



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FELIX LOPEZ**

CARRERA DE AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EVALUACIÓN DE ORGANIHUM Y ROOTEX PARA
DESARROLLO Y MANTENIMIENTO RADICULAR EN EL
CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO**

AUTOR:

ROMEL ELICEO CALUGUILLIN CALUGUILLIN

TUTOR:

ING. LUIS ENRIQUE PÁRRAGA, Ms.Sc

CALCETA, JULIO DE 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Caluguillin Caluguillin Romel Eliceo, con cédula de ciudadanía 1726443029, declaro bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE ORGANIHUM Y ROOTEX PARA DESARROLLO Y MANTENIMIENTO RADICULAR EN EL CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO** es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluye en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manual Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservado a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



Romel Eliceo Caluguillin Caluguillin

CC:1726443029

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Caluguillin Caluguillin Romel Eliceo, con cédula de ciudadanía 1726443029, autorizo a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Felix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado **EVALUACIÓN DE ORGANIHUM Y ROOTEX PARA DESARROLLO Y MANTENIMIENTO RADICULAR EN EL CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



Romel Eliceo Caluguillin Caluguillin

CC:1726443029

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Luis Enrique Párraga Muñoz, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE ORGANIHUM Y ROOTEX PARA DESARROLLO Y MANTENIMIENTO RADICULAR EN EL CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO**, que ha sido desarrollado por Calugullin Calugullin Romel Eliceo, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Luis Enrique Párraga Muñoz, Ms.Sc

CC: 1303530552

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE ORGANIHUM Y ROOTEX PARA DESARROLLO Y MANTENIMIENTO RADICULAR EN EL CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO**, que ha sido desarrollado por Caluguillin Caluguillin Romel Eliceo, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Lenin Vera Montenegro

CC: 1309126462

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. José Reyna Bowen

CC: 1309899407

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Ángel Cedeño Sacón

CC: 1310353121

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A mis padres por su apoyo incondicional tanto en lo moral y económico durante todo este camino que he llegado a culminar.

A mi tutor que me apoyo durante el proceso de diseño y desarrollo del trabajo de integración curricular.

Y a todos los que confiaron en mí, familiares y no familiares que vieron en mí un algo especial y de manera indirecta me brindaron su apoyo con un comentario, consejo o una buena vibra.

Romel Eliceo Caluguillin Caluguillin

DEDICATORIA

A las personas más importantes en mi vida mis padres que vieron en mi la capacidad de afrontar un reto de tal magnitud a seguir este proceso de formación académica y estuvieron directa o indirectamente conmigo.

A cada uno de los profesionales con los cuales compartí el camino formación profesional, los impartieron sus conocimientos de la mejor manera a fin que pueda desarrollarme como un profesional de gran valor, ya que cada enseñanza ha sido de mucho valor en este proceso de enseñanza, y tengo el valor de decir son grandes y admiro mucho la labor que realizan a favor del aprendizaje.

Y porque no a mi persona el afronto cada reto que se presentó en el camino, el que sacrifico muchas gustitos, salidas, ascios solo con el objetivo de seguir aprendiendo y formándose, el invirtió la mayor parte de su tiempo en el conocimiento y siempre estuvo en hacer las cosas de la mejor forma.

Romel Eliceo Caluguillin Caluguillin

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL	viii
CONTENIDO DE TABLAS	x
CONTENIDO DE FIGURAS Y GRÁFICOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	1
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. TOMATE RIÑÓN <i>SOLANUM LYCOPERSICUM</i>	4
2.1.1. TAXONOMIA	4
2.1.2. DESCRIPCIÓN	5
2.1.3. CULTIVO BAJO INVERNADERO	5
2.2. ENFOQUE EN SU SISTEMA RADICULAR	6

2.3. IMPORTANCIA DE UN ADECUADO DESARROLLO DE LA RAÍZ EN EL PROCESO DEL CULTIVO	7
2.4. EMPLEO DE ESTIMULANTES DE DESARROLLO DE RAÍZ	8
2.4.1. COMPONENTES	8
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	10
3.1. UBICACIÓN	10
3.2. DATOS CLIMÁTICOS	10
3.3. DURACIÓN	11
3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS	11
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	11
3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL	12
3.7. VARIABLES A MEDIR	12
3.8. MANEJO EXPERIMENTAL	12
3.8.1. MATERIAL DE SIEMBRA	13
3.8.2. ADQUISICIÓN DE PLÁNTULAS	13
3.8.3. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	13
3.8.4. CUBRIMIENTO DE ACOLCHADO CON PLÁSTICO MULCH	13
3.8.5. DIVISIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	14
3.8.6. RETIRO DE PLÁNTULAS GERMINADAS	14
3.8.7. RIEGO PRE-TRASPLANTE	14
3.8.8. TRASPLANTE	14
3.8.9. RIEGO	14
3.8.10. LABORES CULTURALES	14
3.8.11. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	17
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
3.10. OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	19
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22

4.1. DETERMINACIÓN DE EFECTIVIDAD EN DESARROLLO Y MANTENIMIENTO RADICULAR DE LOS ENRAIZANTES EMPLEADOS	22
4.1.1. ALTURA DE PLANTA	22
4.1.2. ESTADO FISIOLÓGICO	23
4.1.3. LONGITUD DE RAÍZ	24
4.1.4. PESO RADICULAR	26
4.1.5. VOLUMEN RADICULAR	27
4.2. ESTABLECIMIENTO DE RELACIÓN PRODUCTIVA QUE ADQUIERE CON LA APLICACIÓN DE ESTIMULANTES DE DESARROLLO RADICULAR	29
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
5.1. CONCLUSIONES	32
5.2. RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	39

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de la Varianza.....	11
Tabla 2. Caracterización de la variable altura de planta en sus dos evaluaciones.....	22
Tabla 3. Caracterización de la variable E.F.....	24
Tabla 4. Caracterización de la variable L.R.....	25
Tabla 5. Caracterización de la variable P.R.....	27
Tabla 6. Caracterización de la variable R.....	30
Tabla 7. Análisis de correlación de las variables LR, PR y VR con enfoque al rendimiento	31

CONTENIDO DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Gráfico 1. Alturas obtenidas en las evaluaciones efectuadas	35
Gráfico 2. Valores obtenidos respecto al estado fisiológico del cultivo de tomate	36
Gráfico 3. Longitudes de raíz obtenidas tras evaluaciones	37
Gráfico 4. Peso radicular obtenidas en las evaluaciones	38
Gráfico 5. Volumen radicular correspondiente a las evaluaciones realizadas	39
Gráfico 6. Global en producción de tomates en Kg/tratamiento para 8 semanas de evaluación	40

RESUMEN

El sistema radicular parte de mucha importancia para cualquier especie vegetal pero es poco estudiada, cabe señalar la mayor cantidad de nutrientes que toma una planta es del suelo y el órgano encargado de esa función es la raíz de allí radica su importancia. Por ello se desarrolló la presente investigación la cual trata sobre la evaluación de enraizantes para promover el desarrollo y regeneración del sistema radicular en el cultivo de tomate Híbrido Pietro F1, se empleó un DBCA el cual constó de tres tratamientos, T1: enraizante Organihum, T2: enraizante Rootex y T3: el testigo, se lo replicó cuatro veces con un total de 12 Unidades Experimentales (UE). Las dosis empleadas fueron a las recomendadas en la etiqueta para Organihum fue 2,5mL/ L y en Rootex 2,2 g/L, las aplicaciones fueron a los 5ddt, 12ddt, 19ddt, 34ddt y 49 ddt. Las variables estudiadas fueron altura de planta (AP), estado fisiológico (EF), longitud, peso, volumen radicular (LR, PR, VR) y rendimiento (R), no se encuentran diferencias significativas al 0,05 de probabilidad en las variables estudiadas con excepción del volumen radicular para este caso el mejor tratamiento fue T1 (Organihum Enraizante) 31,38 mL, además se encuentra correlación baja entre la variable LR y R y esta se atribuye a T1 que presenta un mayor promedio con 30,75 cm. De esta forma se puede mencionar la pequeña funcionalidad que tiene Organihum Enraizante tanto en desarrollo y mantenimiento radicular y la relación en cuanto a producción logrando obtener buenos resultados.

PALABRAS CLAVE

Raíz, importancia, absorción, enraizantes

ABSTRACT

The root system is very important for any plant species but it is little studied, it should be noted that the largest amount of nutrients that a plant takes is from the soil and the organ in charge of this function is the root, hence its importance. For this reason, the present investigation was accelerated, which deals with the evaluation of rooting agents to promote the development and regeneration of the root system in the Pietro F1 Hybrid tomato crop, a DBCA was used, which consisted of three treatments, T1: rooting Organihum, T2: rooting Rootex and T3: the control, it was replicated four times with a total of 12 Experimental Units (UE). The doses used were those recommended on the label for Organihum was 2.5 mL/L and for Rootex 2.2 g/L, the applications were at 5 ddt, 12 ddt, 19 ddt, 34 ddt and 49 ddt. The variables studied were plant height (AP), physiological state (EF), length, weight, root volume (LR, PR, VR) and yield (R), no significant differences were found at 0.05 probability in the variables studied with the exception of the root volume for this case the best treatment was T1 (Organihum Rooting) 31.38 mL, in addition low relationships are found between the LR and R variable and this is attributed to T1 that presents a higher average with 30.75 cm. In this way, it is possible to mention the small functionality that Organihum Rooting has both in root development and maintenance and the relationship in terms of production, achieving good results.

KEY WORDS

Root, importance, absorption, rooting

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Yara (2020) menciona al tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) como el cultivar que en estos últimos 10 años su producción se ha incrementado en más del 35% en el mundo, teniendo a países como: China con 25 millones de toneladas, seguido por EEUU con 12,2 millones de toneladas y otros productores, con cifras superiores a los 5 millones de toneladas como lo son Turquía, India, Italia y Egipto.

Por su parte en el Ecuador existen alrededor de 3000 hectáreas dedicadas al cultivo de tomate riñón, de las cuales 2000 ha se realizan bajo invernadero siendo está en la zona interandina, mismo que sigue incrementándose debido a las facilidades que este tipo de cultivo presta para el desarrollo de la planta, así como a la disminución de costos de mantenimiento debido al menor uso de agroquímicos (Saráuz, 2018).

El cultivo en ocasiones presenta problemas en mermas de producción y baja calidad de fruto por un inadecuado desarrollo radicular (Pizano, 2016). Causado por condiciones adversas en el suelo, generando alteraciones en la manera y forma de distribuirse las raíces en el perfil del suelo (Kramer 1974 citado por en Hernández *et al.*, 2018). Mostrándose en las características físicas (compactación, poca profundidad), químicas (exceso de sales, presencia de elementos tóxicos) y biológicos (nematodos) (Eavis y Payne 1968 citado por Hernández *et al.*, 2018). Originando una menor absorción de nutrientes, déficit de hormonas que produce las raíces como son la citoquinas y trastornos fisiológicos que se refleja en la planta (Redagráfica Chile, 2017).

Entonces ante los antecedentes presentados surge la siguiente pregunta de investigación ¿Condicionará los promotores de crecimiento radicular al cultivo de tomate para que exprese su mayor potencial productivo?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En *S. lycopersicum* “las raíces son estructuras de gran importancia ya que participan en funciones esenciales como la absorción, transporte de agua, nutrientes y solutos hacia la parte aérea, además constituye el anclaje de la planta al suelo contribuyendo a su soporte” (Bellini *et al.*, 2014; Ron *et al.*, 2013, citados por Azorin, 2017).

Se conoce la capacidad que poseen las plantas para enraizar de forma natural, esta condición es distinta entre especies vegetales, hay especies que tienen mayor capacidad de desarrollo radicular que otras, por ello es imprescindible administrar componentes químicos u orgánicos para acelerar la emisión de raíces en cultivares de tomate (Rojas *et al.*, 2004, citado por Campos, 2020).

Tenemos a los enraizantes como componentes químicos u orgánicos que normalizan y organizan el ciclo vital de la planta, a su vez participan en su crecimiento, desarrollo y mantenimiento radicular. La aplicación de enraizantes interviene de manera positiva en el desarrollo del volumen radicular del mismo modo en su regeneración rápida conforme el avance del ciclo productivo. (Balón, 2016)

Por ello se propone evaluar los enraizantes Organihum Enraizante y Rootex en cultivo de tomate bajo invernadero, a desarrollarse en la zona Interandina del Ecuador, sector de Cayambe, provincia de Pichincha. La investigación busca determinar su influencia en el desarrollo radicular mediante la aplicación de estos productos en el cultivo de tomate, a manera de brindar referencias a muchas personas que se desenvuelven en el ámbito agrícola, generando respaldos para poder recomendar su aplicación a los agricultores de esta manera ellos se benefician.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar Organihum y rootex como promotores de desarrollo radicular en el cultivo de tomate riñón *Solanum lycopersicum* bajo invernadero.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de los enraizantes en el desarrollo radicular del cultivo de tomate bajo invernadero.
- Determinar el efecto de los enraizantes empleado en la productividad del cultivo de tomate bajo invernadero.

1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER

El empleo de promotores de desarrollo radicular ayuda a mejorar la productividad en el cultivo de tomate riñón bajo invernadero.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. TOMATE RIÑÓN *Solanum lycopersicum*

Según Escobar y Lee (2009) el tomate es una especie originaria de América, al parecer de las regiones montañosas de Perú, Ecuador y Chile. Considerada por López y Quirós (2016) como la hortaliza que más se siembra y consume en el ámbito nacional. Se caracteriza por ser un cultivo intensivo, realizado durante todo el año por pequeños y medianos productores.

Donde López (2016) menciona que la producción se realiza a campo abierto (época seca) o en un ambiente semiprotegido (época lluviosa), mientras que el 10 % restante se efectúa en un ambiente protegido, esta constituye la hortaliza más consumida y de mayor valor económico. Complementa Cestoni *et al.* (2006) citado por López (2016) se cultiva en más de cien países, entre los cuales se destacan China, Estados Unidos, India, Turquía y Egipto.

2.1.1. TAXONOMIA

Reino	Plantae
División	Magnolophyta
Clase	Magnolipsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Especie	Lycopersicum

Fuente: Semillaria 2015

2.1.2. DESCRIPCIÓN

Es una planta herbácea, de tallo semileñoso, cuyo sistema radicular está compuesto por una raíz principal de corta extensión ramificada en numerosas raíces secundarias. El tallo también está conformado por epidermis, que contiene pelos glandulares, corteza, cilindro vascular (xilema) y tejido medular. Las hojas del tomate son imparapinadas, compuestas por folíolos alternos e impares que terminan en un folíolo individual en su parte apical (Escobar y Lee, 2009).

La flor del tomate es perfecta, con órganos femeninos y masculinos funcionales. En cada inflorescencia o racimo se forman varias flores y una sola planta de crecimiento indeterminado puede producir 20 o más inflorescencias sucesivas durante un ciclo de cultivo. El fruto del tomate está constituido por un 94-95% de agua. El restante 5-6% es una mezcla compleja en la que predominan los constituyentes orgánicos, los cuales dan al fruto su sabor característico y su textura (Escobar y Lee, 2009).

HIBRIDO PIETRO F1

Tomate larga vida, ligeramente redondeado indeterminado grueso y firme. Planta de gran adaptabilidad produce frutos grandes, planta vigorosa con buena cobertura foliar y entrenudos cortos. Racimos uniformes de 5 a 7 frutos, mantienen gran calibre hasta el último racimo con excelente post cosecha. Planta con entrenudos cortos, frutos de color rojo y de calibre grande 230-250 g. se adapta bien a campo abierto e invernadero (Cevallos, 2018).

2.1.3. CULTIVO BAJO INVERNADERO

En 2007 Urquia afirma que la tecnología de cultivo de tomates en invernadero, permite obtener producciones de óptima calidad y en cualquier época del año comparado con otros métodos de cultivo tradicionales. Este ofrece altos rendimientos de producción, menor degradación del suelo, permite mantener

una producción constante y se puede producir cualquier variedad de cultivo, flores u otras según la demanda.

2.2. ENFOQUE EN SU SISTEMA RADICULAR

Se habla sobre el sistema radicular en tomate que está formado por una raíz principal que se establece durante la embriogénesis (Scheres *et al.*, 1994 citado por Azorin, 2017). Tras la germinación de la semilla, la raíz principal emerge y crece de forma gravitrópica hacia el suelo, gracias a su elongación producida por la divisiones celulares que se dan en el meristemo apical (Beemster y Baskin, 1998, citado por Azorin, 2017). Además Verstraeten *et al.* (2014) afirma que el meristemo apical funciona como un centro de organización del crecimiento radicular, y está constituido por células quiescentes, que permanecen indiferenciadas para seguir promoviendo las sucesivas divisiones celulares del resto de células del meristemo.

De la raíz principal pueden surgir otras raíces post-embrionarias, denominadas raíces laterales estas se desarrollan a partir de tres filas de células del periciclo en el polo del xilema (Casimiro *et al.*, 2003 citado por Azorin, 2017). Además Verstraeten *et al.* (2014) menciona que existe un tercer tipo de raíces conocidas como raíces adventicias, que se desarrollan en tejidos no radiculares, sobretodo en partes aéreas como hipocótilos, hojas o tallos.

Por su parte Rivera (2018) manifiesta las raíces más importantes en absorción de agua y minerales son aquellas raíces superficiales. Los dos tipos de raíces son las encargadas en dicha sección del suelo de cumplir la función de absorción. Primeramente, las denominadas “pelos radiculares o pelos absorbentes”, estructuras microscópicas muy delicadas, translúcidas y de cortísima vida En segundo lugar, las raíces absorbentes de las cuales nacen los pelos radiculares, y cuya función principal es transportar hacia las raíces más gruesas el material absorbido por los anteriormente mencionados pelos radiculares.

A demás este órgano de la planta es el responsable de la generación de ciertas fitohormonas como son las giberelinas y citoquininas (Jordan y Casaretto, 2006).

Las citoquininas son un tipo de fitohormonas requeridas en el proceso de división celular y en el desarrollo de los tallos (Bellini *et al.*, 2014).

Las giberelinas son fitohormonas que juegan funciones esenciales durante las etapas de desarrollo de la planta, que incluyen, germinación de la semilla, floración, senescencia del fruto, mejorar el rendimiento y el establecimiento del fruto, abscisión, regulación de algunos procesos metabólicos, y han sido relacionadas a la tolerancia a temperatura o a condiciones de estrés. (Kazemi, 2014; Guang-Long *et al.*, 2015; Honda *et al.*, 2016, como se citó en Pichardo *et al.*, 2018)

2.3. IMPORTANCIA DE UN ADECUADO DESARROLLO DE LA RAÍZ EN EL PROCESO DEL CULTIVO

La raíz cumple cuatro funciones principales las cuales son: absorber del suelo los minerales, agua y oxígeno requeridos, proporcionarle el anclaje al suelo, manufacturar y/o almacenar compuestos elaborados (hormonas, carbohidratos, otros), y almacenar reservas de agua y minerales (Rivera, 2018).

Donde debe existir la relación entre un buen sistema radicular y la adecuada formación de tejidos vasculares es directa y establecen en conjunto una de las bases más importantes para el logro de un mayor potencial productivo del cultivo de esta forma poder cumplir los procesos tan importantes como la división, engrosamiento y elongación celular; senescencia, cuaje y crecimiento de fruta, etc (COSMOCEL, s.f.).

La mayor cantidad de raíces en tomate se encuentra a profundidad de 0,10m y su presencia hasta los 0,27m (Hernández *et al.*, 2018). En tomate presenta en las etapas de inicio de la floración y formación del fruto longitudes de 0,45 – 0,55 cm siendo estas etapas las más críticas para el cultivo (Pacheco *et al.*, 2006 citado por Hernández, 2018). En la investigación de Salguero (2016) presenta el promedio en volumen radicular siendo 111,75 cc que otorga excelentes rendimientos de acuerdo a sus evaluaciones. Además teniendo el criterio de los 0,10m de profundidad la masa promedio ronda los 128g es (Hernández *et al.*, 2018).

2.4. EMPLEO DE ESTIMULANTES DE DESARROLLO DE RAÍZ

Según Iñesta (2020) los productos que se utilizan en los cultivos para favorecer el crecimiento de las raíces. El enraizante estimula la raíz haciendo que crezca más y mejore sus niveles de absorción de nutrientes y agua. Gracias al uso de enraizantes la planta crece más fuerte y protegida de cualquier daño o adversidad natural por la que se pueda ver afectada, además, la floración será más abundante lo que derivará en una producción de frutos mayor.

Los enraizantes se deben aplicar en concentraciones recomendadas por el fabricante de esta manera evidenciar el efecto sobre las raíces y la parte aérea de las planta con forme pasa el tiempo y empieza su funcionalidad, estos se expresan en indicadores como altura de la planta, número de hojas, diámetro de tallos, peso seco y húmedo de raíces, tallos y hojas. También se midió el volumen, área superficial y el largo de las raíces (Tuchán, 2009).

2.4.1. COMPONENTES

La composición del producto depende de fabricante siendo mencionando los que se desenvuelve en la presente investigación los siguientes;

- **ORGAHINUM ENRAIZANTE**

El producto es un abono a base de aminoácidos cuya interacción produce un espectacular desarrollo tanto del aparato radicular como de la parte aérea de las plantas, originando una mayor y mejor producción desde la brotación hasta la finalización del ciclo, la dosis que se emplea 2,5 mL/L, que brinda un buen efecto (Econatur , s.f.). Con las siguientes características;

- ✓ Nitrógeno (N) total (orgánico): 1,3
- ✓ Potasio (K₂ O) soluble en agua: 10,6
- ✓ Óxido de magnesio (MgO) soluble en agua: 2,4
- ✓ Molibdeno (Mo): 0,7
- ✓ Aminoácidos libres: 12,6
- ✓ Aminograma: Ala, Arg, Asp, Glu, Gly, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Pro, Ser, Thr, Tyr y Val

✓ pH: 5,0 – 6,0

- **ROOTEX**

Es una combinación de extractos orgánicos, fósforo y potasio con alta capacidad de asimilación. Los principales objetivos del ROOTEX son: Inducción de formación de pelos radiculares absorbentes, lograda mediante el efecto de los extractos orgánicos específicos que contiene el producto. Fortalecimiento radicular, gracias a la participación del fósforo y potasio de alta asimilación. Aportación de fósforo de alta eficiencia, y que se aprovecha por completo gracias a que viene acompañado, la dosis recomendada por fabricante 2,2g/L (COSMOCEL, s.f.). Teniendo las siguientes características;

- ✓ Nitrógeno (N) : 8.0% P/P
- ✓ Pentóxido de Fósforo (P₂O₅): 45.0% P/P
- ✓ Óxido de Potasio (K₂O): 6.7% P/P
- ✓ Extracto húmico total: 14.0% P/P
- ✓ pH: (1%): 5 - 6

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El trabajo de investigación se efectuó en la serranía del Ecuador ubicado en el Sector de Santa Marianita de Pingulmí correspondiente al Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha situado geográficamente en las siguientes coordenadas;



Latitud : 0°0'8,68" Sur

Longitud : -78°10'15,78" Oeste

Altitud : 2700 msnm

Fuente: Datos meteorológicos GADIP Cayambe 2020

3.2. DATOS CLIMÁTICOS

Precipitación media anual : 1626 mm

Temperatura media anual : 16°C

Húmedad relativa anual : 86 %

Heliofanía anual : 2.180,4 horas sol

Fuente: Datos meteorológicos GADIP Cayambe 2020

3.3. DURACIÓN

El trabajo tuvo una duración de 24 semanas de ejecución a partir del mes de marzo - agosto del 2021.

3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El trabajo fue experimental de carácter descriptivo y analítico.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), en modelo lineal como se presenta en la tabla 1, el análisis de Varianza (ADEVA), que compone tres tratamientos (T1= ORGANIHUM ENRAIZANTE a dosis de 2,5mL/L, T2= Rootex a dosis de 2,2 g/ L y T3= Testigo), se lo replicará cuatro veces, teniendo un total de 12 unidades experimentales, para la separación de medias se utilizará la prueba de Tukey al ($p \leq 0,05$).

Tabla 1. Análisis de la Varianza

Fuente de Variación	GL
Tratamiento	2
Bloque	3
Error	6
Total	11

Además, se realizó el análisis de correlación con las variables de influencia a nivel radicular (longitud, peso y volumen radicular) con enfoque al rendimiento, de esta manera se delimita la relación productiva que otorgan los enraizantes evaluados en la investigación.

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental constó de las siguientes características;

- Dimensión 5,4 x 4 m
- Está conformado por 3 camas
- Separación de las camas 1.2 m entre cama tomado desde la parte central
- Cantidad de plántulas 18/ cama, con un total de 54 plantas/ UE

3.7. VARIABLES A MEDIR

Las variables que se valoró para la evaluación de la experimentación fueron las siguientes;

- Altura de planta
- Estado fisiológico de la planta
- Producción
- Longitud de raíz
- Peso de raíz
- Volumen de raíz

El procedimiento llevado a cabo para cada variable consta en la tabla 3 que se presenta al final del desarrollo metodológico.

3.8. MANEJO EXPERIMENTAL

El trabajo de investigación estuvo condicionado a la ejecución de las siguientes actividades;

3.8.1. MATERIAL DE SIEMBRA

Se hizo uso del material de siembra Híbrido Pietro F1 material importado por Alaska S.A.

3.8.2. ADQUISICIÓN DE PLÁNTULAS

En el punto de partida de la investigación se hizo el pedido de plántulas híbrido Pietro a la pilonera “Campo Produce Germinación” ubicada en la zona Santa Rosa de Cusubamba del Cantón Cayambe el pedido se realizó con un mes de anticipación ya que es el tiempo en el cual entregan las plántulas después de haberse hecho el pedido pertinente.

3.8.3. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

La preparación del suelo se efectuó mediante el uso de un motocultor siendo empleado para la remoción de suelo, una vez que se logró brindar las características físicas ideales al suelo se desarrolló el trazado y la elaboración de los acolchados a un distanciamiento de 1.2 entre hilera y camino de 0.6 m con la incorporación de material orgánico correspondiente.

3.8.4. CUBRIMIENTO DE ACOLCHADO CON PLÁSTICO MULCH

Culminada la elaboración de los acolchados se procedió a esparcir cal agrícola + roca fosfórica encima del acolchado para luego cubrirlos con plástico mulch de 1m de ancho y espesor de 3 micras, finalmente de lo a sujetó con el mismo suelo del camino.

3.8.5. DIVISIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

La división de los tratamientos fue al azar, teniendo en cuenta los tratamientos implicados y sus réplicas para ello hubo la necesidad de la señalización de cada unidad experimental, para esto se usó de estacas y piolas con ello delimitar las unidades experimentales, del mismo modo se los rotuló con su identificación correspondiente de esta manera se aseguró el guiarse adecuadamente en el ensayo.

3.8.6. RETIRO DE PLÁNTULAS GERMINADAS

Una vez notificado que las plántulas están listas se procedió al retiro en el local donde funciona.

3.8.7. RIEGO PRE-TRASPLANTE

Antes de efectuar el trasplante se hizo un riego de aproximadamente una hora para de esta forma tener la humedad necesaria en el suelo de este modo recibir a las plántulas en una buena humedad que garantizó su supervivencia.

3.8.8. TRASPLANTE

El trasplante se efectuó en hilera simple a un distanciamiento de 1.2 x 0.3 m, para esto será necesario perforar la cubierta plástica a 0.3 m, para después efectuar los hoyos con la ayuda de un espeque, finalmente se deposita en los hoyos y con una ligera presión se posiciona las plántulas en el terreno definitivo.

3.8.9. RIEGO

Se basó en condiciones climáticas y las necesidades del cultivo con ello garantizar el aporte de riego para las plantas, teniendo un esquema de riegos de mantenerlo en capacidad de campo.

3.8.10. LABORES CULTURALES

- **DESMALEZADO**

Para esta actividad se empleó el método mecánico para lo cual fue necesario el empleo de azadillas que ayudó la eliminación de las malezas del camino y al tener la ventaja de haber usado plástico mulch la presencia de malezas fue mínima, por ende se procuró mantener limpio los hoyos del plástico como del mismo camino, esta actividad se la ejecuto cada 15 días hasta la finalización de la investigación.

- **DESBROTE**

Esta actividad consistió en la eliminación de yemas laterales de cada planta con la finalidad de estructurar bien a la planta, cabe mencionar que la planta se manejó a doble eje, por ello se dejó una yema axilar siendo esta arriba de la primera racima floral.

- **TUTORADO**

Ya cumplido la planta la cuarta semana se hizo uso de la estructura implementada en el invernadero para el tutoreo, de allí se procedió a sujetar la planta a una altura de 10 cm de la base del tallo con hilo de amarre de tomate (Hilo 3 en 1 de 1kg para tomate y habichuela) para levantarla hacia el cable donde se sujetan los hilos.

- **PODA**

Esta actividad consistió en la eliminación de hojas bajas y el excesivo follaje, para lograr una relación productiva adecuada, para ello se hará uso de herramientas como: tijeras de poda y sacos para la recolección del mismo. Se efectuaron dos podas siendo a los 45 DDT y 75 DDT respectivamente.

- **GUIAMIENTO**

Esta actividad se desarrollo acorde al crecimiento de la planta de esta manera conseguir un buen guiamiento y evitar problemas mecánicos en el cultivo, se lo hizo cada 8 días después de haber realizado el tutoreo, cabe resaltar que esta actividad se desarrolló en conjunto con el desbrote.

- **FERTILIZACIÓN**

La fertilización se manejó acorde al siguiente esquema que se presenta en la tabla 1;

Tabla 1. Plan de fertilización implementado en el cultivo de tomate

Plan de fertilización implementado en el ensayo	
Etapa fenológica	Fertilización a emplearse
INICIO	Ninguna
DESARROLLO 1	En base a fertilización nitrogenada; Nitrato de Calcio soluble (3 aplicaciones una por semana 100g, 150g y 200g/bomba de 20L respectivamente) y Nitrato de potasio soluble (Una aplicación 200g/bomba de 20L)
FLORACIÓN	Fertilización edáfica en los primeros instares de floración. Yaramila complex + KornKali (15g/planta)
FRUCTIFICACIÓN	Fertilización alta en potasio Fosfatomonopotasico (200 g/ bomba de 20L, aplicación semanal) Sulfato de potasio (150 g/bomba de 20L) aplicación semanal después de la segunda aplicación de fosfato monopotasico Gatit de engrose soluble (12-5-35+2.5%MgO+TE). A razón de 200g/bomba de 20L
MADURACIÓN	Ninguna

Fuente: Autoría propia

3.8.11. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Esta se basó para el caso de control de enfermedades, en controles preventivos mediante la aplicación de agroquímicos en etapas críticas en la cual hay la aparición de enfermedades, también se tuvo que mantener el monitoreo para el empleo de cualquier medida de control.

La forma en la cual se manejó y los productos describen en la tabla 2 que se presenta a continuación;

Tabla 2. Insumos empleados en el control de enfermedades del ensayo

Manejo efectuado para el control de enfermedades				
Tipo de control	Producto	Enfermedad	Dosificación	Observaciones
Erradicación		Peca bacteriana		Aparición repentina en etapa inicial del cultivo
Orgánico	Caldo bordeles (Mezcla 200 g sulfato de cobre + 200g Cal agrícola)	Peca bacteriana	25ml/L	control del carácter curativo debido a ya a la presencia de la enfermedad
Químico	Tachigaren+ Naturam	Control general	1,25mL/L y 1mL/L	Control de carácter preventivo
	Oxithane	Peca bacteriana	1,25 g/L	Control preventivo
	Starner+Kasumin	Peca bacteriana	0,5g/L y 1,25ml/L	Control curativo rebrote de enfermedad bacteriana
	Cabriotop	Peca bacteriana y otros	2,5g/L	Control curativo periódico
	Bio Cid	Peca bacteriana	0,5ml/L	Control curativo ante la presencia de un patógeno hay que saberlo tratar para ello se debe efectuar aplicaciones a

				intervalos de 3 días
	Agrigent	Toda enfermedad bacteriana	0,5 g/L	Control preventivo
	Azufre	Oidium	1,25 g/L	Control preventivo constó en 2 aplicaciones semanales
	Caldo bordeles + Naturam	Control general	1,25g/L y 1ml/L	Tras efectuar un poda y haber causado un gran cantidad de heridas se tuvo que efectuar esta medida
	Green Violet	Control general	1,25 mL/L	Control preventivo ante cualquier patógeno que trate de colonizar en el cultivo
	Kasumin + Oxithene	Peca bacteriana	2,5 mL/L y 1,25g/L	Control curativo ante un pequeño rebrote de enfermedad bacteriana

Fuente: Autoría propia

Además se efectuaron labores culturales para evitar la generación de microclimas idóneos para la aparición de patógenos. Del mismo modo para el caso de los insectos plaga se basara en el umbral de daño económico teniendo como referencia un 15% de la plaga de principal afección, para ello se efectuaran monitoreos semanales en distintos puntos del ensayo de acuerdo a esto aplicar cualquier insecticida.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se hizo uso del software Infostat, de esta manera se analizó los datos recolectados en el ensayo, donde luego se efectuó su interpretación respectiva. Además, para el análisis de correlación entre variables de influyen respecto al rendimiento se empleó Microsoft Excel.

3.10. OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 3. Operalización de las variables

Variable	Tipo de variable	Conceptualización	Definiciones operacionales	Instrumentos	Medición
Altura de planta (AP)	Cuantitativa	La altura de una planta es la distancia más corta entre el límite más alto de los tejidos fotosintéticos principales de esa planta (excluyendo las inflorescencias) y el nivel del suelo, expresado en metros (Pérez et al., 2014).	Esta variable se ejecutó mediante la utilización de una cinta métrica a los 28 y 65 DDT, la medición se hace desde el punto base de la planta al punto más alto.	Cinta métrica	Metros (m)
Estado fisiológico (EF)	Cualitativa	Es la condición que se produce a partir de la función normal de la planta, y puede ser evaluada por visualización. Esta la respuesta a la adaptación a la que está expuesta como: condiciones del ambiente y las condiciones propias que se da al cultivo lo que permite la transmisión de su información genética (Villareal, 2013).	La variable fue cualitativa lo que fue necesario utilizar una escala de 0 a 3 0= escaso desarrollo, clorosis pronunciada, poco vigor 1= moderado desarrollo, clorosis moderada, vigor regular 2= buen desarrollo, leve clorosis, buen vigor 3= excelente desarrollo, ausencia de clorosis, excelente vigor. Los mismos tiempos de evaluación que en AP.	Visual	Escala 0-3 (malo, regular, bueno, excelente),
Producción (P)	Cuantitativa	Es el resultado de la práctica de la agricultura, es el resultado de la explotación de la tierra para obtener bienes, principalmente, alimentos como cereales y diversos tipos de vegetales para este caso los frutos del tomate (Westreicher, 2021).	Se llevará al cabo mediante la recolección del fruto de cada tratamiento para ser pesados y registrados, esta evaluación se efectuará en la etapa de maduración siendo esta cada 8 días después de la primera evaluación	Balanza electrónica	Kg/ tratamiento

Longitud de raíz (LR)	Cuantitativa	Se refiere al crecimiento que experimenta la raíz que está determinado por la capacidad de elongación o profundidad que pueden alcanzar las raíces al explorar el suelo y se lo puede medir en centímetros (Russell, 1992, como se citó en Guevara y Guenni, 2013).	Metodología empleada de Pizano (2016) donde utilizó una cinta métrica con graduación en cm donde se tomará el cuello de la raíz hasta la raíz más larga. Los tiempos de evaluación para la parte radicular son los mismos de AP	Cinta métrica	cm
Peso radicular (PR)	Cuantitativa	Se refiere a la masa que ocupa la raíz del tomate, cuando esta se extrae del suelo, esta conforma desde la corona del tallo.	La evaluación consiste en la extracción de las raíces siendo dos plantas al azar para la primera evaluación a los 28 DDT y una planta al azar para la segunda evaluación 65DDT de cada tratamiento respectivamente, para después cortar en la corona del tallo para ser lavado y pesado con la balanza de precisión.	Balanza de precisión	g
Volumen de raíz (VR)	Cuantitativa	Se refiere a la distribución de la masa de la raíz en el perfil del suelo y esta brinda la capacidad a las plantas obtener agua y nutrimentos que puedan encontrarse en estratos edáficos inferiores (Martínez et al., 2009, como se citó en Guevara y Guenni, 2013).	Metodología empleada de Pizano (2016) donde lo determino con base en el principio de Arquímedes usando una balanza de precisión y un vaso de precipitación con agua, al sumergir las raíces en el agua, sin tocar las paredes del vaso, se registra un aumento de peso en el sistema medido en (g) que equivale al volumen de la raíz en (cm ³). En periodos de evaluación a los mismos de AP.	Balanza de precisión y vaso de precipitación	cm ³

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para dar cumplimiento de los objetivos específicos planteados en la presente investigación se obtuvo los siguientes resultados:

4.1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ENRAIZANTES EN EL DESARROLLO RADICULAR DEL CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO

4.1.1. ALTURA DE PLANTA

Se observa una tendencia bastante similar entre los tratamientos T1; T2; T3. En los dos periodos hechos las evaluaciones, teniendo rango de 0,45 a 0,5 m para la primera evaluación, mientras para la segunda el rango es de 1,35 a 1,38 m. cómo se presenta en el gráfico 1.

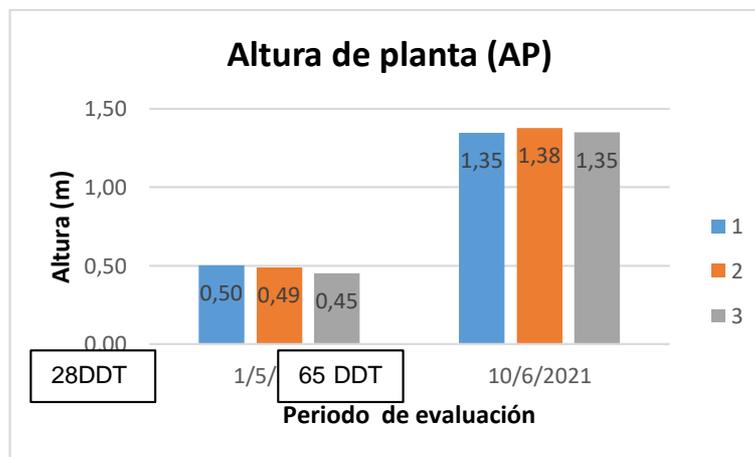


Gráfico 1. Alturas obtenidas en las evaluaciones efectuadas

La tendencia muestra el desarrollo característico del material empleado el híbrido Pietro F1, ya que presenta alta homogeneidad en el lote en evaluación. Para las fechas evaluadas no se encuentra diferencia estadística al 0,05 de probabilidad como presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Caracterización de la variable altura de planta en sus dos evaluaciones

Tratamiento	n	1° evaluación		2° evaluación	
		Media	E.E	Media	E.E
Organihum	4	0,50	0,02 A	1,35	0,04 A

Rootex	4	0,49	0,02 A	1.38	0,04 A
Testigo	4	0,45	0,02 A	1.35	0,04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

De esta manera se interpreta la adaptabilidad del material empleado a la zona definida la investigación ya que su comportamiento fue similar en AP, teniendo características casi similares en los tratamientos. Entonces con la aplicación de enraizantes no se obtienen plantas de tomate de mayor tamaño sino esta depende de la característica del material empleado en este caso el Híbrido Pietro F1. Como menciona Fuller y Ritchie (1984) citado por Rea (2020) el uso de enraizadores aumenta la cantidad de raíces consigo ocupar mayor espacio para la obtención de agua y nutriente logrando una mejor nutrición de la planta y esta pueda prosperar de la mejor manera. Pero cabe señalar que las plantas al exponerlas a condiciones favorables en suelo (fertilidad, MO, drenaje, buen acondicionamiento, biología), disponibilidad de agua y condiciones ambientales, otorga un buen desarrollo de las plantas, tal como menciona FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), (s.f.) al tener condiciones favorables en nuestro ensayo este brinda el buen desarrollo en AP obtenido, por ello al ser un complemento los enraizadores se aprecia la ligera superioridad en los tratamientos T1 y T2 empleados como se muestra en la Tabla 2.

4.1.2. ESTADO FISIOLÓGICO

Al respecto en esta variable el Gráfico. 2 presenta los resultados obtenidos;

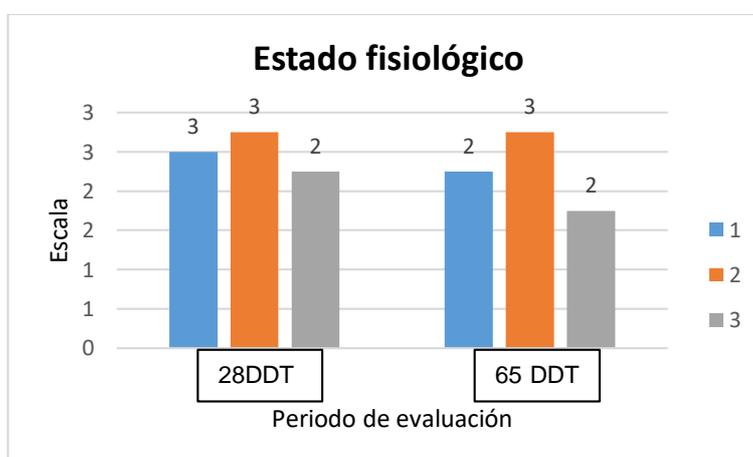


Gráfico 2. Valores obtenidos respecto al estado fisiológico del cultivo de tomate

Para las dos fechas en evaluación siendo a 28 DDT y 65 DDT hay la superioridad en T1 y T2 con respecto al testigo (T3), además que resalta en esta variable T2. Se denota la funcionalidad de los enraizadores aplicados, debido a la variable EF. Se refleja en la parte foliar el comportamiento de la planta de tomate a la disponibilidad y absorción de nutrientes. Donde Fonseca (2019) y Fuller y Ritchie (1984) citados por Rea (2020) concuerdan que un sistema radicular abundante, vigoroso, sano que absorba eficientemente el agua y nutriente del suelo garantiza una planta fuerte, sana y vigorosa. En el análisis estadístico no se encuentra diferencia estadística al 0,05 de probabilidad entre los tratamientos que se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Caracterización de la variable E.F.

Tratamiento	Error:0,250 gl: 6 n	1° evaluación		2° evaluación	
		Media	E.E	Media	E.E
Rootex	4	2,75	0,25 A	2,75	0,29 A
Organihum	4	2,50	0,25 A	2,25	0,29 A
Testigo	4	2,25	0,25 A	1,75	0,29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

De acuerdo al análisis estadístico se tiene la misma funcionalidad para todos los tratamientos, dando a entender que el usar enraizantes en condiciones edáficas favorables en desarrollo del cultivo de tomate, esta no presenta una marcada diferencia, y la ligera superioridad que presenta T2 y T1 se atribuye a los estimulantes de raíz empleados, esta conducta concuerda a lo encontrado por Alvarado y Munzon (2020) donde obtuvieron mejor respuesta en vigor de la planta en los tratamientos con enraizantes respecto del testigo

4.1.3. LONGITUD DE RAÍZ

Las longitudes obtenidas a los 28 DDT y 65 DDT se muestran en el grafico 3, que se detalla a continuación;

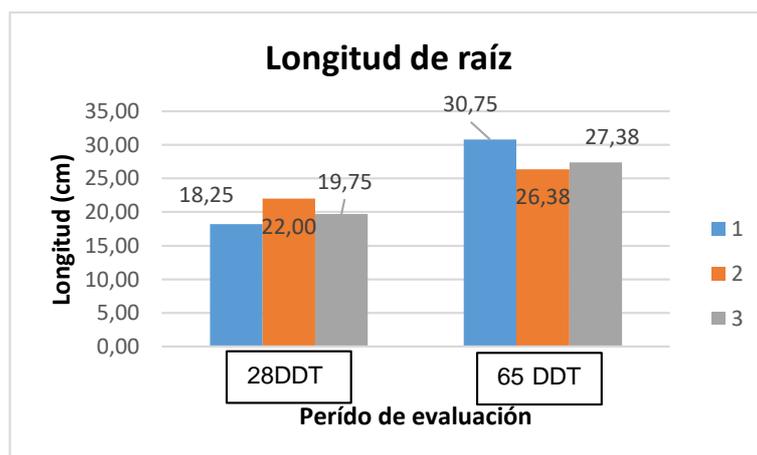


Gráfico 3. Longitudes de raíz obtenidas tras evaluaciones

Se observa a los 28DDT que T1 es menor a T2 y T3, para este caso destaca el T2 con 22 cm de promedio. Por otro lado, a los 65 DDT la mayor longitud de raíz posee T1 con 30,75 cm. Mientras se denota que para T3 que es el testigo tiene una ligera diferencia con respecto al T2 siendo menor en este tratamiento como se presenta en el gráfico 3.

El comportamiento que se evidencia se asemeja al obtenido por Montenegro (2015) que evalúa enraizantes naturales y estos presentan superioridad con respecto al testigo, por esta razón se presenta la superioridad en medias para T1 y T2 en las evaluaciones dadas. Además, la conducta presentada por el testigo, Torres *et al.* (2013) afirma que la interacción de las raíces con el suelo se ve influenciada por su estructura el cual brinda el camino para la expansión de las raíces y esta llega a ser mejor cuando existe un estimulante radicular, el cual condicionó este comportamiento. Para el análisis estadístico no se encuentran diferencias significativas como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Caracterización de la variable L.R.

Tratamiento	N	1° evaluación		2° evaluación	
		Media	E.E	Media	E.E
Rootex	4	22,00	2,06 A	26,38	2,77 A
Testigo	4	19,75	2,06 A	27,38	2,77 A
Organihum	4	18,25	2,06 A	30,75	2,77 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En el cuadro anterior se muestra el mismo comportamiento para todos los tratamientos, entonces la aplicación de los enraizantes evaluados no se logra obtener raíces muy extensas por la peculiaridad presente en T3, además según

Pacheco *et al.* (2006) citado por Hernández (2018) de referencia presenta longitudes promedio en raíz de 0,45 – 0,55 cm para una planta de tomate con buen desarrollo. En la investigación no entra en a este rango. No obstante, existen estudios donde se plantea que la longitud radicular está influenciada por las propiedades físicas edáficas (Arce 2014 citado por Alvarado y Munzon, 2020).

También cabe mencionar que la variable longitud de la raíz es la distancia más extensa del conjunto de raíces y estas son el anclaje de la planta, esto corrobora Moreno (2017) manifiesta que las raíces de mayor longitud permiten el anclaje de la planta y esta es poca eficiente en absorción de agua y nutrientes. Por esta razón la variable LR no tiene la viabilidad suficiente que atribuya el buen comportamiento y desarrollo del tomate puesto que en las raíces evaluadas se pudo detonar la mínima existencia de raicillas.

4.1.4. PESO RADICULAR

Variable de mayor relevancia en cuanto a funcionalidad de los enraizantes, de las evaluaciones efectuadas se obtuvo el siguiente resultado el cual se presenta en el gráfico 4.

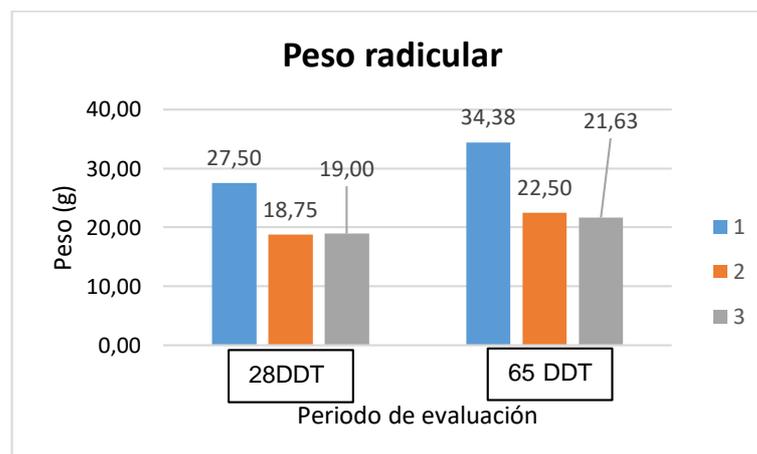


Gráfico 4. Peso radicular obtenidas en las evaluaciones

En los dos periodos evaluados T1 destaca en cuanto a peso radicular teniendo 27,50 y 34,38 respectivamente, para T2 y T3 se determina que tanto en la primera como segunda evaluación tienen casi los mismos valores como se muestra en el gráfico 4. Se evidencia la funcionalidad del enraizante Organihum

atribuido por las raicillas, ya que esta forma la mayor parte del peso radicular, pues según Muñoz (2009) los pelos absorbentes contribuyen a incrementar la superficie radicular y la capacidad para absorber iones y agua del suelo, siendo mejor el desarrollo vegetativo en los cultivos. En el análisis estadístico no presenta diferencias significativas tal como se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Caracterización de la variable P.R

Tratamiento	n	1° evaluación		2° evaluación	
		Media	E.E	Media	E.E
Organihum	4	27,50	2,52 A	34,38	3,12 A
Rootex	4	18,75	2,52 A	22,50	3,12 A
Testigo	4	19,00	2,52 A	21,63	3,12 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La tabla presenta que todos los tratamientos tienen el mismo comportamiento al existir una sola categoría, entonces no influye en la ganancia de peso radicular los enraizantes empleados, resultados similares se encontraron en el trabajo de (Arriaga, 2011 citado por Arévalo *et al.*, 2019), el cual evaluó diferentes enraizadores comerciales en el cultivo de chile ancho (*Capsicum annum* L.), y chile serrano (*Capsicum frutescens* L.) Para el caso de peso radicular no obtuvo diferencias significativas en relación con el testigo. Sin embargo la marcada diferencia numérica en media que presenta T1 para las dos evaluaciones se atribuye a la composición del enraizante Organihum, siendo a base de aminoácidos y elementos como N, P, Mg, Mo cuya interacción produce un espectacular desarrollo tanto del aparato radicular como de la parte aérea de las plantas (Econatur , s.f.).

4.1.5. VOLUMEN RADICULAR

Indicador que respalda el peso radicular puesto que es directamente proporcional al peso con el volumen radicular. Los resultados obtenidos se presentan en el grafico 5.

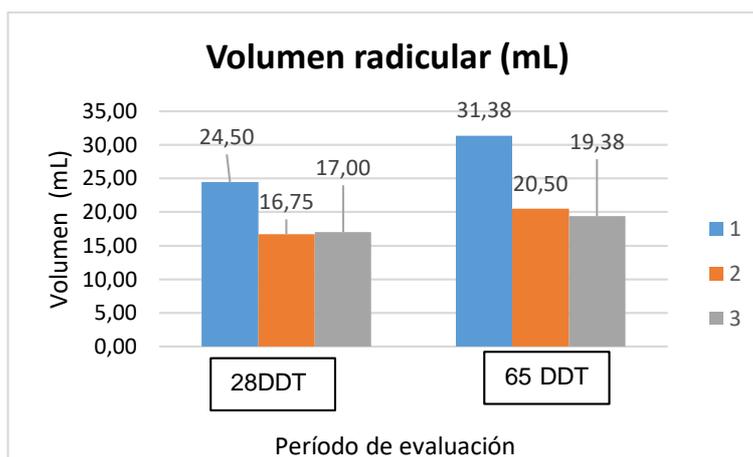


Gráfico 5. Volumen radicular correspondiente a las evaluaciones realizadas

Se tiene la misma tendencia a la presentada en el peso radicular destacando T1 para las dos fechas con 24,50 y 31,38 mL respectivamente esto significa al ocupar mayor superficie de raíz mayor es el volumen de la raíz, resultados similares presenta el trabajo de Telenchana (2017) pero estos en lechuga obteniendo medias superiores en los tratamientos donde se emplean los enraizadores con respecto al testigo, el comportamiento de T2 (rootex) con respecto a T3 (testigo) da a entender que no tiene influencia a nivel radicular la aplicación en cultivo de tomate. Para el análisis estadístico para la segunda evaluación se encuentra diferencias significativas como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 4. Caracterización variable volumen radicular

Tratamiento	n	1° evaluación		2° evaluación	
		Media	E.E	Media	E.E
Organihum	4	24,50	2,23 A	31,38	2,76 A
Testigo	4	17,00	2,23 A	19,38	2,76 B
Rootex	4	16,75	2,23 A	20,50	2,76 A B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La tabla presenta para la primera evaluación el mismo comportamiento en los tratamientos, mientras en la segunda evaluación el comportamiento es distinto para los tratamientos ubicándose, en la categoría A al mejor tratamiento T1 (Organihum) con una media de 31,38 mL, para la categoría B encontramos a T3 (testigo) y T2 (rootex) que se comporta tanto como T1 y T3. La conducta presentada en T1 con el respaldo del análisis estadístico al 0,05 de probabilidad demuestra de manera clara la funcionalidad del enraizante Organihum a obtener mayor volumen radicular que en su mayoría conforma los pelos absorbentes,

siendo estos responsables de la absorción y transporte de nutrientes para la correcta funcionalidad en la planta de tomate

4.2. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LOS ENRAIZANTES EMPLEADO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO

Para la determinación de este apartado se tomó como indicador la variable respuesta producción, en el gráfico 6, se presenta los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento presentando por los tratamientos

Tabla 5. Producción obtenida en el ensayo

Global producción Tomate Híbrido PIETRO		
Tratamientos	Producción (Kg/ Tratamiento)	Significación
T1	304,18	NS
T2	249,98	NS
T3	278,81	NS
Total	832,97	

Fuente: Autoría propia

Para la mejor comprensión el gráfico 6, presenta los resultados obtenidos;

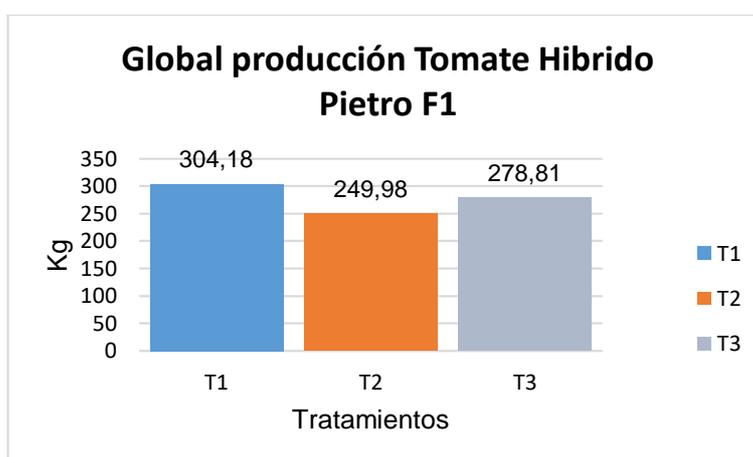


Gráfico 6. Global en producción de tomates en Kg/tratamiento para 8 semanas de evaluación

Se puede denotar el mayor rendimiento en T1 con 304,18 Kg, por otro lado, se encuentra una peculiaridad puesto que mayor cantidad de Kg existe en el testigo (T3) con 278,81 Kg en comparación de T2 que fue 249,98 Kg, este

comportamiento se atribuye a lo encontrado en las variables PR y VR para T2 (rootex). De referencia Paredes (2009) citado por Arana y García (2018) manifiesta el rendimiento promedio para todo el ciclo que se obtiene en sistema de invernadero es entre 5 y 8 kilogramos por planta, lo que respecta a la investigación para las 8 semanas (2 meses), se tiene como referencia que en un cultivo de tomate el periodo de producción es 4 meses, en esta evaluación hubo rendimientos promedio de 1,2 a 1,5 kg/planta estos valores se debe al periodo corto de evaluación y el rendimiento se encontró en una buena tendencia que podría haber llegado a los promedio en rendimiento estipulado por Arana y García (2018). Cabe resaltar que a pesar de la diferencia en medias en rendimiento que presenta los tratamientos el ensayo en general presento buena productividad.

Ante lo estipulado Humada *et al.* (2021) encontraron el incremento en productividad para el caso de soya, de esta manera se encuentra la funcionalidad de los enraizantes en cuanto a la obtención de buenos rendimientos. También Calima (2020) indica el enraizador no solo benefician en el desarrollo radicular también lo demuestra en banano puesto que tienen efecto en el peso del racimo y la cantidad de cajas producidas y esto representa mejor rendimiento.

En el análisis estadístico no se encuentran diferencias significativas al 0,05 de probabilidad tal como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Caracterización de la variable R

Error: 94,2938 gl: 6

Tratamiento	N	Media	E.E
Organihum	4	9,51	0,61 A
Testigo	4	8,71	0,61 A
Rootex	4	7,81	0,61 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Lo que respecta a rendimiento todos los tratamientos presenta la misma conducta. Por otro lado, la diferencia numérica presente en T1 se debe a la diferencia significativa encontrada en la variable V.R para la segunda evaluación ya que al presentar mayor volumen radicular esta ocupa mayor cantidad de superficie de suelo y está en su mayoría conforma los pelos absorbentes

responsables de la absorción y transporte de nutrientes hacia la planta, entonces prospera de la mejor manera logrando una mayor productividad.

Además, se hace mención que el rendimiento es la variable de mayor importancia para un productor ya que esta refleja su ganancia en un proceso productivo, los frutos de tomate es la parte comercial la cual genera ingresos y con ello la devolución de la parte monetaria invertida. Entonces al hacer una inversión en la adquisición de enraizantes, estos se deben reflejar en producción logrando mayor cantidad de Kg frutos de tomate por planta para que sea rentable.

Para el análisis de correlación efectuado se encontró lo siguiente que se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Análisis de correlación de las variables LR, PR y VR con enfoque al rendimiento

Variable	Rendimiento
LR	.361*
PR	.288 NC
VR	.306 NC

Nota: LR= longitud radicular, PR=peso radicular, VR= volumen radicular; *La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral), NC= no hay correlación

Para L.R se encuentra una correlación baja con un valor de $r_{(12)}=.361$, $p=.248$, esto quiere decir que el rendimiento tiene relación mínima con la longitud radicular, por otro lado para P.R y VR no existe correlación. Por ende, a pesar de lo encontrado para la variable L.R donde no se encuentra diferencias significativas y la referencia de Torres *et al.* (2013) que manifiesta que la longitud radicular está sujeta a la estructura del suelo que brinda el camino para que las raíces puedan extenderse de forma adecuada.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se encuentra funcionalidad del enraizante Organihum ya que presenta diferencias significativas con 0,05 de nivel de confianza en la variable volumen radicular con 31,38 mL, por ello la raíz ocupa mayor superficie del suelo lo que proporciona un mejor aprovechamiento de nutrientes suministrados por fertilización logrando el buen desarrollo de la planta de tomate.

Hay correlación baja en la variable longitud radicular y está a pesar de no encontrar diferencias significativas al 0,05 de probabilidad, se puede atribuir este comportamiento al de mejor media que es Organihum enraizante con 30,75 cm para la segunda evaluación y de respaldo el mismo tratamiento se obtuvo mejor rendimiento con respecto a los demás.

5.2. RECOMENDACIONES

Para lograr una mayor cantidad de volumen radicular que es la parte que conforma los pelos absorbentes se recomienda la aplicación del enraizador Organihum de esta manera lograr un mejor aprovechamiento de nutrientes suministrado al cultivo de tomate también debido a su productivo ya que ayuda a obtener mayor cantidad de Kg de frutos.

Esta información puede ser empleada para investigaciones futuras a distintos estudiantes y profesionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado , A., y Munzon, M. (2020). Evaluación de la efectividad de gel de sábila y agua de coco como enraizantes naturales en diferentes sustratos para propagación asexual de árboles de ficus benjamina. *Agronomía Costarricense, Vol. 44*, pp. 65-77.
- Arana, D., y García, S. (2018). *Evaluación de tres dosis de fertilizante quelatado en tres híbridos de tomate (Lycopersicum esculentum Mill)*. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/13779>
- Arévalo, M., Dominguez , M., Escalante , J., Yáñez , J., y Gallegos, M. (2019). *Evaluación de tres enraizadores comerciales en la producción de plántulas de tomate indeterminado (Solanum lycopersicum (L.) Lam)*. *Agroproductividad, Vol.12(N°12)*, pp. 81-85.
- Azorin, A. (2017). *Variación morfológica en la arquitectura radicular en una colección de líneas de introgresión de tomate (S. pennellii x S. lycopersicum)*. [Tesis de grado. Univerdad Miguel Hernández]. http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4345/1/TFG%20Azor%C3%ADn%20Guaita_Alfonso.pdf
- Balón, H. (2016). *Evaluación de Enraizadores Orgánicos en el crecimiento de la planta de Café, Variedad Robusta (Coffea canephora) en viveros en el cantón General Villamil Playas*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5498/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-75.pdf>
- Bellini, C., Pacurar, D. I., Perrone, I. (2014). *Adventitious roots and lateral roots: similarities and differences. Annu. Rev. Plant Biol. Vol. 65*. pp 639–666. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-arplant-050213-035645?journalCode=arplant>
- Cevallos, K. (2018). “*Evaluación y selección de cultivares híbridos de tomate [Solanum Lycopersicum L. (MILL.)] en la zona de Puerto la Boca,*

- Manabí*. [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí].
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1382/1/UNESUM-ECUA-ING.AGROPE-2018-24.pdf>
- Calima, O. (2020). *Evaluación de dos láminas de riego y tres mezclas de enraizantes en el cultivo de banano (Musa Paradisiaca) en finca Laurel Tiquisafe, Escuintla*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/12898>
- Campos , C. (2020). *Eficacia de enraizantes en la clonación de genotipos de Coffea Canephora Pierre, en Manglaralto, Santa Elena*. [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena].
<https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/1807/browse?value=ENRAIZANTES&type=subject>
- COSMOCEL. (s.f.). *Rootex ficha técnica*. Agroazar.
<https://www.agrozar.com/files/personalizacion/agrozar/190021/190021-ficha-tecnica.pdf>
- Econatur. (s.f.). *Organihum enraizante Ficha técnica*. Miramont. :
<https://www.miramont.com.ec/wp-content/uploads/FT-ORGANIHUM-ENRAIZANTE-V01.pdf>
- Escobar, H., y Lee, R. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero. [Archivo PDF].
https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/wysiwyg/pub_29_-_manual_produccion_de_tomate.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (s.f.). *Factores que condicionan la producción*. [Archivo Html]. Obtenido de <https://www.fao.org/3/S8630S/s8630s04.htm>
- Fonseca, D. (2019). Evaluación del producto agrícola biofertmex (glomus sp) en el desarrollo radicular, foliar y producción en un cultivo de espinaca (spinacia oleracea), en el municipio de zipaquirá, cundinamarca (Doctoral dissertation).

- Guevara, Eunice; Guenni, Orlando Densidad y longitud de raíces en plantas de *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit Multiciencias, vol. 13, núm. 4, octubre-diciembre, 2013, pp. 372-380
- Hernández, M., Ponce, M., Álvarez, S., Armas, M. (2018). Profundidad, peso y volumen del sistema radical del tomate (*Solanum lycopersicon*) cv. Piedro en condiciones de invernadero. *Agrisost*, Vol.24, N°.2: p. 124-129. <http://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/index>
- Humada, G., Nuñez, K., & Zandinai, F. (2021). Análisis del efecto de diferentes dosis de enraizante en laproductividad de soja vía modelo de regresión. *Pubvet*, Vol.15(N°3), 1-5pp.
- Iñesta, I. (2020). Enraizantes: estimula el crecimiento natural de las raíces de tu cultivo. Grupo Iñesta. <https://www.grupoinesta.com/enraizantes/>
- Jordan , M., Casaretto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. *Fisiología Vegetal*. [Archivo PDF]. <http://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Auxinasgiberelinasycitocininas.pdf>
- López, L. (2016). Manual técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*. [Archivo PDF]. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- López, L; Quirós, Y. (2016). Estadísticas de áreas de siembra y rendimientos por región para tomate período 2015-2016. Comisión estadística de tomate. San José, Costa Rica. MAG. 9 p.
- Montenegro , S. (2015). “*Evaluación de tres enraizantes en el cultivo de Lotus corniculatus en el Centro Experimental San Francisco, Huaca – Carchi*. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Estatal de Carchi] <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/349/1/246%20Evaluaci%3%b3n%20de%20tres%20enraizantes%20en%20el%20cultivo%20de%20Lotus%20corniculatus%20en%20el%20Centro%20Experimental%20San%20Francisco.pdf>
- Moreno, J. (2017). Enraizamiento de esquejes de tomate (*Solanum Lycopersicum* Mill) utilizando diferentes sustratos. Tesis. Universidad de Guayaquil , 71.

- Muñoz, F. (2009). Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. Carta trimestral. Cenicaña, Vol. 31(Nº 3 y 4), 16-18 pp.
- Pérez-Harguindeguy N, et al. (2013). Australian Journal of Botany, 61, 167-234
<http://dx.doi.org/10.1071/BT12225>
- Pichardo, J., Guevara, L., Couoh, Y., González, L., Bernardino, A., Medina, H., Acosta, G. (2018). Effect of gibberellins on the yield of jalapeño pepper (*Capsicum annum* L. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol.9. Nº5. p 925-934.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342018000500925&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Pizano, S. (2016). Uso de dos enraizadores orgánicos y tres convencionales en el desarrollo chile pimienta Morrón cv."Evolution" en invernadero. [Tesis. Universidad Autónoma Agraria].<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8810/1/03%20AGN%20046%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>. Obtenido de 39 pp
- Rea , J. (2020). Evaluación de la eficiencia de enraizadores en el incremento de la masa. Tesis. Universidad Técnica de Babahoyo (UTB), 51 pp.
- Redagícola Chile. (2017). Manejos y productos para potenciar el desarrollo radicular. Redagícola. <https://www.redagricola.com/cl/la-raiz-es-el-cerebro-de-la-planta/>
- Rivera, J. (2018). Raíces saludables significan larga vida productiva para cacao, café y otros perennes leñosos. Rikolto en Latinoamérica. <https://latinoamerica.rikolto.org/es/noticias/guia-raices-saludables-para-cacao-cafe-y-otros-perennes-lenosos>
- Salguero , L. (2016). Evaluación de cuatro híbridos de tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*) con dos densidades de plantación . *Tesis de grado* , Universidad Técnica de Ambato (UTA).
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27066>
- Saráuz, A. (2018). Estudio de la producción y comercialización del tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) en el cantón Pinmanpiro, de la provincia de Imbabura. [Tesis de grado], Universidad técnica del Norte].

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8810/1/03%20AGN%20046%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Semillaria. 2015. Clasificación taxonómica de tomate. Semillaria. <http://semillaria.es/index.php/cultivos-ok/29-cultivos/94-taxonomia>.

Telenchana. (2017). Evaluación de tres enraizantes en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante el método de raíz flotante en la parroquia Mulalillo del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi. Tesis. Universidad Técnica de Ambato. Carrera de Ingeniería Agronomica, 87.

Tuchán, J. (2009). Efecto de cuatro enraizantes comerciales en plántulas del Piñón (*Jatropha curcas* L.) bajo condiciones naturales y de invernadero. Zamorano, 20 p.

Urquia, Y. (2007). Producción de tomates utilizando tecnología de invernadero en el municipio de Cane, departamento de la paz, para ser comercializados en los supermercados del distrito central de Honduras. [Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de Honduras]. <https://tzibalnaah.unah.edu.hn/bitstream/handle/123456789/5950/T-MFep00030.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Verstraeten, I., Schotte, S., Geelen, D. (2014). Hypocotyl adventitious root organogenesis differs from lateral root development. *Front Plant Sci.* 5, 495. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25324849/>

Villareal, A. (2013). Evaluación fisiológica de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.), en la respuesta al estrés por anegamiento e infección de *Fusarium oxysporum*. En Universidad Nacional de Colombia. Tesis (pág. 141 pp). Bogotá- Colombia.

Westreicher, G. (2021). Producción agrícola. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/produccion-agricola.html#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20agr%C3%ADcola%20es%20el,y%20cosecha%20en%20el%20campo>.

Yara. (2020). Producción mundial de tomates. Yara knowledge grows. <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/produccion-mundial-de>

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías pertinentes a la ejecución del proyecto



Preparación y establecimiento del cultivo



Ejecución de labores culturales



Aplicación de los tratamientos





Evaluaciones pertinentes



Producción

Anexo 2. Croquis del ensayo

R1	R2	R3	R4
T1	T3	T2	T1
T2	T1	T3	T3
T3	T2	T1	T2

Anexo 3. Formatos de hojas de evaluación

Formato 1. Variables vegetativas

Registro de datos Proyecto de tesis				
Autor:	Romel Caluguillin			
Tema del proyecto:		Evaluación de organihum y rootex para desarrollo y mantenimiento radicular en el cultivo de tomate bajo invernadero		
Fecha:	1/5/2021			
Replica	Tratamiento	N° de planta	Altura de planta (cm)	Estado Fisiológico (EF)
1	1	1		
1	1	2		
1	1	3		
1	2	1		
1	2	2		
1	2	3		
1	3	1		
1	3	2		
1	3	3		
2	1	1		
2	1	2		
2	1	3		
2	2	1		
2	2	2		
2	2	2		

2	2	3
2	3	1
2	3	2
2	3	3
3	1	1
3	1	2
3	1	3
3	2	1
3	2	2
3	2	3
3	3	1
3	3	2
3	3	3
4	1	1
4	1	2
4	1	3
4	2	1
4	2	2
4	2	3
4	3	1
4	3	2
4	3	3

Formato 2. Variables relacionadas al sistema radicular

Registro de datos Proyecto de tesis					
Autor:	Romel Caluguillin				
Tema del proyecto:	Evaluación de organihum y rootex para desarrollo y mantenimiento radicular en el cultivo de tomate bajo invernadero				
Fecha:					
Replica	Tratamiento	N° de planta	Longitud radicular (cm)	Peso radicular (g)	Volumen radicular
1	1	1			
1	1	2			
1	2	1			
1	2	2			
1	3	1			
1	3	2			
2	1	1			
2	1	2			
2	2	1			
2	2	2			
2	3	1			
2	3	2			

3	1	1			
3	1	2			
3	2	1			
3	2	2			
3	3	1			
3	3	2			
4	1	1			
4	1	2			
4	2	1			
4	2	2			
4	3	1			
4	3	2			

Formato 2. Evaluación de rendimiento

Registro de datos Proyecto de tesis		
Autor:	Romel Caluguillin	
Tutor	Ing. Luis Enrique Parraga MuñozMg.	
Tema del proyecto:	Evaluación de organihum y rootex para desarrollo y mantenimiento radicular en el cultivo de tomate bajo invernadero	
Fecha:		
Replica	Tratamiento	Producción kg/tratamiento
1	1	
1	2	
1	3	
2	1	
2	2	
2	3	
3	1	
3	2	
3	3	
4	1	
4	2	
4	3	