

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



TESIS

**“EVALUACIÓN DEL GRADO DE DESCOMPOSICIÓN DEL
ASERRÍN Y MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA
PRODUCCIÓN DEL TOMATE (*Lycopersicon sculentum* Mill.) EN
CONDICIONES DE HIDROPONÍA”**

**Para obtener el título profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Elaborado por
KENEDY FRITZ ZELADA SOLIGNAC**

Tingo María – Perú

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (062) 561136 E.mail: fa.decanatura@unas.edu.pe.



"Año del buen servicio al ciudadano"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Nº 036-2017-FA-UNAS

BACHILLER : Kenedy Fritz ZELADA SOLIGNAC

TÍTULO : "EVALUACIÓN DEL GRADO DE DESCOMPOSICIÓN DEL ASERRÍN Y MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA PRODUCCIÓN DEL TOMATE (*Lycopersicum sculentum* Mill) EN CONDICIONES DE HIDROPONIA

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. HUGO A. HUAMANI YUPANQUI
VOCAL : Ing. M.Sc. JORGE L. ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL : Ing. LUIS G. MANSILLA MINAYA

ASESOR : Dr. JOSÉ W. ZAVALA SOLORZANO

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2017

HORA DE SUSTENTACIÓN : 5:00 pm

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE AUDIOVISUALES DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 03 de NOVIEMBRE DE 2017.


Dr. HUGO A. HUAMANI YUPANQUI
PRESIDENTE


Ing. M.Sc. JORGE L. ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL


Ing. LUIS G. MANSILLA MINAYA
VOCAL


Dr. JOSÉ W. ZAVALA SOLORZANO
ASESOR



Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Facultad : Agronomía

Título de Tesis : Evaluación del grado de descomposición del aserrín y microorganismos eficientes en la producción del tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill.) en condiciones de hidroponía.

Autor : Kenedy Fritz Zelada Solignac

Asesor de Tesis : Dr. José W. Zavala Solórzano

Escuela Profesional : Escuela Profesional de Agronomía

Programa de Investigación : Cultivos Tropicales

Línea (s) de Investigación : Suelos y Fertilizantes

Eje Temático de Investigación : Sistemas Agrícolas de Producción

Lugar de Ejecución : Tingo María - Huánuco

Duración : **Fecha de Inicio:** 15/12/14
Termino: 29/05/15

Financiamiento : **S/.** 2658.00
FEDU: NO
Propio: SI
Otros: NO

DEDICATORIA

A DIOS: Sobre todas las cosas, por iluminarme y darme sus bendiciones durante todo el proceso de mi formación profesional.

A mi querida madre: Yanet Jacqueline Solignac Godoy, mi más profundo agradecimiento y eterna gratitud por sus consejos y esfuerzo para la culminación de mi carrera profesional.

A mi hermano Jouis Junior Zelada Solignac por su apoyo incondicional antes durante la ejecución de la tesis.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Agronomía que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al Dr. José W. Zavala Solórzano, asesor del trabajo de investigación, por su valiosa orientación en la conducción y redacción del trabajo de investigación.
- Al Ing. Juan Mártires Ccoycca Fernández por su orientación, colaboración y supervisión de la tesis como colaborador en el trabajo de investigación.
- Al Ing. Alain Fonseca Adriaizen, por su colaboración en el trabajo.
- A mis amigos: Maicol Alvarez; Verenice Valles; Cristhian Camasca; Frans Pisco; Ruyer Soto y Wilmer Gulcochia, por su participación en el presente trabajo.
- A todas aquellas personas que directa o indirectamente hicieron posible la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1. Humificación de la materia orgánica	17
2.2. Importancia da la materia orgánica	17
2.2.1. Influencia de la materia orgánica en las propiedades físicas del suelo	17
2.2.2. Influencia de la materia orgánica en las propiedades biológicas del suelo	19
2.2.3. Influencia de la materia orgánica en las propiedades biológicas del suelo	20
2.3. Relación Carbono/Nitrógeno y transformación de la materia orgánica	21
2.4. Mineralización e inmovilización de la materia orgánica	22
2.5. Características del sustrato	22
2.6. Ventajas y desventajas de los microorganismos eficientes	23
2.6.1. Ventajas de los microorganismos eficientes	26
2.7. Aserrín	26
2.7.1. Desventajas.....	27
2.7.2. Composición química	28
2.7.3. Factores que intervienen en la transformación del aserrín	29

2.8. Relación lignina/polifenoles	33
2.9. El tomate.....	35
2.9.1. Calidad del tomate.....	35
2.10. Hidroponía	36
2.10.1. Rendimiento económico	37
2.11. Antecedentes	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1. Campo experimental	41
3.2. Componentes en estudio	42
3.3. Tratamientos en estudio.....	42
3.4. Diseño experimental	43
3.5. Características del campo experimental.....	44
3.6. Ejecución el experimento	44
3.6.1. Limpieza	44
3.6.2. Demarcación del terreno.....	45
3.6.3. Preparación del almacigo	45
3.6.4. Obtención del sustrato	45
3.6.5. Preparación de los microorganismos eficientes	46
3.6.6. Siembra de la solución de los microorganismos eficientes en la fase líquida (EM) en el aserrín.....	47
3.6.7. Llenado de bolsas y colocación en campo.....	47
3.6.8. Instalación del sistema por micro túbulos	47
3.6.9. Solución nutritiva	48
3.6.10. Tutorado	48

3.6.11. Aplicación de agroquímicos	48
3.7. Parámetros a evaluar	49
3.7.1. Altura de planta	49
3.7.2. Peso del fruto	49
3.7.3. Rendimiento	49
3.7.4. Análisis de rentabilidad	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. De la altura de planta	50
4.2. Del peso del fruto	53
4.3. Del rendimiento del tomate	57
4.4. De análisis de rentabilidad	59
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. RESUMEN	63
VIII. BIBLIOGRAFÍA	65
IX. ANEXO	72

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento, Diciembre 2014 – Mayo del 2015.....	42
2. Descripción de los tratamientos en estudio.....	42
3. Análisis de variancia.....	44
4. Tipos de fertilizantes utilizados.....	48
5. Resumen del análisis de variancia de todas las características en tomate.....	52
6. Resumen de los efectos de los componentes aserrín y microorganismos eficientes en todas las características en tomate.....	52
7. Rendimiento del tomate (<i>Lycopersicon sculentum</i>) entre los diferentes tratamientos.....	58
8. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio en el cultivo de tomate.....	60
9. Tipos de fertilizantes utilizados en la investigación.....	73
10. Fórmula de fertilización del tomate.....	73
11. Presupuesto para la producción de tomates en el trabajo de investigación y su proyección en una hectárea.....	73
12. Medición de temperatura en el aserrín fresco durante la aplicación de microorganismo activados.....	73
13. Análisis de variancia en la altura de planta por efecto del aserrín y la aplicación de microorganismos eficientes.....	74

14. Análisis de variancia para el diámetro ecuatorial del fruto por el efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes. .	75
15. Análisis de variancia en el diámetro polar del fruto por el efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes.	75
16. Análisis de variancia del peso promedio del fruto por el efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes.	75
17. Análisis de variancia del peso total del fruto por el efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes.	76
18. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el peso de fruto en la primera evaluación de los tratamientos en estudio.	76
19. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro polar del fruto en la primera evaluación de los tratamientos en estudio.	76
20. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro ecuatorial del fruto en la primera evaluación de los tratamientos en estudio.	77
21. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el peso total el fruto, en la primera evaluación de los tratamientos en estudio.	77
22. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el peso promedio del fruto a la segunda evaluación de los tratamientos en estudio.	77

23. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro polar del fruto en la segunda evaluación de los tratamientos en estudio.....	78
24. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro ecuatorial del fruto en la segunda evaluación de los tratamientos en estudio.	78
25. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos (EM) en el peso total del fruto en la segunda evaluación de los tratamientos en estudio.	78
26. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el peso promedio del fruto en la tercera evaluación de los tratamientos en estudio.	79
27. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro polar del fruto en la tercera evaluación de los tratamientos en estudio.	79
28. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro ecuatorial del fruto en la tercera evaluación de los tratamientos en estudio.	79
29. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el peso total del fruto en la tercera evaluación de los tratamientos en estudio.	80
30. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el peso promedio del fruto a la cuarta evaluación de los tratamientos en estudio.	80

31. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro polar del fruto en la cuarta evaluación de los tratamientos en estudio.	80
32. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro ecuatorial del fruto en la cuarta evaluación de los tratamientos en estudio.	81
33. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el peso promedio del fruto, a la quinta semana de evaluación de los tratamientos en estudio.	81
34. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro polar del fruto en la quinta evaluación de los tratamientos en estudio.	81
35. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro ecuatorial del fruto en la quinta evaluación de los tratamientos en estudio.	82
36. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el peso total del fruto en la quinta evaluación de los tratamientos en estudio.	82
37. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el peso promedio del fruto, en la sexta evaluación de los tratamientos en estudio.	82
38. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro polar del fruto, en la sexta evaluación de los tratamientos en estudio.	83

39. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro ecuatorial del fruto, en la sexta evaluación de los tratamientos en estudio	83
40. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el peso total del fruto, en la sexta evaluación de los tratamientos en estudio.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Altura de planta en relación a los microorganismos eficientes	52
2. Influencia del tiempo de descomposición del aserrín en la altura de planta.	53
3. Peso promedio del fruto en relación a los microorganismos eficientes.	54
4. Influencia del tiempo de descomposición del aserrín en el peso promedio del fruto.....	55
5. Peso total del fruto en relación a los microorganismos eficientes.	56
6. Influencia del tiempo de descomposición del aserrín en el peso total del fruto.	57
7. Rendimiento del tomate de los tratamientos en estudio.....	59
8. Realizando la siembra de tomates en los germinadores.....	84
9. Transplante de plantines a los cartuchos.....	84
10. Preparación del campo para el trabajo experimental.	85
11. Realizando el llenado de bolsas.	85
12. Instalación en el terreno o campo definitivo.	86
13. Realizando la labor de poda en tomate.	86
14. Realizando entutoramiento del tomate.	87
15. Visita del jurado a la ejecución del trabajo experimental.....	87
16. Realizando la cosecha y evaluación del tomate.	88
17. Evaluación del diámetro polar del tomate.	88
18. Evaluación del diámetro ecuatorial.	89

19. Fruto de tomate “Dominique mill”	89
20. Croquis del experimento.....	90
21. Croquis de distribución de las muestras en experimento.....	90
22. Análisis del aserrín en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva	91

I. INTRODUCCIÓN

El deterioro progresivo del suelo en la Selva Peruana, debido entre otros aspectos a la alta acidez y lavado de nutrientes determina en muchos casos una baja productividad de los cultivos y a una baja calidad del producto; esto conlleva a la búsqueda de alternativas de producción para la agricultura. Siendo uno de ellos el uso de los abonos orgánicos, que son fertilizantes naturales de fácil elaboración y que mantiene una relación amigable con el medio ambiente (INFOAGRO, 2010). La producción de abonos orgánicos es un proceso clave relacionado con la sostenibilidad y productividad de los sistemas agrícolas, especialmente para los que están en suelos frágiles y manejados por agricultores de pocos recursos (CERRATO, 2003).

Por otro lado, el aserrín es un subproducto orgánico de la industria de la madera, que es una excelente fuente de sustrato y materia orgánica para la producción agrícola, siempre que se conozcan y comprendan sus características y necesidades. El aserrín y los demás residuos deben ser mezclados en proporciones tales que la relación carbono/nitrógeno (C/N), la humedad y la aireación sean adecuadas para que estimulen una actividad microbiana intensiva, que modifique la estructura química y física de los materiales, cambiando la especiación química para que los nutrimentos sean disponibles (HERNÁNDEZ *et al.*, 2013)

Aparte de los abonos orgánicos, la técnica del cultivo hidropónico dada su elevada tecnificación, permite consumir únicamente agua y nutrientes necesarios, minimizando todo tipo de pérdidas y aportando solamente la

cantidad que las plantas estrictamente necesitan, permiten tener controlados las variables de cultivo y en consecuencia obtención de una mayor calidad de producto GONZALES (2016). Por ello planteamos la siguiente hipótesis: El aserrín y la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en diferentes etapas de transformación influyen favorablemente en la producción del cultivo de tomate (*Lycopersicon sculentum*) y se planteó los objetivos siguientes:

Objetivo general

1. Evaluar la influencia de los tiempos de transformación del aserrín y la aplicación de microorganismos eficientes en la producción del cultivo de tomate (*Lycopersicon sculentum*) en condiciones de hidroponía.

Objetivos específicos

1. Evaluar los caracteres biométricos del tomate por el efecto del aserrín en diferentes tiempos de transformación con y sin la adición de microorganismo eficientes en condiciones de hidroponía.
2. Evaluar el rendimiento del tomate por el efecto del aserrín en diferentes tiempos de transformación con y sin la adición de microorganismos eficientes en condiciones de hidroponía.
3. Realizar el análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Humificación de la materia orgánica

La humificación es el paso final de la degradación de la materia orgánica es básicamente el clivaje de moléculas de gran peso molecular en complejos coloides amorfo que contienen grupos fenólicos. La mayoría de los procesos de la humificación es debido a los microorganismos del suelo; sin embargo, es acentuado por actividades de invertebrados como los nematodos y artrópodos (MAGDOFF y WEILL, 2004).

2.2. Importancia da la materia orgánica

La REVISTA INFORGANIC (2004), menciona que la materia orgánica tiene importancia en la agricultura orgánica acorde con las necesidades de preservar el ambiente y a la vez, más productiva. Para ello es necesario partir del conocimiento de los procesos que tienen lugar en el suelo (ciclos de nutrientes) y de la actividad biológica del mismo, con el fin de establecer un control de la nutrición, del riego y del lavado de elementos potencialmente contaminantes.

2.2.1. Influencia de la materia orgánica en las propiedades físicas del suelo

a. Color

Sabemos que los colores oscuros del suelo son provocados, entre los componentes, por el contenido en humus y su mezcla con la fracción mineral. Si además tenemos en cuenta que los suelos oscuros absorben hasta el 80 % de la radiación solar, podremos afirmar que los suelos ricos en humus

se calientan más y mantienen un régimen térmico más estable (CERRATO *et al.*, 2007).

b. La estructura del suelo

Un parámetro de enorme importancia sobre la fertilidad del suelo es la estructura, y aún lo es más la estabilidad de esa estructura, que determinará la resistencia que ofrece ese sistema vivo frente a la acción degradativa de diversos agentes erosivos, fundamentalmente el agua y el viento. Esta particularidad de la estructura, su estabilidad, responde directamente a las condiciones de la materia orgánica humificada en el suelo, y esto es así debido a la capacidad de las sustancias húmicas para "cementar" las partículas minerales del suelo, formando con ello agregados de una determinada cohesión y proporcionando al suelo condiciones favorables en cuanto a porosidad, mullimiento, circulación del agua, del aire, del calor y crecimiento radicular (DEFRIERI, 2005).

c. La permeabilidad y la capacidad de retención de agua

La materia orgánica humificada, al mejorar la estructura del suelo y su cohesión, aumenta la permeabilidad al agua y al aire de los suelos de cultivo; además, la gran capacidad de los coloides húmicos para retener las moléculas de agua, hace que aumente la capacidad de retención hídrica del suelo (DEFRIERI, 2005).

2.2.2. Influencia de la materia orgánica en las propiedades biológicas del suelo

a. La capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico de un suelo, es decir, la cantidad máxima de cationes Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , H^+ , etc. que un suelo puede absorber por 100 g, depende directamente de la naturaleza de su complejo absorbente, sustancias húmicas y arcillas preferentemente. Las sustancias húmicas, gracias a sus numerosos radicales funcionales $-\text{COOH}$ y OH principalmente, tienen una alta capacidad de cambio; con lo cual aumenta la capacidad de ese suelo para retener nutrientes catiónicos e intercambiarlos con la solución del mismo. Como consecuencia, no sólo se potencia un suministro de nutrientes acorde con las necesidades del vegetal, sino que también se evita, en parte, la pérdida de estos elementos por lixiviación (BARKER *et al.*, 2014).

b. El aporte de nutrientes

El aumento de nutrientes en el suelo no se debe exclusivamente al aporte; sino que, al incidir este positivamente sobre la actividad microbiana del suelo, influye indirectamente sobre los ciclos de movilización e inmovilización de distintos elementos minerales como el fósforo, azufre, nitrógeno, etc. aventajando en los suelos biológicamente activos, la mineralización a la inmovilización. Además, las sustancias húmicas impiden la retrogradación del fósforo al formar fosfhumatos ácidos húmicos más aniones fosfato; aumentan la síntesis de sustancias nitrogenadas y favorecen a su vez, la asimilación del nitrógeno por la planta (DUCHAUFOR, 1987).

c. Complejación y quelación

Las sustancias húmicas tienen también capacidad para unirse a ciertos cationes minerales muy inestables, Cu, Mn, Fe, etc., formando "quelatos"; esta unión no sólo permite una mayor disponibilidad de esos elementos para la planta, sino que impide la pérdida de los mismos (CANET, 2007).

d. El pH del suelo

Una acción directa de la materia orgánica humificada sobre el suelo es el aumento del poder amortiguador del mismo, reduciendo con ello el riesgo de variaciones bruscas del pH. Este aumento del poder "tampón" es fundamental en los suelos agrícolas, por los efectos negativos que conllevaría la variación brusca del pH sobre la vida microbiana, la asimilabilidad o el bloqueo de algunos elementos minerales, con consecuencias inmediatas sobre los cultivos más sensibles (DEFRIERI, 2005).

2.2.3. Influencia de la materia orgánica en las propiedades biológicas del suelo

La materia orgánica tiene una acción decisiva en todos los aspectos de la vida microbiana en el suelo. Esta influencia favorable se manifiesta, bien por un aumento en la cantidad y calidad de alimento y de energía a disposición de los macro y microorganismos encargados de la dinámica de los ciclos biogeoquímicos en la naturaleza; bien por una mejoría en las condiciones físicas y físico-químicas del suelo, lo que afectaría al intercambio gaseoso y a la actividad de la población microbiana aerobia, a la

respiración radicular, a la rizogénesis, a la fotosíntesis, etc.; o bien, lo que es muy importante, por el aporte directo en sí y la activación de ciertas poblaciones de microorganismos beneficiosos en detrimento de otros patógenos para los cultivos (CANET, 2007).

2.3. Relación Carbono/Nitrógeno y transformación de la materia orgánica

CARENS (1983), refiere que las plantas que tienen tejido leñoso, fibrosos y secos, se descomponen lentamente y son más ricos en C; y las que presentan tejidos verdes, frescos y los que se descomponen rápido y son más ricos en N, dentro de las que incluyen las leguminosas. La relación C/N debe mantenerse de 25 a 35. Si el compostaje almacena demasiada cantidad de elementos con contenido en carbono, se producirá una evacuación en forma de dióxido de carbono a la atmósfera. CERRATO, *et al.* (2007), la fermentación en este caso será lenta y de temperatura baja y tardaremos más tiempo en obtener el compost final. En el caso de exceso de nitrógeno, se producirá una evacuación de amoníaco a la atmósfera, con emisión de olores desfavorables y temperaturas altas

GROSS, *et al.* (2012) mencionan que el nitrógeno orgánico es también una de las entradas más costosas de la agricultura ecológica, cuatro o cinco veces más alto que los fertilizantes nitrogenados sintéticos convencionales. El contenido de N de la M.O. del suelo es de 5% aproximadamente, lo que indica que la proporción de N en la MO transformada en humus, es mayor que en la materia vegetal original. Si la temperatura aumenta, la alta relación C/N disminuye, debido a una mayor actividad microbiana. CERRATO, *et al.* (2007),

la relación carbono/nitrógeno (C/N), en la MO de un suelo cultivado es 8:1; siendo el término medio de 10 a 12:1. LECONTE (2009), en caso del aserrín presenta una alta relación de C/N (200-400) por su alta concentración de celulosa y lignina y su baja concentración de Nitrógeno y otros nutrientes.

Según CASTILLO *et al.* (2002), para que ocurra un proceso adecuado de compostaje debe haber un balance entre carbono y nitrógeno. El carbono es empleado para generar energía y nitrógeno para el crecimiento y la reproducción. La relación teórica e ideal para una reproducción rápida se ubica entre 25 y 35. Con relaciones menores se volatiliza mucho nitrógeno y con relaciones mayores la descomposición orgánica es muy lenta.

THIVIERGE y SEITO (2005), refieren que un factor muy determinante en la calidad del compost es la velocidad de descomposición del mismo y ésta a su vez depende de la proporción existente de carbono/nitrógeno del sustrato.

2.4. Mineralización e inmovilización de la materia orgánica

Son procesos opuestos que ocurren simultáneamente regulando la disponibilidad de los elementos. El tipo de laboreo, la calidad, cantidad y ubicación de los residuos en el suelo, hace que uno y otro proceso domine. La mineralización es la transformación microbiana de un elemento de la forma orgánica a su forma inorgánica, en cambio la inmovilización es la conversión de un elemento mineral o radical inorgánico a la forma orgánica por acción de organismos presentes en el proceso (GARCÍA, 2003).

2.5. Características del sustrato

No siempre un sustrato tiene todas las características deseables; por ello

a veces se recurre a mezclar diversos materiales, buscando que unos aporten lo que les falta a otros. Cuando planeamos un cultivo hidropónico se debe tener en cuenta el decálogo del sustrato: debe retener humedad, buena aireación, buena estabilidad física, ser inerte químicamente y biológicamente; buen drenaje y capilaridad; debe ser liviano, de bajo costo y estar disponible. La retención de humedad por el sustrato, en cantidades adecuadas y forma homogénea, determina posibilidad a la planta, de utilizar el agua como vehículo para sus funciones metabólicas (CALDERÓN y CEVALLOS, 2001). Existe gran variación de materiales que pueden ser adecuados como sustratos de cultivo, pero se deben considerar sus características físicas, químicas y biológicas, las necesidades del cultivo, así como la compleja interacción de procesos y fenómenos que se suscitan en la relación contenedor, sustrato, planta y ambiente. Según CERRATO *et al.* (2007), un sustrato debe cumplir cuatro condiciones: proveer agua, suministrar nutrimentos, permitir el intercambio de gases entre la zona radicular y el exterior del sustrato y dar soporte a las plantas.

2.6. Ventajas y desventajas de los microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes son un cultivo mixto de microorganismos naturales sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales (bosques) y pueden ser aplicados directamente al suelo a las plantas para aumentar la diversidad microbiológica o como inoculante para los abonos fermentados como el bocashi. Los microorganismos eficientes (EM) contienen especies seleccionadas entre ellas poblaciones dominantes de *Lactobacillus*, levaduras y un número menor de bacterias fotosintéticas, actinomicetos y otros

tipos de organismos. Algunos de las sustancias secundarias que son producidos por los microorganismos de bosques son: inositol, ubiquinona, saponinas, polisacáridos de bajo peso molecular, polifenoles y quelatos. Estas sustancias pueden inhibir el desarrollo de patógenos, pero permiten el crecimiento de las especies benéficas. Estos microorganismos de bosque cuando entran en contacto con la materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes (MERINO, 2011). Los tipos de microorganismos eficientes son:

a. Levaduras (*Saccharomyces spp.*)

Sintetizan sustancia antimicrobiales, producen hormonas y sustratos útiles que favorecen la presencia de microorganismos en un MEC (cultivo microbiano mixto). Las sustancias bioactivas como hormonas y enzimas producidas por las levaduras promueven la división celular activa. Sus secreciones son útiles para los microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomicetos (bacteria que ayuda a descomponer la materia orgánica transformándola en humus, liberando nutrientes). Algunas especies se emplean en todas partes del mundo para la elaboración del pan y la producción de bebidas alcohólicas por fermentación, pues segregan enzimas que convierten a los azúcares en alcohol (MERINO, 2011).

b. Actinomicetos

Los actinomicetos son microorganismos unicelulares, muy abundantes en el suelo, aguas estancadas, estiércoles y en general en lugares donde los restos vegetales se descomponen aeróbicamente. La principal característica de

los actinomicetales es su capacidad para formar filamentos delgados ramificados o un micelio ramificado similar a los hongos (aunque de menor diámetro). Las principales funciones que presentan los actinomicetos actúan en la descomposición de residuos animales y vegetales liberando amoníaco y ácidos orgánicos. Su micelio presenta una parte interesante de la materia prima para la síntesis de compuestos húmicos, además posee unas proteínas (hidrofobinas) que tienen capacidad para que el micelio resista a la falta de agua (MERINO, 2011).

c. Bacterias productoras de ácido láctico

Las bacterias productoras de ácido láctico como *Lactobacillus casei*, *L. acidophilus*, *Streptococcus faecium* poseen la propiedad de controlar la población de algunos microorganismos patógenos (MERINO, 2011).

d. Bacterias fotosintéticas

Dentro de las bacterias fotosintéticas, se ubican los organismos del género *Rhodopseudonas sp*, que pertenecen al grupo de las bacterias purpuras y se caracterizan por ser fotótrofas, es decir que tienen la capacidad de convertir energía lumínica en energía química para producir energía (ATP). También sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de la raíz. Las sustancias generadas por estas bacterias favorecen la presencia de micorriza, el crecimiento de las plantas y de otros organismos útiles como aquellas que fijan el nitrógeno (MERINO, 2011).

La tecnología EM fue desarrollada en la década de los ochenta por el Doctor Teruo Higa, Profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en

Okinagua, Japón. Estudiando las funciones individuales de diferentes microorganismos, encontró que el éxito de su efecto potencializador estaba en mezcla. Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada a usos agropecuarios ambientales (ECO TECNOLOGÍA, 2012).

2.6.1. Ventajas de los microorganismos eficientes

Promueve la germinación, crecimiento, florecimiento, fructificación y maduración de las plantas cultivadas, capacidad fotosintética de las plantas, incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante, desarrolla resistencia de las plantas a plagas y enfermedades, el uso de EM disminuye con el tiempo porque los microorganismos se propagan por sí solos, se evita el uso de fertilizantes químicos para la nutrición de plantas y facilita la liberación de mayores cantidades de nutrientes a las plantas (REBOREDA, 2012).

2.7. Aserrín

El aserrín se define como una especie de polvo, más o menos grueso que se desprende de la madera cuando la asierran. Por este motivo las propiedades químicas del aserrín se asumen como la composición de la madera (GODOY, 2005).

A este material, que en principio es un residuo o desecho de las labores de corte de la madera, se le han buscado distintos usos con el paso del tiempo. Dentro del campo de la carpintería se usa para fabricar tableros de madera, aglomerada y de tablero de fibra de densidad media. Ya fuera del campo de la carpintería ha sido usado durante mucho tiempo en el campo de la higiene para ser extendido en el suelo y mejorar la adherencia de este y facilitar su limpieza

por ejemplo en negocios donde pueda ser habitual el derrame de líquidos en el suelo. Se ha usado también como cama o lecho para animales, bien en bruto o bien tras su procesado, siendo aglutinado. En los últimos años ha aumentado su uso para la fabricación de briquetas destinadas a la alimentación de estufas, y de pellets destinados a la alimentación de calderas de biomasa y en la agricultura se ha usado como sustrato para abono orgánico, material de conservación de humedad de suelos en plantaciones (CONAF, 2013).

Los subproductos de la madera también se pueden usar en mezcla de suelos. El nitrógeno se añade en cantidades suficientes para el proceso de descomposición que varía según la especie de la madera. Debido a su bajo costo se emplea con amplitud como renovador del suelo, aunque algunos de sus tipos, en especial durante su estado fresco, pueden contener materiales tóxicos para la planta (ALTERNATIVA ECOLÓGICA, 2011).

MONTIEL (2013), concluye que el aserrín favorece al régimen de agua y contribuye a una mayor disponibilidad de los elementos nutritivos adicionados con otros fertilizantes nitrogenados, especialmente en suelos de texturas arcillosas y arenosas. No obstante, su bajo nivel de nitrógeno y una desfavorable relación C/N obliga a un suministro elevado de este elemento. El aserrín como sustrato se puede mezclar con compost y humus de lombriz. Refiere también que el aserrín no se puede aplicar directamente como sustrato en el suelo pues las raíces se secan al poco tiempo.

2.7.1. Desventajas

El aserrín tiene una masa seca muy baja, que vientos y lluvias

fuerzas pueden arrastrar, la calidad depende de la especie arbórea, tamaño de la partícula y del tiempo de descomposición entre otras variables (ALTERNATIVA ECOLÓGICA, 2011).

2.7.2. Composición química

Conformado por: lignina 27,5%, celulosa 37,7%, hemi-celulosa 11.6% y extractables 10.8%. La celulosa está compuesta de moléculas de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) como un monosacárido formado a través de la fotosíntesis del dióxido de carbono atmosférico. Esta unión de moléculas de glucosa forma cadenas largas de biopolímeros de 4-(Glucosa) $n-\beta 1$, y es acompañada por la eliminación de una molécula de agua, cada molécula de glucosa agregada a la cadena gira 180° y la unión de dos unidades de glucosa da como resultado un disacárido llamado celubiosa. La fórmula empírica de la celulosa es $(C_6H_{10}O_5)_n$ donde n es el grado de polimerización con un valor mínimo de 200. La molécula de lignina contiene solo tres elementos, carbono, oxígeno e hidrógeno. Esta molécula es un polímero de núcleos aromáticos con una sola unidad repetitiva como bloque estructural básico, del tipo fenilpropano sustituidos (C6-C3) que derivan básicamente del conifenol, sinapol y cumarol (ALEXANDER, 1980). En general los residuos como el aserrín con altos contenidos de lignina y polifenoles son más resistentes a la degradación que los materiales pobres en estos compuestos. Existen relativamente pocos organismos capaces de degradar la lignina y son, además, exclusivamente aeróbicos. La lignina no solo resulta de difícil degradación, sino que también la celulosa y hemicelulosa recubiertas de lignina que forman partes de las paredes celulares y que se degradan muy lentamente, debido a un efecto físico

que impide alcanzar al sustrato por parte de las enzimas secretados por los microorganismos FENGEL y WEGENER (1983); además, en la molécula de lignina los mismo enlaces no se repiten a intervalos regulares en el polímero y esta estructura acoplada con los fuertes enlaces entre los monómeros hacen a esta estructura resistente tanto a la degradación microbiana como química (ALEXANDER, 1980). La relación carbono/nitrógeno del aserrín (C/N = 400/1), donde la inmovilización es mayor que la mineralización, estos residuos son difíciles de compostar por su alta relación C/N, alto contenido en celulosa y lignina (LECONTE, 2009).

2.7.3. Factores que intervienen en la transformación del aserrín

El proceso de degradación de la madera en general, y del aserrín de madera en particular, en amplios términos, puede ser atribuida a dos causas primarias: agentes bióticos y agentes físicos. La descomposición de la madera es una serie continua, donde las acciones de degradación son responsabilidad de uno o más agentes que alteran las características de la madera al grado requerido para que otros agentes ataquen (LECONTE, 2009).

Los agentes bióticos que intervienen en el proceso de degradación de la madera en general, requieren ciertas condiciones para la supervivencia. Estos requisitos incluyen humedad, oxígeno disponible, temperaturas convenientes y una fuente adecuada de alimento, que, en este caso particular, proviene de la madera. La madera debe contener agua para que ocurran los ataques biológicos. El contenido de agua en la madera es un factor determinante e importante de los tipos de organismos presentes que

degradan la madera. los hongos, también proporcionan un medio de difusión para que las enzimas degraden la estructura de la madera. Cuando el agua entra en la madera, la microestructura se hincha hasta alcanzar el punto de saturación de la fibra (sobre un 30% del contenido de humedad en la madera). El agua libre en las cavidades de las células de la madera, permite que el hongo puede comenzar a degradarla (LECONTE, 2009).

A excepción de las bacterias anaeróbicas, para todos los organismos vivos requieren del oxígeno para su respiración. Realizar un proceso de composta del aserrín en medio aeróbico que es una estrategia lógica para acelerar el proceso de degradación del mismo. Cabe señalar que la mayoría de los hongos pueden sobrevivir en niveles muy bajos de oxígeno. En temperaturas bajo 0 °C, el metabolismo de la mayoría de los organismos se retarda. Mientras que la temperatura suba por encima de cero grados, ellos comienzan nuevamente a atacar la madera, pero la actividad se retarda rápidamente mientras que la temperatura se acerca a 32 °C. En temperaturas sobre 32 °C, el crecimiento de la mayoría de los organismos declina, aunque un cierto de especies continúe extremadamente tolerante a prosperar hasta 40 °C. Los hongos son organismos que utilizan la madera como fuente de alimento. Actúan en la madera como una red microscópica que crece directamente penetrando la pared celular de la madera. las hifas de los hongos producen las enzimas que degradan la celulosa, hemicelulosa y lignina (LECONTE, 2009).

Generalmente todas las plantas son capaces de biosintetizar un elevado número de compuestos fenólicos, algunos de los cuales son

indispensables para sus funciones fisiológicas (forman parte de los metabolitos primarios) y otros son de utilidad para defenderse ante situaciones de estrés que pueden ser producidas por animales, el clima (hídrico, luminoso), etc. estos son los metabolitos secundarios. Algunos de estos metabolitos secundarios presentan una distribución restringida a ciertos grupos, familias o incluso exclusivamente en algunas especies de plantas. Podemos agrupar los metabolitos secundarios en cuatro grupos: terpenos, compuestos fenólicos, glicósidos y alcaloides (MALDONADO, 2006).

a. Terpenos

Muchas plantas (limón, menta, eucalipto y/o tomillo) producen mezclas de alcoholes, aldehídos, cetonas y terpenoides denominadas aceites esenciales, responsables de los olores y sabores característicos de estas plantas. Los terpenos que se encuentran en los aceites esenciales son generalmente monoterpenos, como el limoneno y el mentol, principales monoterpenos constituyentes de los aceites de limón y menta, respectivamente. Por otra parte, la resina de ciertas coníferas contiene monoterpenos que actúan como insecticidas. Como es el caso de los metabolitos pineno y piretrina. Estos compuestos son volátiles y su inhalación puede producir irritaciones en las vías respiratorias y las mucosas, especialmente en animales de pequeño tamaño. En la madera no encontraremos estos compuestos, ya que se pierden en el proceso de secado. Pero la viruta y el serrín generalmente no pasan por este proceso por lo que puede ser muy perjudicial utilizarlos como sustrato (MALDONADO, 2006).

b. Compuestos fenólicos

Estas sustancias reciben también el nombre de polifenoles o fenilpropanoides. Son compuestos orgánicos cuyas estructuras moleculares contienen al menos un grupo fenol, consistente en un anillo aromático con un grupo hidroxilo. Entre ellos podemos mencionar a los flavonoides, isoflavonoides, antraquinonas, antocianidinas y xantonas, a los ácidos fenólicos, fenoles simples, ácidos hidroxicinámicos, fenilpropenos, ligninas, entre otros, los cuales actúan generalmente como capturadores y estabilizadores de radicales libres, pudiendo producir quelación de metales aquellos que poseen grupos carboxílicos en su estructura. El fenol es un compuesto manufacturado, y por tanto no se encuentra en la madera de forma natural. Es potencialmente tóxico tanto para los animales como para los humanos. En las plantas constituyen un grupo heterogéneo de productos con más de 10.000 compuestos y desempeñan una gran variedad de roles: Defensa ante herbívoros y patógenos, soporte mecánico a la planta, atracción de polinizadores o dispersores de frutos y absorción de la radiación ultravioleta, la función como agentes alelopáticos: reducen el crecimiento de plantas competidoras cercanas. En el caso de la madera de coníferas, concretamente de la madera de pino, los únicos compuestos fenólicos que pueden presentar toxicidad serán los Taninos (MALDONADO, 2006).

c. Taninos

Son compuestos polifenólicos hidrosolubles, muy astringentes y de gusto amargo. La astringencia es la propiedad que presentan estos compuestos para secar las mucosas al ser ingeridos, por eso dejan la boca

seca. Suelen acumularse en las raíces, corteza y frutos de las plantas, y también estarán presentes en sus hojas, aunque en menor proporción. Cumplen funciones de defensa ante el herbivorismo, por lo que cuando se ingieren en elevadas concentraciones, como parte de la dieta habitual, pueden limitar la absorción de algunos nutrientes comprometiendo el crecimiento y la supervivencia. Los taninos también funcionan como defensas contra los microorganismos actuando como plaguicidas naturales (MALDONADO, 2006).

d. Mecanismo de acción de los taninos

Los taninos juegan un papel en la defensa de las plantas contra las agresiones del medio en dónde se encuentran. La síntesis de los taninos es un mecanismo de defensa de las plantas en contra de los ataques de los fitopatógenos. Los taninos al enlazarse fuertemente con las proteínas y formando los complejos, desencadenan en la planta un mecanismo químico de defensa ante cualquier agresión (BARRY y MCNABB, 1999). Una acumulación de los taninos ha sido observada en las zonas de invasión de la planta por bacterias, por hongos o por nematodos, lo que inhibe el desarrollo de los mismos (FEUCHT y TREUTTER, 1999; COLLINGBORN *et al.*, 2000). Los taninos son también una medida de defensa contra las agresiones de predadores como los insectos y los mamíferos herbívoros (MUELLER-HARVEY y MCALLAN, 1992; WOODWARD y COPPOCK, 1995; FEUCHT *et al.*, 1997).

2.8. Relación lignina/polifenoles

La relación que existe entre la concentración de lignina y los compuestos polifenólicos es proporcional, ya que los polifenoles son sustancias extraíbles

de la madera, ya que no se encuentran en forma natural. El método de extracción es mediante el tostado que llega a quemar la madera, para favorecer la degradación térmica de la capa superficial, Durante el proceso de tostado tienen lugar una variedad de reacciones de hidrotermólisis y pirólisis que son causa de la degradación de biopolímeros como lignina, polisacáridos y lípidos en particular, la termodegradación de la lignina conduce principalmente a la formación de fenoles volátiles y aldehídos fenólicos (SARNI *et al.*, 1990). El contenido de lignina varía según la altura de fuste de la especie maderera BARRY y MCNABB (1999), al estudiar la misma especie a diferentes alturas del fuste, a diferentes edades y en diferentes sitios, encontrando un aumento de las sustancias extraíbles y ligeras variaciones de los componentes de la pared celular, pero pequeñas variaciones a lo largo del fuste.

a. pH del agua

Permite conocer el grado de disponibilidad de los nutrientes minerales en la solución nutritiva y su disponibilidad para las plantas. El pH variará de acuerdo al cultivo, estado de crecimiento y condiciones ambientales. El pH óptimo es entre 5.5 y 6.0, de esta manera se logra regular el contenido de HCO_3^- y solubilizar al H_2PO_4^- (RESH, 2001).

b. Temperatura

Si la solución es muy fría, la tasa metabólica de la raíz baja, y la absorción de nutrientes también. Por tanto, un efecto de retardo en el crecimiento de la planta por debajo de lo deseado y cuando la temperatura es muy alta afecta la absorción mineral. El mejor rango de temperatura está entre 18 y 25°C (FURLANI, 1998).

2.9. El tomate

El tomate *Lycopersicon sculentum* Mill, a nivel mundial es la segunda hortaliza de mayor importancia. En México, el cultivo cobra relevancia económica y social generando divisas y empleos, los sistemas de producción de esta hortaliza se han ido diversificando con el fin de incrementar el rendimiento, incorporando tecnologías novedosas como cubiertas plásticas, riego por goteo e hidroponía. Uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo es el sustrato, pues constituyen el medio en que se desarrollan las raíces de las plantas de las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo INFOAGRO (2009). Según (FONSECA, 2013), la planta es potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad. CHAMORRO (2001), refiere que el tomate se desarrolla bien en un amplio rango de latitudes, tipos de suelo, temperaturas, métodos de cultivo y es moderadamente tolerante a la salinidad.

2.9.1. Calidad del tomate

El tamaño del tomate se define por el máximo diámetro ecuatorial expresado en milímetros. Para tomates americanos las clases de calibre son: extra grande (mayor a 100), grande (80 a 100) y mediano (menor a 65). En los tomates tipo Cherry, los frutos contenidos en el envase deben presentar tamaño homogéneo, no más de 10 mm de diferencia entre el diámetro ecuatorial de los frutos más grandes y los más pequeños y el calibre se denominará con el rango de calibres predominantes medido en milímetros en el máximo diámetro ecuatorial (PACHECO y PÉREZ, 2005). El crecimiento

de plantas puede basarse directamente en la evolución cronológica de medidas, como: peso seco, longitud de tallos, número de hojas y ramas, diámetro de los tomates, etc. Con estas medidas es posible calcular la tasa de crecimiento relativo, la razón de peso foliar y otras variables en la cuantificación del crecimiento. Según BERTÍN (2005), el diámetro de los frutos del tomate crece describiendo una curva sigmoide simple. Las curvas de crecimiento del diámetro transversal en función del tiempo son las más empleadas por muchos autores. Estas curvas de crecimiento sirven para identificar no solo la evolución del crecimiento, sino también para estimar el peso que tendrá el fruto a cosecha.

2.10. Hidroponía

Surge como una alternativa a la agricultura tradicional cuyo objetivo es eliminar o disminuir los factores limitantes del crecimiento vegetal asociado al ambiente de producción sustituyéndolos por otros soportes de cultivo y aplicando técnicas de fertilización alternativas (CANOVAS, 2001). Por otro lado, GONZÁLES (2006), define a la hidroponía como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en lugar de suelo se utiliza como sustrato un material inerte y estéril, o simplemente la misma solución nutritiva. El interés por el sistema hidropónico a nivel mundial, obedece a los altos rendimientos y a la calidad del producto que por unidad de superficie se pueden obtener (100% más que el cultivo en suelo en el cual se obtiene 20 a 30 t ha⁻¹ cosechada. La alta productividad es debido al balance entre el oxígeno para respiración de la raíz, el agua y los nutrimentos; además controlar la

presencia de malas hierbas, sobre todo de plagas y enfermedades, al pH dentro de lo óptimo que permite una mayor densidad de población.

2.10.1. Rendimiento económico

Por la inversión que implica la instalación hidropónica, la rentabilidad económica se restringe a cultivos de alto valor en el mercado, con un manejo eficiente del espacio y del tiempo para alcanzar la máxima productividad, entendida ésta como el rendimiento por unidad de superficie y por unidad de tiempo, dentro de este contexto, el tomate cultivado en hidroponía en invernadero es países con alta tecnología se obtiene entre 500 y 700 t ha⁻¹/año (FURLANI, 1998). La producción de tomate nacional está en alrededor de 160 mil t, en una superficie de 5 mil ha (respecto al año 2000, éstas se han reducido en aproximadamente 35%). El rendimiento promedio nacional se mantiene en alrededor de 30 t ha⁻¹, pero varía mucho entre regiones: en Ica, por ejemplo, se alcanzan rendimientos de 80 t ha⁻¹ (Ica y Lima concentran cerca del 70% de la producción de tomate). Zonas de producción: Lima (Rímac, Chillón, Lurín), La Libertad, Ica, Huaral-Chancay, Barranca, Huacho, Cañete, Arequipa, Lambayeque (MINAGRI, 2015). RESH (1992), hace referencia a densidades equivalentes a 46,000 plantas ha⁻¹ en California y Arizona con muy buenos resultados. También mencionan que el análisis del rendimiento de un cultivar implica el estudio de sus principales componentes, que en el caso de tomate están dados fundamentalmente por el número y el peso medio de frutos, de tal forma que el rendimiento por planta/m², así como el económico del cultivo del tomate, resultó de la combinación entre el número de frutos cosechados por unidad de área y sus tamaños individuales.

2.11. Antecedentes

FONSECA (2013), en tomate y a través de una relación amonio/nitrato entre tratamientos no halló diferencias estadísticas, pero la mejor relación N $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el crecimiento del tomate se obtuvo en 20% NH_4^+ /80% NO_3^- con 189.39cm y en el mejor peso de fruto 20% NH_4^+ /80% NO_3^- con 105.84 g, mientras que la relación 0% NH_4^+ /100% NO_3^- con 79.90 g., y el mayor rendimiento de frutos de tomate se obtuvo con la relación 5% NH_4^+ /95% NO_3^- con 112.63 t ha⁻¹. La relación 0% NH_4^+ /100% NO_3^- , reporta menor rendimiento con 101.71 t ha⁻¹.

ZARATE (2007), en producción de tomates hidropónicos, utilizando fibra de coco y arena, ambos con la adición del sustrato de Loreto y SUN 7705, que encontró diferencias estadísticas para la altura de planta, el peso total de frutos, número de racimos, planta entre los tratamientos; siendo mejor el T4 (fibra de coco + SUN7705) que obtuvo 5.83 kg/planta⁻¹ y el de menor peso fue el T1 (arena + Loreto) que obtuvo 3.78 kg/planta⁻¹ ha⁻¹.

En un ensayo LUNA *et al.* (2012), evaluó el desarrollo de plántulas de tomate (planta bioindicadora de toxicidad) en suelos con aserrín y cascarilla de arroz parcialmente biodegradados por *Pleurotus Ostreatus* bajo condiciones de invernadero. Determinó los componentes orgánicos (carbono, celulosa, lignina, extraíbles y materia orgánica) e inorgánicos (nitrógeno, fósforo y pH) antes y después de inocular el hongo en el aserrín y la cascarilla de arroz. A los 30 días se determinaron los parámetros de crecimiento y desarrollo de las plántulas. Los sustratos biodegradados reportaron bajo contenido de C, N y P.

El tratamiento aserrín biodegradado + suelo fertilizado (ASB + SF), presentó los mejores resultados en número de hojas (12,9), altura de las plantas (25,94 cm) peso seco (0,138 g) y peso fresco (1,012 g).

INFOAGRO (2009), evaluó el efecto de los sustratos aserrín de pino, composta de estiércol de ovino, tierra agrícola y tezontle rojo, en el crecimiento y rendimiento del tomate. El genotipo que se utilizó fue Sun 7705. Se detectaron diferencias significativas entre sustratos, la mezcla aserrín-composta afectó en mayor respuesta las variables altura 4.61 m, grosor del tallo 2.1 cm, frutos de mayor peso 107.8 g y rendimiento por planta de 4 kg y 25 kg/m². Sin embargo, el número de flores y de racimos fue mayor en el sustrato aserrín, por lo que la mezcla aserrín-composta puede ser una opción viable para producir tomate en invernadero.

DE LA CRUZ *et al.* (2009), evaluó sustratos elaborados con mezclas entre compostas y vermi-compostas con arena, a diferentes niveles, bajo condiciones de invernadero. El híbrido SUN-7705 (*Lycopersicon esculentum* Mill) fue analizado en cuatro sustratos (CEPT, CEMT, CEMZT y VEPT) como factor sustrato niveles de 100, 75 y 50. El tratamiento testigo registró una supremacía del 32.4% con relación a la media general de las mezclas de sustratos, con un rendimiento de 51.488 t ha⁻¹. Las tres mezclas sobresalientes e iguales estadísticamente fueron VEPT y CEMZT 75% con media de 39.811 t ha⁻¹. Para diámetro polar y ecuatorial no encontró diferencias significativas entre mezclas. El diámetro polar osciló entre 57.0 y 61.4 mm y el diámetro ecuatorial varió entre 42.4 y 51.0 mm. MENDOZA (2009), el sustrato que mostró el rendimiento de fruto significativamente más elevado (5.46 kg planta⁻¹

ó 20.75 kg m⁻²) fue también el tezontle. El aserrín manifestó el rendimiento menor con una media de 4.24 kg planta⁻¹ (16.11 kg m⁻²). El coco-BOLI® (4.85 kg planta⁻¹ ó 18.43 kg m⁻²), coco-BIOGROW (4.86 kg planta⁻¹ ó 18.47 kg m⁻²) y la perlita (4.79 kg planta⁻¹ ó 18.2 kg m⁻²) se situaron en un nivel intermedio no existiendo diferencia significativa entre ellos. Los datos del experimento muestran evidencia de que el tezontle fue el sustrato con el mayor rendimiento tanto para la variedad Caimán F1 como para la variedad Tequila F1. Rendimiento por planta/kg en la prueba de comparación de medias, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, destacando el tratamiento aserrín-composta con 4 kg/planta, y 25. kg/m².

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Campo experimental

a. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Fundo del señor Ccoyca – Afilador - Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, cuyas coordenadas son: 8975506 m N, 388332 m E, con una altitud de 660 m.s.n.m. donde la temperatura varía entre 21.1 °C y 29 °C. La precipitación promedio es 429.25 mm, humedad relativa de 87 %, durante el período de ejecución de la tesis, de acuerdo a la estación meteorológica de diciembre del 2014 a mayo del 2015.

b. Registros meteorológicos

Los datos meteorológicos, fueron obtenidos de la Estación Experimental "José Abelardo Quiñones" de Tingo María, correspondiente a los meses de diciembre del 2014 a mayo del 2015. Las características climáticas del campo experimental, corresponden a un clima de bosque muy húmedo subtropical, con una temperatura media 29.7 °C, mientras que la precipitación promedio fue 494.5 mm/mes, asimismo la humedad relativa mostró cambios debido a las variaciones pluviales, de igual manera horas sol en el mes de mayo presentó mayor incremento con un promedio de 159.3, lo que influye positivamente o negativamente en la producción del tomate. En el Cuadro 1, se presentan los datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento.

Cuadro 1. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento, diciembre 2014 – mayo del 2015.

Parámetro	2014	2015					
	Dic	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Prom.
T. Máxima (°C)	29.70	30.10	29.20	30.10	29.10	29.70	29.65
T. Mínima(°C)	21.30	21.20	21.10	20.80	20.90	20.90	21.03
H.R. (%)	87.00	88.00	88.00	87.00	86.00	86.00	87.00
P.P(mm)	600.70	617.13	323.50	494.50	347.80	191.90	429.25
Horas sol	100.40	114.00	95.40	109.40	152.30	159.30	121.80

Fuente: Estación meteorológica José Abelardo Quiñones – Tingo María.

3.2. Componentes en estudio

A. Microorganismos eficientes

a_1 =Con aplicación de microorganismos eficientes (EM)

a_2 = Sin aplicación de microorganismos eficientes (EM)

B. Tiempo de descomposición del aserrín

b_0 = fresco

b_1 = 1 año de descomposición

b_2 = 2 años de descomposición

b_3 = 3 años de descomposición

3.3. Tratamientos en estudio

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos en estudio.

Trat.	Interacción	Aserrín	Dosis de ME
T_1	a_1b_0	Con EM + b_0	100L de solución de EM/ m^3 aserrín
T_2	a_1b_1	Con EM+ b_1	100L de solución de EM/ m^3 aserrín
T_3	a_1b_2	Con EM + b_2	100L de solución de EM/ m^3 aserrín
T_4	a_1b_3	Con EM + b_3	100L de solución de EM/ m^3 aserrín
T_5	a_2b_0	Sin EM + b_0	1 m^3 aserrín
T_6	a_2b_1	Sin EM + b_1	1 m^3 aserrín
T_7	a_2b_2	Sin EM + b_2	1 m^3 aserrín
T_8	a_2b_3	Sin EM + b_3	1 m^3 aserrín

3.4. Diseño experimental

a. Análisis estadísticos

Se utilizó el Diseño Experimental Randomizado DCR con arreglo factorial de 2A x 4B con tres repeticiones, los parámetros evaluados fueron sometidos al ANVA por el programa SAS y la comparación de medias se comparó con TUKEY 0.05, el modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Es la respuesta obtenida en la k-esima repetición a la cual se aplicó el i-ésimo nivel del factor (α) con el j-ésimo nivel del factor (β).

μ = Es el efecto de la media general

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor (α)

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor (β)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor (α) con el j-ésimo nivel del factor (β).

ϵ_{ijk} = Es el efecto aleatorio del error experimental obtenido en la k-ésimo repetición a la cual se aplicó el i-ésimo nivel del factor (α) con el j-ésimo nivel del factor (β).

Para: $i = 1, 2$ a niveles del factor α

$j = 0, 1, 2, \dots, 3$ b niveles del factor β

$k = 1, 2, \dots, 3$ r repetición.

b. Esquema del análisis estadístico

En el Cuadro 3, se presenta el esquema del análisis de variancia.

Cuadro 3. Análisis de variancia.

Fuente de variancia	Esquema	G.L
Repetición	r-1	2
Tratamiento	(t-1)	7
A (Microorganismos eficientes)	(a-1)	1
B (Aserrín)	(b-1)	3
AxB (ME x Aserrín)	(a-1) (b-1)	3
Error experimental	(ab-1)(r-1)	14
Total	(abr-1)	23

3.5. Características del campo experimental

a. Repeticiones

Número de repeticiones	=	3
Distancia entre repetición	=	1.5 m
Ancho de repetición	=	1.2 m
Largo del bloque de repetición	=	21.0 m
Número de plantas por repetición	=	112

b. Parcelas

Número de parcelas por repetición	=	8
Distancia entre bolsas	=	0.4m
Número de plantas por parcela	=	14
Número de plantas por parcela neta	=	6

c. Del campo experimental

Ancho	=	8.0 m
Largo	=	21.0 m
Área total	=	168.0 m ²

3.6. Ejecución el experimento

3.6.1. Limpieza

El total del área experimental correspondiente a 168 m² ubicado en el fundo del señor Ccoycca - Afilador, se realizaron labores previas de

limpieza de maleza con lampa y machete, el terreno se preparó de forma manual limpiando todo rastrojo con la ayuda de un rastrillo. Posteriormente se colocó la maya rashell de 50% de sombra acondicionando el área experimental para la investigación.

3.6.2. Demarcación del terreno

Haciendo uso de estacas, cordel y wincha, se demarcó el terreno de acuerdo al croquis experimental y la identificación de los tratamientos, se hizo con letreros preparados para este fin.

3.6.3. Preparación del almácigo

Se hizo en la Facultad de Agronomía. Se prepararon dos bandejas de almácigo con sustrato desinfectado. La bandeja de almácigo de 0.30 m por 0.70 m contenía 200 tubetes, sembrándose 1 semilla/tubete.

3.6.4. Obtención del sustrato

El aserrín se obtuvo de las cajonerías de naranjillo ubicado en el distrito de Luyando, los aserrines recolectados fueron de diferentes tiempos de descomposición: Aserrín fresco, aserrín de 1, 2, 3 años de descomposición. El tiempo de descomposición se determinó de acuerdo a la información recibida de los productores de las cajonerías, se recolectó por cada tipo de aserrín y se trasladó en un camión. En el fundo Ccoycca se procedió al vaciado del aserrín en un ambiente adecuado sin ser afectados por la lluvia y el sol, luego se dividió el aserrín en 2 partes, uno para los que se usaron con microorganismos eficientes y el otro para sin microorganismos eficientes; a todo el aserrín se volteó mecánicamente con una pala durante unos 15 días.

3.6.5. Preparación de los microorganismos eficientes

a. Recolección

Se efectuó la extracción de los microorganismos del bosque reservado del horizonte orgánico (Hz: 0), la recolección se hizo del BRUNAS, con hojarasca semidescompuesta (mantillo = 0.5 cm profundidad), posteriormente se realizó el acopio de microorganismos eficientes anaeróbicos (EM) de un agricultor productor (señor Cachique).

b. Solución del microorganismo eficiente (EM) en fase seca

Los ingredientes son: 20 kg de polvillo de arroz, 4 kg de melaza, 5 kg de aserrín, 40 kg de (EM) recolectados del bosque, 5 kg de Carbón y agua; luego para el preparado se realizaron los siguientes pasos: Se mezclaron todos los ingredientes más agua con melaza; $\frac{3}{4}$ partes se guardó herméticamente cerrado con una fuga controlada para la reproducción de microorganismos anaeróbicos y $\frac{1}{4}$ se dejó al aire libre en sombra para la obtención de microorganismo aeróbicos y los microorganismos aeróbicos se iban volteando todos los días agregando un poco de agua para mantenerlo húmedo, en un periodo de 15 días.

c. Solución de los microorganismos eficientes (EM) en fase líquida

Los ingredientes fueron: 5 kg de melaza, 100 g de levadura industrial, 200 Lt de agua/ cilindro, EM aeróbicos y anaeróbicos; asimismo el preparado fue: se tomó 10 y 2 kg de microorganismo anaeróbicos y aeróbicos respectivamente que fueron reproducidos anteriormente, se mezclaron todos

los ingredientes en 2 cilindros, y se esperó hasta la reproducción de (EM) en la fase líquida; dicho proceso duró 25 días.

3.6.6. Siembra de la solución de los microorganismos eficientes en la fase líquida (EM) en el aserrín

Para la siembra se aplicó microorganismos eficientes en fase líquida al sustrato de aserrín a razón con de 100 Lt/ semana durante un mes, luego se conservó bajo sombra y se realizaba el volteo para la oxigenación del sustrato.

3.6.7. Llenado de bolsas y colocación en campo

Las bolsas de dimensiones 40 x 40 cm, fueron llenadas en dos fases: en la primera fase se hizo el llenado del sustrato aserrín previa mezcla con microorganismos eficientes (EM) y homogenizados y se pasó a colocar según la disposición del croquis. En la segunda fase se llenó el sustrato de aserrín sin mezcla de microorganismos eficiente (EM) y se pasó a colocar de igual manera como en la primera fase.

3.6.8. Instalación del sistema por micro túbulos

Se utilizó un sistema de riego por microtúbulos constituido por un recipiente de 1000 L, la disposición del micro túbulos fue de 2 microtúbulos/bolsa. También se colocó una llave de paso principal para el control del fertirriego. El fertirriego fue homogéneo para todos los tratamientos recibiendo las mismas dosis.

3.6.9. Solución nutritiva

Se pesó en una balanza analítica cada fertilizante utilizado, luego en un balde se diluyó el fertilizante con agua para ser vertido en el tanque de 1000 L.

Cuadro 4. Tipos de fertilizantes utilizados.

Fertilizantes	Peso (g)	Peso molecular
K NO ₃	470.8	101
Ca(NO ₃) ₂	561.66	164
Mg SO ₄	564.2	119
NH ₄ H ₂ PO ₄	120.0	116
NH ₂ CONH ₂	40.8	60
H ₃ PO ₄	32.8	80

K NO₃: nitrato de potasio, Ca(NO₃)₂: nitrato de calcio, Mg SO₄: sulfato de magnesio, NH₄H₂PO₄: fosfato monopotasico, NH₂CONH₂: urea, H₃PO₄: ácido fosfórico.

3.6.10. Tutorado

Es un sistema de colgado de la planta de tomate a partir de los 45 días de edad. Consiste en sujetar a las plantas desde la parte basal haciendo anillos de tres a cuatro vueltas con rafia, llevando hasta el alambre situado a determinada altura de la planta. Conforme la planta va creciendo se va liando o sujetando el hilo tutor mediante anillos hasta que la planta alcance el alambre. La altura del tutorado fue de 1.60 m de altura.

3.6.11. Aplicación de agroquímicos

Se efectuó según los monitoreos que se realizaron para así determinar la aplicación de los fungicidas como Ridomil y Carbendazyn; aplicando de 2 a 3 veces por semana, con una mochila fumigadora de 20 litros, utilizando 3 cucharadas de Ridomil, 1 cucharada Sunner 500 SC y 2 cucharadas de Carbendazyn y para las plagas Provador combi 2 cucharadas.

3.7. Parámetros a evaluar

3.7.1. Altura de planta

Se midió la altura (cm) de las plantas de las parcelas netas con wincha que fueron tomadas desde el cuello de la raíz hasta la punta de las hojas.

3.7.2. Peso del fruto

Se pesó el total de fruto cosechado de la planta en una balanza analítica y se sacó el peso promedio del fruto y total promedio de los frutos de cada tratamiento.

3.7.3. Rendimiento

Para determinar el rendimiento se tomó en cuenta el peso de todos los frutos de tomates cosechados por planta, mediante una regla de tres simples se determinó el peso de los frutos cosechados proyectados por una hectárea.

3.7.4. Análisis de rentabilidad

La evaluación de la rentabilidad de los diferentes tratamientos en estudio, se realizará por el método "análisis comparativo de ingresos y costos de producción". El índice de rentabilidad o relación Beneficio Costo (B/C) en cada tratamiento, se determinará mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingreso bruto}}{\text{Costo producción}}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. De la altura de planta

En el Cuadro 5, se observa el análisis de variancia, donde el factor A (microorganismos eficientes) estadísticamente no se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$), pero si se encontró diferencias estadísticas ($p > 0.05$) significativas en el factor B (tiempo de descomposición).

Al observar el Cuadro 6 y la Figura 1, se observa la altura de planta del tomate llevados al análisis de variancia no reportó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los componentes del factor A (microorganismos eficientes), pero sí podemos observar diferencia numérica, que para el componente A_1 (con microorganismos eficientes) se alcanzó 2.58 m y el componente A_2 (sin microorganismos eficientes) con 2.53 m; por lo que se considera a los microorganismo eficientes (EM) con ciertas ventajas que favorecieron en los resultados como lo menciona REBOREDA (2012). Los microorganismos eficientes incrementan la mineralización del aserrín que contienen bacterias fotosintéticas, actinomicetos y otros organismos que en contacto con la materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos y minerales quelatados, además los microorganismos eficientes son fuente de nutrientes para el desarrollo de la planta (MERINO, 2011).

Asimismo, en el Cuadro 5 y la Figura 2, se observa que entre los niveles para el tiempo de descomposición de los aserrines si se encontró diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). Al final del experimento el aserrín con 3 años de descomposición (B_3) tuvo mejor efecto en la altura de la planta del

tomate con 2.84 m, seguido de B₂ (2.53 m), B₁ (2.48 m) y B₀ (2.37 m); que corresponden a aserrín de 2, 1 y de 0 años de descomposición; esto se deduce que el aserrín de 3 años de descomposición tuvo mejor efecto, debido a la mayor concentración de N (0.83 %), Ca (0.11 %), K (0.046%), Fe (1393,43 ppm), Zn (32.2 ppm), Mn (238.19 ppm) y M.O (98.40 %) que reporta el análisis de la Figura 22. Según ZÁRATE (2007), la mayor altura de planta fue de 2.90 m utilizando como sustrato fibra de coco más SUN 7705 bajo sistema de riego en su investigación. Este elevado crecimiento fue debido a la porosidad de los sustratos basados en componentes orgánicos tienen entre 65 y 75 % de espacio poroso, lo cual presenta una buena oxigenación en la rizósfera de la raíz. Una oxigenación adecuada, mejora el metabolismo y el equilibrio hormonal en las plantas, incrementa la tasa fotosintética y la absorción de nutrientes (PINTO *et al.*, 2000). La mayor altura de planta fue de 1.89 m debido a que el crecimiento de la planta de tomate es afectado cuando el amonio es la fuente única de nitrógeno, atribuible al efecto tóxico del amonio en plantas de tomate, además la absorción de amonio puede causar un crecimiento vegetativo excesivo, bajo condiciones de luminosidad muy pobres (CHAMORRO, 2001; FONSECA, 2013).

El aserrín juega un rol importante como sustrato en calidad y tiempo de descomposición (GARCÍA y FELIX, 2014). Por otro lado, cuanto más descompuesto está el aserrín aporta ácidos húmicos, fúlvicos húmicos y radicales favorables para el crecimiento de las plantas (CHAMORRO, 2001).

Cuadro 5. Cuadrados medios y de significación de las características del tomate.

FV.	GL.	Altura		Peso promedio		Peso total	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Trat.	7	0.28	NS	1966.50	NS	11489.99	NS
A	1	0.04	NS	2307.27	NS	1511.58	NS
B	3	0.49	S	2607.99	NS	17523.68	NS
AXB	3	0.16	NS	1211.42	NS	8782.44	NS
Error exp.	16	0.14		1271.93		6448.49	
Total	23						
C.V: (%)		14.8		13.64		22.54	

NS : Diferencias no significativas.
S : Diferencias significativas al 5 % de probabilidad.
C.V : Coeficiente de variabilidad.

Cuadro 6. Efectos de los componentes aserrín y microorganismos eficientes en las características evaluadas del tomate.

Componentes	Altura de planta (m)		Peso fruto (g)		Peso total (g)	
CMICEF	2.58	a		a		a
SMICEF	2.53	a		a		a
Aserrín fresco	2.37	b	103.57	a	3.05	a
Aserrín 1 año	2.48	b	109.95	a	3.52	a
Aserrín 2 años	2.53	b	114.6	a	3.71	a
Aserrín 3 años	2.84	a		a		a

A₁: Aserrín con microorganismos eficientes CMICEF
A₂: Aserrín sin microorganismos eficientes SMICEF

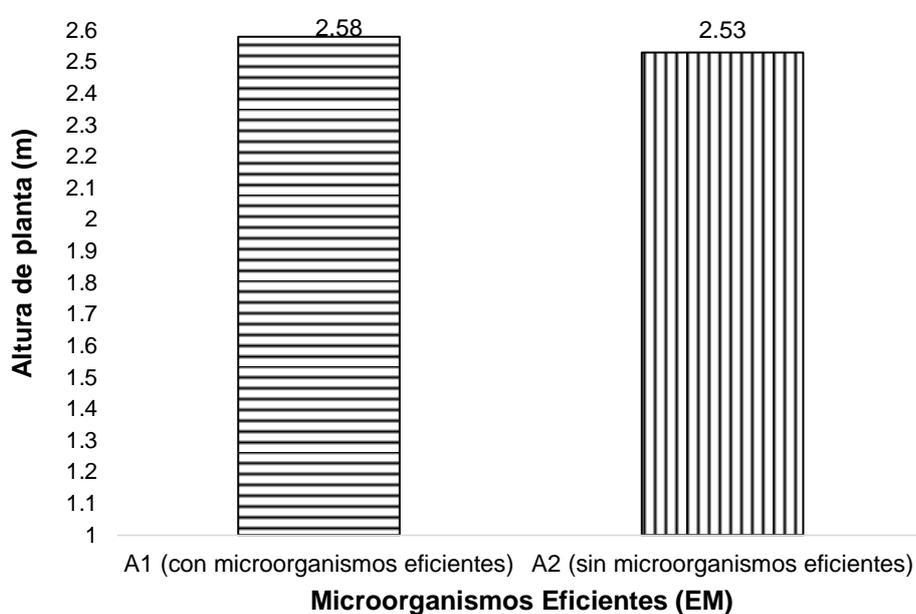


Figura 1. Altura de planta en relación a los microorganismos eficientes

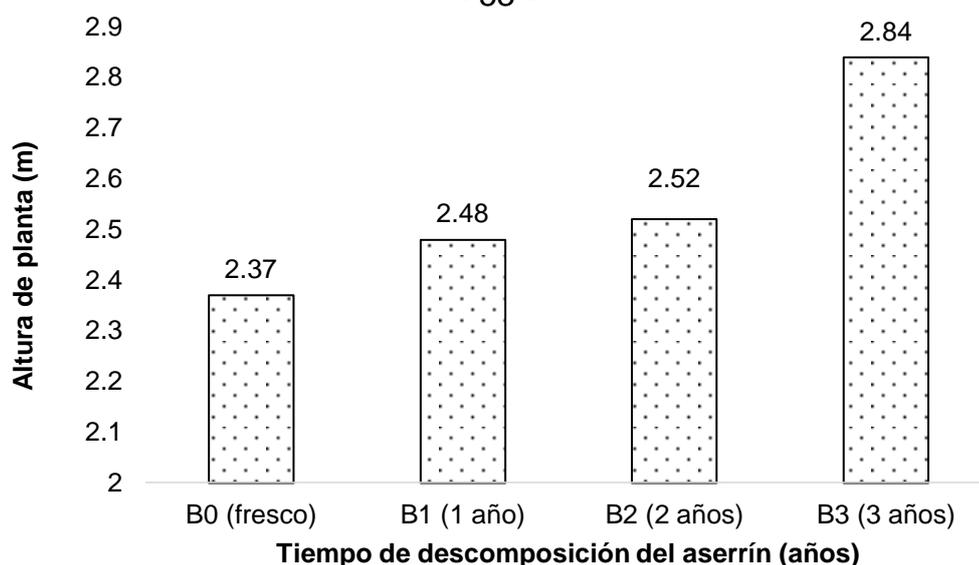


Figura 2. Influencia del tiempo de descomposición del aserrín en la altura de planta.

4.2. Del peso del fruto

a. Peso promedio

El Cuadro 5, muestra los datos del análisis de variancia de la variable peso promedio del fruto (g), donde observamos que tampoco existe diferencia significativas estadísticamente ($p < 0.05$) tanto para los componentes de los factores A (microorganismos eficientes): A_1 (con microorganismos eficientes) y A_2 (sin microorganismos eficientes); de igual manera para el factor B (tiempo de descomposición del aserrín) no se hallaron diferencias estadísticas significativas: B_0 (aserrín fresco), B_1 (aserrín de un año), B_2 (aserrín de 2 años) y B_3 (aserrín de 3 años). Pero si se encontró diferencias numéricas donde el B_3 con 137.44 g superó a todos los demás tratamientos.

Se observa en el Cuadro 6 y Figura 3, que no existe diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los componentes del factor A (microorganismos eficientes), solo se encontró diferencias numéricas. Para el componente A_1 (con microorganismos eficientes) con 123.32 g, siendo el mayor en

comparación al componente A₂ (sin microorganismos eficientes) con 109.46 g, esto se debe a que los ME brindan mejor disponibilidad de nutrientes para las plantas, promueve el florecimiento y fructificación del cultivo (REBOREDA, 2012). Los microorganismos eficientes son conocidos por el aporte de sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos y ácidos húmicos, etc., además los microorganismos eficientes son considerados como una buena fuente de nutrientes para el desarrollo de la planta (MERINO, 2011).

Además en el Cuadro 6 y la Figura 4, se muestran los grados de descomposición del aserrín, donde solo se encontró diferencia numérica; siendo de mayor peso promedio del fruto el componente B₃, (3 años) con 137.44 g y de menor peso el B₀ (fresco) con 103.57 g, esto se debe porque el análisis de la Figura 22 muestra que el aserrín de 3 años tiene mayor concentración de N (0.83%), superando a los otros componentes. En comparación a FONSECA (2013), que obtuvo un peso promedio de 166.84 g se presume que la relación 20%NH₄⁺/80%NO₃⁻ influyó en el resultado.

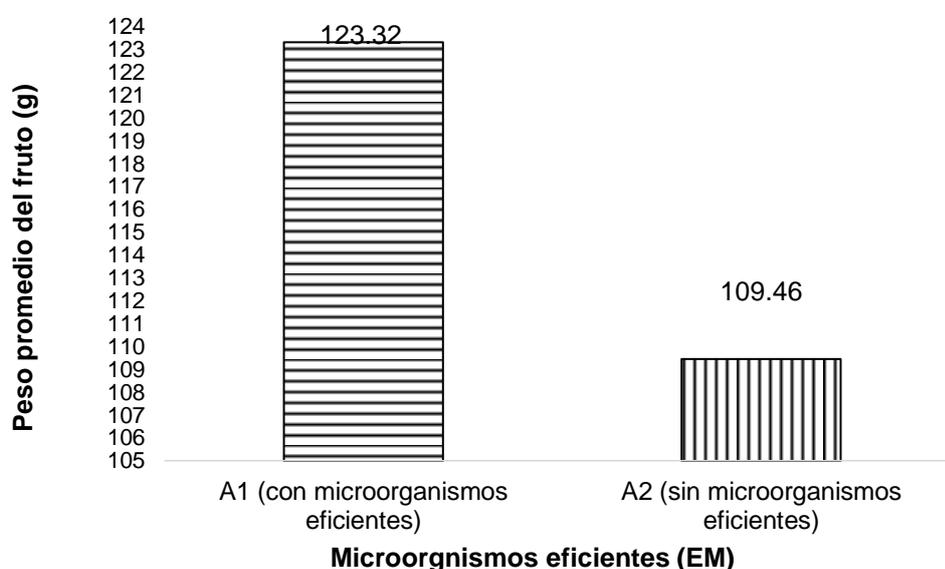


Figura 3. Peso promedio del fruto en relación a los microorganismos eficientes.

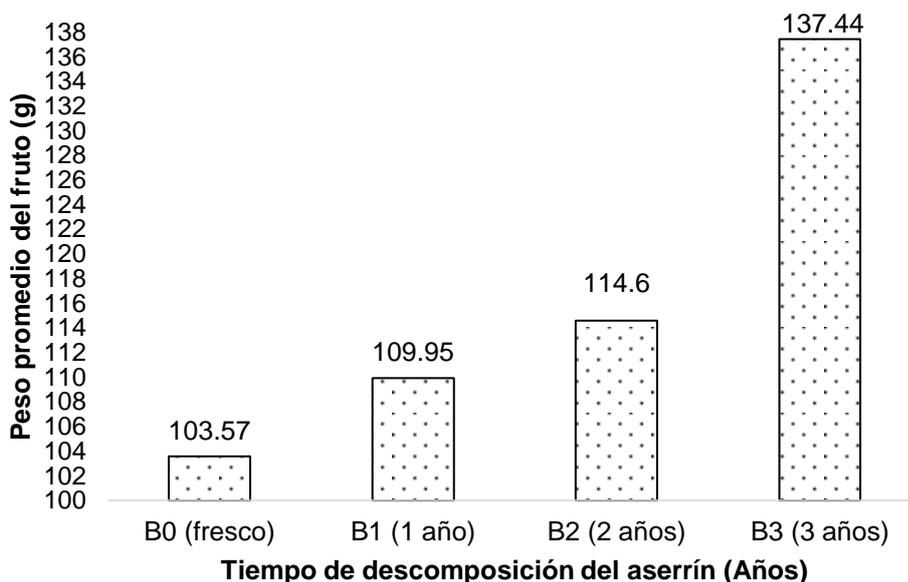


Figura 4. Influencia del tiempo de descomposición del aserrín en el peso promedio del fruto.

b. Peso total

El Cuadro 5, se presenta los datos del análisis de variancia de la variable peso total del fruto (g), el cual demuestra que no existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para los componentes del factor A: A_1 (con microorganismos eficientes) y A_2 (sin microorganismos eficientes). Así como para los diferentes componentes del factor B (tiempo de descomposición del aserrín).

Por otro lado, si se encontró diferencias numéricas siendo el mejor el B_3 (3 años) con 3.95 kg, frente al B_1 (aserrín fresco) con 3.05 kg. Al realizar el análisis estadístico en el Cuadro 6 y Figura 5, se observa que no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el factor A (microorganismos eficientes), sólo se encontró diferencias numéricas. El componente A_1 (con microorganismos eficientes) con 3.61 kg fue mejor que el componente A_2 (sin microorganismos eficientes) con 3.50 kg, se debe a que los

EM brindan mejor disponibilidad de nutrientes para las plantas, promueve la fructificación y el desarrollo del fruto (REBOREDA, 2012). Los microorganismos eficientes en contacto con la materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos que ayuda al desarrollo del fruto; asimismo, al observar el Cuadro 5 y Figura 6 que entre los tiempos de descomposición del componente aserrín el de mayor peso del fruto total fue el B₃ (3.95 kg) y el de menor peso el B₀ (3.05 kg). Debido al análisis químico del aserrín donde presenta una mayor concentración de N (0.83 %), que fue influenciado por el peso de la planta, considerando que CHAMORRO (2001), afirma que el consumo de potasio en la planta tiene la función de aumentar el peso del fruto. Según BERNABE y SOLIS (1999), el peso del fruto se encuentra determinado en su aspecto genético y estos caracteres son heredables; sin embargo, pueden modificarse por condiciones ecológicas (temperatura, agua, suelo) y las labores culturales en el cultivo (fertilización, poda, raleo de frutos, riegos, etc.).

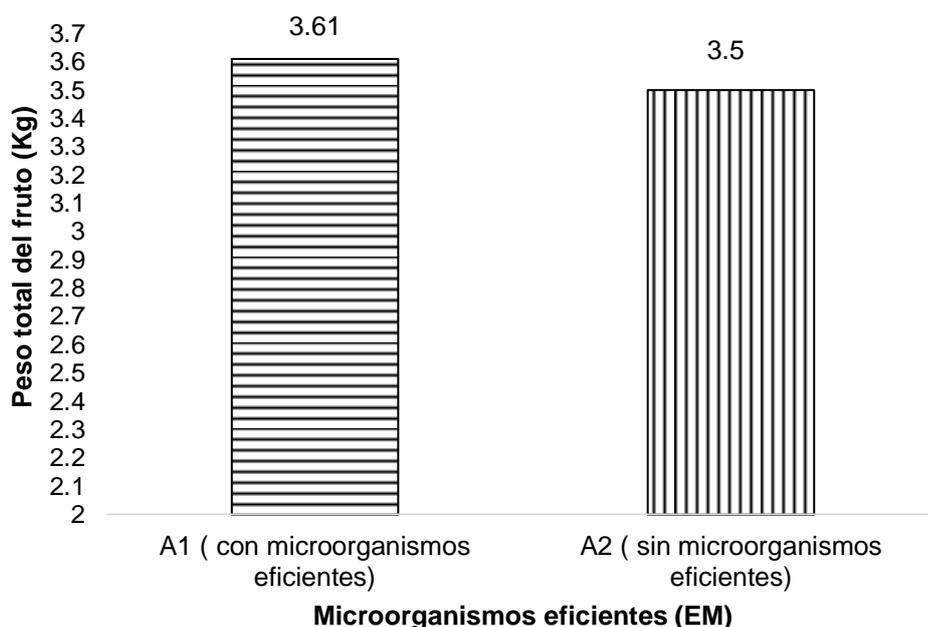


Figura 5. Peso total del fruto en relación a los microorganismos eficientes.

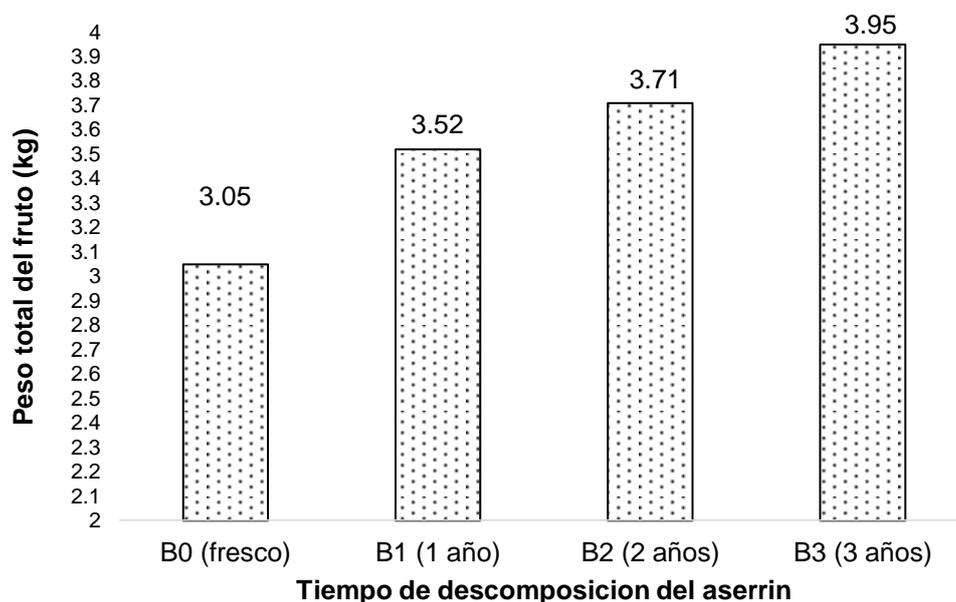


Figura 6. Influencia del tiempo de descomposición del aserrín en el peso total del fruto.

4.3. Del rendimiento del tomate

En el Cuadro 7 y Figura 7, se presenta el rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), durante el proceso del experimento. Ahí podemos observar que el tratamiento T_4 con los componentes A_1B_3 (aserrín de 3 años de descomposición con microorganismos eficientes) es el que presentó mayor rendimiento con 83.56 t ha^{-1} , seguido del tratamiento T_5 con menor rendimiento de los componentes A_2B_0 (aserrín fresco sin microorganismos eficientes) con 58.24 t ha^{-1} . Se puede asumir que este rendimiento se obtuvo por la influencia del aserrín descompuesto ya que en el análisis químico del aserrín presenta una mayor concentración de N (0.83 %), que tuvo mejor efecto en comparación con los otros tratamientos que se puede apreciar en la Figura 22. Según CHAMORRO (2001), el consumo de calcio ayuda a la buena floración y obtención de frutos y el consumo de potasio ayuda al desarrollo del fruto. El de menor rendimiento fue el tratamiento T_5 (A_2B_0 = aserrín fresco sin microorganismos eficientes) con 58.24 t ha^{-1} , se debe a que el T_5 (aserrín fresco

sin microorganismos eficientes) solo tiene aserrín como sustrato con alto nivel de relación C/N= 329. Además, MALDONADO (2006), añade que el aserrín fresco contiene sustancias tóxicas como taninos, fenoles compuestos que actúan como un mecanismo de defensas limitando la producción etc.

MARTÍNEZ (2003), obtuvo un rendimiento de 40 t ha⁻¹, donde se usó bioreguladores (Byozyme) tanto en la semilla y en el follaje del tomate influenciando en el cultivo en el número de frutos por ende mayor producción. Sin embargo, FONSECA (2013), obtuvo un rendimiento de 112 t ha⁻¹ en un sistema hidropónico con fertirriego usando como sustrato arena y cascarilla de arroz, donde aporta una buena retención de humedad y oxigenación.

Cuadro 7. Rendimiento del tomate (t ha⁻¹) entre los tratamientos evaluados.

N° Eva.	Tratamientos							
	T ₁ (g)	T ₂ (g)	T ₃ (g)	T ₄ (g)	T ₅ (g)	T ₆ (g)	T ₇ (g)	T ₈ (g)
1	688.67	654.56	634.03	637.67	602.39	765.97	654.31	675.06
2	677.32	706.39	822.58	897.11	582.57	770.78	777.67	783.64
3	615.88	781.28	869.42	758.4	538.28	722.17	780.42	767.78
4	569.47	822.12	865.83	795.83	474.89	681.44	793.78	715.44
5	415.28	398.05	513.94	778.17	408.72	341.67	328.61	464.67
6	363.33	332.5	250	310.97	305.5	254.17	266.53	373.75
Tt (g)	3,329.95	3,694.89	3,955.81	4,178.15	2,912.34	3,536.19	3,601.31	3,780.33
t ha ⁻¹	66.59	73.89	79.11	83.56	58.24	70.72	72.02	75.6

T ₁ = A ₁ B ₀ (EM + aserrín fresco)	T ₅ = A ₂ B ₀ (aserrín fresco)
T ₂ = A ₁ B ₁ (EM + aserrín de 1 año)	T ₆ = A ₂ B ₁ (aserrín de 1 año)
T ₃ = A ₁ B ₂ (EM + aserrín de 2 años)	T ₇ = A ₂ B ₂ (aserrín de 2 años)
T ₄ = A ₁ B ₃ (EM + aserrín de 3 años)	T ₈ = A ₂ B ₃ (aserrín de 3 años)

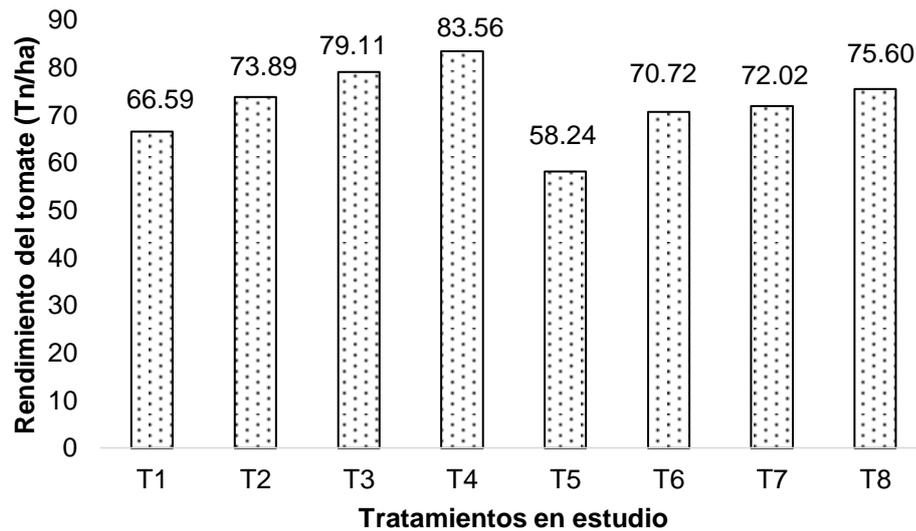


Figura 7. Rendimiento del tomate de los tratamientos en estudio.

4.4. De análisis de rentabilidad

En el Cuadro 8, se presenta los resultados del análisis de rentabilidad en Tnha-1, donde se observa que el tratamiento T₄ (aserrín mas EM), tuvo mayor rendimiento con 83.53 t ha⁻¹ y de menor rendimiento fue el tratamiento T₅ (aserrín fresco) con 58.24 t ha⁻¹. Asimismo, la relación B/C es de 2.48, lo que significa que los ingresos netos son mayores a los egresos netos, cabe indicar en todos los tratamientos resultaron ser rentables hasta aproximadamente dos veces su valor de inversión. La rentabilidad, con respecto a la inversión del experimento fue baja, porque el insumo aserrín como producto de deshecho no tuvo mayor gasto como tampoco los microorganismos eficientes (ME) por su bajo costo de adquisición; así como los materiales que son despreciables. Sin embargo, el sistema que se ha hecho el experimento no alcanzó su real productividad como lo indica FONSECA (2013), que el sistema hidropónico, es una alternativa de hacer un mejor control en el manejo de los tomates

Cuadro 8. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio en el tomate.

Trat.	Costo de producción/ha (S/)															
	A								B	C	D	E	F	G		
	LT	CSR	N	CPEM	LC	Sus	Sem.	S.	SOMBRA	Cos.	C. Total (S/.)	Rdto. (K/Ha)	I. B.	U. (S/.)	I. R.	B/C
T ₁	892	500	9880	3630	16071	4761	5952	3571	476	1666	50535	33299	99897	49362	0.98	1.98
T ₂	892	500	9880	3630	16071	4761	5952	3571	476	1666	50535	36948	110844	60309	1.19	2.19
T ₃	892	500	9880	3630	16071	4761	5952	3571	476	1666	50535	39558	118674	68139	1.35	2.35
T ₄	892	500	9880	3630	16071	4761	5952	3571	476	1666	50535	41781	125343	74808	1.48	2.48
T ₅	892	500	9880	3630	16071	4761	5952	3571	476	1666	50535	29123	87369	36834	0.73	1.73
T ₆	892	500	9880	3630	16071	4761	5952	3571	476	1666	50535	35369	106107	55572	1.10	2.10
T ₇	892	500	9880	3630	16071	4761	5952	3571	476	1666	50535	36013	108039	57504	1.14	2.14
T ₈	892	500	9880	3630	16071	4761	5952	3571	476	1666	50535	37803	113409	62874	1.24	2.24

Leyenda:

LT.: Limpieza del terreno;
 C.P.E.M.: Control de enfermedades y malezas
 C.S.R.: Costo sistema riego
 LC: Labores culturales
 N: Nutrición,
 Sus: Sustrato
 Som: Sombra
 Sem.: Semilla
 S.: Siembra
 Cos.: Cosecha

IB : Ingreso bruto
 U : Utilidad
 I.R : Índice de rentabilidad
 B/C. : Beneficio/costo
 Costo/kilo : S/. 3
 B : Suma de A
 D : C x 2
 E : D - B
 F : E/B
 G :D/B

$T_1 = A_1 B_0$ (EM + aserrín fresco)
 $T_2 = A_1 B_1$ (EM + aserrín de 1 año)
 $T_3 = A_1 B_2$ (EM + aserrín de 2 años)
 $T_4 = A_1 B_3$ (EM + aserrín de 3 años)
 $T_5 = A_2 B_0$ (aserrín fresco)
 $T_6 = A_2 B_1$ (aserrín de 1 año)
 $T_7 = A_2 B_2$ (aserrín de 2 años)
 $T_8 = A_2 B_3$ (aserrín de 3 años)

V. CONCLUSIONES

1. El sustrato de aserrín de tres años de descomposición fue el mejor tratamiento que expresó la altura de la planta del tomate con 2.84 m, con un peso promedio de fruto con 137.57 g, y finalmente con el peso total del fruto de 3.95 kg.
2. La aplicación de los microorganismos eficientes en los diferentes tiempos de descomposición del aserrín no influenciaron estadísticamente en la producción del tomate.
3. El mejor rendimiento del tomate numéricamente fue el T₄ (aserrín de 3 años) con 83.56 t ha⁻¹ por aplicación de microorganismos eficientes (EM).
4. La mejor relación B/C fue el tratamiento T₄ = 2.48 (aserrín de 3 años de descomposición con microorganismos eficientes), por el bajo costo de producción del tomate var. "Dominique".

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar ensayos similares con mayor número de repeticiones para obtener mejores resultados.
2. Realizar un análisis químico del sustrato antes y después del trabajo.
3. Efectuar trabajos con microorganismos eficientes (EM) y compost de residuos sólidos biodegradados municipales.

VII. RESUMEN

Se evaluó la influencia del aserrín con microorganismos eficientes en la producción de tomate Dominique bajo fertirrigación en un sistema de riego por micro túbulos de polipropileno color negro en un sistema hidropónico en lo cual se sembró en mangas de un metro de largo por cada 30 cm de ancho utilizándose como sustrato aserrín. La fecha de siembra 01 de diciembre del 2015 y la última cosecha se llevó a cabo el 30 de mayo del 2016. La siembra fue en los almácigos y al trasplante fue conducido bajo un sistema de fertirrigación de riego por micro túbulos, con tutores tipo colgantes. El comportamiento climático fue de 81.18 mm de lluvia y una temperatura media de 25.02 °C para el periodo vegetativo.

De los resultados obtenidos se concluye que no existió diferencia estadística en cuanto a producción de frutos de tomate; el que obtuvo el mayor rendimiento con 83.56 t ha⁻¹. De acuerdo al análisis económico; beneficio costo el T4, obtuvo mayor rentabilidad comparado con los demás tratamientos. En consecuencia, este cultivar se determinó como promisorio por su potencial de rendimiento y económicamente rentable.

Palabras clave: Aserrín, almácigos, tomate, microorganismos, hidroponía.

ABSTRACT

The influence of sawdust on the efficient microorganisms in the production of Dominique tomatoes, under fertigation in a watering system of black polypropylene micro tubes, using a hydroponic system, in which planting was done in one meter long by thirty centimeter wide sleeves, using sawdust as the substrate. The planting date was December 1, 2015 and the last harvest took place on May 30, 2016. The planting was done in seedbeds and the transplant was conducted under the fertigation system of watering using micro tubes with coagulant type tutors. The climatic behavior was 81.18 mm of rain and an average temperature of 25.02 °C for the vegetative period.

From the obtained results, it was concluded that a statistical difference does not exist with respect to the production of the tomato fruit; the 83.56 t ha⁻¹ obtained the greatest yield. According to the economic analysis: cost-benefit for T₄ obtained the greatest profitability in comparison to the rest of the treatments. As a result, this crop was determined to be the most promising, due to its yield potential and economic profitability.

Key words: Sawdust, seedlings, tomato, microorganisms, hydroponics.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ALEXANDER, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Editorial AGT. México. 491 p.
2. ALTERNATIVA ECOLÓGICA. 2011. Agricultura urbana y rural. Lima. Perú. [En Línea]. <https://www.researchgate.net/project/Master-Internacional-en-Desarrollo-Rural-Local>. (Revisado el 10 de agosto de 2016).
3. BARKER, X.; DOANE, T.; HORWATH, W. 2014. Role of green waste compost in the production of N₂O from agricultural soils. University of California Davis. USA. 83: 57-65.
4. BARRY, T.; NABB, W. 1999. The effect of condensed tannins in temperate forages on animal nutrition and productivity. En: Tannins in livestock and human nutrition: ACIAR Proceedings (BROOKER, Ed.). Canberra, Australia. Pp. 30-35.
5. BERNABÉ, A. y SOLIS, V. 1999. Evaluación del rendimiento, calidad y precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero, tesis de licenciatura. México. 85 p.
6. BERTÍN, N; HEUVELINK, E. 1994. Dry-matter partitioning in a tomato crop: comparison of two simulation models. J. Hort. Sci. 69 (5): 885-903.
7. CALDERÓN, S.; CEVALLOS, F. 2001. Los sustratos. Revistas del Dr. Calderón. Bogotá, Colombia. [En Línea]: <http://drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los—Sustratos.htm>

(Revisado el 8 de marzo de 2015).

8. CANET, R. 2007. Uso de la materia orgánica en la agricultura. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. España. Pp. 11-17.
9. CANOVAS, M. 2001. Manejo del cultivo sin suelo. In: El cultivo del tomate. Nuez. Mundiprensa. España. Pp. 227-254.
10. CARNES, R.; LOSSIN, R. (1970). An investigation of the pH characteristics of compost. Washington. Estados Unidos. 5 p.
11. CASTILLO, A.; ERESUE, M.; RODRÍGUEZ, L.; RUGAMA, A. 2002. Manejo integrado de la fertilidad de los suelos en Nicaragua. Managua, Nicaragua. 130 p.
12. CERRATO, M.; LEBLANC, H.; KAMEKO, C. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. Tierra Tropical, sostenibilidad, ambiente y sociedad. Revista Universidad Earth. 3(2), 183 - 197.
13. CONAF. 2013. Aserrín. [En Línea]: http://alternativasquemas.conaf.cl/fileadmin/ArchivoPortal/Alternativas/CONVERSION_DE_RESIDUOS/ficha13.pdf. (Revisado el 5 de abril de 2015).
14. CHAMORRO, J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta. In: El Cultivo del Tomate. F. Nuez. Mundi Prensa. España. Pp. 43 – 91.
15. DEFRIERI, R. 2005. Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. Facultad de Agronomía. UBA. Buenos Aires. Argentina 22(1): 25-31.

16. DE LA CRUZ, L.; ESTRADA, B.; TORRES, R.; HERNANDEZ, F. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Versión impresa ISSN 01862979.
17. DUCHAUFOR, Ph. 1987. Manual de Edafología. Ed. Masson, S. A. Pp. 31- 46.
18. DURAN, J.; MARTÍNEZ, E.; NAVAS L. 2000. Los cultivos sin suelo de la hidroponía a la aeroponía. [En Línea]: http://.eumedia.es/articulos/vr/hortofrut/li_01_cultivos.html. (Revisado el 17 de noviembre de 2014).
19. ECOTECNOLOGÍAS. 2012. LOS MICROORGANISMOS EFICACES – TECNOLOGÍA. [En Línea]: <http://www.ecotecnologias.com.ve/>. (Revisado el 25 de octubre del 2014).
20. FENGEL, D.; WEGENER, G. 1983. MICROBIAL AND ENZYMATIC DEGRADATION. Chemistry ultrastructure reactions En: Walter de Gruyter. Ed. Wood. Berlín, Alemania. 373 p.
21. FEUCHT, W.; TREUTTER, D. 1999. The role of flavan-3-ols and proanthocyanidins in plant defence. In: Principles and practices in chemical ecology, Eds. PRESS y Boca Ratón. Pp. 307-338.
22. FONSECA, A. 2013. Relación amonio/nitrato en la producción del cultivo de tomate en un sistema de riego por goteo en Tingo María. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. 88 p.
23. FURLANI, P. 1998. Instrucciones para el cultivo de hortalizas técnica de hidroponía – NFT. Boletín Técnico N° 168. 2da impresión. Instituto

Agronómico de Campiñas. Sao Paulo. Brasil. 30 p.

24. GARCÍA, A. 2003. Aspectos generales de abonos orgánicos. [En Línea]: www.Planagro.com.uy/publicaciones/uedy/Publica/. (Revisado el 19 de mayo del 2015).
25. GARCÍA, C. y FELIX, J.A. 2014. Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. Primera edición: Fundación Produce Sinaloa. [En línea]: https://www.ciaorganico.net/documypublic/271_Manual_para_la_pr oduccion_de_abonos_organicos_y_biorracionales.pdf. (Revisado el 08 de abril del 2017).
26. GODOY, E. 2005. Componentes de los residuos madereros. [En Línea]: <http://www.mailxmail.com/curso-residuos-madereros-ransformacion-uso/componetes-residuos-madereros>. (Revisado el 2 de agosto del 2014).
27. GONZÁLES, N. 2006. Avanzan los sistemas hidropónicos en México. Hortalizas, frutas y flores. Editorial Agro Sín. S.A.D.F. 6 p.
28. GROSS, A.; GUY, O.; POSMANIK, R.; PINCHAS, F.; NEJIDAT, A. 2012. A Novel Method for Combined Biowaste Stabilization and Production of Nitrate-Rich Liquid Fertilizer for Use in Organic Horticulture. *Water, Air & Soil Pollution*, 223(3): 1205 - 1214.
29. HERNÁNDEZ, S.; RODRÍGUEZ, O. 2013. Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *México*. 31: 35-46.
30. INFOAGRO, 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y

rendimiento de tomate bajo condiciones de invernadero. [En Línea]:
https://www.infoagro.com/documentos/efecto_diferentes_sustratos_crecimiento_y_rendimiento_tomate_condiciones_invernadero.asp.
(Revisado el 22 de enero del 2015).

31. LECONTE, C. 2009. Caracterización física química biológica de enmienda orgánica aplicada en la producción de cultivos. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. República Dominicana. 21 p.
32. LUNA, J. 2012. Efecto de residuos agroforestales parcialmente biodegradados por *Pleurotus Ostreatus* (Pleurotaceae) sobre el desarrollo de plátulas de tomate. Artículo de investigación. Universidad Nacional de Colombia. 45 p.
33. MAGDOFF, F.; WEIL, R. 2004. Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC Press. USA. Pp. 131 - 168, 331.
34. MALDONADO, M. 2006. Determinación de la composición química de la madera de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H. E. Moore) procedente de la finca Río Frío. Tactic. Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 144 p.
35. MARTÍNEZ, E. 2003. Efecto de momento de aplicación del Biomyze en el rendimiento y calidad del tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María 70 p.
36. MENDOZA, O. 2009. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Revista Ra Ximhai. Vol. 6 (3).

Universidad Autónoma Indígena de México El Fuerte, México pp.
339-346

37. MERINO, E. 2001. Aplicación de abonos procesados con microorganismos eficientes en la producción de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN, Tingo María. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 98 p.
38. MINAGRI, 2015. Ministerio de Agricultura y Riego en cultivos a nivel nacional. [En Línea]: <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/prod-agricola-pecuaria-avicola/2016/boletin-produccion-comercializacion-avicola-agosto2016.pdf>. (Revisado el 17 de noviembre del 2014).
39. MONTIEL, L. 2013. El aserrín mejora el suelo. Técnica de la facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Ed. Impresa – ABC. 56 p.
40. MUELLER-HARVEY, I.; y MCALLAN, A. 1992. Tannins: their biochemistry and nutritional properties. *Advances in Plant Cell Biochemistry and Biotechnology*. 1:151-217.
41. PACHECO, P.; PÉREZ, A. 2005. Calidad de tomate. Ficha técnica-comisión administradora. Chile. Pp. 1-3.
42. PINTO, J.; BOTREL, T.; MACHADO, E.; FEITOSA J. 2000. The effect of CO₂ applied through irrigation. *Acta Hort*. 537: 267-272.
43. REBOREDA, 2012. Microorganismos. [En línea]:

<http://www.reboreda.es/Documentos/Microorganismos.pdf>.

44. RESH, H. 2001. Cultivos hidropónicos, nuevas técnicas de producción. 5ta ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 558 p.
45. REVISTA INFORGANIC. 2004. Importancia de la materia orgánica en el suelo. [En Línea]: <http://inforganic.com>. (Revisado el 10 de noviembre del 2014).
46. SARNI, F.; MOUTOUNET, M.; PUECH, J.-L.; RABIER, P. 1990. Effect of heat treatment of oak wood extractable compounds. *Holzforschung*. Pp. 44, 461-466.
47. TRIVIERGE, C.; SEITO. M. 2005. Nuevas Tecnologías de vivero en Nicaragua, bandejas y sustratos mejorados-compost. Primera edición. Managua, Nicaragua. Pp 23-43.
48. WOODWARD, A.; COPPOCK, D. 1995. Role of plant defence in the utilization of native browse in southern Ethiopia. *Agroforestry Systems*. 32:147-161.
49. ZÁRATE, B. 2007. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero. Maestría en ciencias en conservación y aprovechamiento de recursos naturales. Santa Cruz, Oaxaca, México. 159 p.

IX. ANEXO

Cuadro 9. Tipos de fertilizantes utilizados en la investigación.

Fertilizantes	Cantidad (g)	Peso molecular
K NO ₃	470.80	101
Ca(NO ₃) ₂	561.66	164
Mg SO ₄	564.20	119
NH ₄ H ₂ PO ₄	120.00	116
NH ₂ CONH ₂	40.80	60
H ₃ PO ₄	32.8	80

Cuadro 10. Formula de fertilización en ppm del tomate.

N	P	K	Ca	Mg	S
210	60	180	160	53	73

Cuadro 11. Presupuesto para la producción de tomates en el trabajo de investigación y su proyección en una hectárea. Nuevo soles (S/.)

Actividad	Unidad	Cantidad	P. Unidad (s/.)	Total (s/.)	Depreciación
Limpieza de terreno	jornal	0.5	30	15	
Nutrición					
Kno ₃	kg	16.2	3	48.7	
Ca(NO ₃)	kg	22.6	2	45.2	
H ₃ PO ₄	kg	2.76	4	11	
NH ₄ H ₂ PO ₄	kg	4	5	20	
CH ₂ COCH ₂	kg	1.4	1.5	2.12	
MgSO ₄	kg	19.2	2	39	
Control de plagas y enfermedades					
Carbendazin	Lt	0.225	70	15	
Fitoras	kg	0.45	75	33	
Probado combi	Lt	0.06	200	12	
Labores culturales					
Deshierbo	jornal	2	30	60	
Poda	jornal	4	30	120	
Entutoamiento	jornal	2	30	60	
Fumigación	jornal	1	30	30	
Gastos de sustrato					
Aserrín	m3	6	20	120	80
Microorganismos	kg	10	10	100	
Bolsa	unidad	336	0.3	100	
Sombra					
Malla rachel	rollo	1	250	250	8
Semilla	unidad	336	0.3	100	
Siembra					
Siembra y trasplante	jornal	2	30	60	
Cosecha					
Recolección de fruto	jornal	2	30	60	
Cajones	und	22	1	22	
Sistema de riego				6000	8
COSTO DE PRODUCCION en 168 m²				849.02	
Costo de producción hectárea				50535	

Cuadro 12. Medición de temperatura en el aserrín fresco con termómetro durante la aplicación de microorganismos activados.

Medición de temperatura (T°)		
Número de aplicación	Día	Aserrín fresco(A0) (temperatura)
Primera aplicación	1	35
	2	36
	3	37
	4	37
	5	35
	6	33
	7	30
	8	37
Segunda aplicación	9	38
	10	40
	11	43
	12	40
	13	38
	14	35
	15	36
	16	37
Tercera aplicación	17	37
	18	34
	19	35
	20	50

Cuadro 13. Análisis de variancia en la altura de planta por efecto del aserrín y la aplicación de microorganismos eficientes.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig
Tratamientos	7	1.96	0.28	1.96	N.S.
A	1	0.04	0.04	0.25	N.S.
B	3	1.46	0.49	3.41	*
AxB	3	0.46	0.16	1.08	N.S.
Error	16	5.73	0.14		
Total	23	7.69			

C.V. = 14.80 %

Cuadro 14. Análisis de variancia para el diámetro ecuatorial del fruto por el efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig
Tratamientos	7	352.72	50.39	0.92	N.S.
A	1	86.19	86.19	1.58	N.S.
B	3	81.50	27.15	0.50	N.S.
AxB	3	185.08	61.69	1.13	N.S.
Error	16	2184.15	54.60		
Total	23	2536.87			

C.V. 11.64 %

Cuadro 15. Análisis de variancia en el diámetro polar del fruto por el efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig
Tratamientos	7	5082.89	726.13	1.37	N.S.
A	1	287.95	287.95	0.54	N.S.
B	3	1985.76	661.92	1.25	N.S.
AxB	3	2809.17	936.39	1.77	N.S.
Error	16	21197.07	529.93		
Total	23	26279.96			

C.V. 14.84 %

Cuadro 16. Análisis de variancia del peso promedio del fruto por el efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig
Tratamientos	7	13765.48	1966.50	1.55	N.S.
A	1	2307.27	2307.27	1.79	N.S.
B	3	7823.96	2607.99	2.02	N.S.
AxB	3	3634.25	1211.42	0.94	N.S.
Error	16	50877.34	1271.93		
Total	23	64642.82			

C.V. = 13.64 %

Cuadro 17. Análisis de variancia del peso total del fruto por el efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig
Tratamientos	7	80429.93	11489.99	1.78	N.S.
A	1	1511.58	1511.58	0.23	N.S.
B	3	52571.03	17523.68	2.72	N.S.
AxB	3	26347.32	8782.44	1.36	N.S.
Error	16	257939.75	6448.49		
Total	23	338369.68			

C.V. = 22.54 %

Cuadro 18. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el peso de fruto en la primera evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	3371.65	481.66	1.01	N.S.
A	1	388.81	388.81	0.81	N.S.
B	3	671.60	223.86	0.47	N.S.
A x B	3	2311.23	770.41	1.61	N.S.
Error	16	7662.42	478.90		
Total	23	11034.07			

C.V. = 16.04 %

Cuadro 19. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro polar del fruto en la primera evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	180.62	25.80	1.33	N.S.
A	1	16.08	16.08	0.83	N.S.
B	3	44.51	14.83	0.77	N.S.
AxB	3	120.02	14.83	2.06	N.S.
Error	16	310.07	19.37		
Total	23	490.70			

C.V. = 8.14 %

Cuadro 20. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro ecuatorial del fruto en la primera evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	300.59	42.94	1.17	N.S.
A	1	0.0002	0.0002	0.0001	N.S.
B	3	28.99	9.66	0.26	N.S.
AxB	3	271.59	90.53	2.47	N.S.
Error	16	587.64	36.69		
Total	23	887.642			

C.V. = 9.54 %

Cuadro 21. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el peso total el fruto, en la primera evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	60679.94	8668.56	0.23	N.S.
A	1	776.11	776.116	0.02	N.S.
B	3	32822.06	10940.68	0.29	N.S.
AxB	3	27081.76	9027.25	0.24	N.S.
Error	16	606510.49	38094.40		
Total	23	670190.44			

C.V. = 17.34 %

Cuadro 22. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el peso promedio del fruto a la segunda evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	1461.53	208.79	0.52	NS
A	1	44.93	44.93	0.11	NS
B	3	993.44	331.14	0.82	NS
A*B	3	423.15	141.05	0.35	NS
Error	16	6447.88	402.99		
Total	23	7909.43			

C.V. = 17.99%

Cuadro 23. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro polar del fruto en la segunda evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	114.53	16.36	1.20	N.S.
A	1	6.13	6.13	0.45	N.S.
B	3	33.16	11.05	0.81	N.S.
A*B	3	75.24	25.08	1.84	N.S.
Error	16	218.17	13.63		
Total	23	332.70			

C.V. = 7.41%

Cuadro 24. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro ecuatorial del fruto en la segunda evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	279.02	39.86	1.24	N.S.
A	1	4.92	4.92	0.15	N.S.
B	3	166.61	55.53	1.72	N.S.
A*B	3	107.49	35.83	1.11	N.S.
Error	16	515.13	32.19		
Total	23	794.15			

C.V. = 9.44 %

Cuadro 25. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos (EM) en el peso total del fruto en la segunda evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	110947.24	15849.60	0.61	N.S.
A	1	14605.13	14605.13	0.56	N.S.
B	3	70589.14	23529.71	0.90	N.S.
A*B	3	25752.97	8584.32	0.33	N.S.
Error	16	418593.65	26162.10		
Total	23	529540.89			

C.V. = 13.48 %

Cuadro 26. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el peso promedio del fruto en la tercera evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	6681.56	954.50	1.96	N.S.
A	1	234.18	234.18	0.48	N.S.
B	3	3688.57	1229.52	2.52	N.S.
A*B	3	2758.80	919.60	1.89	N.S.
Error	16	7799.31	487.45		
Total	23	14480.88			

C.V. = 19.77%

Cuadro 27. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro polar del fruto en la tercera evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	89.53	12.79	0.86	N.S.
A	1	4.00	4.001	0.27	N.S.
B	3	30.31	10.10	0.68	N.S.
A*B	3	55.22	18.40	0.23	N.S.
Error	16	238.66	14.91		
Total	23	328.20			

C.V. = 7.51%

Cuadro 28. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro ecuatorial del fruto en la tercera evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	296.34	42.33	1.57	N.S.
A	1	12.73	12.73	0.47	N.S.
B	3	154.43	51.47	1.91	N.S.
A*B	3	129.18	43.06	1.60	N.S.
Error	16	430.27	26.89		
Total	23	726.61			

C.V. = 8.60 %

Cuadro 29. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el peso total del fruto en la tercera evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	219003.25	31286.17	0.87	N.S.
A	1	13575.52	13575.52	0.38	N.S.
B	3	53517.04	17839.01	0.50	N.S.
A*B	3	151910.68	50636.89	1.41	N.S.
Error	16	573409.46	35838.09		
Total	23	792412.72			

C.V. = 12.61%

Cuadro 30. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el peso promedio del fruto a la cuarta evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	24344.29	3477.75	1.09	N.S.
A	1	287.04	287.04	0.09	N.S.
B	3	9373.79	3124.59	0.98	N.S.
A*B	3	14683.45	4894.48	1.53	N.S.
Error	16	51171.33	3198.20		
Total	23	75515.62			

C.V. = 14.05%

Cuadro 31. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro polar del fruto en la cuarta evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	405.46	57.92	2.47	N.S.
A	1	2.78	2.78	0.12	N.S.
B	3	221.23	73.74	3.15	N. S.
A*B	3	181.44	60.48	2.58	N.S.
Error	16	374.48	23.40		
Total	23	779.94			

C.V. = 9.43%

Cuadro 32. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro ecuatorial del fruto en la cuarta evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	286.09	40.87	0.97	N.S.
A	1	1.30	1.30	0.03	N.S.
B	3	89.71	29.90	0.71	N.S.
A*B	3	195.07	65.02	1.55	N.S.
Error	16	670.76	41.92		
Total	23	756.85			

C.V. = 10.73%

Cuadro 33. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el peso promedio del fruto, a la quinta semana de evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	3557.38	508.19	0.96	N.S.
A	1	514.30	514.30	0.97	N.S.
B	3	2424.94	808.31	1.52	N.S.
AxB	3	618.14	206.04	0.39	N.S.
Error	16	8504.27	531.51		
Total	23	12061.65			

C.V. = 22.02%

Cuadro 34. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el diámetro polar del fruto en la quinta evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	62.82	8.97	0.86	N.S.
A	1	4.99	4.99	0.48	N.S.
B	3	55.44	18.48	1.78	N.S.
AxB	3	2.39	0.79	0.08	N.S.
Error	16	166.47	10.40		
Total	23	229.30			

C.V. = 6.36 %

Cuadro 35. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro ecuatorial del fruto en la quinta evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	60.64	8.66	0.53	N.S.
A	1	9.63	9.63	0.59	N.S.
B	3	22.12	7.37	0.45	N.S.
AxB	3	28.88	9.62	0.59	N.S.
Error	16	260.52	16.28		
Total	23	321.17			

C.V. = 6.56 %

Cuadro 36. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el peso total del fruto en la quinta evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	88235.27	12605.03	0.76	N.S.
A	1	21265.30	21265.30	1.28	N.S.
B	3	23481.53	7827.17	0.47	N.S.
AxB	3	28.88	14496.14	0.87	N.S.
Error	16	266684.70	16667.79		
Total	23	354919.97			

C.V. = 11.33%

Cuadro 37. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el peso promedio del fruto, en la sexta evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	2032.71	290.38	0.93	N.S.
A	1	504.90	504.90	1.62	N.S.
B	3	1170.58	390.19	1.25	N.S.
AxB	3	357.22	119.07	0.38	N.S.
Error	16	4999.64	312.47		
Total	23	7032.36			

C.V. = 17.46 %

Cuadro 38. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro polar del fruto, en la sexta evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	86.03	12.29	0.66	N.S.
A	1	5.73	5.73	0.31	N.S.
B	3	29.61	9.87	0.53	N.S.
AxB	3	50.67	16.89	0.90	N.S.
Error	16	299.64	18.72		
Total	23	385.67			

C.V. = 8.56%

Cuadro 39. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos en el diámetro ecuatorial del fruto, en la sexta evaluación de los tratamientos en estudio

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	3939.90	562.84	1.26	N.S.
A	1	352.89	352.89	0.79	N.S.
B	3	2124.54	708.18	1.58	N.S.
AxB	3	1462.46	487.48	1.09	N.S.
Error	16	7149.70	446.85		
Total	23	11089.60			

C.V. = 13.26%

Cuadro 40. Análisis de variancia del efecto del aserrín y de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el peso total del fruto, en la sexta evaluación de los tratamientos en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-valor	Sig.
Tratamientos	7	62317.14	8902.44	0.42	N.S.
A	1	9140.43	9140.43	0.43	N.S.
B	3	43704.14	14568.04	0.68	N.S.
AxB	3	9472.56	3157.52	0.15	N.S.
Error	16	340606.85	21287.92		
Total	23	402924.001			

C.V. = 11.33%



Figura 8. Realizando la siembra de tomates en los germinadores.



Figura 9. Transplante de plantines a los cartuchos.



Figura 10. Preparación del campo para el trabajo experimental.



Figura 11. Realizando el llenado de bolsas.



Figura 12. Instalación en el terreno o campo definitivo.



Figura 13. Realizando la labor de poda en tomate.



Figura 14. Realizando entutoramiento del tomate.



Figura 15. Visita del jurado a la ejecución del trabajo experimental



Figura 16. Realizando la cosecha y evaluación del tomate.



Figura 17. Evaluación del diámetro polar del tomate.



Figura 18. Evaluación del diámetro ecuatorial.



Figura 19. Fruto de tomate "Dominique mill".

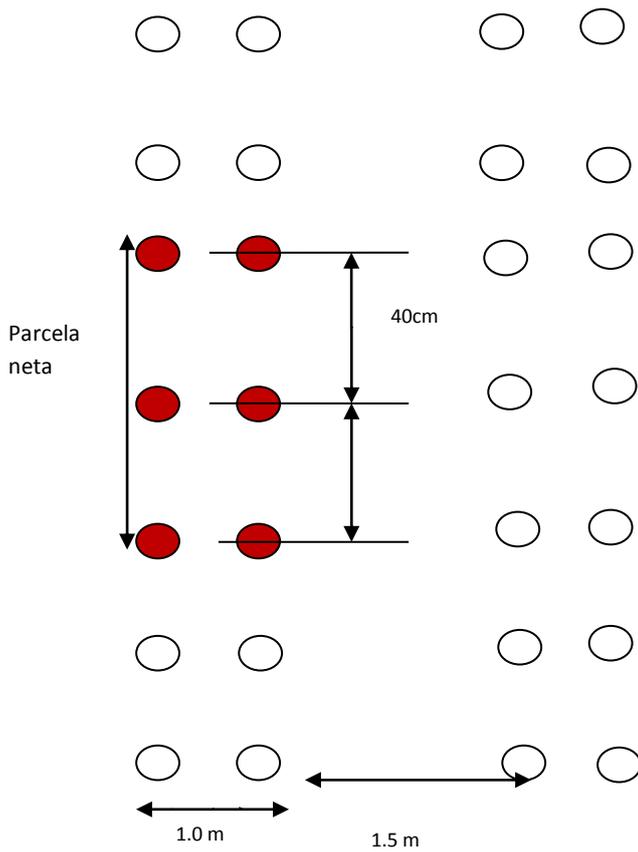


Figura 20. Croquis del experimento.

	R1	R2	R3
8 m	T2	T6	T8
	T7	T7	T5
	T1	T5	T3
	T3	T8	T7
	T6	T1	T2
	T4	T2	T4
	T8	T4	T1
	T5	T3	T6

Figura 21. Croquis de distribución de las muestras en experimento.

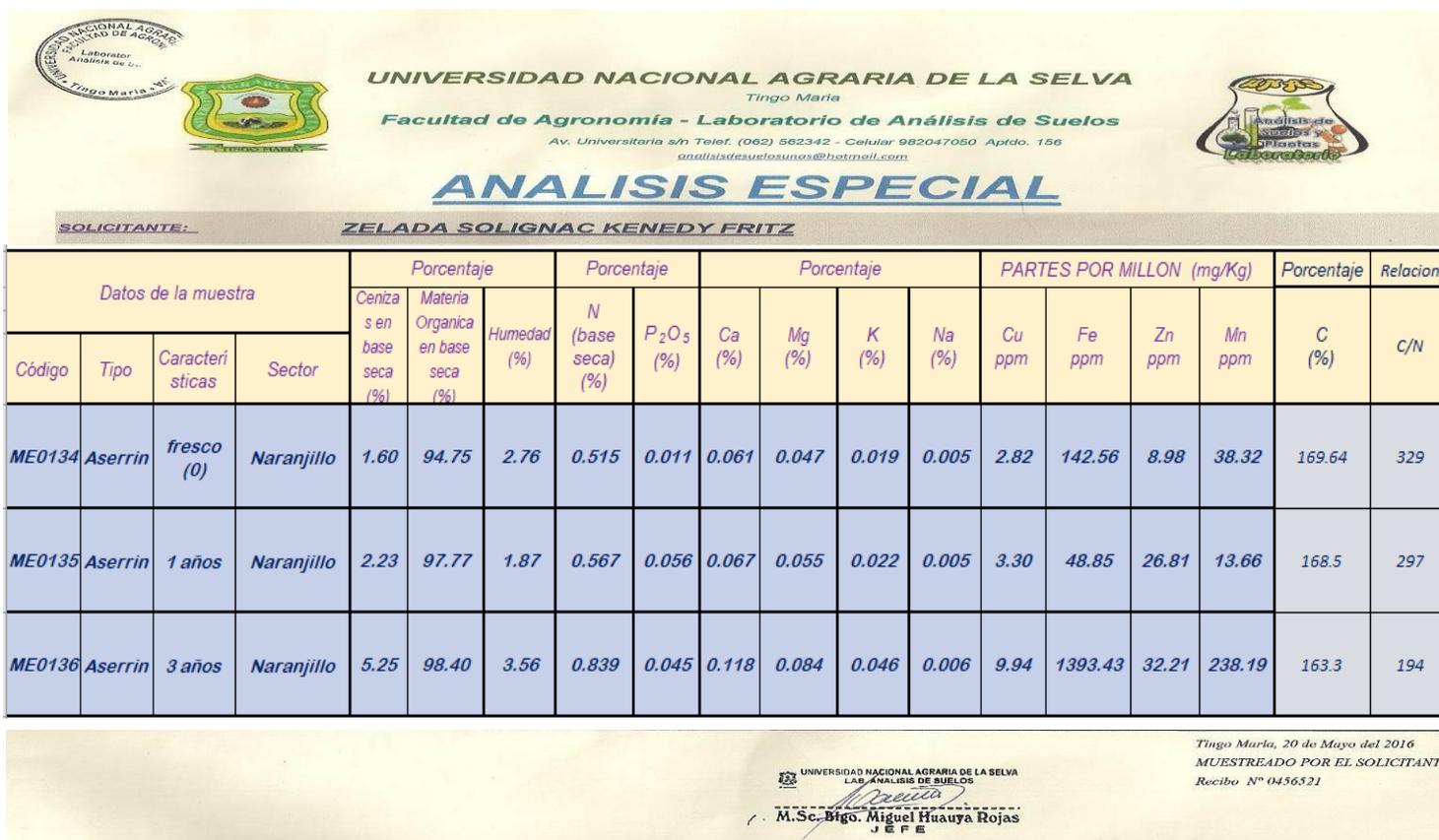


Figura 22. Análisis del aserrín en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.