantas de tomate

Las labores culturales en el ensayo comenzaron con el amarre de las plantas a un tutor de alambre a 2 metros de altura, para obtener una conducción de eje principal, luego se realizó el desbrote y al final se realizó una poda del ápice para concentrar la cosecha hasta el sexto racimo.

3.2.5 Fertilización del cultivo de tomate

La fuente de nutrición utilizada en el ensayo es de origen orgánico en su totalidad. La fertilización orgánica estándar incorporada al suelo, corresponde a: Compost 35.000 kg/ha, Guano rojo 600kg/ha, Humus 13.000 kg/ha, Sulfato potasio 1000 kg/ha y 5700 kg/ha abono verde. Vía fertirrigación se aplicó el extracto de humus y el biofertilizante empleado en el ensayo.

En el cuadro 6 se presenta el contenido nutricional de los abonos orgánicos utilizados en la fertilización orgánica estándar.

Cuadro 6. Contenido nutricional de la fertilización orgánica estándar para tomate orgánico bajo invernadero "Besuto", temporada 2017-2018

	N	P	K	Ca	Mg
	%	%	%	%	%
mezcla abono verde	2,58	1,87	2,82	2,14	1,05
Compost	2,12	0,5	0,63	0,64	0,24
Guano rojo	0,92	3,17	0,95	3,27	1,22
Humus	1,37	0,65	0,75	2,08	0,72

Elaboración propia. Con información del Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyC).

En el cuadro 7 se presenta el aporte nutricional de la fertilización orgánica estándar al cultivo.

Cuadro 7. Aporte nutricional de la fertilización orgánica estándar para tomate orgánico bajo invernadero “Besuto”, temporada 2017-2018

	N	P2O5	K2O	CaO	MgO
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
mezcla abono verde *	109	59	39	46	20
Compost	270	750	592	524	312
Guano rojo	5	39	6,2	28	1
Humus	197	184	111	19	7
Total	581	1032	748,2	617	340

Elaboración propia. Con información del Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyC). * calculo se realizo sobre una dosis de Compost 35.000 kg/ha, Guano rojo 600kg/ha, Humus 13.000 kg/ha, Sulfato potasio 1000 kg/ha y 5700 kg/ha abono verde

En el cuadro 8 se presenta el aporte nutricional del extracto líquido a base de humus de lombriz proporcionado al tomate.

Cuadro 8. Análisis nutricional del extracto de humus de lombriz para tomate orgánico bajo invernadero “Besuto”, temporada 2017-2018

Fuente nutricional	N (%)	P (%)	pH	CE (ds/m)
Extracto 5kg/200L	0,0019	0,0001	6,78	0,209

Elaboración propia. Con información del Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyC).

3.2.6 Análisis de suelo

Se realizo un análisis de suelo previo al trasplante. En el Cuadro 9 se muestra el contenido de nutrientes en el suelo, para cada tratamiento distribuidos en las dos mesas de trabajo.

. Cuadro 9. Contenido nutricional del suelo post incorporación de los abonos verdes

Tratamientos	P (mg/kg)	K (mg/kg)	M.O %	pH
T1	72	274	1,85	6,87
T2	208	1803	2,22	6,88
T3	220	1938	1,99	7,03
T4	263	2135	2,35	7,05
T5	167	1551	2,3	6,94
T6	188	1465	2,26	7,03

Elaboración propia. Con información del Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyC).

3.2.7 Riego del cultivo de tomate

Como se señaló anteriormente se efectuó un riego a goteo con dos plansas por mesa, con goteros separados a 30 cm. El tiempo de riego fue de 1 hora diaria todos los días las primeras semanas, luego de 3 semanas de desarrollo se efectuó un riego de 2 horas diarias todos los días. A fines de marzo se disminuyó el riego a una hora diaria.

3.2.8 Índice de cosecha

El índice de cosecha fue la coloración del fruto, El cual se clasificó en; 1, Verde maduro; 2, Inicio de color; 3, Pintón; 4, Rosado; 5, Rojo pálido y 6, Rojo igualmente existen otros índices de cosecha como la formación de estrella en la superficie del fruto, presión y sólidos solubles.

Por ser climatérico, el tomate alcanza el grado 6 aun cuando sea cosechado en el grado 1. La escala de los colores de los frutos se puede apreciar en el anexo Numero 1.

La clasificación de los frutos fue en comerciales y descarte. Los frutos con carácter comercial se separaron según su peso; extra, primera y segunda. Los frutos de descarte tenían un peso menor a la clasificación comercial o presentaban algún defecto.

En el cuadro 10 se presentan segmentación por peso de las categorías comerciales del cultivo de tomate.

Cuadro 10. Clasificación comercial de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018.

Clasificación	Peso (g)
Extra	Mayor a 250g
Primera	150g a 250g
Segunda	100g a 149g

Elaboración propia

3.3 Evaluaciones

Las evaluaciones de peso del fruto, concentración de sólidos solubles, presión del fruto y porcentaje de materia seca se realizaron sobre dos frutos de cada unidad experimental, a un total de 48 frutos. El porcentaje de materia seca de cada órgano de la planta se realizó sobre dos plantas de cada repetición

3.3.1 Evaluaciones del desarrollo floral, altura y concentración de clorofila

Las evaluaciones altura, contenido de clorofila, número (flores polinizadas, flores abiertas y frutos cuajados) se realizaron sobre cuatro plantas de cada unidad experimental.

3.3.1.1 Altura

Para determinar la altura de las plantas de tomate, se utilizó una regla de 2 metros. Esta medición se tomó de la base de la planta hasta el ápice.

3.3.1.2 Clorofila

Para obtener el contenido de clorofila se utilizó un medidor Soil Plant Analysis Development (SPAD), en esta oportunidad se empleó el SPAD-502 el cual arroja valores de Unidades SPAD (Uspad), la medición se realizó sobre dos hojas opuestas a una altura de 50 cm, sobre el primer racimo. Las mediciones se realizaron sobre hojas desarrolladas y con un color homogéneo, se efectuaron 6 mediciones con una frecuencia de 10 a 15 días.

3.3.1.3 Flores del racimo.

En cada racimo productivo, desde el primero hasta el sexto racimo. Se evaluó el número de flores abiertas, flores polinizadas y frutos cuajados.

3.3.1.4 Evaluación de la precocidad del rendimiento comercial hasta el tercer racimo productivo.

La precocidad del rendimiento comercial hasta el tercer racimo se calculó sobre el rendimiento comercial de cada tratamiento, para obtener un rendimiento en kg/ha y el porcentaje de este rendimiento en relación con el total comercial.

3.3.2 Evaluaciones de las propiedades organoléptica del fruto de tomate

3.3.2.1 Sólidos solubles.

Los sólidos solubles (°Brix) se midieron con un refractómetro, se trozo el tomate para obtener jugo de la pulpa para realizar la medición, se obtuvo un promedio de los sólidos solubles del fruto por repetición en cada fecha.

3.3.2.2 Medición de presión.

Con la utilización de una presionometro se midió la presión (lb/cm²) en la pulpa en ambos costados para obtener un promedio de la presión por repetición en cada fecha de evaluación.

3.3.3 Porcentaje de materia seca

Se evaluó el porcentaje de materia seca de la totalidad de la planta (hojas, raíz, fruto, tallo). En el caso de los frutos se efectuó esta medición sobre dos frutos por repetición, en hojas, talló y raíz se extrajo 2 plantas por repetición. Para obtener el porcentaje de materia seca se pesó cada uno en estado fresco y luego se trozo para secarlo en una estufa digital de 240 litros marca Binder a 70°C hasta peso constante.

3.3.4 Análisis nutricional

Las muestras (tallo, hojas y raíz) luego de ser secadas fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Universidad de Talca, con el propósito de conocer su contenido nutricional al finalizar el ensayo.

3.4 Análisis estadístico

La totalidad de resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), el cual se realizó a través del programa Statgraphics Centurión XVI. II. Los resultados fueron sometidos a una separación de medias con la prueba de LSD el cual presenta una significancia de 5%, con el propósito de obtener las diferencias entre los tratamientos.

4.- DISCUSIÓN Y RESULTADOS

4.1 Fenología del desarrollo floral respecto a flores y frutos cuajados por racimo en tomate bajo manejo orgánico en invernadero.

El cuadro 11 muestra el número total de flores abiertas, polinizadas y frutos cuajados, el detalle por medición se puede apreciar en el anexo número 2.

Cuadro 11. Número total de flores abiertas, polinizadas y frutos cuajados por racimo para distintos tratamientos de diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica para cultivo de tomate orgánico en invernadero

	Racimo 1			Racimo 2			Racimo 3			Racimo 4			Racimo 5		
	total			total			total			total			total		
Tratamientos	F. abiertas	F. ponilizadas	Fr. cuajados	F. abiertas	F. ponilizadas	Fr. cuajados	F. abiertas	F. ponilizadas	Fr. cuajados	F. abiertas	F. ponilizadas	Fr. cuajados	F. abiertas	F. ponilizadas	Fr. cuajados
T1 Testigo	1,18 a	1,56 a	8,06 a	2,31 b	2,25 ab	4,56	0,60 a	3,16 a	5,68 b	0,25 b	3,68 a	4,49 b	0,00	4,31	5,56
T2 FOE (100%) + F.Tradicional	1,19 a	0,97 ab	6,93 b	2,25 b	1,22 b	4,43	0,30 ab	0,79 ab	5,72 b	0 b	1,83 b	10,35 a	0,00	3,38	6,81
T3 FOE (100%) + F.Extracto	0,62 b	1,18 a	7,87 ab	3,62 a	2,02 ab	5,12	0 b	0,08 b	8,74 a	0 b	2,18 ab	7,55 ab	0,00	3,31	5,81
T4 FOE (100%) + F.Biofertilizante	0,87ab	1,12 a	8,12 a	2,93 ab	2,16 ab	4,62	0,31 ab	0,68 ab	8,49 a	0,62 ab	1,62 b	6,99 ab	0,00	3,50	5,19
T5 FOE(70%) + F.Extracto	0,75 b	0,81 b	8,12 a	2,81 ab	1,87 b	4,9325	0,56 a	1,35 ab	8,99 a	2,25 a	3,06 a	6,87 ab	0,00	3,56	5,44
T6 FOE (70%) + F.Biofertilizante	1,37 a	0,81 b	8,12 a	3,02 ab	2,81 a	4,43	0,18 ab	0,62 ab	6,8 ab	0,5 ab	2,5 ab	7,31 a	0,94	2,63	4,94
Significancia	*	*	*	*	*	n.s	*	*	**	*	*	*	n.s	n.s	n.s

Significancia: Test estadístico LSD, ($p < 0,05$), (n.s): no significativo, (*): significativo

Heuvelink, (2005) señala que los frutos cuajados por racimo alcanzan valores de 3,3 a 5,5, además acentúa que la cuaja de los frutos está influenciada por la disponibilidad de

asimilados y a la relación fuente/sumidero en la planta. Estos valores son considerablemente coherentes a los resultados obtenidos en esta investigación, siendo resultados que varían debido a los cultivares y objetivos productivos.

(Peil y Galvez, 2012) señala que el crecimiento de frutos a partir del 5° racimo existe una mayor competencia por asimilados en la etapa de floración. Este proceso se ve reflejado en el cuadro 14 donde en el racimo 5 no existe una diferencia estadística entre los tratamientos. Lo que refleja que la fertilización del cultivar es un factor secundario y que la tasa fotosintética toma un factor principal en esta etapa.

4.2. Altura

En la **Figura 2**. Se puede observar la altura de las plantas de tomate “Besuto” bajo diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica. En dos fechas (09/02/2018) y (19/02/2018) se registraron diferencias significativas entre tratamientos donde en los tratamientos 4 y 5 se obtuvo la mayor altura estadísticamente respecto al tratamiento 1 y después de 10 días solo en el tratamiento 4 se mantuvo la diferencia estadística respecto al tratamiento 1. En febrero los valores oscilaron entre 84 cm y 160 cm. En marzo se efectuó una medición donde los valores oscilaron entre 165 cm y 178 cm.

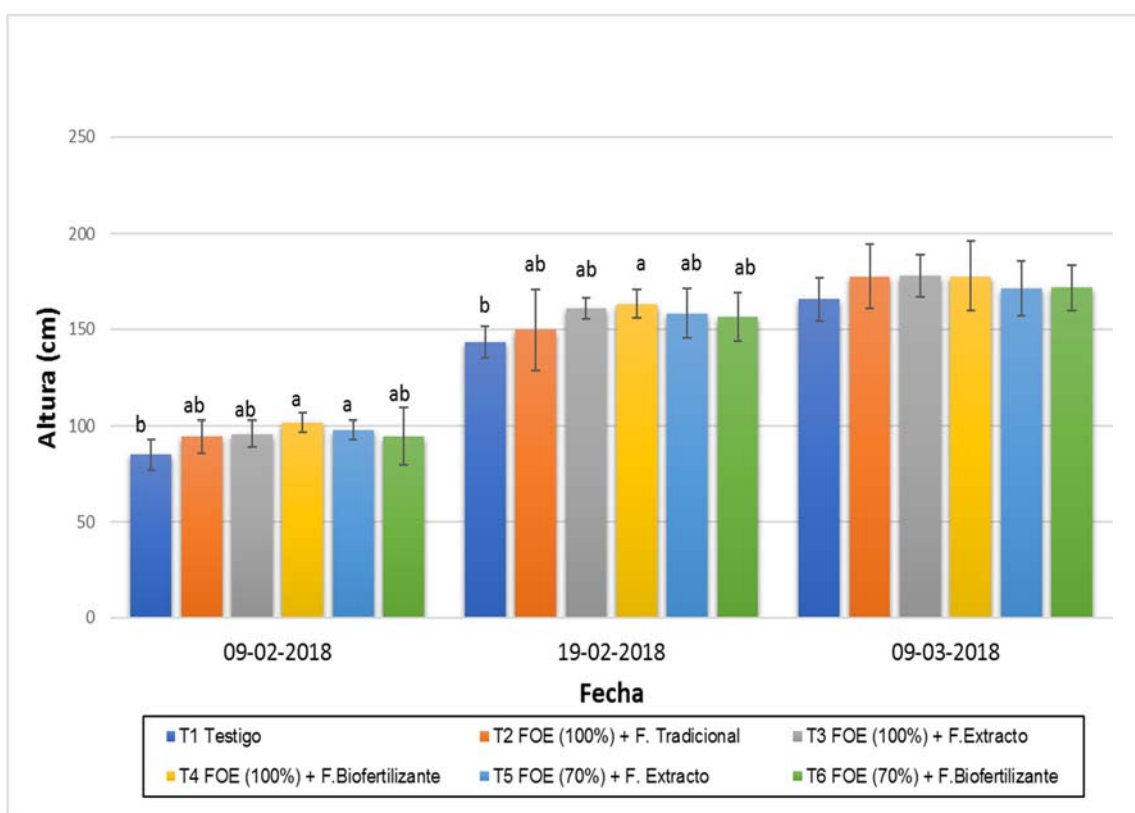


Figura 2. Altura de las plantas de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018
Medias seguidas de letras diferentes presentan diferencias estadísticas según la prueba de LSD (95%).

El leve incremento de la altura en las primeras etapas se debe al predominio de procesos de división celular activa, luego el aumento de tamaño fue drástico y se realizó a una velocidad constante, lo cual se debe a que la elongación celular aumenta. Por último, la planta entra en la fase de maduración y el incremento en el crecimiento vuelve a ser lento (Salisbury y Ross, 2000).

4.3 Contenido de clorofila

En la **Figura 3**. Se puede observar el contenido de clorofila en la hoja de las plantas de tomate cv. Besuto bajo diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica. En la fecha (09/03/2018) se registraron diferencias significativas entre tratamientos. Donde en los tratamientos 2 y 4 se obtuvo los valores más altos estadísticamente respecto a los tratamientos 1 y 6. En el mes de febrero se efectuaron 2 mediciones (09/02/2018 y el 19/02/2018) donde los valores oscilaron entre 53 Uspad y 57 Uspad. En marzo se efectuaron 2 mediciones (09/03/2018 y el 22/03/2018) donde los valores oscilaron entre 43 y 51 Uspad. Las últimas mediciones se realizaron en el mes de abril los valores de contenido de clorofila fueron los más bajos respecto a las fechas anteriores, oscilando entre 39 y 45 Uspad.

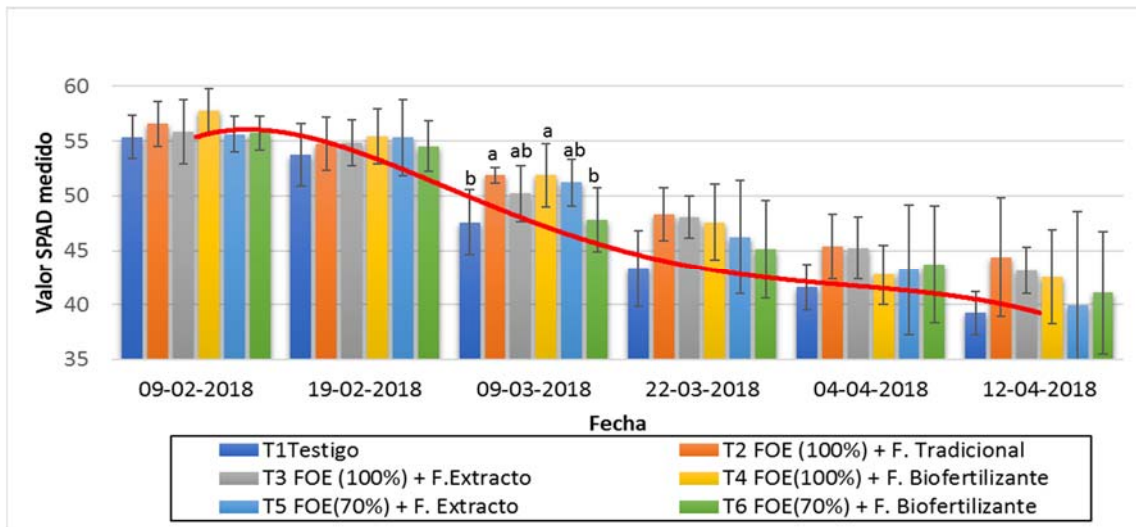


Figura 3. Contenido de clorofila de las plantas de tomate orgánico bajo invernadero cv Besuto, temporada 2017-2018

Medias seguidas de letras diferentes presentan diferencias estadísticas según la prueba de LSD (95%).

La cantidad de clorofila y de nitrógeno total determinados en leguminosas, gramíneas, frutales y hortalizas presentan una alta correlación con las unidades SPAD (Wood et al., 1992). Los valores SPAD se basan en el principio de que parte de la luz que llega a la hoja es absorbida por la clorofila y el resto que se refleja entra en contacto con la celda detectora del SPAD-502 y es convertida en una señal eléctrica. La cantidad de luz captada por la celda es inversamente proporcional a la cantidad de luz utilizada por la clorofila, la señal es procesada, y la absorbancia es cuantificada en valores dimensionales que van de 0 a 199, por lo que las unidades SPAD serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas (Krugh *et al.*, 1994)

Bennett (1993)m refiere que conforme transcurren los días después del trasplante y se desarrolla la planta de tomate, el contenido de nitrógeno en las hojas disminuye para incrementarse en la planta completa y en el fruto. Su investigación arrojó valores de 46 Uspad a los 90 días después del trasplante. Otra investigación que se realizó en la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo en Chapingo, México, registró valores de 56 Uspad a los 45 días después de trasplante, 49 Uspad a los 60 días después de trasplante y 44 Uspad a los 90 días después de trasplante en tomate (De las nieves *et al.* 1998) Estando bastante cerca de los valores obtenidos en este estudio, ya que a los 45 días después de trasplante se obtuvo 57 Uspad promedio y a los 90 días después de trasplante el valor disminuyó a 43 Uspad promedio. Lo anterior hace referencia que las Uspad obtenidas en el ensayo fueron óptimas, siguiendo la tendencia de disminuir al ir transcurriendo los días después del trasplante.

4.4. Contenido de materia seca y nutrientes en la planta al término del cultivo

En la **Figura 4**. Se puede observar el contenido de Materia Seca (%) de los frutos de tomate “Besuto” bajo diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica. En una de las fechas (03/04/2018) se registraron diferencias significativas entre tratamientos, donde en los tratamientos 2,4 y 5 se obtuvo los valores más altos estadísticamente respecto al tratamiento 1. En el mes de marzo se efectuó una medición (05/03/2018), donde los valores oscilaron entre 4,9 %Ms y 5,1 %%Ms. En abril los valores se movieron entre 5%Ms y 6,2%Ms.

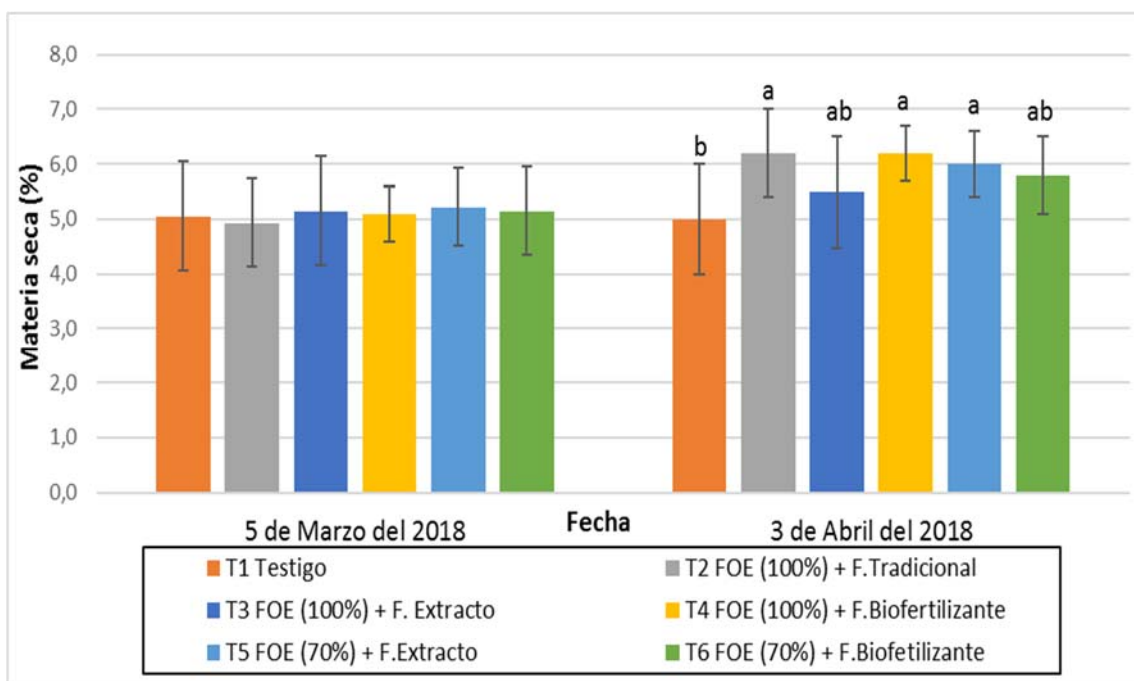


Figura 4. Contenido de materia seca de los frutos de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018.

Medias seguidas de letras diferentes presentan diferencias estadísticas según la prueba de LSD

En la **Figura 5**. Se puede observar el contenido de materia seca de hojas, tallo y raíz de tomate “Besuto” bajo diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica. Solamente en raíz se registraron diferencias significativas entre tratamientos, donde en el tratamiento 6 se obtuvo los valores más altos estadísticamente respecto a los tratamientos 2, 3 y 5. En hojas los valores oscilaron entre 12,9 %Ms y 14,4 %Ms. En tallo los valores oscilaron entre 15,6 %Ms y 18,2 %Ms, en raíz se registraron los valores más altos oscilando entre 20,8 %Ms y 23,7 %Ms.

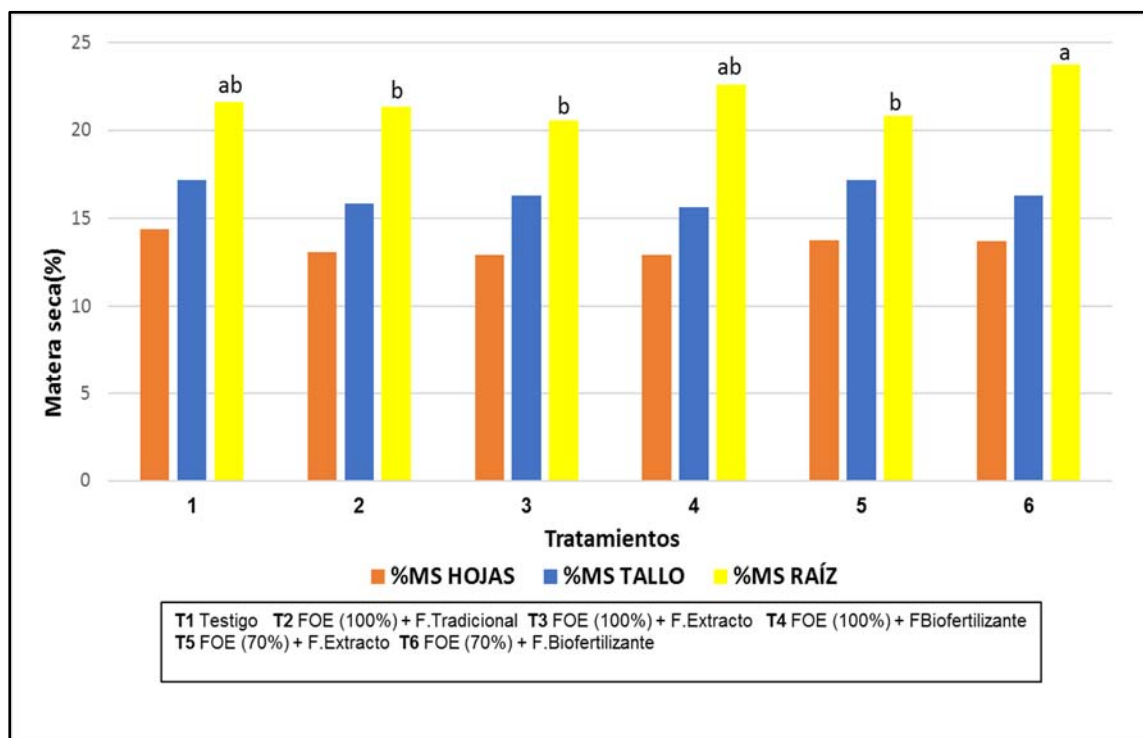


Figura 5. Contenido de materia seca de hojas, tallo y raíz al finalizar el ensayo de las plantas de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018.

*Medias seguidas de letras diferentes presentan diferencias estadísticas según la prueba de LSD (95%).

La distribución de la materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo, ya que el rendimiento de éste viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha (Peil y Galvez, 2012). Heuvelink (2005), informa que la producción de materia seca total y la partición dentro de la planta de tomate pueden diferir considerablemente. Casierra *et al.* (2007) señalan que la distribución de materia seca durante el desarrollo de un cultivo puede cambiar debido a la capacidad de sumidero de un órgano individual, así como a las alteraciones en el número de sumidero que crecen en la planta.

Peil y Galvez (2012), señalan que el tomate como cultivo de fruto, luego de la primera fase de crecimiento vegetativo, los frutos inician su desarrollo, pasando a ser recolectados continuamente durante un largo periodo, en donde los restantes órganos de la planta continúan su crecimiento, de manera que los frutos constituyen los principales órganos sumideros que compiten entre ellos y con los órganos vegetativos por los asimilados disponibles.

El contenido nutricional de los órganos de la planta de tomate, ilustrados en el cuadro 12, mostró diferencia significativa para N Dumas y NO_3 en tallo, fluctuando entre 1 y 1,2 % de N Dumas y entre 198 y 394 ppm de NO_3 , donde en los tratamientos 2,3 y 6 se obtuvieron los valores más altos estadísticamente. En hojas mostró diferencia significativa para NO_3 y NH_4 , oscilando entre 284 y 684 ppm para NO_3 y entre 181 y 294 ppm de NH_4 , donde en los tratamientos 2 y 3 se registraron los valores más altos estadísticamente para nitrato y amonio respectivamente. En las raíces mostró diferencia significativa para N Dumas y NH_4 , oscilando entre 1,7 y 2 % de N Dumas y entre 37 y 67 ppm de NH_4 .

Cuadro 12. Contenido nutricional de la planta de tomate al finalizar el cultivo, temporada verano – otoño.

Tratamientos	Tallo			Hojas			Raíz		
	N DUMAS (%)	N-N03 (ppm)	N-NH4 (ppm)	N DUMAS (%)	N-N03 (ppm)	N-NH4 (ppm)	N DUMAS (%)	N-N03 (ppm)	N-NH4 (ppm)
T1 Testigo	1,03 b	236 ab	49,7	1,7	346 ab	220 ab	1,7 b	283,5	66,7 ab
T2 FOE (100%) + F.Tradicional	1,23 a	198 b	49,0	2,0	583,7 a	223,7 ab	2,0 a	400,2	46 ab
T3 FOE (100%) + F.Extracto	1,21 a	251 ab	62,5	2,2	284,7 b	294,7 a	1,9 ab	383,2	41 b
T4 FOE (100%) + F.Biofertilizante	1,12 ab	242 b	56,0	1,9	289,7 b	184,7 b	2,0 ab	356,2	40 b
T5 FOE (70%) + F.Extracto	1,12 ab	142 ab	56,0	1,9	684 a	223 ab	1,8 ab	426,8	37 b
T6 FOE (70%) + F.Biofertilizante	1,10 ab	394 a	52,7	1,8	496,7 ab	181,2 b	1,9 ab	432,3	67,5a
Significancia	*	*	n.s	n.s	*	*	*	n.s	*

Fuente: Elaboración propia (Valores obtenidos del análisis foliar, realizado en el Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyC).

Significancia: Test estadístico LSD, ($p < 0,05$), (n.s): no significativo, (*): significativo.

4.5 Rendimiento comercial y no comercial del cultivo de tomate

El cuadro 13 muestra el rendimiento comercial, rendimiento total y el rendimiento hasta el tercer racimo productivo (kg/ha) para cada uno de los tratamientos. En él se aprecia que al utilizar una fertilización orgánica estándar junto a la fertirrigación del extracto de humus se obtuvo los valores más altos estadísticamente en rendimiento comercial y rendimiento comercial hasta el tercer racimo. En descarte en el tratamiento 4 se obtuvieron los valores más altos estadísticamente respecto al tratamiento 3.

Cuadro 13. Distribución del rendimiento comercial, total y precocidad del rendimiento comercial hasta el tercer racimo (kg/ha), para distintos tratamientos de diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica para cultivo de tomate orgánico bajo invernadero “Besuto”, temporada 2017-2018

Tratamientos	Rdto Comercial (kg/ha)	Descarte (kg/ha)	Rdto Total. (kg/ha)	Porcentaje Rdto Comercial. Racimo 1°,2° y 3° (kg/ha)	Porcentaje Rdto Comercial. Racimo 1°,2° y 3° (%)
T1 Testigo	151.985 b	7673 ab	159.658 b	104.869 b	69
T2 FOE (100%) + F.Tradicional	194.084 ab	6253,5 ab	200.338 a	118.391ab	61
T3 FOE (100%) + F.Extracto	214.717 a	2971,75 b	217.689 a	143.860 a	67
T4 FOE (100%) + F.Biofertilizante	209.601 a	8424,05 a	218.026 a	125.760 ab	60
T5 FOE (70%) + F.Extracto	180.370 ab	8081,25 ab	188.452 ab	110.025 b	61
T6 FOE (70%) + F.Biofertilizante	198.498 a	4465,75 ab	202.964 a	123.068 ab	62
Significancia	*	*	*	*	n.s

Significancia: Test estadístico LSD, ($p < 0,05$), (n.s): no significativo, (*): significativo

El cuadro 14 muestra el rendimiento de las categorías extra y primera en (kg/ha) para cada uno de los tratamientos. En el se aprecia que en la categoría extra se obtuvieron los valores mas altos estadísticamente en el tratamiento 2 respecto al tratamiento testigo. En la categoría primera la fertilización organica estandar más el biofertilizane correspondiente al tratamiento 4 arrojó los valores mas altos estadísticamente, diferente a los tratamientos 1,2 y 5.

Cuadro 14. Distribución del rendimiento en las categorías extra y primera (kg/ha) para distintos tratamientos de diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica para cultivo de tomate orgánico en invernadero

Tratamientos	Extra (Kg/ha)	Primera (Kg/ha)	Relación Extra/Primera
T1 Testigo	48.549 b	80.294 bc	0,6 b
T2 FOE (100%) + F.Tradicional	114.077 a	74.272 c	1,53 a
T3 FOE (100%) + F.Extracto	99.889 a	100.656 ab	1,0 ab
T4 FOE (100%) + F.Biofertilizante	88.428 ab	106.936 a	0,82 b
T5 FOE(70%) + F.Extracto	85.725 ab	77.255 bc	1,1 ab
T6 FOE (70%) + F.Biofertilizante	97.966 a	86.483 abc	1,13ab
Significancia	*	*	*

Significancia: Test estadístico LSD, ($p < 0,05$), (n.s): no significativo, (*): significativo

Allende *et al.*, (2017), afirman que un rendimiento normal de tomate en invernadero debería ser de 140 t / ha y un rendimiento ideal debería superar las 150 t / ha. Esto al compararlo con los rendimientos que se obtuvo en esta investigación se supera el rendimiento ideal descrito por el autor.

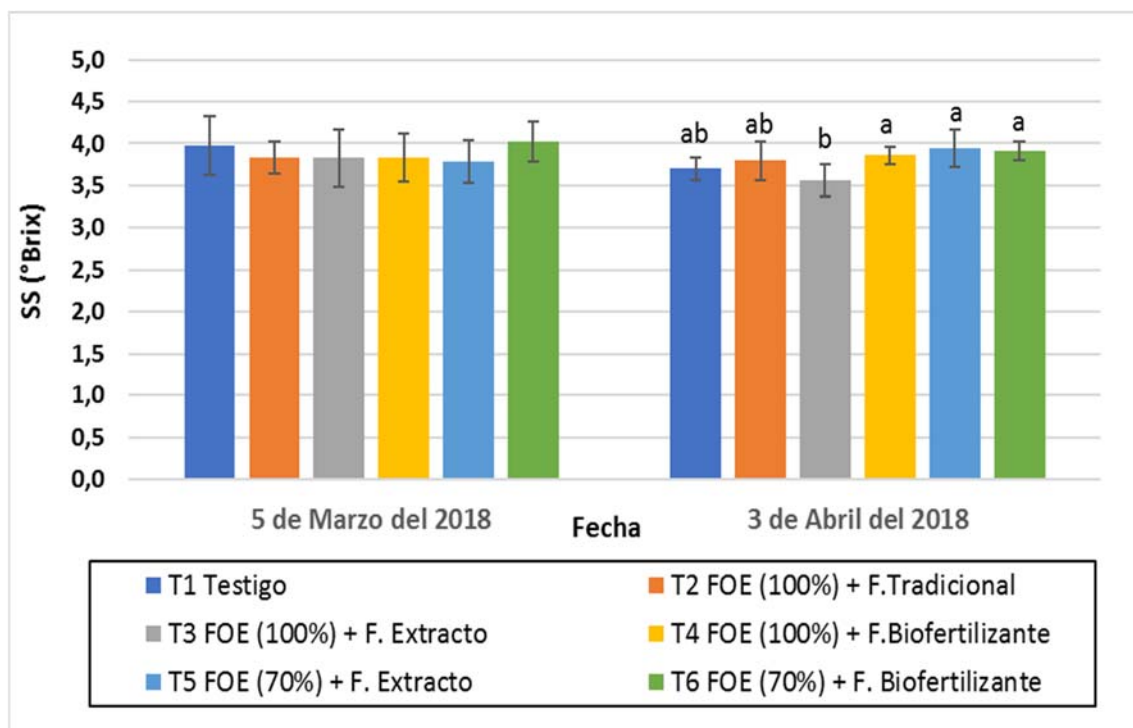
Pino (2003), realizó un ensayo utilizando un biofertilizante en invernadero en el cultivo de tomate, donde obtuvo un rendimiento en la categoría primera (48,4 a 51,3 t/ha). Por lo que los rendimientos obtenidos en esta investigación en la categoría primera fueron buenos teniendo en cuenta que oscilaron entre 82 t/ha y 109 t/ha. Allende *et al.*, (2017), reporta rendimientos de aproximadamente 120 t/ha en la producción de tomate dentro de invernaderos de bajas tecnologías, de 200 a 250 t/ha en los de rangos de tecnología media, y hasta 600 t/ha en los de alta tecnología. En relación con el grado de tecnología del invernadero utilizado en el ensayo corresponde a un invernadero de baja tecnología. Por lo que los rendimientos obtenidos se consideran óptimos teniendo en cuenta el grado de tecnología del invernadero utilizado.

4.6 Calidad de los frutos de tomate respecto de sólidos solubles y presión al momento de cosecha

4.6.1 Evaluación de sólidos solubles.

En la **Figura 6**. Se puede observar la concentración de Sólidos solubles de los frutos de tomate “Besuto” bajo diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica. En una de las fechas (03/04/2018) se registraron diferencias significativas entre tratamientos, donde en los tratamientos 4,5 y 6 se obtuvieron los valores más altos estadísticamente respecto al tratamiento 3. En el mes de marzo se efectuó una medición (05/03/2018), donde los valores oscilaron entre 3,7 °Brix y 4° Brix. En abril los valores oscilaron entre 3,5 °Brix y 3,9 °Brix.

Figura 6. Concentración de sólidos solubles de los frutos de tomate orgánico bajo invernadero



cv. Besuto, temporada 2017-2018.

Medias seguidas de letras diferentes presentan diferencias estadísticas según la prueba de LSD (95%).

La cantidad de sólidos solubles en los frutos en ambas fechas de medición son similares, por lo que en el índice de cosecha utilizado fue homogéneo para todos los tratamientos. En tomate es relevante la cantidad de azúcares al momento de cosechar, la cual se mide en grados Brix, que representan el porcentaje de sólidos solubles concentrados en el fruto (Hernández y Sánchez, 2010).

Alarcón (2013) realizó un ensayo de tomate orgánico con cv. Vyta, donde obtuvo valores de sólidos solubles de 4,0 °Brix y 5,5 °Brix. Fánor *et al.*, (2008) realizaron un ensayo con 3 híbridos de tomate: Sofía, Marimba y Bravona, donde obtuvieron valores de sólidos solubles entre 3,5°Brix y 5,5°Brix. Los valores encontrados en esta investigación fueron similares a los encontrados por los autores.

4.6.2. Evaluación de la presión de los frutos.

En la **Figura 7**. Se puede observar la presión de los frutos de tomate “Besuto” bajo diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica. En ambas fechas de medición se registraron diferencias significativas entre tratamientos. En el mes de marzo se efectuó una medición (05/03/2018), donde los valores oscilaron entre 7 lb y 8,8 lb existiendo diferencia estadística entre los tratamientos 3 y 2. En abril se efectuó una medición (03/04/2018) donde los valores oscilaron entre 8,3 lb y 10,5 lb, y la diferencia estadística se dio por parte del tratamiento 1 respecto al tratamiento 2.

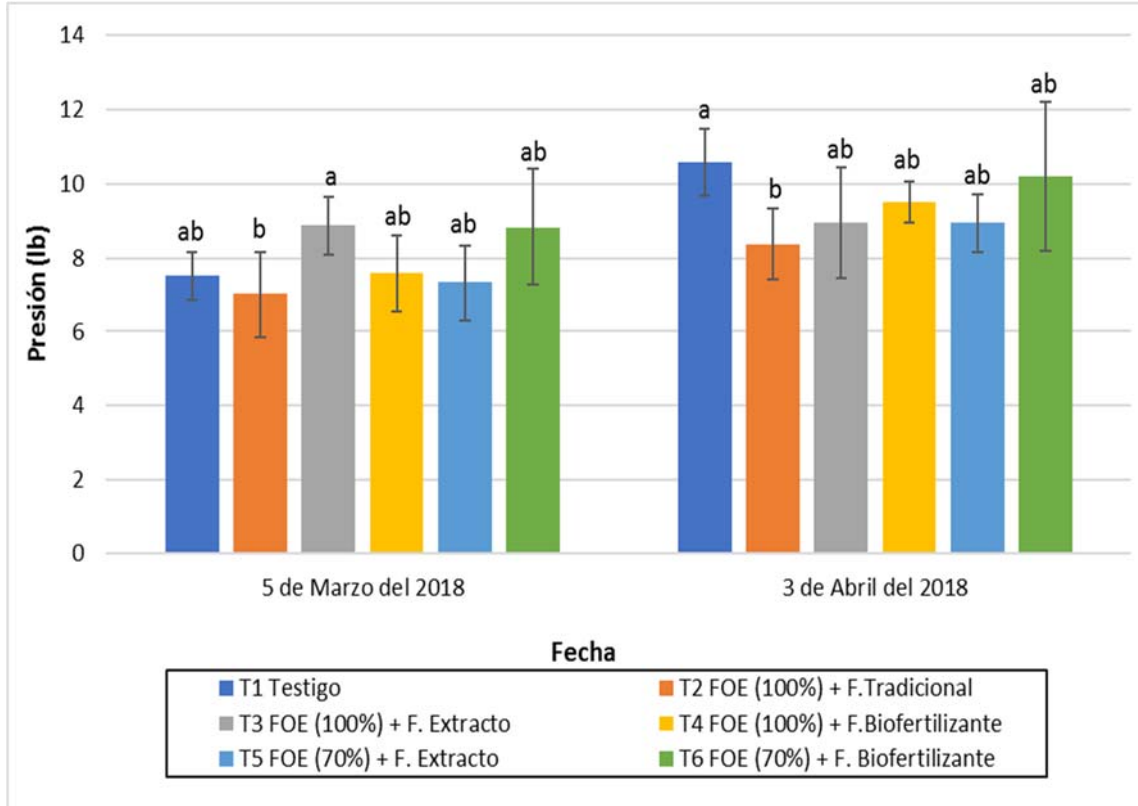


Figura 7. Presión de los frutos de tomate orgánico bajo invernadero cv. Besuto, temporada 2017-2018.

Medias seguidas de letras diferentes presentan diferencias estadísticas según la prueba de LSD (95%).

Los frutos de tomate están compuestos predominantemente por células de parénquima y microfibrillas de células suspendidas en una matriz de glicoproteínas, agua, pectina y polisacáridos de hemicelulosa (Labavitch et al. 2015). Estos compuestos les confieren consistencia a los tejidos y con ellos adquieren una mayor resistencia al penetrómetro.

Casierra et al. (2008) realizaron un ensayo de 3 híbridos de tomate Sofía, Marimba y Bravona, donde obtuvieron valores de presión de 8 lb y 10 lb. Pino (2003) realizó un ensayo con utilización de biofertilizantes en invernadero en el cultivo de tomate, donde obtuvo valores de presión de 7 lb a 9 lb, esto implica que los valores obtenidos en esta investigación son óptimos incluso superiores a los registrados por los autores.

5.CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se deducen las siguientes conclusiones.

Respecto al desarrollo floral por racimo, se encontró diferencia estadística entre tratamientos, sin embargo, no hubo un tratamiento que mostrara una tendencia respecto al numero de flores y frutos cuajados.

En relación con la altura de la planta se encontró diferencia entre los tratamientos donde el T4 (FOE (100%) + F. Biofertilizante) se destacó respecto al testigo.

Sobre el contenido de clorofila, no hubo una clara diferencia entre los tratamientos, sin embargo, existió la tendencia de la disminución de esta variable en el tiempo.

El contenido de materia seca en los órganos de la planta, mostro diferencia estadística para la raíz y frutos, aunque no hubo un tratamiento que se destacara para los dos órganos.

En la evaluación de rendimiento total y comercial, el T4 (FOE (100%) + F. Biofertilizante) y T3 (FOE (100%) + F. Extracto) se diferenciaron estadísticamente respecto al testigo. Alcanzando rendimientos de 218.026 kg/ha y 214.717 kg/ha respectivamente.

La precocidad del rendimiento comercial hasta el tercer racimo productivo obtuvo su valor mas alto en el T3 (FOE (100%) + F. Extracto), diferenciándose estadísticamente del testigo, con una precocidad productiva de 146.860 kg/ha. Lo que representa un 67% del rendimiento comercial del tratamiento.

La distribución del rendimiento comercial, según categorías extra y primera, presentó diferencia estadística entre los tratamientos. Donde los tratamientos T3 y T4 se diferenciaron respecto al testigo.

La calidad de los frutos de tomate medida a través de la concentración de solidos solubles (°Brix) y presión del fruto. Mostro diferencia estadística entre los tratamientos, sin embargo, no existió una tendencia relevante de un tratamiento.

6. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Adani F, Genevini P, Zaccheo P, Zocchi G. (1998) The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *J Plant Nutr. California, United States.* 21(3): 561-75.

Ahn, I.-P., Lee, S.-W., & Suh, S.-C. (2007). Rhizobacteria-Induced Priming in *Arabidopsis* Is Dependent on Ethylene, Jasmonic Acid, and *NPR1*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 20(7), 759–768. <https://doi.org/10.1094/MPMI-20-7-0759>

Alarcon, A. (2003). Redalyc. ¿Por qué las bacterias se hacen resistentes a la acción de los antibióticos?, 48–56.

Alarcón, A. Z. (2013). Calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. <https://doi.org/10.1016/B978-159749199-0/00011-3>

Allende, M., Salinas, L., Rodríguez, F., Olivares, N., Riquelme, J., Antúñez, A., ... Felmer, S. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. *Boletín INIA*, (12), 112. <https://doi.org/10.1021/ic900425r>

All-Taweil, H. I.; Osman, M. B.; Hamid, A.A. and Yusoff, W. M. W. 2009. Development of microbial inoculants and the impact of soil application on rice seedlings growth. *Am. J. Agric. Biol. Sc.* 4:79-82.

Bachman, G.R. and Metzger, J.D. 2007. Physical and chemical characteristics of a commercial potting substrate amended with vermicompost produced from two different manure sources. *HortTechnology* 17: 336-34.

Bennett, W. F. (1993). *Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants*. APS Press. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DO2003100237>

Benzing, A. (2001). *Agricultura orgánica: fundamentos para la región andina*. Neckar-Verlag. Retrieved from https://books.google.cl/books/about/Agricultura_organica.html?id=gAqOAAAACAAJ&redir_esc

Bellon, S. and Penvern, S. 2014. Organic Farming, Prototype for Sustainable Agricultures. Springer. 489 p.

Berger, B., Ruppel, S., & Crops, O. (2017). The plant growth-promoting bacterium *Kosakonia radicincitans* improves fruit yield and quality of *Solanum lycopersicum*

Beatrice Berger , a * Susanne Baldermann a , b and Silke Ruppel a, (April). <https://doi.org/10.1002/jsfa.8357>

Bloemberg, G.V. and Lugtenberg, B.J.J. 2001. Molecular basis of plant growth and biocontrol by rhizobacteria. *Current Opinion in Plant Biology* 4: 343-350.

Bruinsma, Jelle (Ed.). 2003. World agriculture: Towards 2015/2030 an FAO perspective. FAO, Rome. 432 p.

Casierra, F., & Aguilar, Ó. E. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal.*, 26(2), 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2005.03.022>

Casierra, F., Cardozo, M., & Cárdenas, J. (2007). Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 299–305. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180320296012.pdf>

Codex Alimentarius (2007). Alimentos Producidos Orgánicamente. Recuperado el 16 de noviembre de 2018, disponible en: <ftp://ftp.fao.org/>

Cook, R. 2002. Advances in plant health management in the twentieth century. *Ann. Rev. Phytopathol.* 38: 95–116P.

CORFO/CIREN. 1997. Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) Actualización y Homogeneización de los Estudios de Suelos de la VII Región, 24.

CORFO. 1986. Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). Monografías hortícolas. Tomate, arveja, brócoli, zanahoria. Santiago, Chile. 99p.

De las nieves, M., Mendoza, N. R., Alcántar González, G., Santelises, A. A., Etchevers Barra, J. D., Santizó, J. A., & Resumen, R. (1998). ESTIMACION DE LA CONCENTRACION DE NITROGENO Y CLOROFILA EN TOMATE MEDIANTE UN MEDIDOR PORTATIL DE CLOROFILA. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316204.pdf>

Díaz P, Ferrera-Cerrato R., Almaraz-Suárez J. & Alcántara G. 2001. Inoculation of Plant Growth-promoting Bacteria in Lettuce. *Terra*. 19: 327- 333.

Domínguez, J. 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. pp. 401-424. In: C.A. Edwards (Ed). *Earthworm ecology*. 2nd ed. CRC Press, Florida, United States. 441 p.

Flaño, A. 2013. Situación del tomate para consumo fresco. Oficina de estudios y políticas agrarias. Talca, Chile. 11p. Recuperado en: <http://www.odepa.cl/odepaweb/publicaciones/doc/11729.pdf>.

Flores, A. 2007. Efecto de Frecuencia de podas en dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var *cicla* L.). En ambientes protegido. Tesis de Grado. La Paz Bolivia 100p

Glick, B. R. (2014). Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world &. *Microbiological Research*, 169(1), 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.09.009>

Gutierrez-Manero, F. J., Ramos-Solano, B., Probanza, A. n, Mehouchi, J., R. Tadeo, F., & Talon, M. (2001). The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiologia Plantarum*, 111(2), 206–211. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2001.1110211.x>

Gray, E., y Smith, L. (2005) Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant- bacterium signalling processes. *Soil Biol. Biochem*. 37: 395–412p.

Gonzalez, P. (1984). Aproximaciones al Conocimiento Climático de Talca (1976-1983)". Talca: IV Trimestre 1984.

Heuvelink, E. (2005). Introduction: the tomato crop and industry. In *Tomatoes* (pp. 1–19). Wallingford: CABI. <https://doi.org/10.1079/9780851993966.0001>

Hernández, A., & Sánchez de Medina Contreras, F. (2010). *Tratado de nutrición*. Médica-Panamericana. Retrieved from <https://books.google.cl/books?id=hcwBJ0FNvqYC&pg=PT179&dq=que+son+los+grados+>

brix&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjJhdSBxt7fAhXCHJAKHW_HCXYQ6AEINDAC#v=onepage&q=que son los grados brix&f=false

Hidalgo, P.R. and Harkess, R.L. 2002. Earthworm castings as a substrate amendment for chrysanthemum production. *HortScience* 37(7): 1035-1039.

INE. 2008. Instituto Nacional de Estadística (INE) Importancia económica del rubro hortícola. Santiago, Chile. 10p.

FOAM, 2005. International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) H. Willer, M. Yussefi (Eds.), *The World of Organic Agriculture—Statistics and Emerging Trends*, IFOAM, Germany (2004), p. 167

IFOAM (2009). International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) IFOAM's Organic Guarantee System. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, del sitio web de http://www.ifoam.org/about_ifoam/standards/pdfs/OGS_Brochure.pdf

IFOAM, 2012. International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) the ifoam norms for organic production and processing. Recuperado el 25 de noviembre de 2018, del sitio web https://www.ifoam.bio/sites/default/files/page/files/ifoam_norms_version_august_2012_wit_h_cover.pdf.

IFOAM, y FIBL. 2019. International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). *The World of Organic Agriculture The World of Organic Agriculture*. <http://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2019.html>

Jaramillo, J., V. P. Rodríguez, M. Guzmán, M. Zapata, y T. Rengifo. 2007. Manual técnico de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) Bajo condiciones protegidas en la producción de tomate. Medellín. Colombia. 331p.

Jenkins, J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economy Botany*.2: 379-392pp.

Jha, C.K., Aeron, A., Patel, B.V., Maheshwari, D.K. and Saraf, M. 2011. (2011). *Role of Pseudomonas aurantiaca in Crop Improvement*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20332-9>

Koechlin, F. (2008). Genetic Engineering vs Organic Farming. The facts and the fiction. IFOAM. Recuperado el 21 de noviembre de 2018, del sitio web de http://www.ifoam.org/pdfs/GMO_brochure_web.pdf

Krugh, B., Bickham, L., & Miles, D. (1994). The solid-state chlorophyll meter: a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. *Maize Genetics Cooperation Newsletter*, 68, 25–27. Retrieved from <https://eurekamag.com/research/002/528/002528901.php>

Labavitch, J. M., Powell, A. L. T., Greve, L. C., Blanco-Ulate, B., Cantu, D., & Vicente, A. R. (2015). CELL WALL METABOLISM: THE YIN AND YANG OF FRUIT POSTHARVEST BIOLOGY. *Acta Horticulturae*, (1079), 27–40. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1079.1>

Labra, E., Astudillo, O., & Diaz, I. (2007). *Agricultura Orgánica: Produccion Organica de Uvas para la Elaboración de Vino*.

Lavenus, J., Goh, T., Roberts, I., Guyomarc'h, S., Lucas, M., De Smet, I., ... Laplaze, L. (2013). Lateral root development in Arabidopsis: fifty shades of auxin. *Trends in Plant Science*, 18(8), 450–458. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.04.006>

Leibfried, A., To, J. P. C., Busch, W., Stehling, S., Kehle, A., Demar, M., ... Lohmann, J. U. (2005). WUSCHEL controls meristem function by direct regulation of cytokinin-inducible response regulators. *Nature*, 438(7071), 1172–1175. <https://doi.org/10.1038/nature04270>

Maroto, J. 1995. *Horticultura Herbácea Especial*. Cuarta Edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 611 p.

Martínez, O. 1995. *Clasificación del humus según su origen*. Segunda Edición. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 23p

Martínez, P. 2003. *Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero*. Primera Edición, Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 5p.

Mayak, S., Tirosh, T., & Glick, B. R. (1999). Effect of wild-type and mutant plant growth-promoting rhizobacteria on the rooting of mung bean cuttings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 18(2), 49–53. <https://doi.org/10.1007/PL00007047>

Méndez, M. and S. Viteri 2007. Alternativas de biofertilización para la producción sostenible de cebolla de bulbo (*Allium cepa*) en Cucaita, Boyacá. *Agron. Colomb.* 25(1), 168-175.

Oberson, A., Frossard, E., Bühlmann, C., Mayer, J., Mäder, P., & Lüscher, A. (2013). Nitrogen fixation and transfer in grass-clover leys under organic and conventional cropping systems. *Plant and Soil*, 371(1–2), 237–255. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1666-4>

Oda, S., & Jos, V. (2000). *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. *FEMS Microbiology Reviews*, 24(4), 487–506. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6976.2000.tb00552.x>

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2007). Estudio del mercado nacional de agricultura organica, 176.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2014. Boletín estadístico de hortalizas y tuberculos: superficie, precios y comercio exterior. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl>. Fecha de consulta 12 noviembre 2018.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2018. Boletín de hortalizas frescas. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl>. Fecha de consulta 16 noviembre 2018.

Pan B., Bai Y., Leibovitch S. & Smith D. 1999. Plant-growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short-growing-season area. *European Journal of Agronomy*. 11: 179-186.

Palomo, I., Moore-Carrasco, R., Carrasco, G., Villalobos, P., & Guzmán, L. (2010). El Consumo De Tomates Previene El Desarrollo De Enfermedades Cardiovasculares Y Cáncer: Antecedentes Epidemiológicos Y Mecanismos De Acción. *Idesia (Arica)*, 28(3), 121–129. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292010000300016>

Peil, R y Galvez, J. (2012). REPARTO DE MATERIA SECA COMO FACTOR DETERMINANTE DE LA PRODUCCIÓN DE LAS HORTALIZAS DE FRUTO CULTIVADAS EN INVERNADERO. *Current Agricultural Science and Technology*, 11(1). <https://doi.org/10.18539/cast.v11i1.1171>

Persello, F., David, P., Sarrobert, C., Thibaud, M.-C., Achouak, W., Robaglia, C., & Nussaume, L. (2001). Utilization of mutants to analyze the interaction between *Arabidopsis thaliana* and its naturally root-associated *Pseudomonas*. *Planta*, 212(2), 190–198. <https://doi.org/10.1007/s004250000384>

Pino Riffo, S. J. (2003). EMPLEO DE BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.), BAJO MANEJO ORGANICO EN INVERNADERO. Retrieved from <http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/931/1/SPinoR.pdf>

Puerta,G y Rodríguez,F. (2010). La familia Enterobacterias constituida por gram negativas, 10(51).

Quesada, F y Hernández, F. 2012. "FERTIRRIEGO EN EL RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS DE TOMATE PRODUCIDOS EN INVERNADERO." AGRONOMÍA MESOAMERICANA 23(1): 117–28. http://www.mag.go.cr/rev_meso/v23n01_117.pdf (

Ranjitha Kumari, P. M. (2015). A Critical Review on Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 06(04), 4–7. <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000266>

Recabarren, P. E. (2017). Agricultura orgánica : agosto de 2017.

Restrepo, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA), San José, Costa Rica.

Rick, C. 1995. Tomato –*Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). In Smartt, J. and N. Simmonds (Eds) Evolution of crop Plants. Logman Scientific & Technical. London. 452- 457 pp.

Rodríguez, J. 2001. La Fertilización de los cultivos. Ediciones LOM. Santiago, Chile. 117 p.

Rodríguez, R.; Tabarez, J.M. y Medina, J.A. 1984. El cultivo moderno del tomate. Primera Edición, Mundi-Prensa, Madrid, España. 552p.

Ruiz, J.J.; Arancha, A.; García-Martínez, S.; Valero, M.; Blasco, P. and Ruiz-Bevia, F. 2005. Quantitative analysis of flavour volátiles detects differences among closely related traditional cultivars of tomato. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85: 54-60.

SAG. 2017. Servicio Agrícola Ganadero (SAG) "DATOS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA TEMPORADA 2017 Superficie Certificada Orgánica Total Por Región (Septiembre 2017)." (septiembre). www.sag.cl (27 noviembre,2018).

Salisbury, F y Ross, C. 2000. Fisiología de Las Plantas. International Thomson. <https://www.casadellibro.com/libro-fisiologia-de-las-plantas/9788428327305/729407>.

Seminis. (2017). Boletín comercial cultivar .Besuto.

Serrano, C. (1996). *Veinte cultivos de hortalizas en invernadero*. Z. Serrano Cermeño. Retrieved from <http://zoiloserrano.com/?product=veinte-cultivos-de-hortalizas-en-invernadero>

Sellés, G. 2015. Horticultura. Instituto de Investigación Agropecuaria. Talca, Chile. 2p. Recuperado en: <http://www.inia.cl/investigacion-y-desarrollo/programas-nacionales-de-investigacion/horticultura>.

Shu, K., Liu, X., Xie, Q., & He, Z. (2016). Two Faces of One Seed: Hormonal Regulation of Dormancy and Germination. *Molecular Plant*, 9(1), 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.08.010>

Tamm, L. 2009. QLIF subproject 3: Crop production systems. Quality Low Input Food. 4p.

Tapia, F., Ardiles, S., & Sepúlveda, F. (2010). *Beneficios de la materia orgánica en los suelos*. Retrieved from http://platina.inia.cl/ururi/docs/Informativo_INIA-URURI_23.pdf

Turino, M. (2017). *Microbiología do solo*, 91, 399–404.

Urrutia, G. 2000. Tomate para consumo fresco: mercado y perspectivas agroeconómica, Primera Edición, Santiago, Chile 54: 50-54.

Wong, W. S., Tan, S. N., Ge, L., Chen, X., & Yong, J. W. H. (2015). The Importance of Phytohormones and Microbes in Biofertilizers (pp. 105–158). https://doi.org/10.1007/978-3-319-24654-3_6

Wood, C. W., Tracy, P. W., Reeves, D. W., & Edmisten, K. L. (1992). Determination of cotton nitrogen status with a handheld chlorophyll meter. *Journal of Plant Nutrition*, 15(9), 1435–1448. <https://doi.org/10.1080/01904169209364409>

7.Anexos.

Anexo 1

Índice de cosecha: Escala de colores



Anexo 2

Evaluación de precocidad respecto a flores y frutos cuajados por racimo en tomate bajo manejo orgánico en invernadero.

Numero de flores abiertas, polinizadas y frutos cuajados por racimo para distintos tratamientos de diferentes niveles y fuentes de fertilización orgánica para cultivo de tomate orgánico en invernadero

	Racimo 1			Racimo 2			Racimo 3			Racimo 4			Racimo 5		
	09-02-2018			09-02-2018			19-02-2018			09-03-2018			22-03-2018		
Tratamientos	F. abierta	F. poniliza	Fr. cuajad	F. abiert	F. ponilizada	Fr. cuajad	F. abiert	F. poniliza	Fr. cuajad	F. abierta	F. poniliza	Fr. cuajad	F. abierta	F. poniliza	Fr. cuajado
T1 Testigo	1,06	1,44	2,81	1,93 b	1,93 ab	0,31 a	0,41 a	1,9 a	3,56 ab	0,25 ab	1,69	2,12	0 b	2,56a	2,75
T2 FOE (100%) + F.Tradicional	1,19	0,81	2,88	2,25 ab	1,16 b	0 b	0,22 ab	0,33 b	2,87 b	0 b	0,73	4,85	0 b	2,04 ab	3,00
T3 FOE (100%) + F.Extracto	0,63	1,19	3,00	3,31 a	1,64 ab	0 b	0 b	0,87 b	4,12 ab	0 b	0,63	3,68	0 b	1,68 ab	2,75
T4 FOE (100%) + F.Biofertilizante	0,88	1,13	3,38	2,93 a	2,16 ab	0,06 b	0 b	0,62 b	4,12 ab	0,62 ab	0,75	3,62	0 b	2,06 ab	2,19
T5 FOE(70%) + F.Extracto	0,75	0,81	3,38	2,81 a	1,8 ab	0,12 ab	0,06 b	0,9 b	4,62 a	2,25 a	1,25	3,56	0 b	2,5 a	2,69
T6 FOE (70%) + F.Biofertilizante	1,38	0,81	3,06	2,83 a	2,68 a	0 b	0,12 ab	0,37 b	3,43 ab	0,06 b	1,19	3,75	0,93 a	1,12 b	2,06
Significancia	n.s	n.s	n.s	*	*	*	*	*	*	*	n.s	*	*	*	n.s

	Racimo 1			Racimo 2			Racimo 3			Racimo 4			Racimo 5		
	19-02-2018			19-02-2018			09-03-2018			22-03-2018			04-04-2018		
Tratamientos	F. abierta	F. ponilizadas	Fr. cuajados	F. abiertas	F. ponilizadas	Fr. cuajados	F. abiertas	F. ponilizadas	Fr. cuajados	F. abiertas	F. ponilizadas	Fr. cuajados	F. abiertas	F. ponilizadas	Fr. cuajados
T1 Testigo	0,12 a	0,12 a	5,25 a	0,37 a	0,31 a	4,25	0,1 ab	1,25 a	2,12	0 b	0,08 b	2,37	0,00	1,75	2,81
T2 FOE (100%) + F.Tradicional	0 b	0,16 a	4,06 b	0 b	0,06 ab	4,44	0,08 b	0,45 ab	2,85	0 b	1,10 a	5,50	0,00	1,33	3,81
T3 FOE (100%) + F.Extracto	0 b	0 b	4,87 ab	0,31 a	0,37 a	5,13	0 b	1,12 a	4,62	0 b	1,56 a	3,87	0,00	1,63	3,06
T4 FOE (100%) + F.Biofertilizante	0 b	0 b	4,75 ab	0 b	0 b	4,56	0,31 a	0,06 b	4,37	0 b	0,87 ab	3,37	0,00	1,44	3,00
T5 FOE(70%) + F.Extracto	0 b	0 b	4,75 ab	0 b	0,06 b	4,81	0,5 a	0,43 ab	4,37	0 b	1,81 a	3,31	0,00	1,06	2,75
T6 FOE (70%) + F.Biofertilizante	0 b	0 b	5,06 a	0,18 ab	0,12 ab	4,44	0,06 b	0,25 ab	3,37	0,4 a	1,31 ab	3,56	0,00	1,50	2,88
Significancia	*	*	*	*	*	n.s	*	*	**	*	*	*	n.s	n.s	n.s