

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Evaluación de la eficiencia de un biofertilizante de residuos orgánicos en relación a otras fuentes de fertilización en el desarrollo del cultivo de Rábano (*Raphanus sativus L.*)

Por:

Fredd Oliver Sanchez Gutierrez

Asesor:

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

Lima, diciembre de 2018

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORIA DE INFORME DE TESIS**

Joel Jerson Coaquira Quispe, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN BIOFERTILIZANTE DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN RELACIÓN A OTRAS FUENTES DE FERTILIZACIÓN EN EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE RÁBANO (*RAPHANUS SATIVUS L.*)" constituye la memoria que presenta el Bachiller: Fredd Oliver Sanchez Gutierrez para aspirar al título profesional de Ingeniero Ambiental, ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 20 días del mes de marzo del año 2019.



Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe


Evaluación de la eficiencia de un biofertilizante de residuos orgánicos
en relación a otras fuentes de fertilización en el desarrollo del cultivo
de Rábano (*Raphanus sativus* L.)

TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR


Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez
Presidenta


Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga
Secretaria


Mg. Joel Hugo Fernández Rojas
Vocal


Ing. Orlando Alán Poma Porras
Vocal


Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe
Asesor

Lima, 17 de diciembre de 2018

DEDICATORIA

A Dios, por ser el motor de mi existencia, quien encamina mis pasos y cristaliza mis sueños, según su voluntad.

Con mucho cariño y amor fraterno a mi madre, Martha Gutiérrez, por su sacrificio, confianza, guía constante, amor e inspiración para seguir adelante.

A mi querida hermana Zulma Brigada, por toda su ayuda y dedicación abnegada para culminar mi carrera profesional.

A mis amigas Fiorela y Lidimed, por su apoyo, ánimos y amistad sincera.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por el conocimiento y sabiduría brindada, por haber puesto en mi camino a todas aquellas personas que han contribuido con el desarrollo de la presente investigación.

A mi madre Martha Gutiérrez; mi hermana Zulma; por todo su apoyo y respaldo desde el principio de mi vida universitaria, y por qué son el motor incansable para la culminación de este trabajo de investigación.

Al Ing. Joel Coaquira, por acompañarme a lo largo del proceso de investigación, brindándome sus conocimientos y experiencia, su paciencia en cada asesoría, y sus observaciones y críticas constructivas; ello ha hecho posible dar por concluida la tesis y de forma satisfactoria.

A mis dictaminadores: MsC Natalí Carbo, Mg Milda Cruz, Mg Iliana Gutierrez, por su acompañamiento y motivación constante, así como sus indicaciones en la mejora del presente trabajo de investigación.

A mis distinguidos docentes por la confianza y los valores inculcados.

A mis compañeros y amigos que estuvieron pendientes en el avance y culminación del trabajo de investigación, en especial a Odely Zavala, Jesús Jara, Sharon Gómez y Rut Aguirre.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	El problema.....	1
1.2	Objetivo general.....	3
1.2.1	Objetivos específicos	3
2	REVISIÓN DE LA LITERATURA	4
2.1	Antecedentes de la investigación	4
2.2	Revisión de literatura	6
2.2.1	Fundamentos del objeto de estudio	6
2.2.2	Residuos orgánicos	14
2.2.3	Biofertilizante	20
2.2.4	Rábano	30
2.2.5	Resultados anteriores de investigación.....	38
3	MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1	Ámbito de estudio	42
3.2	Tipo de investigación.....	43
3.3	Diseño de la investigación	43
3.4	Materia prima e insumos.....	44
3.5	Materiales y equipos	44
3.6	Procedimiento experimental	45
3.6.1	Selección de residuos.....	45
3.6.2	Mezclado	46
3.6.3	Fermentación	46
3.6.4	Separación	47
3.6.5	Análisis final del biofertilizante fermentado.	47

3.6.6	Preparación de suelo	48
3.6.7	Siembra del cultivo.....	48
3.6.8	Control de malezas	49
3.6.9	Aplicación del biofertilizante	50
3.6.10	Cosecha.....	51
3.7	Definición y medición de variables	52
3.8	Análisis de datos	55
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.1	Análisis de resultados físico químicos del biofertilizante	56
4.2	Análisis de la aplicación del biofertilizante en el cultivo de rábano.....	64
4.2.1	Altura de Planta (cm).....	64
4.2.2	Número de Hojas	68
4.2.3	Área Foliar (cm ²).....	70
4.2.4	Longitud de la raíz (cm)	72
4.2.5	Diámetro de la raíz (cm).....	75
4.2.6	Peso de la raíz (g)	77
4.2.7	Volumen de la raíz (cm ³).....	80
4.2.8	Densidad de la raíz (g/cm ³)	82
4.2.9	Análisis de pH	84
4.2.10	Análisis de Humedad (%).....	86
4.2.11	Análisis de Sólidos Totales (%).....	88
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
5.1	Conclusión:	90
5.2	Recomendación:	91
6	REFERENCIAS.....	93
7	ANEXOS.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonomica del rábano.....	32
Tabla 2. Diseño de la investigación.....	43
Tabla 3. Lista de materia prima empleada en la investigación.....	44
Tabla 4. Lista de materiales, equipos y herramientas.....	45
Tabla 5. Datos de análisis de pH, temperatura y CE del biofertilizante.....	56
Tabla 6. Resultados del análisis físico químico del biofertilizante	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentajes aportes por regiones de la producción mundial de RSU (Hoomwey & Bhada-Tata, 2012).....	7
Figura 2. Composición de Residuos Sólidos en el Perú, 2011 (INEI 2014: 280).....	9
Figura 3. Destinos finales de la basura recolectada por las municipalidades, 2014. (INEI 2015: 324)	10
<i>Figura 4.</i> Rellenos sanitarios y de seguridad en el Perú (OEFA, 2014)	11
Figura 5. Residuos Sólidos de Lima en Estadísticas	12
<i>Figura 6.</i> Residuos Sólidos Generado en Lima.....	13
Figura 7. Porcentaje de Residuos Sólidos enviados a Rellenos Sanitarios	13
Figura 8. Clasificación de los Residuos Orgánicos Municipales según su fuente (Flores, 2001).....	15
Figura 9. Clasificación generalizada de los residuos orgánicos (Flores, 2001).	16
Figura 10. Preparación del Biofertilizante (Restrepo, 2007).....	24
Figura 11. Planta de rábano	31
<i>Figura 12.</i> Ubicación del lugar de Ejecución del proyecto.	42
Figura 13. Flujograma del procedimiento seguido en la investigación.....	51
<i>Figura 14.</i> Altura de planta (cm) del rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.	64
<i>Figura 15.</i> Número de hojas por planta de rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.	68
Figura 16. Área foliar (cm ²) de rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.	70

<i>Figura 17.</i> Longitud de la raíz (cm) del rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.	72
<i>Figura 18.</i> Diámetro de la raíz (cm) del rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.	75
<i>Figura 19.</i> Peso de la raíz (g) del rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.	77
<i>Figura 20.</i> Volumen de la raíz (cm ³) del rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.	80
<i>Figura 21.</i> Densidad de la raíz (g/cm ³) del rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.	82
<i>Figura 22.</i> pH del rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.....	84
<i>Figura 23.</i> Humedad (%) del rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.	86
<i>Figura 24.</i> Sólidos totales (%) del rábano, <i>Raphanus sativus</i> L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.	88
<i>Figura 25.</i> Residuos orgánicos de col mercado mayorista de Lima	120
<i>Figura 26.</i> Recolección de residuos de col del mercado mayorista de Lima.....	120
<i>Figura 27.</i> Establo de ganado vacuno de Villa Asís	120
<i>Figura 28.</i> Recolección de estiércol de ganado vacuno de Villa Asís.....	121
<i>Figura 29.</i> Recolección de melaza de descarte –Productos Unión	121
<i>Figura 30.</i> Ceniza, cascara de huevo y levadura recolectada para la elaboración del biofertilizante.	121
<i>Figura 31.</i> Residuos de col.	122
<i>Figura 32.</i> Insumos para la elaboración del biofertilizante	122

Figura 33. Mezcla de melaza con suero de leche.	122
Figura 34. Proceso de mezclado de los insumos en el recipiente.....	123
Figura 35. Preparación de los insumos antes del sellado	123
Figura 36. Sellado hermético del recipiente	123
Figura 37. Sellado del recipiente y colocación de sistema de salida de gases	124
Figura 38. Cosecha del biofertilizante a los 45 días	125
Figura 39. Biofertilizante cosechado y tamizado	125
Figura 40. Análisis de laboratorio del biofertilizante	126
Figura 41. Croquis del esquema de cultivo de rábano.....	127
Figura 42. Semilla de rabanito.....	128
Figura 43. Compost Comercial usado como tratamiento complementario.	128
Figura 44. Fertilizante Comercial usado como tratamiento complementario.	129
Figura 45. Cultivo de rábano en macetas, 5 tratamientos con 5 repeticiones.....	129
Figura 46. Germinación de las primeras semillas de rábano.	129
Figura 47. Cultivo de rábano en su punto de madures.	130
Figura 48. Cosecha del cultivo de rábano.....	130
Figura 49. Muestra de rábanos cosechados.	131
Figura 50. Medición del diámetro de la planta de rábano	132
Figura 51. Medición de la hoja de rábano.	132
Figura 52. Medición del diámetro de la raíz.....	132
Figura 53. Medición de la longitud de la raíz.....	133
Figura 54. Determinación del peso de la raíz	133
Figura 55. Determinación del volumen de la raíz	133
Figura 56. Determinación del pH de la raíz.....	134
Figura 57. Análisis para determinar la humedad del rábano	134

Figura 58. Proceso de secado de la raíz.....	135
Figura 59. Peso seco de la raíz.	135
Figura 60. Raíz del rábano del tratamiento biofertilizante al 3%	136
Figura 61. Raíz del rábano del tratamiento biofertilizante al 5%	136

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	118
Anexo 2. Recolección de materia prima.....	120
Anexo 3. Elaboración del biofertilizante.....	122
Anexo 4. Análisis de laboratorio del biofertilizante.....	126
Anexo 5. Croquis del experimento	127
Anexo 6. Cultivo del rábano.....	128
Anexo 7. Análisis de laboratorio del cultivo de rábano	132
Anexo 8. Análisis estadístico de las variables respuesta.....	137

SIMBOLOS USADOS

UNALM	Universidad Agraria La Molina
UPeU	Universidad Peruana Unión
RSU	Residuos Sólidos Urbanos

Resumen

El estudio se efectuó en condiciones de campo, dentro de las instalaciones de la Universidad Peruana Unión (UPeU), en el área de “los lúcumos”, en la ciudad de Lima, con el propósito de evaluar la eficiencia de un biofertilizante elaborado a partir de residuos orgánicos, en relación a otras fuentes de fertilización en el crecimiento del cultivo de rábano (*Raphanus sativus L.*). El diseño experimental empleado correspondió a un diseño completamente aleatorio, con cinco tratamientos y cinco repeticiones, dispuesto en macetas. Los tratamientos correspondieron a un biofertilizante dosificado al 5% y otra al 3%, compost, fertilizante químico y suelo como control. Se cultivó rábano (*Raphanus sativus L.*). Las variables de estudio fueron: altura de planta, número de hojas, área foliar, longitud de la raíz, diámetro de la raíz, peso de la raíz, volumen y densidad de la raíz. Además, se midió el pH, % de humedad y sólidos totales. Los resultados evidenciaron que el biofertilizante aplicado a una dosis de 5%, incidió significativamente en el follaje, peso y tamaño de rábano (*Raphanus sativus L.*), siendo más eficientes que los demás tratamientos. Estos resultados permiten concluir que la aplicación del biofertilizante como abono orgánico dependiendo de su concentración, incide directamente en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de rábano.

Palabras Claves: biofertilizante, residuos orgánicos, rábano.

Abstract

The work was carried out under field conditions, within the facilities of the Peruvian University Union, in the "lúquumos" zone, in the city of Lima, with the purpose of evaluating the efficiency of an elaborated biofertilizer. from organic waste, in relation to other sources of fertilization in the development of radish cultivation (*Raphanus sativus* L.). The experimental design used corresponded to a completely random design, with five treatments and five repetitions, arranged in pots. The treatments corresponded to a biofertilizer dosed at 5% and another at 3%, compost, chemical fertilizer and soil as a control. Radish was planted (*Raphanus sativus* L.). The variables evaluated were: plant height, number of leaves, leaf area, root length, root diameter, root weight, root volume and density. In addition, the pH,% humidity and total solids were measured. The results showed that the biofertilizer applied at a dose of 5%, had a significant impact on the growth, weight and size of radish (*Raphanus sativus* L), being more efficient than the other treatments. These results allow us to conclude that the application of biofertilizer as an organic fertilizer, depending on its concentration, directly affects the growth, development and production of the radish crop.

***Key words:* biofertilizer, organic waste, radish.**

1 INTRODUCCIÓN

1.1 El problema

Los residuos sólidos y su eliminación son un problema creciente cada vez en aumento en nuestra actualidad, en el planeta se genera alrededor de 1,7 - 1,9 millones de toneladas métricas cada año (Chen et al 2016), de los cuales, los residuos orgánicos representan la mayor proporción con un 46% (Jha et al., 2011; Lim et al., 2015). En las ciudades capitales y áreas metropolitanas, solo alrededor del 60% de los residuos sólidos acopiados se dispone en rellenos sanitarios; las diferencias de estos terminan en sitios de disposición inadecuados, dando paso a la acumulación desmesurada, deterioro del paisaje y la afectación a la salud (Dulanto, 2013).

Esta problemática no es ajena a nuestro país, de acuerdo al informe emitido en relación al estado actual en la que se encuentra la gestión de residuos sólidos municipales en el Perú (año 2015 - 2016), se generan por día 50.000 toneladas de ello. Los habitantes de la costa son los que producen la mayor cantidad de residuos en el Perú (OEFA, 2016). Solo en Lima, el cual cuenta con más de diez millones de habitantes se genera un promedio de 8,202 toneladas de residuos al día. Al mes esta cantidad se convierte en más de 240,000 y al año poco más de tres millones de toneladas de basura, según el informe de la Organización para el Desarrollo Sostenible (ODS). Así mismo se precisa que cada persona

en promedio genera 0.79 kilos al día, lo cual supone un incremento significativo de los residuos.

Según el Informe Anual de OEFA (2015), Los residuos sólidos generados en Lima, se encuentran principalmente confirmados por material orgánico, que representan el 51,6% del total de residuos generados, seguido de los plásticos con 9,1% y de residuos de vidrios con 3.8%.

Los residuos orgánicos, constituyen una problemática a resolver, ya que la gestión realizada por las municipalidades es insostenible por la cantidad total de residuos orgánicos generados (itdUPM, 2014; La Republica, 2015).

Por tal razón, la gestión de los residuos orgánicos representa un desafío importante que debe ser resuelto por los países en desarrollo, a pesar de sus limitaciones (PNUMA, 2011). Con soluciones innovadoras que optimicen la sostenibilidad de la gestión y manejo de residuos (Chen et al 2016).

Cabe señalar que, una de las formas de aprovechamiento y tecnología sostenible de valorización de los residuos orgánicos lo representa la producción biofertilizantes (Owamah et al. 2014). Dicha tecnología a través de fermentación anaerobia en medio líquido desintegra los residuos orgánicos, dando como consecuencia un líquido foliar que se emplea en la fertilización de diversos cultivos como fertilizante foliar y defensivo natural. Entre los beneficios más resaltantes del uso de este tipo de biofertilizante, se halla que, proporciona micronutrientes fundamentales para el metabolismo, genera el crecimiento y rendimiento de los cultivo, asimismo inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que ocasionan enfermedades en planta, extendiendo la tenacidad contra las plagas (Mazaro et al. 2013).

El uso de los residuos orgánicos como biofertilizantes, reducen los desagradables olores de la basura, beneficia al saneamiento del ambiente, y disminuye el gasto

concerniente con la basura recogida (Tsai et al. 2007), llegando a representar una tecnología ecológicamente sostenible, para la gestión de los residuos orgánicos (Parrado et al. 2008)

1.2 Objetivo general

- Evaluar la eficiencia de un biofertilizante elaborado a partir de residuos orgánicos, en relación a otras fuentes de fertilización en el desarrollo del cultivo de rábano (*Raphanus sativus L.*).

1.2.1 Objetivos específicos

- Producir biofertilizante a partir de residuos orgánicos
- Realizar el análisis de los parámetros fisicoquímicos del biofertilizante elaborado.
- Determinar la eficiencia del biofertilizante elaborado en el desarrollo del cultivo de rábano (*Raphanus sativus L.*), en comparación con otros tratamientos.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

La organización de alimentos y agricultura de las Naciones Unidas (FAO) estima que el 33% de la comida producida en el mundo se ha perdido o desperdiciado en el 2009 mientras que 870 millones de personas se reportan como crónicamente desnutridos. Esta cantidad equivale aproximadamente 1.3 billones de toneladas por año, quiere decir, un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano, se pierde a nivel mundial. Solo en Estados Unidos se generan alrededor de 61 millones de toneladas de residuos de alimentos cada año, los mismo que van en aumento (FAO, 2011).

En otras partes del mundo como lo es Australia, se reportó una tasa de generación de residuos de alimentos equivalente a 4 millones de toneladas por año. Otros reportes indican que la generación de residuos en Corea del Sur es de 6.24 millones de toneladas por año, similar a China que generó un total de 92.4 millones de toneladas por año y Japón cifras alrededor de 21 millones de toneladas de residuos de alimentos en el 2010. Por otro lado, cabe declarar que en Europa se estima que la generación de residuos ha sido de 90 millones de toneladas anuales, superior a Corea y Japón (FAO, 2011).

Algunos países realizan tratamientos a los residuos de alimentos, los cuales son denominados residuos orgánicos, con el propósito de transformarlos en nuevos recursos

útiles para el hombre, logrando así el máximo aprovechamiento de estos. A continuación, mencionaremos los países que reaprovechan sus residuos orgánicos generados.

España, por ejemplo, realiza dos procesos de tratamiento de residuos orgánicos: el proceso de biometanización, el cual consiste en la generación de metano para la obtención de energía y el proceso de compostaje que se emplea como fertilizante. De igual manera Korea y Guatemala hacen uso de los residuos orgánicos para la generación de compostaje para la industria ganadera (Comunidad de Madrid).

En el caso de Perú, existe un caso resaltante de un proyecto desarrollado en Puno, en la localidad de “Calca” en la cual consistió en aprovechar los residuos orgánicos generados y otros mediante la implementación de una Planta de Compostaje y Relleno Sanitario Manual, llegándose a abastecer a la comunidad con compostaje y reducir 360 toneladas de CO₂ por año con una inversión de 0.2 millones de dólares (Municipalidad Provincial de Calca, 2013).

Así mismo, en el 2014 se realizó un estudio de caso para un modelo de ciudad saludable en Perú, con el objetivo de contribuir a la gestión ambiental sostenible de las ciudades por medio de sistemas de gestión de residuos sólidos a fin de crear una cultura de uso de residuos; posteriormente estos avances podrán desarrollar nuevos proyectos como la generación de nuevos recursos a partir de residuos como la energía limpia o los fertilizantes (Lumbreras, 2014).

Por otro lado, el DL N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, emitida por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2016). Esta norma estipula que los residuos sólidos generados en las diversas actividades productivas y de consumo constituyen un potencial recurso económico, por lo tanto, se prioriza su valorización, considerando su utilidad en actividades de reciclaje de sustancias inorgánicas, generación de energía, producción de compost, fertilizantes u otras

transformaciones biológicas, entre otras opciones que eviten su disposición final (MINAM, 2016).

2.2 Revisión de literatura

2.2.1 Fundamentos del objeto de estudio

Las sociedades modernas actuales, están alcanzando un desarrollo acelerado sin tomar en cuenta las presiones ambientales que esta implica a su entorno. A lo largo de la historia las sociedades humanas han obtenido cantidades exorbitantes de residuos en su mayoría de naturaleza orgánica a través de sus actividades y procesos.

Al día de hoy, esta situación no ha cambiado mucho, la eliminación de los residuos sólidos sigue siendo uno de los problemas más latentes y de mayor magnitud (Jha et al., 2011). A pesar de décadas de difusión pública para reducir la basura, los residuos siguen siendo un problema importante para nuestra sociedad. Este aumento se debe principalmente al consumo desmedido y el modelo económico actual que no le presta atención a la gestión adecuada de los residuos desde su minimización.

2.2.1.1 Residuos Generados a nivel mundial

Hoorweg y Bhada-Tata (2012), señalan que la generación actual de residuos sólidos se duplicara para el año 2025, ya que la producción actual de 1.300 millones Tn/año pasara a 2.000 millones; esto debido a que la producción per cápita pasara de 1.2 a 1.42 kg/hab en los próximos 15 años. Entre las causas de este incremento se encuentran el nivel de crecimiento poblacional, los niveles de consumo de los países desarrollados y los cambios culturales de los países en desarrollo.

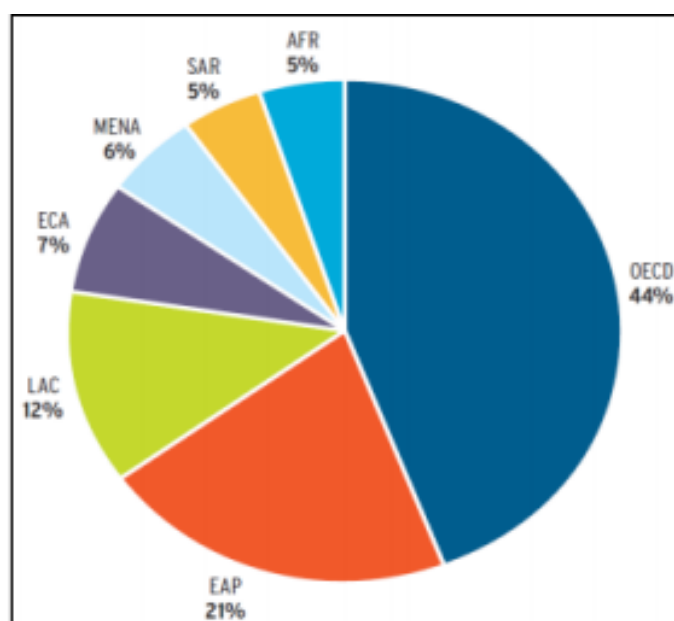


Figura 1. Porcentajes aportes por regiones de la producción mundial de RSU (Hoomwey & Bhada-Tata, 2012).

El aumento en la cantidad total de residuos recogidos es vertiginoso en la mayoría de los países europeos. Solo en Europa cada año se genera alrededor de 3.000 millones de toneladas, el cual es equivalente a 3.8 toneladas por persona en Europa Occidental, 4.4 toneladas por persona en Europa Central y Oriental, y 6.3 toneladas en los países de EECCA (Europa del Este, Cáucaso y Asia Central). Cabe señalar que entre los países europeos existe una variación considerable entre países, por ejemplo, Islandia genera 685 kg per cápita, el cual es mayor a lo generado por Uzbekistan que no pasa de los 105 kg per cápita. Esto constituye cerca de un 14 % del total de residuos recogidos en Europa. Conforme a la composición que estas muestran, el porcentaje en peso de la fracción orgánica en países en desarrollo es del 40% al 55% y en países desarrollados o industrializados del 58% al 80,20% (Avendaño, 2015).

Para el caso de América Latina y el Caribe el promedio regional de generación per cápita de Residuos Sólidos Domiciliarios y de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es de 0,6 kg/hab/día y 0,9 kg/hab/día, respectivamente. Los residuos domiciliarios llegan a representar, en promedio, un 67% de los RSU generados en toda la región (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015).

Con referencia al reciclaje, se estima que en América Latina y el Caribe únicamente el 2,2% de los residuos urbanos se recicla dentro de esquemas formales. Asimismo, son pocos los países que cuentan con infraestructura formal el aprovechamiento de residuos. Por otro lado, en ALC la recuperación de materiales reciclables es obrada mayormente por el sector informal, a través de recicladores o recuperadores, que se estiman en cifras de unos 4 millones. La mayoría de los países de la región no cuenta con datos oficiales sobre tasas de reciclaje. Sólo algunos países que han comenzado a implementar metas de reciclaje, como Brasil, quienes tienen cuantificados estos índices para residuos específicos (Organización Panamericana de la Salud, 2011).

2.2.1.2 Residuos Generados en Perú

En el Perú gran parte de los residuos sólidos generados son los de tipo orgánico, sin embargo, la composición total de los residuos es completamente diversa. En la figura 2 que se muestra la composición de los residuos sólidos en el Perú para el año 2011.

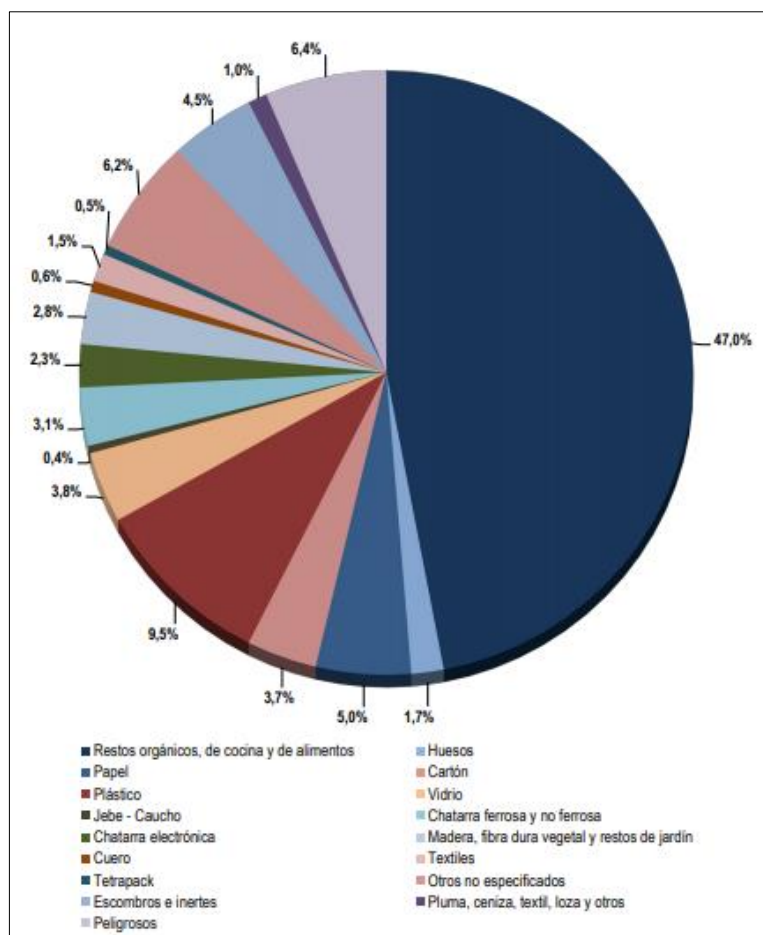


Figura 2. Composición de Residuos Sólidos en el Perú, 2011 (INEI 2014: 280)

Como se puede ver en los porcentajes que se muestra en la figura 4 los residuos orgánicos lideran la lista de residuos sólidos generados con un 47% del total de residuos sólidos, seguido de los plásticos de 9.5% y los residuos peligrosos con un 6.4%.

Todos los residuos generados en el Perú son recolectados por las municipalidades quienes, de gestionarlos, así como de enviarlos a rellenos sanitarios, rellenos de seguridad (instalación diseñada para contener residuos peligrosos para la salud humana y ambiente), botaderos a cielo abierto, procesos de reciclaje, o simplemente quema o vertidos a un río. La figura 3 muestra el destino de la disposición final de los residuos sólidos municipales en el año 2013 y 2014. Para el 2014, el 31.7% se dispone en rellenos

sanitarios, el 70.8% se dispone en botaderos a cielo abierto, el 25.3% es reciclado, el 17.5% es incinerado o quemado y un 3.0% es vertido al río. (INEI, 2015)

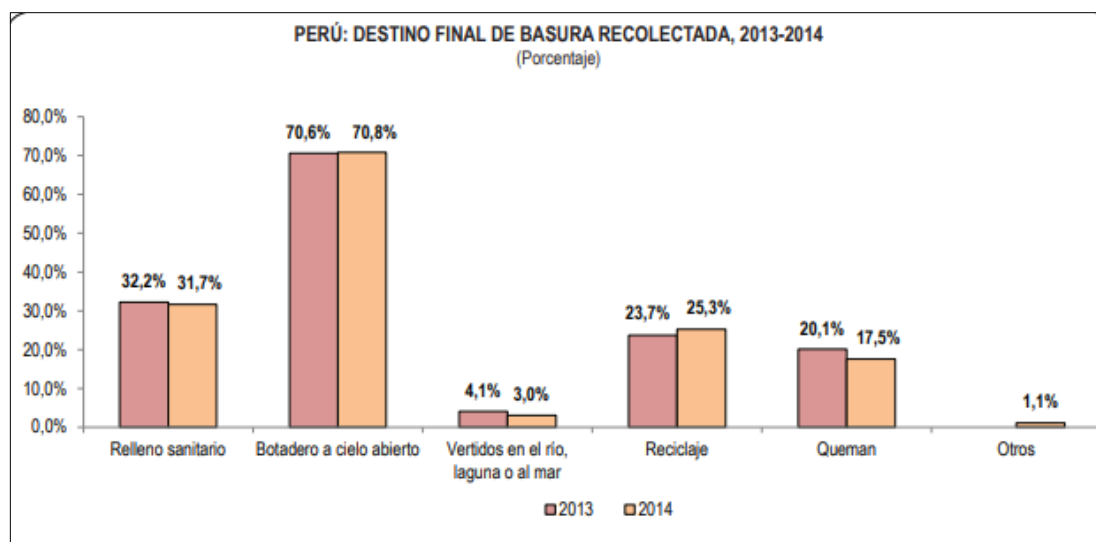


Figura 3. Destinos finales de la basura recolectada por las municipalidades, 2014. (INEI 2015: 324)

Una problemática destacada es que actualmente, el volumen de la basura generada en el Perú es mayor a los depósitos autorizados para los residuos sólidos. Efectivamente el Perú solo se cuenta con 9 rellenos sanitarios autorizados y 2 rellenos de seguridad ubicados en diversos puntos del Perú, como se muestra en la figura 4 (OEFA 2014).



Figura 4. Relenos sanitarios y de seguridad en el Perú (OEFA, 2014)

2.2.1.3 Residuos Generador en Lima

Actualmente Lima genera más de 7400 toneladas de basura por día, que es un aproximado de 0.65 kg de basura por habitante; y se calcula que en los siguientes años la generación de basura se duplicará. En la figura 5 se muestra la generación de residuos sólidos por persona en Lima, así como la proyección de la generación de los residuos sólidos en un futuro (OEFA, 2014).

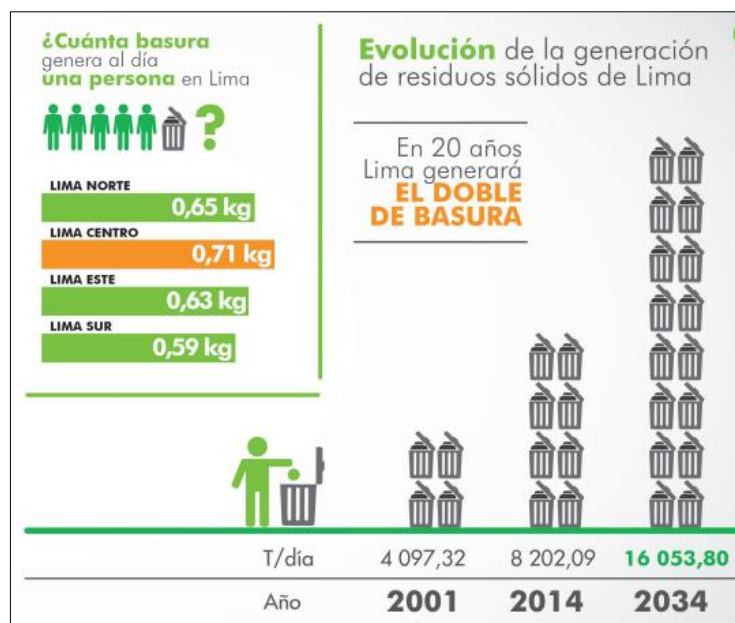


Figura 5. Residuos Sólidos de Lima en Estadísticas

Los residuos sólidos generados en Lima son en su mayoría los de tipo orgánico, seguido por los de plásticos y cartón, tal como se evidencia en la figura 6. Estos residuos son enviados a 4 rellenos sanitarios: Zapallal, Huaycoloro, Portillo Grande y Modelo del Callao; pero cabe mencionar que sólo el 88% de la basura es recolectada.

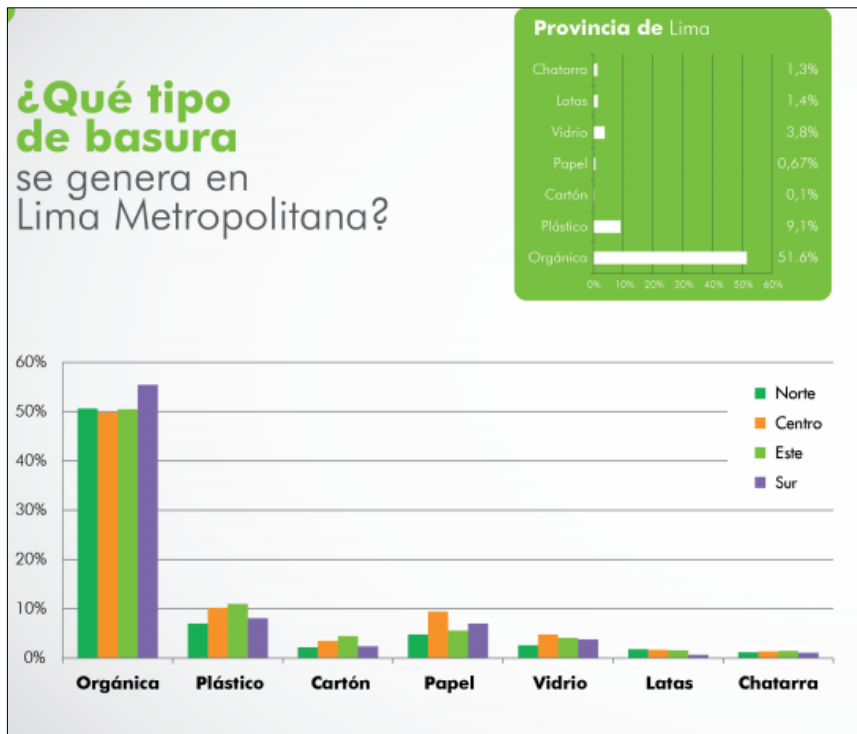


Figura 6. Residuos Sólidos Generado en Lima

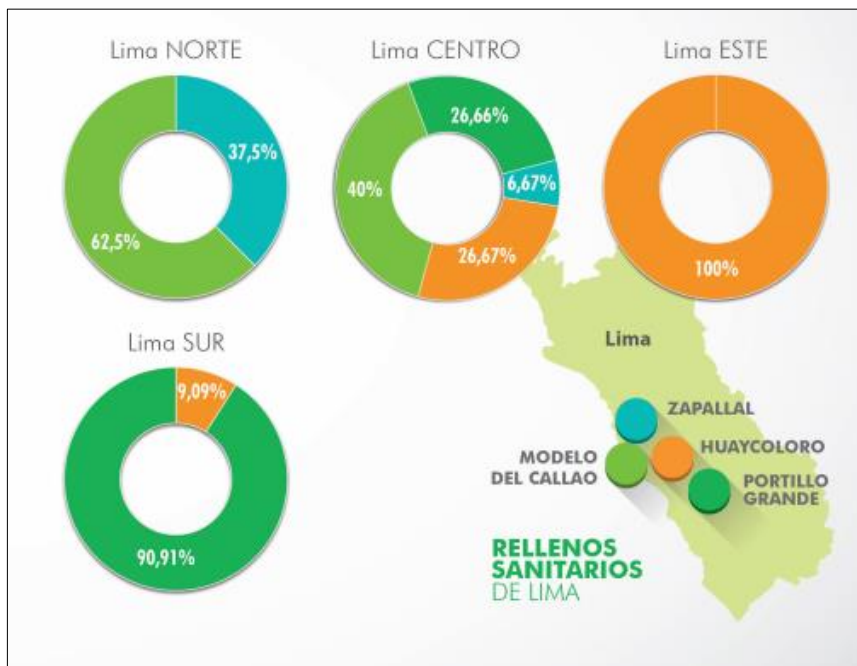


Figura 7. Porcentaje de Residuos Sólidos enviados a Rellenos Sanitarios

2.2.2 Residuos orgánicos

Para Flores (2001), los residuos orgánicos son restos de productos de fácil descomposición, que al degradarse se tornan en materia orgánica simple, tales como restos de comida, verduras y frutas, así como el papel y cartón.

Jördenin y Winter, (2005), señalan que las características físicas de este tipo de residuos, así como la cantidad y composición, depende en gran manera por factores como el origen, proceso de producción, el sistema de recolección, la estación del año, así como la cultura y estrato social

Existen muchas maneras de clasificar los residuos orgánicos, sin embargo, las más frecuentes son por su fuente de generación y característica física.

Según la fuente de generación, este tipo de residuos se clasifican en:

- **Residuos orgánicos institucionales:** hace referencia a los residuos derivados de instituciones públicas y privadas. Se caracteriza en gran medida por contener papel y cartón, así como de residuos de alimentos generados en los comedores institucionales.
- **Residuos orgánicos de mercados:** son los residuos que se llegan a generar en mercados de frutas o verduras y otros centros de expendio de productos alimenticios. Los residuos que derivan de estos establecimientos son los más adecuados para usar como materia prima para la producción de biofertilizantes.
- **Residuos orgánicos comerciales:** son residuos procedentes de actividades propias de establecimientos como tiendas y restaurantes. Estos últimos representan la mayor la fuente de generación de residuos orgánicos debido a que los restos de comida representan el mayor porcentaje de generación. Por esta razón es que esta

fuentes de generación de residuos también representan una fuente para la producción de biofertilizante.

- **Residuos orgánicos domiciliarios:** En esta categoría se ubicamos a los residuos provenientes de las viviendas, que contiene en su mayoría verduras, frutas, entre otros. En este sentido vale decir que este tipo de residuos también representan un son los más idóneos para valorización en forma de biofertilizante.

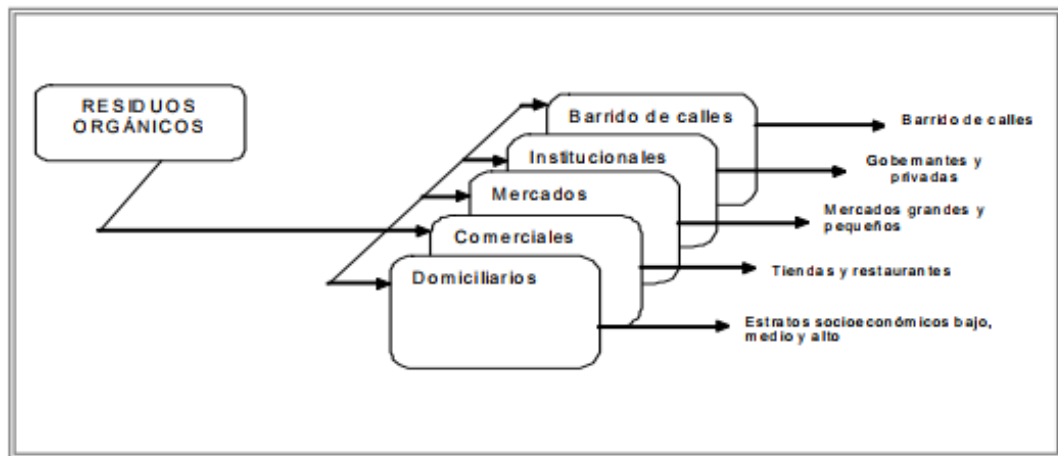


Figura 8. Clasificación de los Residuos Orgánicos Municipales según su fuente (Flores, 2001).

Los residuos orgánicos por su característica física se clasifican en:

- **Residuos de alimentos:** Aquí se encuentran residuos como los restos de alimentos que derivan de restaurantes, comedores, viviendas y otros donde se expende alimentos.
- **Estiércol:** son los residuos derivados de la excreta animal, que son generados en establecimientos ganaderos (establos) y que representan una fuente importante para la producción de biofertilizante.
- **Restos vegetales:** por lo general en esta clasificación entra los residuos generados en actividades de deshierbe y poda de jardines o áreas verdes.

- **Papel y cartón:** Son residuos que pierden valor después de su primer uso, pero representan una alternativa para el reciclaje.
- **Cuero:** son residuos que derivan en su mayoría de artículos o accesorios de cuero en desuso.
- **Plásticos:** estos residuos son considerados de origen organico, puesto que son compuestos de petróleo u otros polímeros, que pueden ser restos de embalaje, bolsas de un solo uso y empaques.

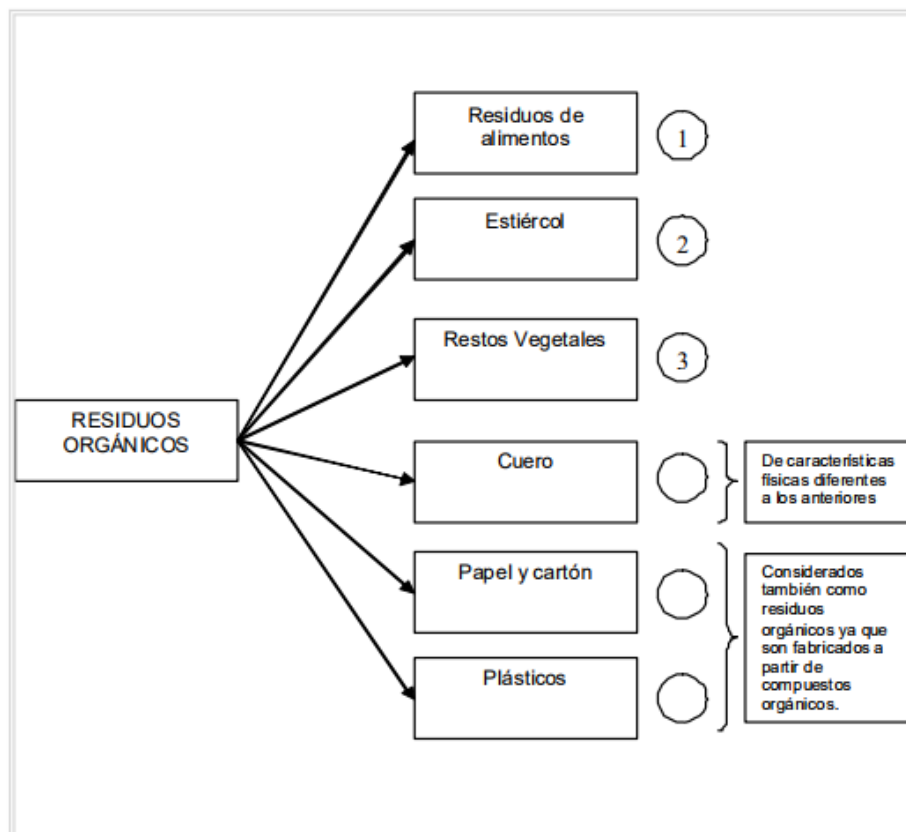


Figura 9. Clasificación generalizada de los residuos orgánicos (Flores, 2001).

2.2.2.1 Propiedades biológicas de los residuos sólidos orgánicos

Todos los residuos considerados como orgánicos a excepción del plástico, cuero y goma, presentan características biológicas que hacen posible su solubilidad en el agua, la conversión por un proceso biológico en gases y sólidos inertes. Por otro lado, la naturaleza putrefactible de los materiales orgánicos está relacionado con la generación de olores, que se deberían controlar (Jaramillo, 2018).

2.2.2.2 Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

La problemática de los residuos representa un gran desafío que debe ser resuelto para garantizar la sostenibilidad (Chen et al 2016). En este contexto con la intención de hacer frente a esta problemática se viene planteando nuevas tecnologías, que aporten a resarcir esta problemática.

La valoración de los residuos generados, así como su minimización son una buena estrategia para la conservación y la cada vez mayor demanda de recursos. Asimismo, garantizan la reducción del consumo energético, la disminución de costos, el cuidado de los sitios de disposición final y la disminución de la contaminación ambiental generada a partir de los residuos que son dispuesto en lugares no apropiados (Jaramillo & Zapata, 2008).

Esta valoración o aprovechamiento como se le suele denominar, debe efectuarse siempre sea económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente. En tal sentido dentro de las acciones orientadas al aprovechamiento de residuos deben cuestionarse lo siguiente.

A continuación, hacemos referencia a los tipos de aprovechamiento más comunes y para el tratamiento o valorización de residuos orgánicos.

Alimentación animal

El uso de residuos orgánicos para la alimentación animal es una práctica casi habitual en varias zonas de nuestro país, con mayor incidencia en las zonas rurales, donde los pobladores separan una parte de la fracción orgánica para alimentar animales como ganado, cerdos, etc.

Según FAO (1997) el alto contenido de humedad que presentan los residuos orgánicos dificulta el almacenamiento, lo que implica el consumo rápido para evitar la fermentación o descomposición. Por esto que, para incorporar el producto orgánico como alimento animal, es necesario realizar una correcta planificación de lo que se genera, los productos que se dispone, la cantidad y el tiempo.

Compostaje

Para Himanen y Hannine (2011), el compostaje representa una de las alternativas más adecuadas para el tratamiento o aprovechamiento de residuos orgánicos, ya que contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y da lugar a través de un proceso natural al compost, el cual funciona como un fertilizante de uso agrícola que ayuda a la recuperación de suelos degradados y aumenta el rendimiento de los cultivos.

Según Alvaro & Oribes (2013), Los materiales usados para el compostaje, pueden ser todas aquellas sustancias de origen vegetal o animal de fácil descomposición como los residuos orgánicos de las viviendas, industriales, de actividades agrícolas o las que derivan de la poda de áreas verdes

Lumbricultivos

La lombricultura es una práctica que radica en la utilización de lombrices de tierra para la producción de humus que es un abono natural a partir de residuos orgánicos. Es otras palabras es un proceso aerobio en el que las lombrices, con ayuda de los microorganismos, transforman la materia orgánica en compuestos más simples que pueden ser empleados en los cultivos (Lotzof, 2012)

La lombricultura como técnica de reaprovechamiento de residuos, se puede efectuar a varias escalas, no obstante, la lombricultura domiciliaria, a escala menor es realizada en las propias viviendas con el residuo orgánico generado en el inmueble. Por otro lado, se puede realizar también a nivel municipal, con los residuos orgánicos recolectados por el servicio de aseo urbano (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2013).

Bocashi

Para Ortega (2012), el Bocashi propiamente dicho, es una receta japonesa a través del cual al igual que el compostaje se aprovechan los residuos orgánicos. Esta técnica se realiza a través de volteos constantes y a temperatura que fluctúa a menos de 45 – 50 °C, hasta que la actividad microbiana transforme el material. Podemos decir que es un proceso incompleto.

Biofermentos

Se denomina biofermentos a los abonos líquidos que se derivan del proceso de fermentación de residuos orgánicos, que tiene lugar gracias a la actividad microbiana que

convierte los materiales a través de la fermentación en compuestos de aplicación en la agricultura. Cabe mencionar que estos microorganismos que actúan en los biofermentos cumplen un papel fundamental en la agricultura, así como también en la producción de alimentos; por ejemplo, lactobacilos y levaduras (Pacheco et al, 2017).

Biofertilizantes

Los biofertilizantes son insumos formulados con uno o más microorganismos, los que, de una forma u otra, proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes cuando estos son aplicados a los cultivos. Los Biofertilizantes representa una tecnología ecológicamente sostenible, para la gestión de los residuos orgánicos (Parrado et al. 2008). Y al mismo tiempo que constituyen un componente prometedor de la integración de sistema de suministro de nutrientes en la agricultura (A. Faheed & Abd-El Fattah 2008).

2.2.3 Biofertilizante

Según Acosta (2004), el término Biofertilizante hace referencia a un líquido pastoso que resulta de la fermentación de la materia orgánica ya sea de origen animal o vegetal, en un medio líquido, por un determinado tiempo, en presencia o ausencia de oxígeno, , en una cámara conocida como biodigestor.

Otras definiciones refieren que los biofertilizantes son preparados líquidos que contienen nutrientes beneficiosas para los cultivos, compuestos orgánicos y microorganismos células (cepas microbianas), consideradas como eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, potencializadoras de diversos nutrientes o productoras de sustancias activas para el crecimiento vegetal.

Los biofertilizantes se utilizan para aplicar a las semillas de los cultivos vegetales o al suelo a fin de incrementar el número de los microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos. De tal manera que se acrecientan las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas y se hacen más eficientes los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Sánchez, 2013).

Por otro lado, el uso de estos preparados líquidos, nombre que también se le da a los biofertilizantes, presentan como ventajas que, originan procesos rápidos, como son en general la actividad microbiana, consumen escasa energía no renovable, y, son "limpios", es decir, no contaminantes el ambiente, más por el contrario la reaprovechan (Acosta, 2004).

De acuerdo con Alves (2011), el Biofertilizante líquido tiene una composición de casi todos los elementos necesarios para la nutrición vegetal, variando las concentraciones, dependiendo directamente de la alimentación del animal que genero la materia prima a ser fermentada, siendo que, dependiendo del periodo de fermentación, se dan las variaciones en la concentración de nutrientes.

Asimismo, añade que el uso de Biofertilizante surge como una opción de fertilidad del suelo y de la protección para los cultivos vegetales, proporcionando un aumento considerable en la productividad del cultivo.

2.2.3.1 Tipo de biofertilizantes

Acosta (2004), afirma que existen diferentes tipos de biofertilizante en la actualidad, los cuales modifican en función a recursos, ingredientes y aditivos utilizados para su elaboración, así como de la disponibilidad que exista en la zona de cultivo. Entre los más conocidos tenemos el Biofertilizante líquido, utilizado mayormente en cultivos de

caña de azúcar y café; Biobov, que actúa como un regenerado de suelos; BioFrambov, esencial para la fertilidad del suelo por su alto contenido de nutriente y por último el Supermagro. Todos ellos desarrollados en su mayoría por los agricultores en Brasil, siendo adoptados con el paso de los años, principalmente por los productores orgánicos en América Latina.

El biofertilizante tipo Supermagro

Según Ruiz (2013) los Biofertilizantes tipo Supermagro, son compuestos bioactivos, que se origina a través de un proceso de descomposición de materia orgánica, ya sea animal o vegetal, siendo los más comunes producidos a través de fermentación anaerobia (sin presencia de oxígeno), en agua. El resultado del proceso, es un líquido utilizado como abono foliar y defensivo natural, normalmente rico en materia orgánica y microorganismos.

En la actualidad el Biofertilizante Supermagro, es utilizado como un sistema de producción ecológica de cultivos, actúa como fertilizante, estimulante, repelente de insectos y un controlador de enfermedades (Silva, 2011).

2.2.3.1.1.1 Origen

Según Mazaró et al (2007), afirma que inicialmente el biofertilizante Supermagro fue diseñado por el técnico agropecuario Delvino Magro y el equipo de Centro de Agricultura Ecológica (CAE) en el municipio de Ipê- Rio Grande do Sul- Brasil, con la finalidad de utilizar biofertilizante en cultivos de maça, uva, tomate, papa y hortalizas en general.

El resultado evidenciado fue el aumento de la productividad, inducción de la floración, menos caída de los frutos, aumento de la masa foliar y disminución del ataque de insectos e de enfermedades (Mangnabosco, 2010).

Preparación del biofertilizante

Según Silva (2011), refiere que existen diferentes fórmulas o recetas para la producción de biofertilizante, definido por diferente disponibilidad de recursos y necesidades de los cultivos. Diferentes autores y/o organizaciones que promueven el uso de estos productos, han desarrollado modos de preparación y contenidos adaptados a los diferentes grupos de agricultores y cultivos. Sin embargo, hay similitudes, en la gran mayoría de los casos, con respecto a los ingredientes utilizados y el tiempo estimado de la fermentación.

El Supermagro se compone básicamente de 2 grupos de componentes: proteínas y fuente de energía, y una fracción de material orgánico, que puede ser desechos orgánicos, transformado por medio de la acción de microorganismos en un medio líquido, el agua (Restrepo, 2007).

La fuente de proteínas y la energía se utiliza generalmente para alimentar a los microorganismos en su actividad de transformación de la materia orgánica, al mismo tiempo que se enriquece y activa la fermentación. Cabe resaltar que, en la mayoría de veces, las fórmulas son la leche o suero de leche, azúcar negro o la melaza (Mangnabosco, 2010).

La fuente de materia orgánica, según Restrepo (2007), representa el estiércol de ganado vacuno frescos como se muestra en la figura 10. Estos pueden estar asociados al mismo tiempo con desechos orgánicos. El estiércol aporta ingredientes vivos como

microorganismos, inóculos de levadura, hongos, protozoos y bacterias, los que son directamente los encargados de digerir, metabolizar y ubicar los nutrientes en forma disponible para ser asimilados por las plantas.

Por otro parte en la inoculación biológica general, la mezcla se hace naturalmente por microorganismos que se encuentran presentes en el agua o la fuente de materia orgánica. Tordin (2010), citado por Ruiz (2013), informan que el estiércol contiene una cantidad considerable de *Bacillus subtilis*, que es suficiente para ser considerado como fuente de inóculo.

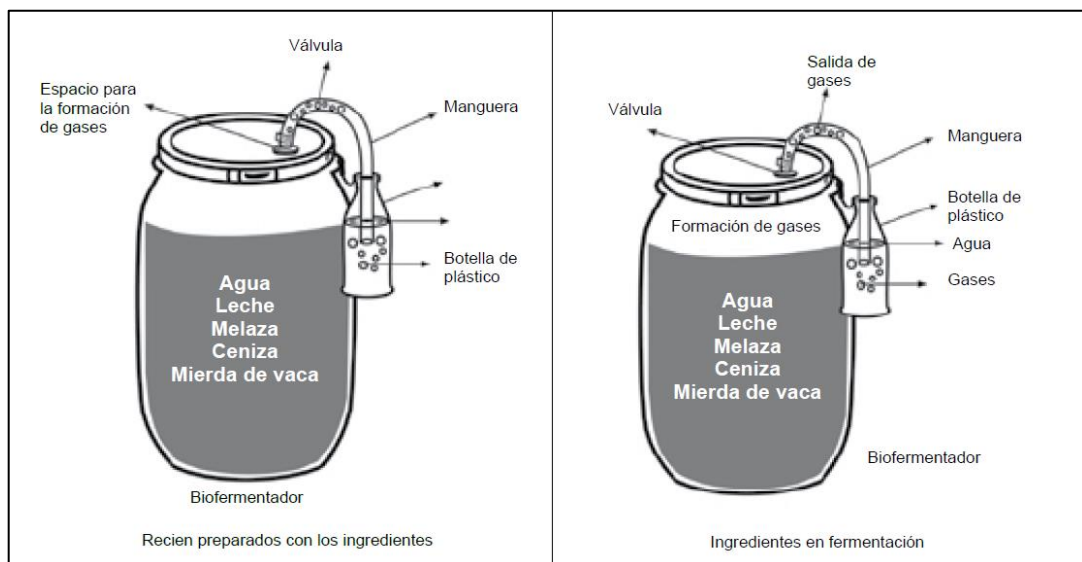


Figura 10. Preparación del Biofertilizante (Restrepo, 2007).

2.2.3.2 Digestión anaerobia en los biofertilizante

La digestión anaerobia como tal, es un proceso bastante complejo vista desde la microbiología; al estar dentro del ciclo anaerobio del carbono, solo es posible en ausencia de oxígeno, transformar la substancia orgánica en biomasa y compuestos inorgánicos que

en su mayoría tienen un comportamiento volátil, como: CO₂, NH₃, H₂S, N₂ y CH₄ (Soria et al., 2001).

Este proceso naturalmente acontece en el tracto digestivo de los animales, así como debajo de aguas estancadas o pantanos cenagosos; pero también cabe la posibilidad de realizar este tipo de digestión en depósitos cerrados herméticamente, denominados comúnmente biodigestores. Estos se utilizan cuando se pretende captar todos los productos obtenidos de la descomposición anaerobia (gases y sólidos), puesto que al haber en su interior un ambiente oscuro y sin presencia de aire, propicia el medio ideal para el cultivo intensivo de bacterias anaerobias benéficas (López & Fernández, 2014).

En las condiciones descritas, cuando se depositan polímeros naturales orgánicos como proteínas, carbohidratos, celulosa, etc., se produce consumo rápido de oxígeno, del nitrato y del sulfato por los microorganismos, dando lugar a la metanogénesis; dando lugar en estas condiciones, a que el nitrato se transforme en amonio y el fósforo quede como fosfato. También da como resultado la reducción de los iones férrico y mangánico, debido a la ausencia de oxígeno que el proceso produce.

Soria et al (2001) menciona que el método principal consiste en sustentar al digestor con materiales orgánicos y agua, dejándolos en reposo por período de semanas o meses, en condiciones ambientales y químicas favorables; pasado el tiempo estipulado, el proceso bioquímico y la acción bacteriana se desarrollan paralela y gradualmente, llegando a descomponer la materia orgánica hasta originar grandes burbujas que fuerzan su salida a la superficie donde se acumula el gas.

Etapas de la digestión anaerobia

La digestión anaerobia, como tal, tiene lugar en tres etapas: 1) hidrólisis y fermentación, etapa en la cual, la materia orgánica es descompuesta por la acción de un grupo de bacterias hidrolíticas anaerobias que hidrolizan las moléculas solubles en agua, como grasas, proteínas y carbohidratos, y las transforman en compuestos simples solubles; 2) acetogénesis y deshidrogenación, etapa en donde los alcoholes, ácidos grasos y compuestos aromáticos se degradan ocasionando ácido acético, CO₂ e hidrógeno que son los sustratos de las bacterias metanogénicas; por último, 3) metanogénica, etapa en la que se da lugar al metano a partir de CO₂ e hidrógeno, a razón de la actividad de bacterias metanogénicas. (Tarigo et al., 2004).

Factores de una buena digestión anaerobia:

Para que las bacterias presentes en el digestor, aseguren su ciclo biológico en el proceso de digestión anaerobia, tal como se describió en el párrafo anterior, es necesario que se presenten en condiciones óptimas los factores siguientes:

Temperatura: Las bacterias mesófilas que tienen lugar en la digestión anaerobia, completan su ciclo biológico en el ámbito de 15 a 40 °C con una temperatura óptima de 35 °C. Sin embargo, las bacterias termofílicas cumplen sus funciones en el ámbito de 35 a 60 °C con una temperatura óptima de 55 °C.

Hermetismo. Para asegurar la eficiencia del proceso de digestión, el tanque de fermentación debe estar herméticamente cerrado.

Presión. La presión dentro del biodigestor se considera óptima cuando se presenta en un rango de 6 cm de agua.

Tiempo de retención. El tiempo de retención es fundamental para completar el ciclo de la digestión anaerobia. Es así que, se observó que a un tiempo corto de retención se produce mayor cantidad de biogás, pero un residuo de baja calidad del fertilizante por haber sido digerido parcialmente. Pero con un efluente (residuo) más degradado y con características óptimas como fuente de nutrimento.

Relación C/N. La relación C/N se presenta normalmente como 30:1, cuando la relación es muy estrecha (10:1) hay una mayor pérdida de nitrógeno asimilable, lo que se traduce como una reducción en la calidad del material digerido. Pero si la relación es muy amplia (40:1) se impide el crecimiento a falta de nitrógeno.

pH. En digestores utilizados con estiércol de bovino como materia prima, los valores óptimos fluctúan entre 6.7 y 7.5 con límites de 6.5 a 8.0 en su defecto.

Agitación: la agitación es una práctica fundamental para dar lugar a un mejor contacto de las bacterias en el substrato.

2.2.3.3 Uso y aplicación del biofertilizante

La aplicación de los biofertilizantes en los cultivos, puede ser manejado de varias maneras, sin embargo, el método más eficiente es la aplicación a través de pulverización foliar, generando un efecto más rápido (Pichler, 2011). La pulverización deberá cubrir de manera completa las hojas y ramas de las plantas, alcanzando un punto de escurrimiento, para un mayor contacto del producto con la planta.

Asimismo, el mejor horario para la aplicación del biofertilizante, lo representan las primeras horas de la mañana hasta las diez de la mañana, donde no hay incidencia directa de los rayos del sol, y en las tardes, después de las cuatro, ya que hay una mayor

asimilación de las hojas de la planta, proporcionado un mejor aprovechamiento (Restrepo, 2007).

Las cantidades de biofertilizante que debe aplicarse al cultivo, está relacionada con las necesidades específicas que esté requiera en cada etapa de su desarrollo radicular.

Según Araujo et al. (2000), que trabajo con biofertilizante en café, refiere que las aplicaciones se realizan a través de aerosol, un 5% en diluciones de 7.5% a intervalos de 30 a 60 días. Sin embargo, Homberg (2001) citado por Silva (2011) sugiere diluciones entre 2% y 4% de las aplicaciones de café mensual.

Por otro lado, Pino y Baker (1996), citados por Silva (2011) recomienda sprays mensual de 1% a 5% de dilución en verduras y semanal con entre 0,1% y 3%. Los autores recomiendan, en general, el uso de pulverizaciones foliares de biofertilizante con diluciones entre 1% y 5%, a intervalos mensuales.

Por su parte, Madeiros et al. (2003) y Araujo (2000), recomiendan la aplicación de la Supermagro después de días de riego o de lluvia, evitando períodos secos y calurosos. Debido a los efectos hormonales y los altos niveles de sustancias, el uso de biofertilizante en aplicaciones foliares puede causar en la planta una mayor demanda de agua para el equilibrio e incluso quemar las hojas.

2.2.3.4 Importancia de los biofertilizantes

Importancia en el cultivo y suelo

Según Restrepo (2007), Los biofertilizante sirven para nutrir, recuperar y reactivar los microorganismos del suelo, ya que generan mayor actividad y cantidad microbiológica, mejoran la estructura y/o profundidad del suelo, aumentan la capacidad de intercambio catiónico, estimulan la formación de ácidos húmicos, aumentan la micro diversidad

mineral, la Bio-estructuración del suelo y estimulan las rizo bacterias como generadoras de crecimiento de cultivo.

Por otro parte favorecen la fertilidad de las plantas, dando como resultado mayor durabilidad a los cultivos, aumento del tamaño, cantidad y uniformidad de la floración y cosecha; así también sirven para estimular la protección de los cultivos frente al ataque de insectos y/o enfermedades, sustituyendo de forma efectiva a los fertilizantes químicos altamente solubles de la industria (Galbiatti et al, 2011).

Su funcionamiento comprende netamente al interior de las plantas, llegando a activar el fortalecimiento del equilibrio nutricional, como un mecanismo de seguridad, impulsando las hormonas de crecimiento (Mangnabosco, 2010).

La aplicación de biofertilizante proporciona un aumento considerable en el contenido de nutrientes como potasio, calcio y magnesio en el suelo. Es decir, el biofertilizante proporciona estos nutrientes inmediatamente después de la aplicación y, ya que sufren mineralización de ellos pasa gradualmente para las formas solubles o intercambiables y por lo que pueden ser utilizados por los cultivos gradualmente (kohll et al, 2008).

Asimismo, la utilización del biofertilizante representa una alternativa de bajo costo y ambientalmente sustentable para reciclar los nutrientes originalmente retirados de cultivos vegetales (Silva, 2011) (Oliveira et al. 2010).

Importancia en el control de enfermedades y plagas

Según Acosta (2004) el uso de los biofertilizante involucra la adición al cultivo de ciertos microorganismos con efectos benéficos sobre las plantas y sobre la carga microbiana de la hoja y del suelo. El tratamiento de enfermedades a base de biofertilizante

puede darse a razón de la presencia de metabolitos generados por los microorganismos presentes, como por la acción inmediata que estas tienen sobre algunos patógenos y/o hospederos.

Cuando más diversificada y activa es la materia prima, existe una mayor posibilidad de liberación de diversas sustancias orgánicas. Para el tratamiento de enfermedades en las plantas, es fundamental la figura de los metabolitos destacados por los organismos que se encuentran en los biofertilizantes, así como de los propios organismos vivos, como las bacterias del género *Bacillus* spp, que realizan este control fitosanitario (Galbiatti et al., 2011).

2.2.3.5 Eficiencia del biofertilizante

Según Mazaró (2013), La eficiencia de los biofertilizantes depende de las características de los materiales biodigeridos, del manejo del Biofertilizante (época, forma y dosis de aplicación), las características edáficas y climáticas, y del conocimiento de los mecanismos e interacción entre los microorganismos y la fracción mineral del suelo.

2.2.4 Rábano

2.2.4.1 Generalidades del rábano

Rábano (*Raphanus sativus* L.), perteneciente a la familia Brassicaceae, es un importante cultivo de hortalizas de raíz en todo el mundo, especialmente en Este de Asia (Jiang et al. 2012). El rábano, es una planta que resalta por sus propiedades farmacéuticas y sus contenidos nutricionales altos; cabe señalar que en 100 g de materia fresca de rábano se

puede encontrar hasta 0,86 g de contenidos protéidos, contenidos de 30 UI (unidades internacionales) de vitamina A, 30 mg de vitamina B1, 20 g de vitamina B2 y 24 mg de vitamina C. Presenta también un contenido de 37 mg de Ca, 31 mg de P y 1 mg de Fe (Ramírez y Pérez, 2006).

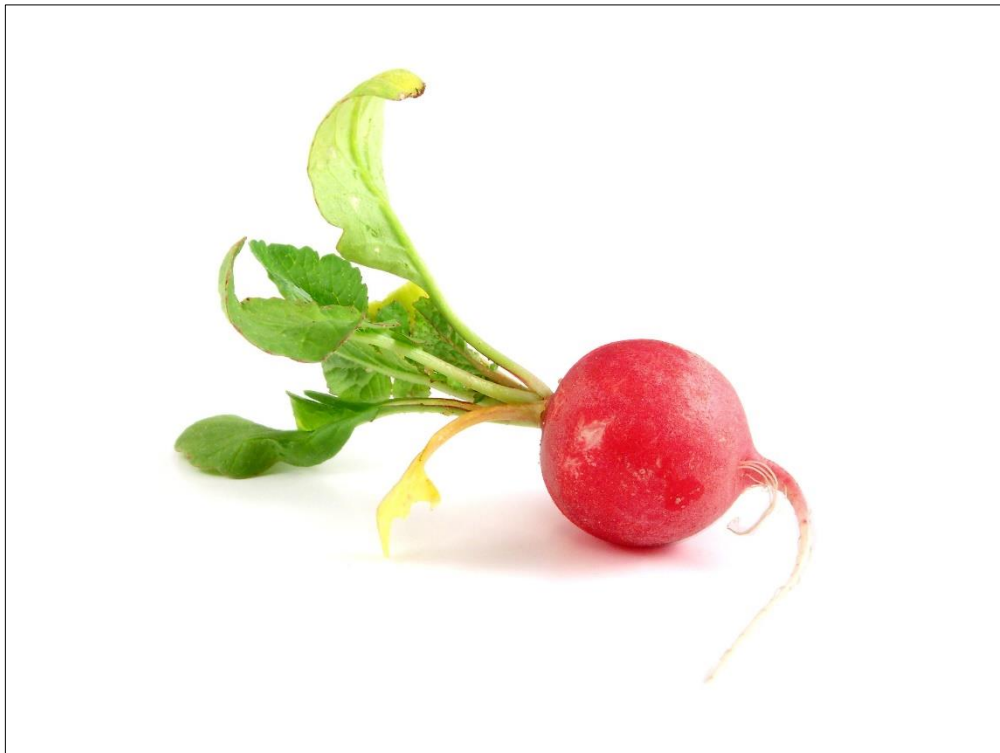


Figura 11. Planta de rábano

2.2.4.2 Origen e historia del cultivo

Se considera a China como el lugar de origen de los rábanos, aunque este es un dato que no se ha determinado de forma concluyente. Sin embargo, sí se sabe que las culturas de egipcios y babilonios ya lo consumían hace más de 4.000 años. Al parecer fue hacia el año 400 a.C., cuando comenzó a consumirse en China y Corea.

2.2.4.3 Clasificación taxonómica

El rábano corresponde a la familia de las Crucíferas. En ella se engloban 380 géneros y unas 3.000 especies propias de regiones templadas o frías del hemisferio norte (Viteri, 2015).

La clasificación taxonómica del rábano se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 1.

Clasificación taxonómica del rábano (Raphanus sativus).

Dominio	Vegetal
Reino	Plantae
Division	Tracheophyta
Clase	Angiospermae
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Género	Raphanus
Especie	Raphanus sativus

Fuente: Gil (2013)

2.2.4.4 Descripción de las características del rábano

El rábano es considerado como una planta anual, de gruesa y carnosa raíz, de color rojo, rosado, blanco u oscuro, dependiendo la variedad, de forma y tamaño variable. Presenta hojas basales, pecioladas, lámina lobulada con segmentos laterales de uno a tres con bordes dentados (Casimir, 2001), a continuación, hacemos una descripción de las características particulares de las raíces, tallos, hojas, frutos y semillas.

Sistema radical

Esta especie vegetal presenta un sistema radical poco desarrollado con raíz principal y finas raicillas laterales. El engrosamiento que caracteriza el órgano de consumo del rábano, aunque generalmente se le llama raíz carnosa, proviene básicamente del hipocótilo y por ello esta es una transformación del tallo y no de la raíz. El color de la superficie de la corteza puede ser: blanco, rosado y rojo dependiendo de la variedad (carrera, 2015).

Hoja

Las hojas son compuestas imparipinnadas, por lo general con bordes dentados, vellosidades y de un color predominante verde intenso en su mayoría, llegando a modificar según las variedades.

Tallo floral

El tallo puede llegar a medir más de 1m de altura, presenta una característica cilíndrica y Bellosa, aunque también suelen presentarse lisos, de colores verdes y muy ramificados. No requiere de condiciones de verbalización para formarse (carrera, 2015).

Inflorescencias y flores

La inflorescencia en el rábano es racimosa, las flores son hermafroditas con los pétalos blancos, rosados violáceos, según la variedad, la polinización es cruzada y la llevan a cabo las abejas.

Frutos y semillas

Según Carrera (2015), el fruto del rábano, es una silicua indehisciente, relleno en su interior de tejido parenquimatoso, en el cual se encuentran las semillas, estas no son tan pequeñas como la que presenta la col de repollo, de forma indefinida, superficie lisa y color de pardo claro a rojizo.

2.2.4.5 Requerimiento edafológico del cultivo del rábano

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es primordial para el desarrollo y crecimiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

El rábano tiende a crecer de forma adecuada en climas medios, ya que al cultivarlas a altas temperaturas pueden ocasionar sabores picantes en sus raíces. Este cultivo presenta un ciclo productivo corto y puede variar en un rango de 20 y 70 días, según la variedad, la temperatura óptima para cultivar esta planta varía de 18 a 22°C; asimismo vale decir que es adaptable a cualquier tipo de suelo, sin embargo, los suelos profundos, arcillosos y de reacción neutra son los ideales (Montero et al., 2006).

Temperatura

El rabanito en sus diferentes fases del crecimiento y el desarrollo responde a la interacción de la temperatura y la intensidad luminosa. La germinación es óptima a 25 C, sin embargo, esta se produce lentamente de 2 a 3 grados C, sin embargo, esta se produce lentamente a 2-3 C: Para el crecimiento de formación de la raíz carnosa es de aproximadamente 16-17 C (carrera, 2015).

Luminosidad

El rábano requiere de mucha luz, son plantas de días largos. Los días muy cortos no son propicios su crecimiento adecuado, por este motivo, en este periodo las raíces carnosas pueden llegar a perder consistencia, afectando su rendimiento.

Humedad del suelo

El rábano como cultivo, requiere de una buena humedad del suelo, si esto no sucede se puede llegar a afectar la calidad de las raíces carnosas las que pierden consistencia al tornarse duras.

Suelos

Conforme a lo descrito en líneas arriba, el cultivo de rabanito requiere de suelos de textura apropiada y con una capacidad de retención de humedad, aunque también, pueden llegar a cultivarse en suelos ligeros, arenosos y areno-arcilloso (Viteri, 2015).

Requerimientos nutricionales

El rabanito es un cultivo muy exigente a un adecuado balance nutricional del suelo, debido fundamentalmente a su ritmo de crecimiento y el poco desarrollo de su sistema radical. Algunos autores plantean que sus requerimientos están comprendidos entre: 60-120 Kg/ha de nitrógeno ,40 – 100 Kg/ha de P₂O₅ y 70- 140 Kg/ha de K₂O y para lograr 100 Kg. de producción las sustancias nutritivas extraídas diariamente son de: 16,6 g de N, 6,0 g de P₂O₅ y 17,0 g de K₂O (carrera, 2015).

2.2.4.6 Especificaciones para el cultivo del rábano

Fecha de siembra

Se siembra preferentemente en otoño, primavera e invierno.

Densidad de población

Se recomienda realizar la siembra a una densidad de 100 plantas por metro cuadrado, consideran una distancia entre plantas de 5 cm.

Fertilización

En cuanto a la fertilización, es recomendable aplicar al momento de la siembra si son fertilizantes sólidos, una cantidad de hasta 4 kg/m², pero si el fertilizante es líquido, es preferible realizarlo una vez que la planta haya germinado.

Riego

Los rábanos no requieren ser regados con una frecuencia diaria, ni siquiera los que se cultivan en verano. Por ello es preferible regar cada dos o tres días, llegando a obtener que la humedad de la tierra sea constante. Dicho lo anterior diremos que, el rábano requiere para su crecimiento y desarrollo óptimo entre 200 a 245 mm de agua. La cantidad total de agua apropiada por planta para este cultivo es de 4.7 litros, desde la siembra a la cosecha.

Control de plagas y enfermedades

Se recomienda usar Cenicilla, La poda y remoción de hojas y tallos infectados; secaderos, eliminar o quemar los restos de cosecha. Esta práctica es recomendable para eliminar enfermedades como el micelio del hongo que se sitúa entre los tallos y estolones infectados.

Cosecha

La cosecha del cultivo de rábano tiene lugar, cuando las raíces obtienen un diámetro de 2 a 5 cm dependiendo de la variedad, alrededor de a los 30 o 45 días de la siembra. Cabe señalar que en algunos mercados se prefieren rabanitos de tamaño pequeños, puesto que son más sabrosos, nutritivos y tienen un sabor más suave.

Rendimiento potencial

Se considera que el cultivo de rábano puede alcanzar un rendimiento alrededor de 10 toneladas por ha, 2kg /m².

2.2.5 Resultados anteriores de investigación

En la literatura existen pocos estudios sobre el tema, sin embargo, se percibe resultados positivos de los biofertilizante para el uso en la mejoría de las características químicas, físicas y bilógicas del suelo y el control de plagas y/o enfermedades de las plantas. Además, el procedimiento presenta bajo costo de producción y facilidades de preparación (Pichler, 2011).

Araujo et al. (2007), refiere que los biofertilizante aplicado vía foliar proporcionaron mejor interacción con dosis de estiércol de ganado aplicado en la base, dado resultados en el incremento y productividad de frutos comerciales de pimentón.

Martins et al. (2008) citado por Pichler (2011), evaluó el uso de biofertilizante en el comportamiento de plantas de betarraga. El delineamiento experimental utilizado fue enteramente casualizado, con cuatro tratamientos que consistieron de diferentes concentraciones de Biofertilizante (0,30, 60 y 90 ml diluido en un litro de agua). Fueron realizados 3 aplicaciones del Biofertilizante: a los 7,14 y 21 días después de la siembra. A los 30 días después de la siembra fueron hechas las evaluaciones, donde se constató que no existe diferencia significativa entre los tratamientos para las variables de altura de planta, entretanto los resultados más sobresalientes de las demás variables (número de hojas, peso seco y peso fresco de la parte aéreas) fueron obtenidas con la utilización del Biofertilizante a una concentración de 90 ml/L de agua.

Asimismo, Alves et al. (2009) citado por Pichler (2011), evaluaron el comportamiento vegetativo de los frejoles Macassar sobre diferentes dosis y concentraciones de Biofertilizante en condiciones de campo. Los investigadores observaron influencia de la aplicación del Biofertilizante obtenido a partir de suero y

azúcar, en cuanto a la altura, diámetro, número de hojas y número de granos por planta, el cual proporciono resultados superiores a los obtenidos por el fertilizante testigo.

Pinto et al. (2012), evaluaron la producción y la calidad post-cosecha de meloneros cultivados con dos tipos de Biofertilizante aplicados mediante la fertirrigación y dosis de compuesto orgánico. En este sentido midieron las características químicas de los compuestos y de los Biofertilizante, seguidamente del delineamiento experimental en bloques, utilizando tres dosis de compuesto orgánico (650, 875 y 100 gr), combinados con dosis de fertilizante, las cuales son aplicados semanalmente vía irrigación hasta los 55 días del plantío, en dosis de 50 L Ha con 3 repeticiones. Entre los Biofertilizante se consideraron el Agrobom, (formado por estiércol de caprino, leche y sales minerales), así como el Biofertilizante Supermagro. Pasado los 65 días de su aplicación se procedió a efectuar la evaluación y la probabilidad de resultados obtenidos. Obteniéndose una mayor productividad comercial con el Biofertilizante Supermagro modificado de 1000 gramos por metro de surco de compuesto orgánico.

Otros investigadores, tal es el caso de Kohll et al. (2008) estudiaron el uso del Biofertilizante Supermagro, la variación de dosis y épocas de aplicación del en cultivos de maíz y de soya. Para ello realizaron experimentos en años diferentes aplicando dosis de Biofertilizante Supermagro a través de la vía foliar, con dosis de aplicación diaria de 0, 3, 6 y 12% para cultivos de maíz en primera instancia y luego en un segundo experimento una dosis de 0, 6, 12, 24 y 48 % de volumen de solución nutritiva Supermagro en 100 ml de agua para cultivos de soya y maíz. Los resultados muestran eficiencia en dichos cultivos, sin embargo, se determinó que dosis superiores a 6% de volumen del Biofertilizante se tornan tóxicas para la aplicación foliar, especialmente para la soya.

Asimismo, Artenisa et al. (2009), evaluaron la acción del Biofertilizante Supermagro aplicado en el suelo después de la dilución con agua en proporción de 1:4 en ausencia y

presencia de potasio en la producción de minerales y la nutrición de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). El diseño experimental de la investigación fue de bloques en un esquema factorial (5 x 2), cinco dosis de Biofertilizantes (0, 1, 2, 3 y 4 L planta⁻¹). El Supermagro fue aplicado 30 días antes y cada 90 días después de la siembra y de potasio a los 60 días después de la siembra y cada 60 días hasta la cosecha. Cada semana, los frutos se pesaron y contaron, no sólo para evaluar la cantidad, sino también para obtener su rendimiento por planta, peso promedio del fruto y la productividad; fructificación temprana las plantas. El experimento mostro que se suministran adecuadamente N, K, S, B y Zn pero deficiente en P, Ca, Mg, Cu, Fe y Mn. El peso promedio del fruto fue mayor en las plantas de tratamientos Supermagro y potasio, aunque la producción no se vio afectada por la interacción Supermagro frente de potasio.

Por último, Ulloa (2015), demuestra que su trabajo de investigación busca generar un aporte respecto al manejo y gestión de los residuos ganaderos y agrícolas, siendo su objetivo general la utilización de los residuos orgánicos (excremento bovino, porcino, de cuyes y de gallinas), residuos vegetales para la producción de biol y su aplicación en diferentes dosis en el cultivo de rábano *Raphanus sativus*. Además, busca determinar cuál de los bioles presenta un mejor comportamiento respecto al cultivo del rábano y su aporte al suelo, como las características fisicoquímicas y bacteriológicas de todo el proceso. Para cumplir con lo propuesto realizó la preparación de tres tipos de bioles utilizando como materia base, el estiércol de vacuno, de cobayo, gallinaza y otros materiales como la leche, miel de caña, alfalfa y levadura, obteniendo una producción de biol.

Posterior a este proceso se diseñó el trazado de parcelas de 1,20 m x 1,20 m en las cuales se sembraron 100 plantas por parcela, dando un total de 3600 plantas y en las cuales se aplicó tres tratamientos de cada biol (5 ml, 10 ml y 15 ml por litro de agua). Luego de todo el proceso experimental se llegó a concluir que los bioles sí tienen incidencia en el

crecimiento, peso y tamaño del rábano. El mejor tratamiento fue el de gallinaza T2, seguida del de gallinaza T3.

Una de las alternativas más recomendadas para mejorar la fertilidad de los suelos es la obtención de fertilizantes biológicos a partir de insumos disponibles. Su trabajo tuvo como objetivo la elaboración de dos bioles artesanales, uno a base de estiércol bovino y otro de gallinaza en dos tiempos de fermentación, y su caracterización física, química y microbiológica.

Estos antecedentes nos dan como evidencias los beneficios y los resultados positivos que se logra en la aplicación de cultivo. Por lo tanto, estos resultados nos servirán como línea base para determinar la eficiencia de esta tecnología en cultivos de rábano, ayudando en su crecimiento y control de plagas y/o enfermedades, dando como resultado una mayor productividad.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 **Ámbito de estudio**

El estudio se llevó a cabo en condiciones de campo, dentro de las instalaciones de la Universidad Peruana Unión (UPeU), en la zona de los lúcumos, ubicado en la altura de la carretera central km. 19.5, Ñaña, en la jurisdicción del distrito de Lurigancho, ciudad de Lima, Perú. Localizado en las coordenadas geográficas: 8673578.13 de latitud Sur, 299476.04 de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, teniendo una altitud de 341 msnm.

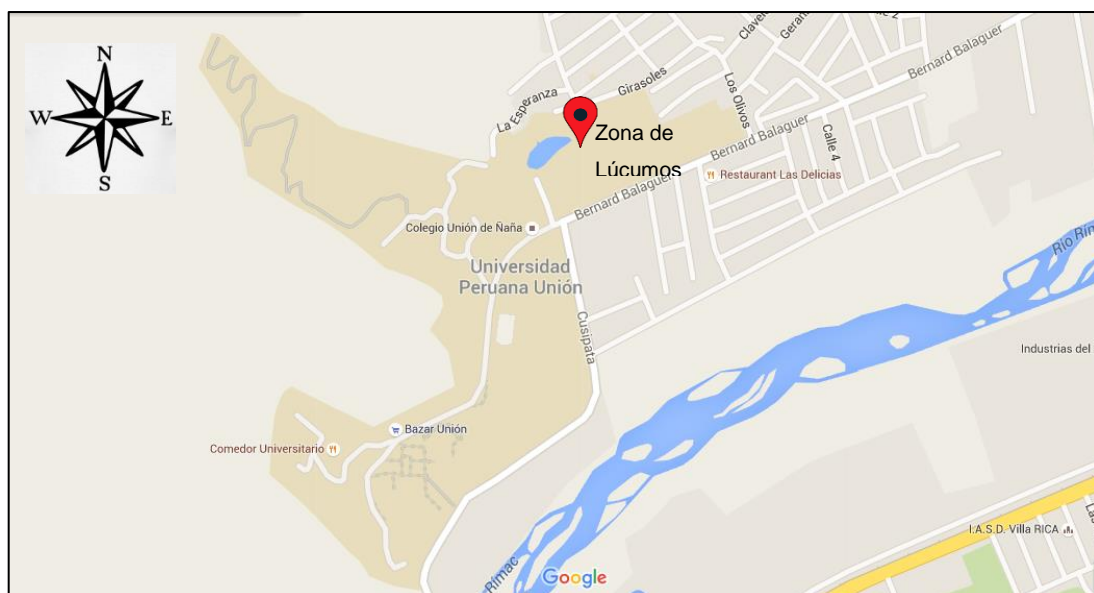


Figura 12. Ubicación del lugar de Ejecución del proyecto.

3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se sigue en nuestro estudio es de tipo experimental, ya que existe una manipulación de variables en condiciones controladas, llegando a observarse el grado en que las variables producen un determinado efecto, por los tratamientos a los cuales son sometidos.

3.3 Diseño de la investigación

Para nuestro estudio se utilizó un Diseño Completamente Aleatorio (DCA), formado por 5 tratamientos, con 5 repeticiones. El experimento fue conducido poniendo a prueba los siguientes tratamientos de fertilización (biofertilizante 3%, biofertilizante 5%, tratamiento químico, compost y el testigo), todos ellos aplicados en el cultivo de rábano (tabla 2).

Tabla 2.

Diseño de la investigación.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	CONTROL	BIOFERTILIZANTE	BIOFERTILIZANTE	QUIMICO	COMPOST
		3%	5%		
1	*	*	*	*	*
2	*	*	*	*	*
3	*	*	*	*	*
4	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*

3.4 Materia prima e insumos

La materia prima usada en la investigación, según lo descrito en la metodología de Restrepo (2007) fueron: los desechos orgánicos de col generados en el mercado Mayorista de Lima; cenizas de pollería; levadura, cascara de huevo y melaza sobrante del proceso de producción del Centro de Aplicación Productos Unión y suero de leche y estiércol de ganado vacuno del Establo Villa Asís.

La Tabla 3 despliega la lista de materia prima que fue necesarios durante el proceso de investigación.

Tabla 3.

Lista de materia prima empleada en la investigación

Materia Prima
• 50 kg de estiércol fresco de vaca
• 5 kg de residuos orgánicos
• 10 litros de suero
• 1 kg de cascara de huevo
• 10 gr de levadura
• 2 litros de melaza
• 4 kg de ceniza de leña
• Semillas de rábano
• 5 kg de Compost
• 5 kg de fertilizante químico (Urea y Nitrato de potasio)

3.5 Materiales y equipos

En la Tabla 4 se despliega la lista de materiales, equipos y reactivos que fueron necesarios durante el proceso de investigación.

Tabla 4.

Lista de materiales, equipos y herramientas

Elementos y/o Herramientas	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Cinta métrica de 5 m • Pala picota • Bolsas plásticas de polietileno • Hilera de 10 m • Libreta de campo • Marcadore indeleble • Tamiz • Maceta de plástico • Recipiente de plástico de 200 L de capacidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara fotográfica profes • Conductímetro. • Termómetro ambiental • Espectrofotometro • Molino de martillo • Estufa eléctrica • Balanza analítica • Equipo de titulación 	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido sulfúrico concentrado • Dicromato de potasio • sulfato cúprico pentahidratado

3.6 Procedimiento experimental

En este apartado presentamos el procedimiento que se siguió para el desarrollo de la investigación.

3.6.1 Selección de residuos

En esta etapa, se realizó un reconocimiento de todos los desechos orgánicos generados en el mercado mayorista, basados en los informes de gestión integral de RR.SS. de la municipalidad de Santa Anita y visita de campo al mercado. Hecho lo anterior, según la información obtenida se identificaron, cuatro desechos orgánicos de mayor volumen de generación; llegándose a determinar que los desechos de col son los de mayor generación.

3.6.2 Mezclado

El mezclado de los insumos requeridos para la preparación del Biofertilizante fue considerado conforme a lo descrito por Restrepo (2007):

- En un recipiente plástico con capacidad de 200 L, se adiciona en 100 L de agua de pozo, los 50 kg de estiércol fresco de vaca, los 4 kg de ceniza hasta obtener una mezcla homogénea, el procedimiento se realizará de forma manual.
- Seguidamente se realiza una mezcla en una cubeta plástica adicionando 10 L de agua de pozo, 2 L de leche fresca o 4 L de suero, 2 L de melaza y 5 kg de residuos orgánicos tamizados, los cuales serán agregados en el recipiente plástico de 200 L de capacidad donde se ubica el estiércol disuelto con la ceniza.
- Finalmente se completa el volumen total del recipiente plástico que contiene la totalidad de los ingredientes, con suero de leche, hasta 180 L de su capacidad. Una vez mezclado los componentes, se procedió a sellar herméticamente el recipiente para dar inicio a la fermentación anaeróbica del biofertilizante, conectado a un sistema de evacuación de gases con una manguera (sello de agua)

3.6.3 Fermentación

Se usó un biorreactor construido a base de un recipiente de plástico de 200 L de capacidad con tapa hermética, donde se colocó la mezcla, la cual se mantuvo a temperatura ambiente bajo sombra. Se dio comienzo a la fermentación por un periodo de tiempo de 45 días hasta cumplir el proceso de fermentación anaeróbica (Restrepo, 2007). El indicador de terminación del proceso de fermentación es el cese burbujas de gas en el tubo de salida del control de gases.

El control de físico – químico, es fundamental para que el producto final sea de calidad, para ello se hizo un análisis *in situ* el momento de la preparación y de la cosecha del biofertilizante, en los cuales se registraron parámetros como el pH, temperatura y conductividad eléctrica.

3.6.4 Separación

Una vez concluido el proceso de fermentación, la biomasa fue separada del líquido fermentado, a través de un tamiz certificado de bronce de 8” diámetro, malla N^a 500. A otro recipiente de plástico, el cual fue sellado herméticamente para su conservación.

3.6.5 Análisis final del biofertilizante fermentado.

Considerando que el biofertilizante es un producto desenvuelto para uso foliar. Según Ruiz (2013), los análisis se realizaron con el objetivo de terminar el comportamiento de algunos componentes en fracción líquida de solución, que están disponibles para ser aplicados en las plantas en el menor tiempo posible.

El primer análisis se realizó *in situ*, al momento de abrir el biodigestor que contiene el biofertilizante; en este sentido, se realizó un análisis sensorial de olor y color. Restrepo (2007) menciona que un biofertilizante fermentado es de calidad, cuando presenta un olor a fermentación alcohólica, color ámbar brillante translucido con nata blanca en la superficie.

Asimismo, el análisis final del biofertilizante, fue efectuado en el laboratorio de análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF), de la Universidad Agraria La Molina, para lo cual se remitió en dos envases oscuros, dos muestras de 1 l cada uno, para determinar, los parámetros físico químicos como: pH, P, K, N, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, relación de C/N, así como para medir los parámetros microbiológicos, a fin de evidenciar

el crecimiento microbiano presente en el Biofertilizante y materia orgánica (Ruiz, 2013)(Pinto, 2012) .

3.6.6 Preparación de suelo

El trabajo de campo comenzó con la ubicación del terreno en las instalaciones de la universidad Peruana Unión, exactamente en la zona de Lúcumos; en dicho lugar se procede a rotular el área experimental, a manera de barrera.

La preparación del suelo se llevó a cabo de forma manual, esta consistió primeramente en la limpieza del terreno de malezas, la remoción del suelo con un pico, luego con la ayuda de un rastrillo se hizo el mullido de los terrones del suelo hasta lograr una uniformidad y culminar con la nivelación del terreno.

Una vez nivelado el terreno, se realizó la ubicación de las macetas a una distancia de 10 cm una de la otra, considerando todos los tratamientos (5 tratamientos con 5 repeticiones, haciendo un total de 25 maceras); en seguida se procedió a incorporar tierra de la zona de forma homogénea a cada maceta.

Todas las macetas para el tratamiento tuvieron la misma calidad de tierra, los cuales fueron removidos, aireados de formas homogéneas y regadas con días de anticipación, antes de la siembra del cultivo a fin de dar condiciones edáficas para su crecimiento.

3.6.7 Siembra del cultivo.

Para la siembra se utilizó la variedad tradicional de rábano (*Raphanus sativus*), se colocó 2 semillas por seguridad en la germinación, a una profundidad de 1 cm por cada maceta del diseño (Criollo & García, 2009). Al realizar la siembra se consideró la profundidad de la tierra para un buen desarrollo radicular de la planta (Gómez, 2011).

Para el riego se usó agua de pozo, prestando especial cuidado que las macetas siempre se mantengan húmedas, dado que el rábano es sensible a la falta de agua que otras especies vegetales de raíz, por tal razón la frecuencia de riego fue una vez por día llegando a regarse en las primeras horas del día, hasta antes de las 8:00 hs. En el período cercano a la madurez se evitó el exceso de riego, porque esto podría inducir a la planta a que desarrolle raíces laterales (Torres, 2011).

3.6.8 Control de malezas

Durante el crecimiento del cultivo se exteriorizaron algunas malezas en las macetas, los cuales fueron controlados manualmente a través de deshierbes permanentes, manteniendo de este modo limpio el cultivo durante todo ciclo vegetativo hasta la cosecha.

3.6.9 Aplicación del biofertilizante

El biofertilizante elaborado, sirve para toda clase de cultivos, solo es necesario hacer un ajuste en la dosificación, puesto que este, es conforme al requerimiento de la planta (Mangnabosco, 2010). La dosis usada y la más recomendada para la aplicación en hortalizas es de 3% a 5%; asimismo se aplicó una dosis con frecuencia de hasta 2 veces durante todo el ciclo del cultivo, al atardecer (Restrepo, 2007). Debido a que el cultivo es de un periodo de crecimiento corta.

Por otro lado, para conocer la reacción de los cultivos frente a la dosis aplicada se realizó una prueba de tolerancia, en el cual, en caso de reacciones negativas en los cultivos aplicados, se baja la dosis aumentando la cantidad de agua (Pichler ,2011).

Después de la germinación, se procedió aplicar el Biofertilizante, según los tratamientos descritos y establecidos en el diseño experimental con una dosis de 3% y 5% respectivamente. La aplicación del Biofertilizante al cultivo se efectuó de forma manual con la ayuda de un aspersor, cuidando que abarque a toda la planta, este proceso se siguió para las dos dosis planteadas en nuestro diseño experimental.

En cuanto a los demás tratamientos se dieron como sigue: el tratamiento químico, se aplicó en el mismo momento que el compost, al inicio del sembrío con una dosis única de 3 gránulos por maceta, según las indicaciones del envase. En cuanto al tratamiento compost, fue necesaria la incorporación del abono en cada maceta, llegando a mezclarse de forma manual con la tierra del cultivo antes de su sembrío. Y el tratamiento testigo siguió el patrón tradicional de siembra sin la intervención de ningún tipo de abonado.

3.6.10 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual al completar los 45 días de la siembra del ciclo del cultivo, se cosecharon todos los rábanos de las macetas, llegando a recolectarse en bandejas seleccionadas por cada tratamiento para su posterior análisis.

A continuación, presentamos el flujograma del procedimiento seguido para la generación del conocimiento.

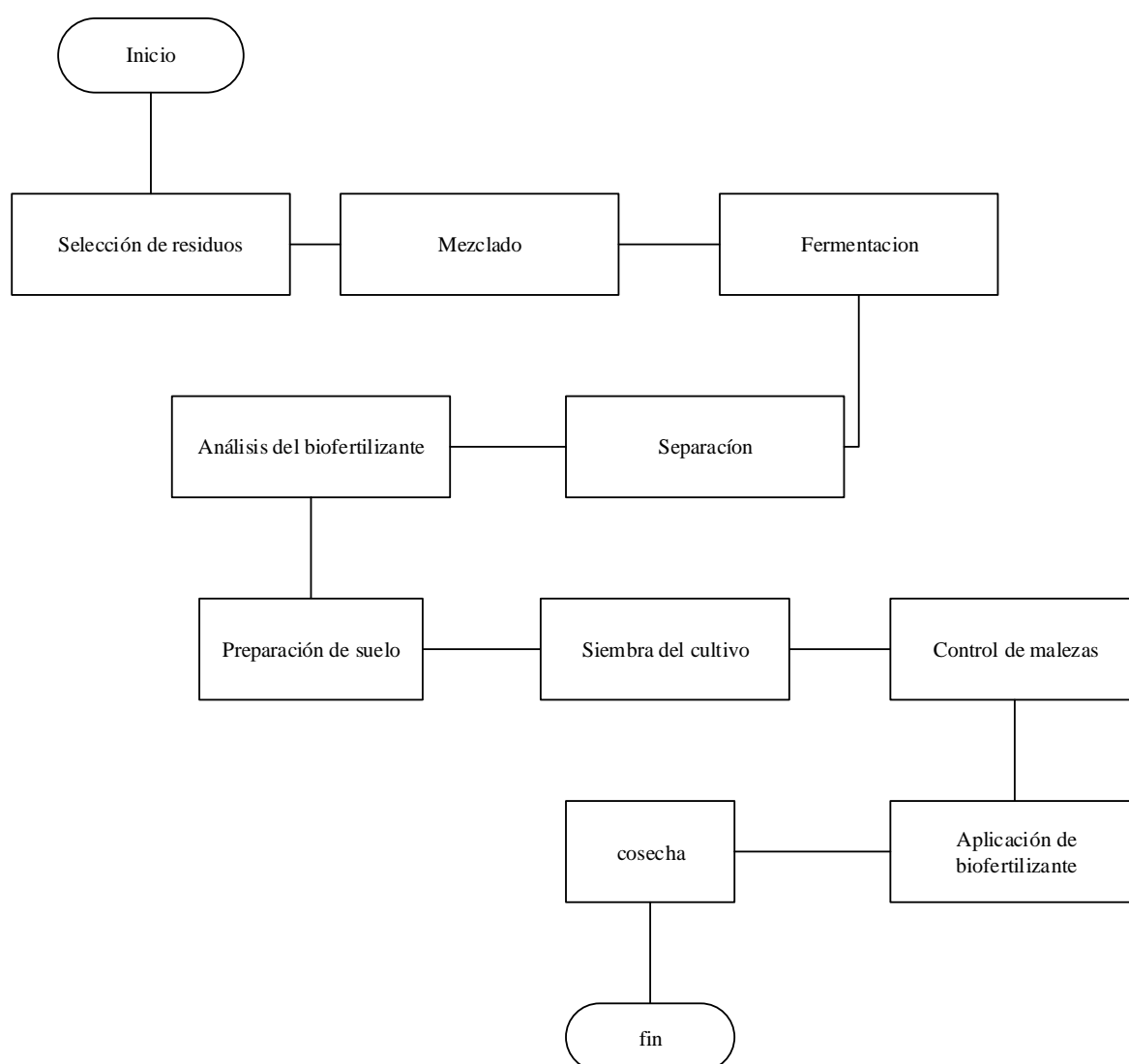


Figura 13. Flujograma del procedimiento seguido en la investigación

3.7 Definición y medición de variables

Los datos para las variables estudiadas en cada uno de los tratamientos fueron registrados a la cosecha de los cultivos. Las variables respuestas fueron las siguientes:

a. Altura de la planta (cm)

Para efectos de la evaluación de esta variable, se procedió a medir la altura de la planta con una cinta métrica desde la punta de la raíz hasta la inserción de la última hoja. Esta se evaluó después de efectuar la cosecha (Alvares et al., 2008).

b. Promedio de hojas por planta.

El conteo del número de hojas por planta se realizó en la última etapa del crecimiento del cultivo antes de la cosecha. Se contaron todas las hojas de formación completa en cada maceta.

c. Índice de área foliar

Para esta evaluación, se seleccionaron todas las plantas de cada unidad experimental, lo que se procedió a desojar toda la planta, para luego proceder a registrar fotografías de todas las hojas de la planta juntamente con un calibre. Luego se usó el software ImageJ, para obtener el área foliar en cm² de cada una de las plantas.

d. Longitud de la raíz.

Una vez cosechado, se evaluó la variable longitud de raíz, usando un Vernier graduado en cm, midiendo la base del tallo hasta la parte inferior de la raíz.

e. Diámetro de la raíz

El diámetro de la raíz (rábano), fue evaluado usando un vernier graduado en centímetros, midiendo el centro de la raíz.

f. Peso de la raíz

El pesaje de la raíz (rábano), se realizó con la ayuda de una balanza digital, retirando el tallo y las hojas del cultivo, así como los restos de tierra que pudieran quedar (Escobar et al., 2014).

g. Volumen de la raíz.

Una vez cosechada y separada la raíz de la parte foliar, se procedió a determinar el volumen de la raíz, con la ayuda de una probeta.

h. Densidad de la raíz

Esta variable fue determinada por la división de masa de la raíz, sobre volumen que este ocupa.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

P = Densidad de la raíz (g/cm³)

M = Masa o peso de la raíz (g)

V = Volumen de la raíz (cm³)

i. pH

Para la medición del pH se usó un potenciómetro digital, previa calibración del potenciómetro, se enjuago el electrodo con agua destilada y se secó cuidadosamente, el potenciómetro se calibró con buffer pH 7 y buffer pH 4. Asimismo, se molió en un mortero 10 g de la muestra, se añadió 10 ml de agua destilada, se agitó para dar uniformidad, posteriormente el electrodo se introdujo en la muestra y se leyó el pH.

j. Humedad

La humedad se comprobó conforme a lo descrito en el método oficial de la AOAC (2000), según el cual la muestra se somete a un proceso desecación, en condiciones definidas, que pueden llegar a variar en función a la naturaleza del alimento y la pérdida de masa se determina a través del pesado. Es así que se pesó 10 g de muestra fresca en las placas de vidrio y se procedió a secar a 105°C durante 12 horas, introduciendo la muestra en el desecador antes de pasar a su pesaje. Los resultados se expresan en porcentaje de humedad calculados según:

$$\% \text{ Humedad} = [(P_i - P_f) / P_m] \times 100$$

Donde:

P_i = Peso de muestra + peso placa al inicio

P_f = Peso de muestra + peso placa tras el secado

P_m = Peso muestra.

k. Sólidos Totales

Para medir los sólidos totales se siguió el método AOAC (2000), tal como se describe para la obtención del porcentaje de humedad, para luego aplicar la siguiente fórmula.

$$S.T. = 100 - \% \text{ Humedad}$$

Donde:

S.T. = Sólidos Totales.

3.8 Análisis de datos

Todos los montajes experimentales se realizaron con cinco (5) repeticiones. La data se presenta en cuanto a la media de todas las réplicas de manera de desviación estándar. Se realizó análisis de Varianza (tabla ANOVA), y una comparación de medias a través de la prueba de Dunnet a fin de determinar las posibles diferencias entre las medias de los distintos resultados correspondientes a los tratamientos respecto al tratamiento control. El análisis estadístico se efectuó utilizando datos de el software *MINITAB 17*.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se expondrá los resultados de análisis de laboratorio del biofertilizante, así como los resultados obtenidos de la aplicación del biofertilizante en el rábano.

4.1 Análisis de resultados físico químicos del biofertilizante

A continuación, se presenta los datos tomados in situ en el momento de la elaboración de la mezcla de los diferentes componentes, antes de que estos entren al proceso de descomposición anaerobia propiamente dicha y al momento de la cosecha del biofertilizante. Los datos registrados fueron, pH, temperatura y conductividad eléctrica. La Tabla 4 expresa estos resultados.

Tabla 5.

Datos de análisis de pH, temperatura y conductividad eléctrica del biofertilizante.

Datos de pH, tempertura y conductividad eléctrica del biofertilizante			
Biofertilizante	pH	Temperatura °c	Conductividad ms/cm
Al momento de la elaboracion	8,49	16,02	5,413
Al momento de la cosecha	5,59	16,95	15,25

La Tabla 3, muestra una ligera variación de la temperatura del biofertilizante que pasa de 16.02 °C al inicio de la elaboración, terminando con 16.95 °C al momento de la cosecha.

La temperatura juega un papel fundamental en el proceso de producción del biofertilizante; por lo que, el instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía y Besel (2007) indica que la temperatura condiciona la tasa de crecimiento y reacción en el proceso de fermentación. Es decir que su valor determina la velocidad a la que muchas de las reacciones biológicas tienen lugar como la capacidad de saneamiento del proceso (Gómez & Tovar, 2008).

Por tal razón los datos de temperatura registrados en el proceso de elaboración del biofertilizante, garantizan una buena reacción en el proceso de fermentación.

Respecto al pH la tabla 3 muestra que al momento de la mezcla se comenzó con 8.49, después del proceso de digestión anaerobia se obtuvo un valor inferior de 5.59, esto indica una ligera acidez que manifiesta que sí existió un cambio. Esto concuerda con lo referido por Ulloa (2015), que clasifica al biofertilizante elaborado con estiércol de ganado como ligeramente ácido, lo cual es importante, ya que inhibe toda actividad de los microorganismos patógenos; que pueden perjudicar en el proceso de fermentación del biofertilizante (Romero & Pereda, 2015).

Criollo et al (2011) señala que cuando el pH es ligeramente ácido, la fermentación tiene a estabilizar la solubilidad de los elementos nutricionales de la planta, permitiendo una mejor disponibilidad de los nutrientes.

Por otro lado, Varnero (2011) indica que el rango óptimo para el buen desempeño de la fermentación del biofertilizante es de 5.5 a 6.5. En este sentido el pH obtenido al final del proceso se encuentra en el rango establecido.

El resultado de nuestro estudio es comparable con lo logrado por Alvarado (2018), quien reporto en su estudio valores de pH de 8.03 al momento de la elaboración y 5.12 al instante de la cosecha de biofertilizante a base estiércol de ganado vacuno.

Por su parte, León (2018) en su estudio de evaluación de la eficacia de biofertilizantes, logro un pH de 4.6, siendo este ácido, similar como lo reporto Verde (2014) que obtuvo un promedio de 5.17 al final del proceso, resultados que se encuentran por debajo de lo obtenido en nuestro estudio.

Del mismo modo, Florez (2017) en su estudio de biofertilizante líquido a base de vísceras de trucha obtuvo un valor pH de 4.01, el cual comparado con nuestro estudio y los resultados obtenidos por los autores descritos con anterioridad es inferior, al mismo tiempo lo establece como más ácida.

En términos generales según Soria (2001), indica que la disminución de pH depende de los microorganismos que intervienen en la fermentación, pero en su mayoría dicho proceso permite obtener un fertilizante líquido con un pH más cercano a la neutralidad.

Además, Ulloa (2015) agrega que en todo biodigestor la materia orgánica es hidrolizada para ser convertida en ácidos orgánicos, cuya acumulación provoca una caída en el pH, la cual, si es excesiva; puede afectar negativamente o incluso suprimir el proceso de biodigestión. Sin embargo, al finalizar el proceso de fermentación, los ácidos orgánicos son convertidos en metano por las bacterias metanogénicas, esto llega a estabilizar el pH de la solución del biodigestor y evita una excesiva acidificación.

En cuanto a la conductividad eléctrica (C.E), se exhibe un aumento significativo en el biofertilizante elaborado, pasando de 5.41 ms/cm a 15.25 ms/cm.

Díaz (2017) en su estudio obtuvo un valor promedio de C.E. equivalente a 11.4 ds/cm, resultado por debajo de lo registrado en nuestro estudio. Sin embargo, Florez (2017) obtuvo un valor de 21.1 ds/cm, superior a nuestro estudio.

Según Molina (2011) El aumento de la C.E, se comprende por el contenido de sales minerales que se encuentran disueltas en el efluente, las cuales no fueron consumidas por los microorganismos debido a diferentes factores ambientales (temperatura) y químicos (pH alcalinos, inhibidores de los microorganismos entre otros).

Asimismo, Dezuane (1997) afirma que la conductividad alta, hace que el biofertilizante obtenido tenga que ser diluido antes de su aplicación, para evitar toxicidad por sales en la planta, por esta razón no fueron aplicados directamente a las semillas de rabanito, sino diluidas en diferentes dosis.

Es decir que con los resultados obtenidos se tiene el aumento significativo de la conductividad eléctrica, la cual será la limitante para la aplicación por vía foliar, cuidando bajar la salinidad realizando diluciones con agua, para garantizar que no se le ocasionara daño a las plantas (Molina, 2011)

Es por esto que los valores de C.E obtenidos en el biofertilizante elaborado, permiten inferir sobre la forma y proporción de aplicación ya que, si se aplican el biofertilizante, sin diluirse afecta el rendimiento del cultivo debido a la excesiva salinidad, por tal razón se aplicó dichos biofertilizantes en soluciones al 3% y 5% para evitar daños (toxicidad) de las plantas.

Cabe señalar que estos parámetros descritos anteriormente no son evaluados por las normas internacionales para determinar la calidad la producción de biofertilizantes, pero si para evaluar el grado de fertilidad que esta presenta.

La tabla 6 muestra los resultados del análisis físico químico del biofertilizante (ver anexo 1).

Tabla 6

Resultado del Análisis físico químico del biofertilizante.

Parámetro	Unidad	Resultado
N	mg/L	2111,2
P	mg/L	644,26
K	mg/L	2540
Ca	mg/L	2240
Mg	mg/L	500

En la tabla 4 se percibe que los valores de los macronutrientes N, P y K del biofertilizante elaborado fueron 2111.2 mg/L, 644,644 mg/L y 2540 mg/L respectivamente. Estos valores fueron mayores a los reportados por Cabos (2014) quien evaluar las concentraciones de N, P y K de un biofertilizante elaborado a partir de estiércol de ganado vacuno obtuvo valores 12200 mg/L, 86.56 mg/L y 1103.8 mg/L respectivamente a los 45 días de fermentación.

El biofertilizante elaborado obtuvo un contenido de P y K mayor a lo reportado por otro Salvador y Sánchez (2015) quienes elaboraron un biol a partir de residuos de trucha y cuyo contenido de P y K fue de 399.94 mg/L y 1322.49 mg/L respectivamente. No obstante, el contenido de N con 3222 mg/L fue mayor que el biofertilizante obtenido.

Por otra parte, Florez (2017) al realizar el análisis físico químico del fertilizante de vísceras de trucha obtuvo valores de los macronutrientes N, P y K de 12057 mg/L, 953 mg/L

y 4230 mg/L respectivamente. Estos valores fueron mayores a los obtenidos en el biofertilizante elaborado.

Asimismo, Díaz (2017) obtuvo concentraciones de N y K que fluctuó en 3186 mg/L y de 2880 mg/L respectivamente, mayor a lo reportado por nuestro estudio. Sin embargo, el contenido de P con 290 mg/L fue menor que el biofertilizante obtenido.

De igual modo, Hwang et al (2015) menciona que las concentraciones de N, P y K de los fertilizantes líquidos comerciales tienen un valor alrededor de 1000 a 2000 mg/L, los cuales no son superiores a lo registrado en el análisis del biofertilizante de nuestro estudio. Robles y Jansen (2008) señalan que los bioles desarrollados de acuerdo a su fuente de origen son considerados únicos ya que pueden competir directamente con los fertilizantes químicos en la producción de cultivos.

Chilón (1997) afirma que el nitrógeno con valores superiores a 2000 mg/L es considerado como alto, favoreciendo así el rendimiento agrícola. En vista de ello, el contenido de N del biofertilizante elaborado favorece el rendimiento de cualquier cultivo.

La presencia de los macronutrientes es indispensable en un biofertilizante, Patrick et al (2006) afirman que los tres elementos que necesitan las plantas son el Nitrógeno (N) que promueve el crecimiento de la planta, Fósforo (P) que favorece la maduración de las flores y frutos y el potasio (K), quien es el responsable de la multiplicación celular y la formación de tejidos más resistentes a las condiciones climáticas. Estos elementos son los principales nutrientes vegetales y las plantas requieren en grandes cantidades para su buen desarrollo.

Rodríguez y Flórez, (2004) señala que el potasio es vital para la fotosíntesis y síntesis de proteína, se asocia con más de 60 funciones enzimáticas, aumenta la resistencia a enfermedades, disminuye el efecto de vuelco y mejora la resistencia a sequía de la planta, mientras el nitrógeno tiene funciones en la formación de clorofila, aminoácidos, proteínas y

vitaminas, es esencial para lograr altos rendimientos y frecuentemente se encuentra deficiente y limitante en los sistemas de producción.

En cuanto al contenido de N en los biofertilizantes, Gerardi (2003) afirma que durante el proceso de digestión la mayor parte de la materia orgánica se ha mineralizado, por lo que normalmente incrementa el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico. Asimismo, Varnero (2011) precisa que el nitrógeno orgánico es hidrolizado dando lugar a formas amoniacales. Bonten et al. (2014) indican que hasta el 50% del nitrógeno orgánico se convierte en amonio (NH_4^+), una forma de nitrógeno que se encuentra directamente disponible para la absorción por las plantas. La fracción de nitrógeno que se convierte en NH_4^+ depende del contenido de nitrógeno de la materia prima y del grado de descomposición que esta presenta, después de la digestión.

En consecuencia, los macronutrientes como N, P y K son indispensables para el cultivo de rábano ya que se requiere que estén disponibles para las plantas como iones. Nasevilla (2010) asevera que este cultivo es muy sensible a los tres macronutrientes señalados, los que condicionan de forma directa su desarrollo vegetal.

Los resultados del análisis químico muestran una variación significativa en el contenido de los macro y micronutrientes del biofertilizante elaborado. De Groot y Bogdanski (2013), señalan que los estudios realizados al biol como un fertilizante muestran una amplia gama de parámetros, y que el contenido en los bioles varía ampliamente, al depender de muchas variables como: el tipo de estiércol utilizado como materia prima (a partir de cerdos, ganado vacuno o pollos); la materia prima adicional utilizada (tipos de residuos); el forraje para los animales (calidad y cantidad); el clima (particularmente la temperatura) y la tecnología del biodigestor como tal.

Al mismo tiempo Guamán (2010) observo que la alimentación de los animales influye proporcionalmente en el contenido final de los biofertilizantes.

Considerando que cada biol, es elaborado con insumos y proporciones diferentes, y que es producido bajo diferentes condiciones ambientales, podríamos decir que cada uno de ellos presenta características únicas y diferentes. El biofertilizante es entonces consecuencia de un complejo y dinámico proceso de descomposición de la materia orgánica, donde los insumos, la forma de preparación, las condiciones ambientales y el tiempo, determinan características únicas para cada producto final (Díaz, 2017)

4.2 Análisis de la aplicación del biofertilizante en el cultivo de rábano

4.2.1 Altura de Planta (cm)

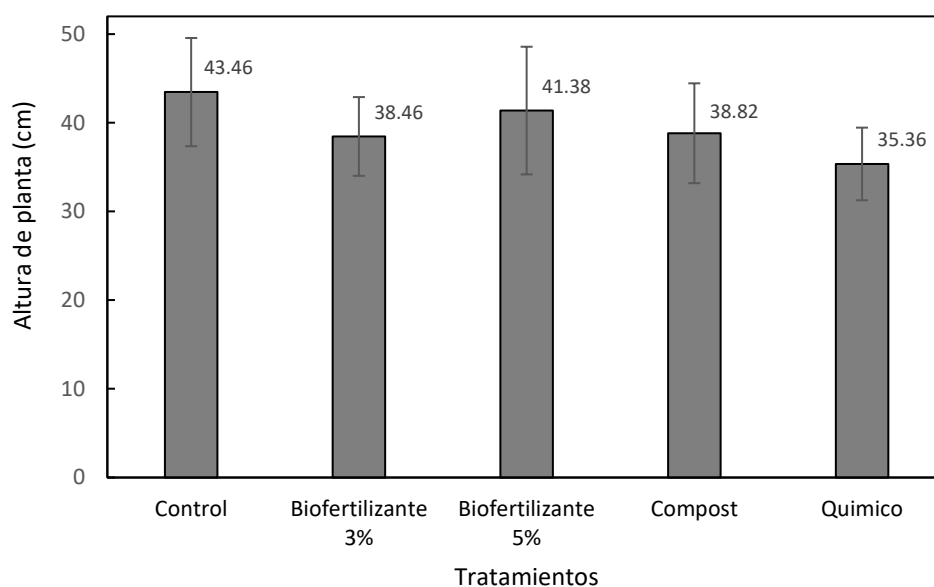


Figura 14. Altura de planta (cm) del rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

La Figura 13 muestra la altura de la planta de rábano entre los diferentes tratamientos con resultados que varían de 43.46 a 35.36 cm por tratamiento. Los datos registrados muestran una variación de entre el 4% y el 18% en los tratamientos aplicados en comparación al tratamiento control. No se detectaron diferencias estadísticas significativas (Anexo 7), pero si una marcada variación numérica entre los tratamientos.

También, Moreno et al. (2005) indica no haber encontrado diferencias en altura de planta cuando manejaron cuatro tipos de fertilizante orgánico como la lombricomposta en proporciones de arena/L.

Los resultados más altos en el estudio fueron registrados por el tratamiento control 43.46 cm; seguido por el tratamiento biofertilizante al 5% con valor 41.38 cm. El resto de tratamientos se ubicaron y compartieron rangos inferiores. La menor altura de planta, por su parte, registró el tratamiento químico, con promedio de 35.36 cm.

Estos resultados permiten inferir que, la aplicación de biofertilizante elaborado en dosis de 5%, como biofertilizante en el cultivo de rábano, es el tratamiento apropiado para mejorar el crecimiento y desarrollo general de las plantas, obteniéndose consecuentemente mayor crecimiento vegetativo en altura, en comparación a lo obtenido al aplicar una dosis de 3%.

Estudios afines como, Flores (2015) reportaron un promedio de 12.2 cm en el crecimiento de la planta de rabanito después de aplicar 4 tratamientos. Similar a los registrado por Ramírez (2014) quien obtuvo con un promedio de 14,90 cm de altura de planta.

Asimismo, Mamani (2014) al usar diferentes concentraciones de biol en rabanito obtuvo un resultado de hasta 21.54 cm., el cual no es diferente a lo registrado por Mamani (2015) quien al aplicar fertilizantes orgánicos en rábano rojo obtuvo un resultado de 20, 61 cm de altura de planta. Por su parte León (2015) y Torrez (2011) obtuvieron un valor medio de 25.52 cm y 28 cm de altura de planta respectivamente en su unidad experimental. Resultados todos inferiores a lo obtenido en el presente estudio.

Simultáneamente, Carrera (2015) al estudiar la variable de altura de planta al momento de la cosecha al aplicar diferentes tratamientos orgánicos, reportó que el promedio más elevado fue arrojado por el abono con residuo animal, con un promedio de 35,07 cm, similar a Bardales (2006) quien al estudiar el efecto de dos abonos Orgánicos en el rendimiento de *Raphanus sativa*, obtuvo una altura de 35 cm, ambos superando a los resultados de Palma (2013), que registró el valor de 33,31 cm.

Sin embargo, todos estos resultados fueron superados por Ávila (2014), quien en su estudio de dosis de fertilizante con microorganismos en cultivos de rabanito obtuvo un valor máximo de 37.06 cm de longitud total de planta. Conviene subrayar que los resultados descritos por los últimos autores son similares a nuestro estudio, pero en promedio numéricamente inferiores.

La altura de planta, es considerada como una de las características fisiológicas de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta. Es por ello que, Taiz y Zeiger (2006) definen este crecimiento, como un aumento constante en el tamaño de un organismo, el cual es determinado por procesos de morfogénesis y diferenciación; el primero hace referencia al desarrollo de la forma o modelo de la célula u órgano, mientras que el segundo va direccionada al proceso por el cual las células cambian estructural y bioquímicamente para conseguir funciones especializadas específicas.

La altura de la planta está condicionada por la acumulación de nutrientes en el tallo que se origina durante la fotosíntesis, lo que a su vez son transferidos a la raíz de la planta, esta función descrita puede verse perjudicada por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales, los cuales son: la luz, calor, humedad y nutrientes (Somarriba, 1998). También esta variable se puede ver afectada por el tipo de suelo, el manejo agronómico del cultivo o los factores genéticos de la planta (Gómez, 1992), pero siendo los factores climáticos los principales influyentes en la expresión de esta variable.

Con relación a los nutrientes necesarios para la planta, (Chilón, 1997) afirma que el nitrógeno favorece el desarrollo de los órganos vegetativos principalmente de los foliáceos, es decir que el comportamiento de la planta se debe al contenido de nitrógeno en el suelo. Ósea la cantidad nutrientes fijada en el suelo, repercute directamente en el crecimiento y por ende en la altura de la planta.

Es decir que el nitrógeno, es un macronutriente esencial que estimula el crecimiento, favorece la síntesis de clorofila, de aminoácidos y proteínas (Rodríguez, 2003), y promueve la producción de follaje y el alargamiento del tallo (Parker, 2000).

En consecuencia, podemos inferir que una buena concentración de biofertilizante, sumado a las características propias de la planta, suelo y las condiciones ambientales, favorecen el buen crecimiento de las plantas, garantizando su crecimiento el crecimiento longitudinal.

4.2.2 Número de Hojas

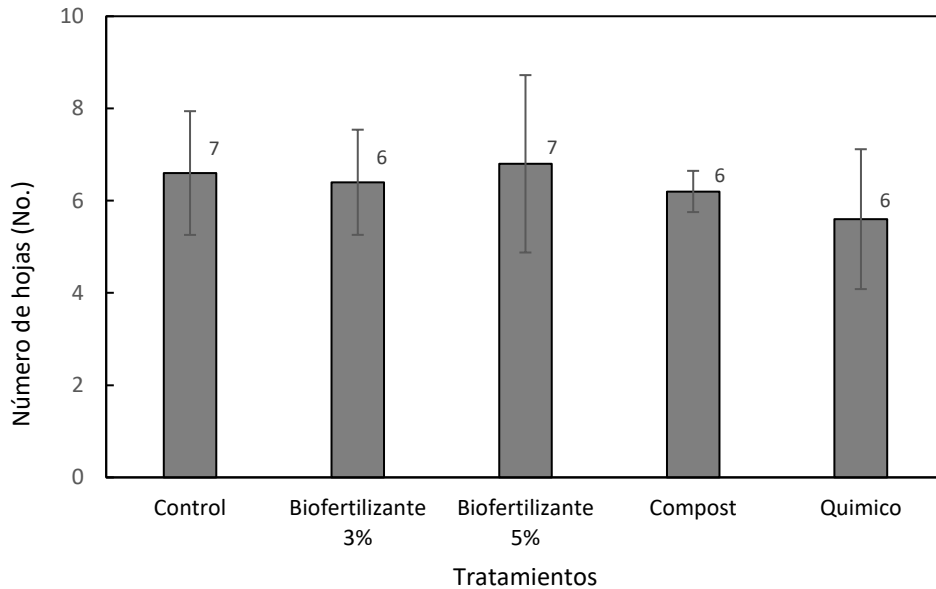


Figura 15. Número de hojas por planta de rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

El mayor número de hojas por planta en la presente investigación, se observó en el tratamiento biofertilizante al 5% y el tratamiento control respectivamente, alcanzando un valor de 7 hojas en total (figura 14). No obstante, sin diferencias significativas. El resto de tratamientos se ubicaron y compartieron niveles inferiores registrando un promedio de 6 hojas por planta.

Similar resultado obtuvo Flores (2015) en su estudio, reportando un promedio de 7 hojas como cantidad máxima. Por su parte Torrez (2011) en su unidad experimental con rabanito obtuvo niveles menores, un promedio de 6 hojas por planta.

Sin embargo, otra investigación a base de biosólidos a diferentes concentraciones en el cultivo de rábano rojo, obtuvo número de hojas con valores de 8 a 9 hojas como máximo (Ramírez & Pérez, 2006); al igual que, Gómez y Pérez (2008) quienes al evaluar los efectos de tres biofertilizantes orgánicos en cultivo de rábano rojo obtuvieron como

resultado 8 hojas/ planta como valor máximo de los tratamientos aplicados, siendo ambos superiores a lo reportado en nuestro estudio.

La importancia del número de hojas en una planta radica en que cada hoja representa un órgano de nutrición especializado, cuya función es la fotosíntesis (Sequerira & Valle, 2004), en donde se transforma la materia inorgánica en orgánica, además, está encargada de la transpiración (Durán, 2012)

Ahora bien, el principal elemento que interviene en la formación de hojas es el nitrógeno (Pilarte, 2010). Russel, 1968, refiere que un aumento del suministro de nitrógeno a las hojas tiende a mantenerlas verdes por un periodo de tiempo más largo.

Pero es necesario prestar especial cuidado a la dosificación, ya que una alta tasa de aplicación de fertilizantes que aportan exceso de nutrientes como el fosforo, puede ocasionar una disminución en el desarrollo foliar (Azcón & Talon, 2000).

La variación que presentan las hojas a razón de tamaño y color están directamente relacionadas a la variedad, la posición de la hoja en el tallo, las condiciones ambientales como la luz y la humedad (Somorriba, 1998). Del mismo modo, estas observaciones coinciden con lo descrito por Jolliffe y Gaye (1995) quienes afirman que un rápido crecimiento y una mayor expansión de hojas y raíces se muestra cuando no hay otras plantas competidoras cercanas; es decir que, cuando hay mayor densidad, una planta que crece más rápido que su vecina utilizará una mayor cantidad de recurso disponible lo que se traducirá en un incremento de su tasa de desarrollo en general. Dicho de otro modo, la mayor extensión de las hojas permitirá a la planta tener una mayor área de interceptación de luz y una mayor producción fotosintética por planta.

4.2.3 Área Foliar (cm²)

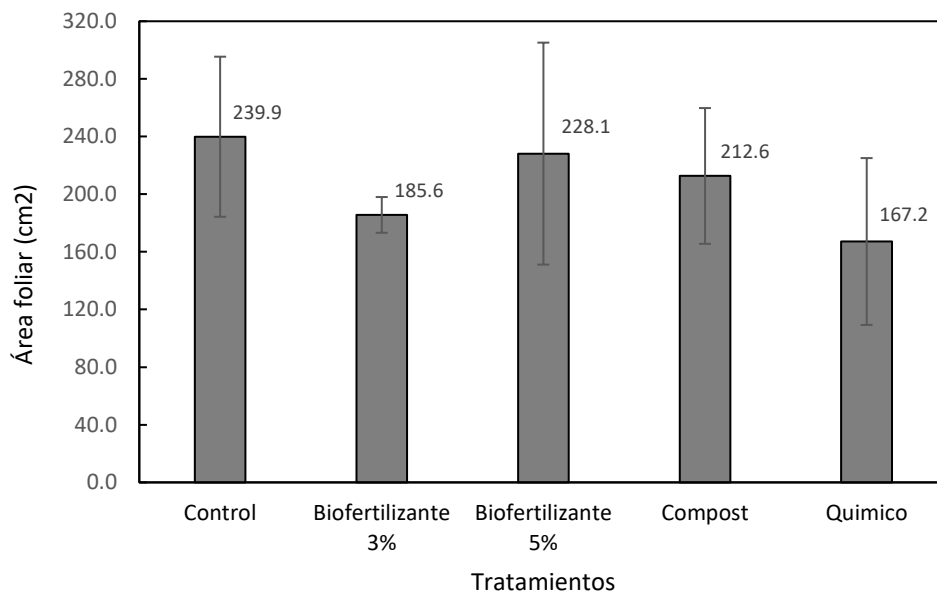


Figura 16. Área foliar (cm²) de rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

La Figura 15 muestra el área foliar del rábano entre los diferentes tratamientos con resultados que van de 239.9 a 167.2 cm² por tratamiento. Los datos registrados muestran una variación de entre el 4.9% y el 30% en los tratamientos aplicados en comparación al tratamiento control. Sin embargo, en base al análisis estadístico no se detectaron diferencias significativas (Anexo 7), pero si una marcada variación numérica entre los tratamientos.

Los resultados más altos en el estudio fueron registrados por el tratamiento control 239.9 cm²; seguido por el tratamiento biofertilizante dosificado al 5% con valor 228.1 cm². El resto de tratamientos se ubicaron y compartieron rangos inferiores, los ensayos correspondientes al biofertilizante dosificado al 3% reflejan valores de 185.6 cm², menores

a lo que reportó el tratamiento compost (212.6 cm²). La menor área foliar en el cultivo de rábano, por su parte, fue registrada por el tratamiento químico, con promedio de 167.2 cm.

Otros estudios como Gómez y Pérez (2008) obtuvieron en su ensayo un promedio de 222.67 cm² de área foliar, resultados que al ser comparados con el biofertilizante 5% se encuentran por debajo de la misma.

Mamani (2014) indica que en lo que respecta a los cultivos de raíz, el área foliar es vital porque permite cubrir de sombra la superficie del suelo, evitando así la excesiva evaporación de la superficie del suelo, de manera que permite minimizar el movimiento de ascensión capilar del agua. Por otra parte, podemos afirmar que una buena vegetación hace posible una intensa actividad fotosintética, dando lugar a un crecimiento activo y una cosecha abundante.

Por su parte, Camacho et al (2013) declara que el aumento de la fertilización acelera el proceso de crecimiento del rábano y de igual manera su cantidad de área foliar. Por tal motivo se infiere que el biofertilizante dosificado al 5% registra un resultado aceptable en el cultivo de rábano, sin embargo, no superior al tratamiento control.

En este contexto, Vásquez y Torrez (1990), sostienen que el área foliar está directamente relacionado con la densidad de planta. Vale decir que el área foliar es menor cuando está a una elevada densidad poblacional porque la fotosíntesis se reduce. Esto significa que los índices de área foliar de los tratamientos evaluados, posiblemente se deba a una inadecuada distancia entre planta u otro factor que puede atribuirse a las condiciones edafoclimáticos (suelo y clima) o en defecto la siembra en macetas.

4.2.4 Longitud de la raíz (cm)

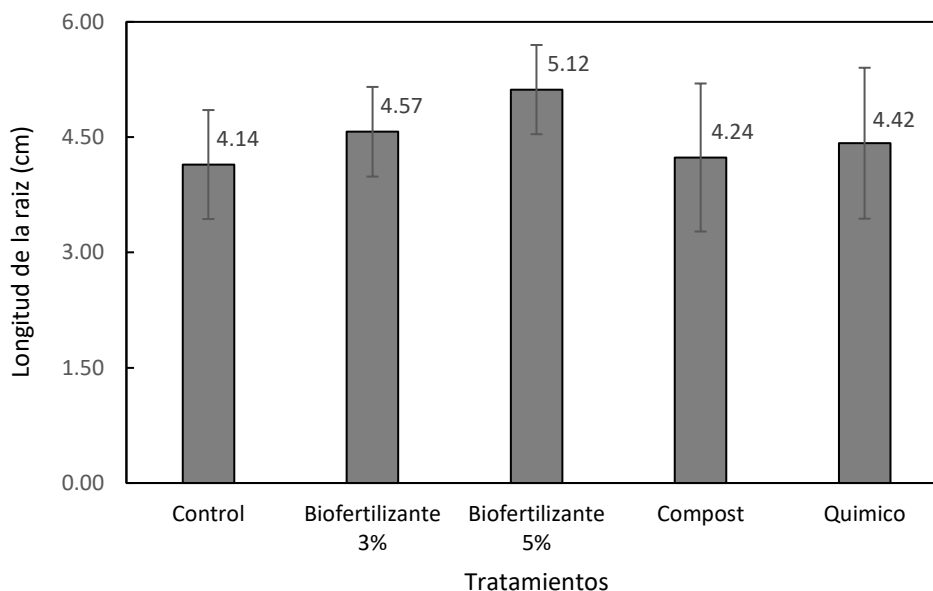


Figura 17. Longitud de la raíz (cm) del rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

La Figura 16 muestra la longitud de raíz de la planta de rábano entre los diferentes tratamientos con resultados que varían de 5.12 cm a 4.14 cm por tratamiento, todos ellos no obstante sin presentar diferencias significativas (Anexo 7), pero si contrastes marcados en promedio entre los tratamientos aplicados.

Los resultados más altos en el estudio fueron registrados por el tratamiento biofertilizante dosificado al 5% con valor 5.12 cm. Seguido por el tratamiento biofertilizante dosificado al 3% (4.57cm). El resto de tratamientos se ubicaron y compartieron rangos inferiores, los ensayos correspondientes al tratamiento químico y compost reflejan valores de 4.42 cm y 4.24 cm respectivamente. La menor longitud de raíz en el cultivo de rábano, por su parte, fue registrada por el tratamiento control, con un promedio de 4.14 cm.

Este resultado es confirmado por, Gómez et al. (2008), quienes al aplicar fertilizantes orgánicos en el cultivo de rábano donde se midieron las variables: número de hojas, área foliar, longitud de la raíz, diámetro de la raíz, producción de biomasa en raíz y en tallo, obtuvieron buenos resultados en comparación con el testigo que fue completamente suelo, como lo fue en nuestro estudio.

De igual modo, Ávila (2014) en su estudio de dosis de fertilizante con microorganismos en cultivos de rabanito obtuvo un valor máximo de 6.22 cm de longitud total de raíz. Así como, Gómez (2011) quien obtuvo un comportamiento de 5.2 cm con fertilización orgánica. Logrando así mayor longitud de raíz en comparación con nuestro estudio.

Sin embargo, otros ensayos reportaron resultados inferiores en relación al estudio de esta variable, como Castillo (2014) quien registro un promedio de 4.63 cm de longitud de raíz, al aplicar un tratamiento a base de purín de ortiga en plantas de rabanito. Gonzales (2016) un resultado de 4.2 cm de longitud de raíz, y finalmente, León (2018) que registró valores de 2.91 cm de longitud de raíz.

De acuerdo al resultado se verifica que existió un efecto directo en el crecimiento del largo de raíz al aplicar la dosis de 5% del biofertilizante elaborado; al respecto Rodríguez (2003), señala que con una adecuada concentración de nutrientes en el medio en el cual crece la planta, el cultivo muestra pronto los efectos de dichos elementos, el resultado es un aumento de la producción en biomasa. Es decir que la concentración de fertilizante aplicado al cultivo, incide directamente en el crecimiento, desarrollo y producción del rabanito (Crillo & Garcia, 1995).

Esto se debe a que hay una mejor distribución de los nutrientes, haciéndolo más óptimo para el cultivo. Ramirez y Perez (2006) declaran que, al estar los nutrientes debidamente distribuidos, permite que el nitrógeno que es el constituyente de un número

mayor de compuestos orgánicos, incluidas las hormonas de crecimiento tenga un mejor efecto en el cultivo de rábano.

Por su parte, Barrios (1979), señala que dependiendo de la superficie de contacto que tenga las plantas estas tienen influencia en el desarrollo fisiológico en la planta mostrando una carencia con la falta de desarrollo y acelerando su ciclo vegetativo con la formación prematura.

Baver (1980), establece que son tres los parámetros que influyen en el alargamiento de raíces: el contenido de oxígeno y el grado de compactación del suelo que delimita el desarrollo de la raíz. De esto inferimos que las diferencias encontradas entre los tratamientos, se debe a factores edafológicos y climáticos (suelo y temperatura), propio de la zona donde se efectuó el cultivo.

En síntesis el biofertilizante dosificado al 5% presenta mejor resultado en el estudio de esta variable, esto significa que éste tratamiento estimula el crecimiento de la planta, lo cual coincide con Domínguez et al. (2010) quien afirma que el crecimiento de la planta está asociada al hecho de que los fertilizantes orgánicos contiene sustancias portadoras de otros elementos, lo que se encargan de regular el crecimiento vegetal, haciendo que se activen procesos de respiración y con ello, el metabolismo y la absorción vegetal.

4.2.5 Diámetro de la raíz (cm)

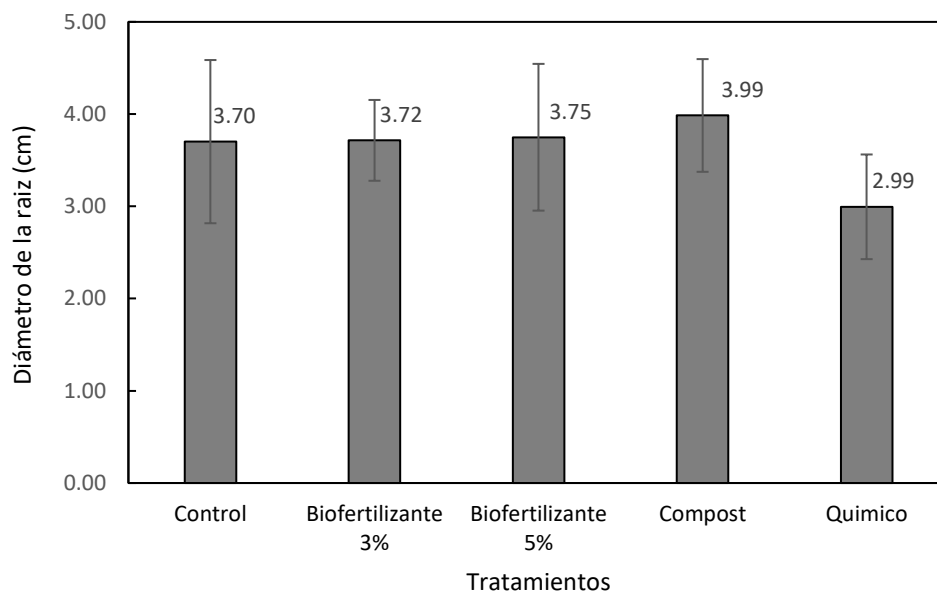


Figura 18. Diámetro de la raíz (cm) del rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

La Figura 17 muestra el diámetro de la raíz de la planta de rábano entre los diferentes tratamientos con resultados que varían de 3.99 a 2.99 cm por tratamiento; todos ellos no obstante sin presentar diferencias significativas (Anexo 7), pero si contrastes marcados en promedio entre los tratamientos aplicados.

Los resultados más altos en el estudio fueron registrados por el tratamiento compost con valor 3.99 cm. Seguido por el tratamiento biofertilizante dosificado al 5% y 3% con valores de 3.75 cm y 3.72 cm respectivamente. El resto de tratamientos se ubicaron y compartieron rangos inferiores, los ensayos correspondientes al tratamiento control reflejan valores de 3.70 cm. El diámetro de raíz en el cultivo de rábano, por su parte, fue registrada por el tratamiento químico, con un promedio de 2.99 cm.

Similares resultados encontraron Gómez y Pérez (2008) obteniendo 3,93 cm de diámetro de raíz. Similar a Ávila (2014) que reportó en su estudio de dosis de fertilizante con microorganismos en cultivos de rabanito, un valor máximo de 3.93 cm de diámetro de la raíz, cuyos resultados comparados con nuestro estudio se ubican entre el tratamiento biofertilizante 5% y el tratamiento compost.

No obstante, otros estudios reportaron resultados inferiores en relación a nuestro estudio, como Ramírez (2014) que registró un valor promedio de 3.60 cm de diámetro de la raíz., Mamani (2015) reportó en su ensayo, un promedio de 3,52 cm. Similar a Flores (2015) que obtuvo 3.33 cm y Gómez (2011) quien obtuvo un comportamiento de diámetro ecuatorial de raíz de hasta 3.4 cm con tratamiento orgánico, al igual que (Carrera, 2015). Por su parte Ortiz (2015) reportó un valor promedio menor de 2,16 cm.

El tamaño del diámetro de la raíz es influenciado por diversos factores, al respecto Jurado (1994), señala que el tamaño de diámetro de raíz y su distribución, se ve condicionada en gran manera por una buena aireación, temperatura y fertilidad de suelo, ya que en los suelos pobres en fertilidad y en condiciones físicas desfavorables la superficie activa de las raíces puede verse menguada (Domínguez, 1997); Este resultado justifica las diferencias en diámetro de raíz entre las variables.

De igual modo, las variaciones en el diámetro de raíz presentadas se deben principalmente a la constitución genética, formas de raíces (semilarga y larga) de cada variedad (Marino, 2017) y otros aspectos inherentes al ambiente, tal como se señala en el párrafo anterior.

En síntesis, por las aseveraciones hechas en la literatura citada, podemos afirmar que si bien los fertilizantes orgánicos, incluyendo el compost, tiene relación con el rendimiento de raíz, cabe destacar que la expresión del carácter vegetal y dependiendo de otros factores inherentes a la planta, garantizan el buen rendimiento.

4.2.6 Peso de la raíz (g)

El peso de la raíz es otro componente importante en el cultivo del rábano.

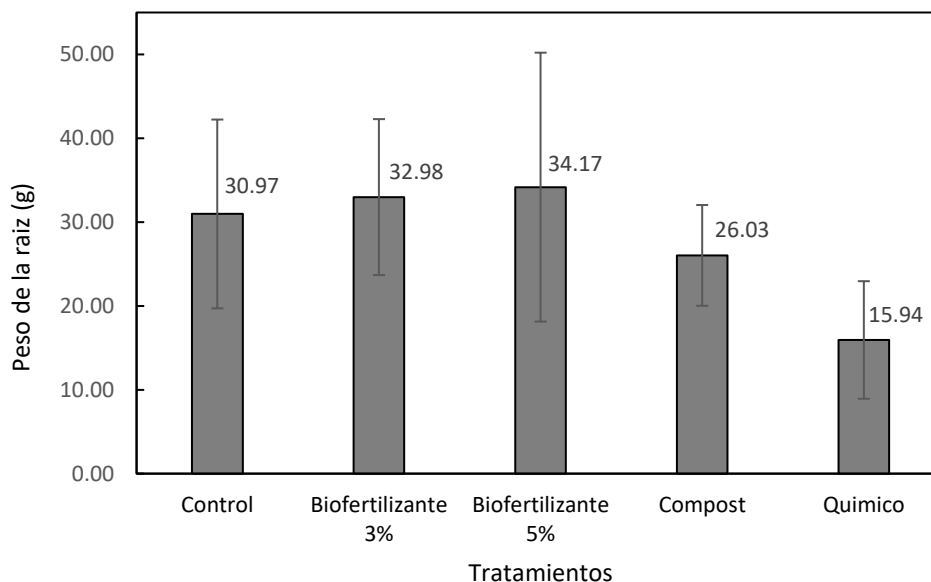


Figura 19. Peso de la raíz (g) del rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

La Figura 18 muestra el peso de la raíz de la planta de rábano entre los diferentes tratamientos con resultados que varían de 34.17 a 15.94 g por tratamiento. Sin embargo, en base al análisis estadístico no se detectaron diferencias significativas (Anexo 7), pero si una marcada variación numérica entre los tratamientos.

Podemos observar que el peso de la raíz difiere entre los tratamientos aplicados, siendo así que los resultados más altos en el estudio fueron registrados por el tratamiento biofertilizante dosificado al 5% con valor 34.17 g. Seguido por el tratamiento biofertilizante dosificado al 3% (32.98 g). El resto de tratamientos se ubicaron y compartieron rangos inferiores, los ensayos correspondientes al tratamiento control y compost reflejan valores de 30.99 g y 26.03 g respectivamente. Los valores más bajos en

cotejo con los demás tratamientos en relación al peso fueron registrados por el tratamiento químico con un promedio de 15.94 g.

Este resultado se compara con el trabajo realizado por Gómez (2011), quien, al evaluar diferentes fuentes de fertilización orgánica e inorgánica en cultivo de rábano, obtuvo un peso de raíz de 33 g en el tratamiento orgánico, siendo este más eficiente que los demás tratamientos. Por su parte Flores (2015) obtuvo en su estudio, 32 g de peso como rendimiento en el cultivo de rabanito, similar a Carrera (2015) quien aplicando tratamiento animal presento valores significativos ascendentes a 31,14 g de peso de la raíz.

También los resultados son comparables con Fernández et al (2003), quienes al evaluar abonos orgánicos como: lombricomposta, composta, micorrizas y fertilizante químico, en el cultivo de cebolla con los resultados obtenidos, demostraron que la mejor respuesta a las variables de longitud, número y peso raíces y diámetro de bulbo lo presentaron los abonos orgánicos.

Otros estudios como León (2018) reportaron un peso de raíz de 17.96 g como muestra de media mayor, al igual que Ramírez (2014) quien registró en su ensayo un promedio 12.12 cm de peso de la raíz; resultados que al ser comparados con el biofertilizante 5% se encuentran por debajo de la misma.

Robles (1991), indica que el rendimiento de cualquier especie vegetal es afectado por factores ecológicos influyen en el crecimiento de los cultivos, así como su misma capacidad genética de producir, existiendo procesos fenológicos dentro de un vegetal que influirán el rendimiento, así mismo Brauer (1981), afirma que los rendimientos son afectados por factores edafológicos, y por la misma capacidad genética del cultivo para producir.

Del mismo modo, Velásquez (2013), Señala que la producción de frutos (raíz) es una característica que, si bien está determinado por el genotipo, estos son muy

influenciados por los factores ambientales, sobre todo la altura, temperatura, luz solar y estado nutricional del suelo, de aquí la diferencia marcada en nuestro tratamiento.

4.2.7 Volumen de la raíz (cm³)

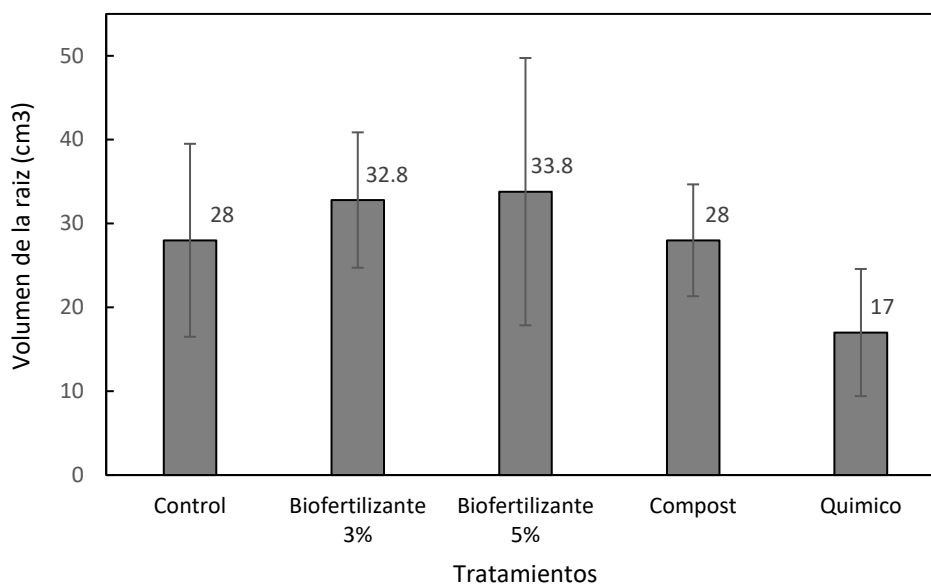


Figura 20. Volumen de la raíz (cm³) del rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

La Figura 19 muestra el registro del volumen de la planta de rábano entre los diferentes tratamientos con resultados que varían de 33.8 cm³ a 17 cm³ por tratamiento. Sin embargo, en base al análisis estadístico no se detectaron diferencias significativas (Anexo 7).

Podemos apreciar que el volumen de la raíz matemáticamente difiere entre los tratamientos aplicados, siendo así que el resultado más alto en el estudio es registrado por el tratamiento biofertilizante dosificado al 5% con un valor medio de 33.8 cm³. Seguido por el tratamiento biofertilizante dosificado al 3% (32.8 cm³). El resto de tratamientos arrojaron rangos menores en la evaluación de esta variable, los ensayos correspondientes al tratamiento control y compost reflejan ambos valores iguales 28 cm³. Los valores más bajos en comparación con los demás tratamientos lo presentó el tratamiento químico con un valor medio de 17 cm³.

Tal como se indica en el estudio de las demás variables, Chávez (1993) subraya que para alcanzar el máximo rendimiento influyen varios factores durante el ciclo vegetativo de la planta. Los factores más importantes que influyen en el rendimiento pueden ser ambientales (luz, temperatura, humedad relativa, velocidad de viento); edáficos (fertilidad, textura, estructura, pH, agua y salinidad); bióticos (bacterias, hongos, plagas y malezas) y abióticos. Esto significa que el resultado obtenido en cuanto al volumen de la raíz del cultivo, no solo depende de la fertilización, sino también de variables independientes no controladas en nuestro estudio.

En síntesis, de acuerdo a la figura 19 podemos afirmar que el mejor tratamiento que garantiza el volumen de la raíz y por ende el rendimiento del cultivo, es el biofertilizante dosificado al 5%, con una media de 33.8 cm³, Seguido por el biofertilizante dosificado al 3%, con un valor medio de 32.8 cm³

4.2.8 Densidad de la raíz (g/cm³)

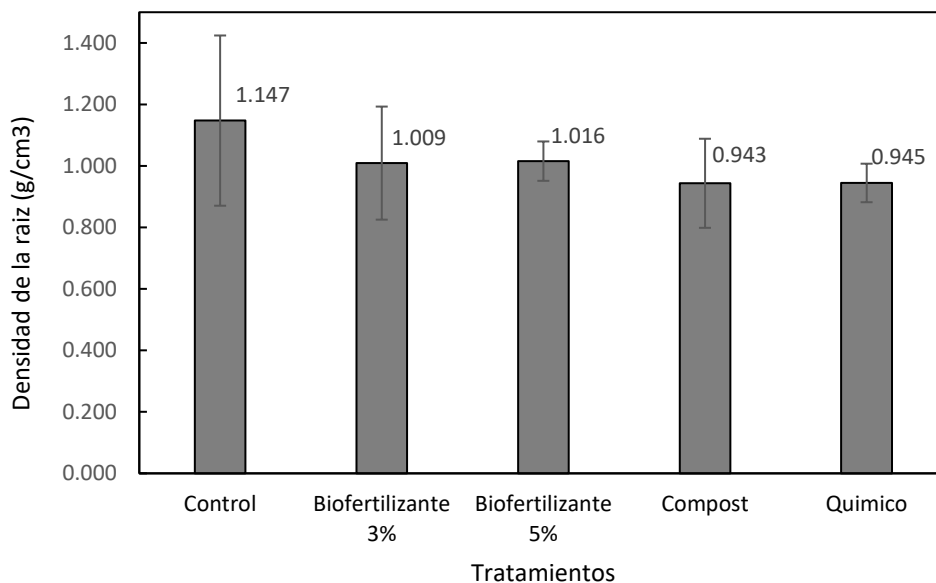


Figura 21. Densidad de la raíz (g/cm³) del rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

La Figura 20 muestra la densidad de la raíz de la planta de rábano entre los distintos tratamientos con resultados que varían de 1.147 a 0.943 g/cm³ por tratamiento. Los datos registrados muestran una variación de entre el 11% y el 17% en los tratamientos aplicados en comparación al tratamiento control, Sin embargo, en base al análisis estadístico no se detectaron diferencias significativas (Anexo 7), pero si una marcada variación numérica entre los tratamientos.

Los resultados más altos en el estudio fueron registrados por el tratamiento control 1.147 g/cm³; seguido por el tratamiento biofertilizante dosificado al 5% con valor medio de 1.016 g/cm³. El resto de tratamientos se ubicaron y compartieron rangos inferiores, los ensayos correspondientes al biofertilizante dosificado al 3% reflejan un resultado correspondiente a 1.009 g/cm³. Por otro lado, se puede ver que los tratamientos químicos y

compost son los que presentaron valores medios más bajos en relación al resto de tratamientos

De acuerdo a los resultados podemos inferir que la densidad de la raíz mostró un comportamiento similar entre los tratamientos aplicados, solo se observaron diferencias significativas entre el tratamiento control y el biofertilizante elaborado a una dosis de 5%.

La densidad de la raíz es un indicador que permite a los cultivos expresar su potencial de producción de biomasa (Haqqani & Pandey, 1994), sin embargo, estas al igual que las variables anteriores son influenciadas por las condiciones ambientales.

Jiménez y Arias (2004), en su estudio manifiestan que los parámetros radicales como la densidad, siguieron una tendencia similar al patrón de variación de la biomasa radical en función de la profundidad del suelo.

Por su parte, Guevara y Guenni (2013), declaran que en estratos poco profundos se limita el desarrollo regular de la raíz. Jiménez y Arias (2004), agregan que la variación topográfica entre sitios estimula la variación en los sistemas radicales de los cultivos.

De manera que, en nuestro estudio, el crecimiento radicular de la planta de rábano, estuvo limitado por el tamaño y longitud de las macetas y el hecho de estar sometidas al mismo tipo de suelo.

4.2.9 Análisis de pH

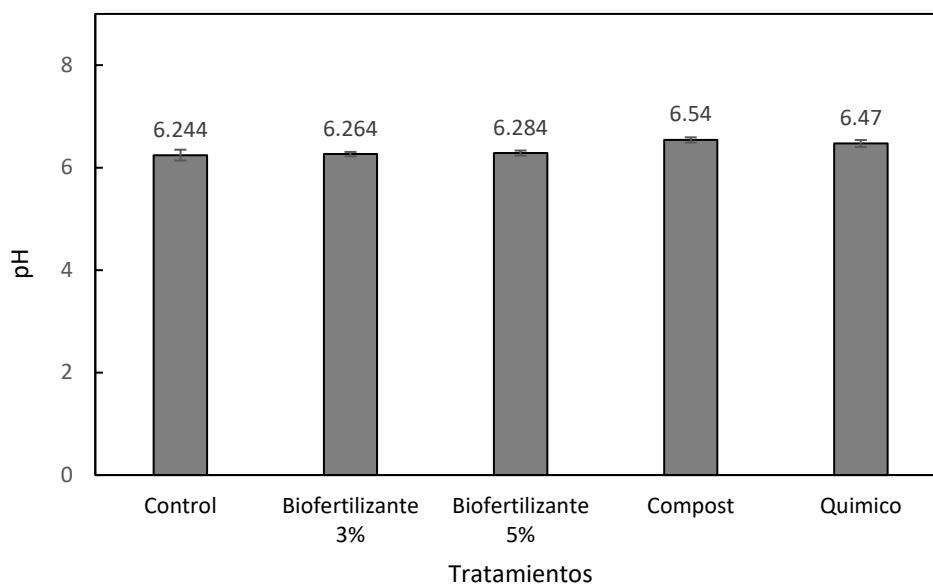


Figura 22. pH del rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

La Figura 21 muestra el pH de la planta de rábano entre los distintos tratamientos con resultados que varían de 6.54 a 6.24 por tratamiento. De acuerdo al análisis estadístico los valores son significativos (Anexo 7). Por lo que podemos afirmar que existe una influencia directa de los tratamientos en la planta.

Gráficamente se puede notar que las muestras de rábano correspondiente al tratamiento compost, presentan una mayor concentración de pH con un valor medio de 6.54, seguido por el tratamiento químico (6.47). El resto de tratamientos se ubicaron y compartieron rangos similares, los ensayos correspondientes al biofertilizante dosificado al 5% y al 3% reflejan un resultado correspondiente a 6.28 y 6.26 respectivamente. Por otro lado, se puede ver que el tratamiento control registró valores medios más bajos respecto al resto de tratamientos.

En relación a la dosis o concentración del biofertilizante elaborado, los valores no son significativos, por lo que podemos aseverar que no existe influencia de la concentración en el grado de pH.

El pH es una característica física de los alimentos que da una idea de la acidez del alimento, el valor de pH es utilizado como indicador del contenido ácido que existe en un determinado alimento. Gabiña (2013) menciona que el pH óptimo para el rabanito como alimento vendría a ser 6, asimismo otros autores expresan un rango de 5.8 - 6.5 en el pH del rábano rojo. En este sentido podemos declarar que, si bien todos los tratamientos se ubican dentro del rango, los resultados reportados por el biofertilizante se encuentran más próximos al punto intermedio del rango.

4.2.10 Análisis de Humedad (%)

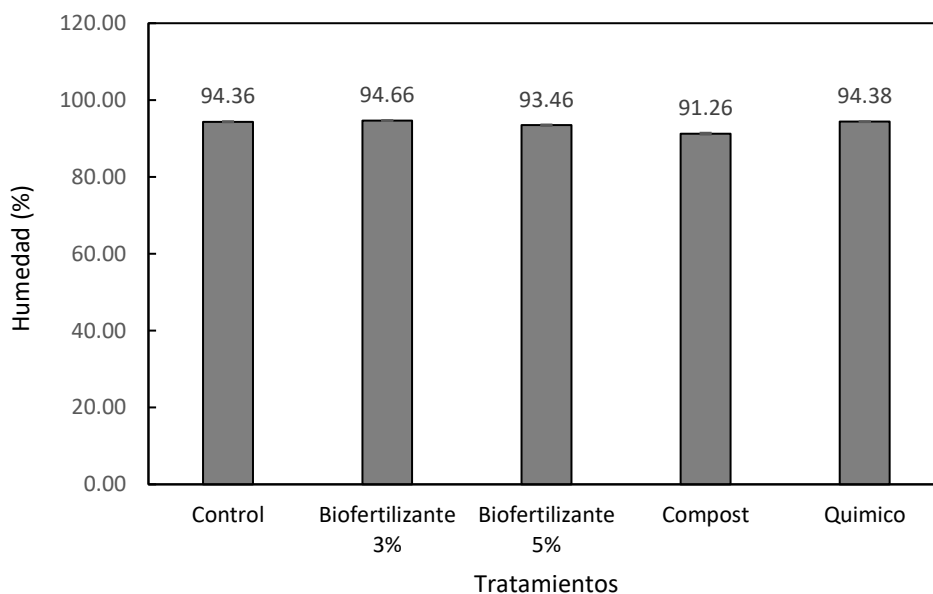


Figura 23. Humedad (%) del rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

La Figura 22 muestra el contenido de humedad de la planta de rábano entre los distintos tratamientos con resultados que van de 94.66 a 91.26 % por tratamiento. De acuerdo al análisis estadístico los valores son significativos (Anexo 7). Esto evidencia que existe una influencia directa de los tratamientos en el contenido de humedad de la raíz de la planta.

Claramente se puede notar que los resultados más altos en el porcentaje de humedad fueron registrados por el tratamiento biofertilizante dosificado al 3% con un valor medio de 94,66; un nivel intermedio lo presentaron el tratamiento químico y el tratamiento control con resultados de 94.38 y 94.36 respectivamente, seguido por el tratamiento biofertilizante dosificado al 5% con un valor de 93.46, mientras que el ensayo

correspondientes al tratamiento compost registró el valor medio más bajo respecto al resto de tratamientos (91.26).

En relación a la dosis o concentración del biofertilizante elaborado, los valores son significativos, por lo que podemos decir que existe influencia de la concentración en el porcentaje de humedad, siendo el biofertilizante al 3% quien aporta más humedad al cultivo de rábano.

Datos bibliográficos de la FAO (2013) muestran como parámetro un porcentaje de humedad de cultivo de rabanito que oscila en 94%. Sin embargo, Nasevilla (2010), al estudiar las características físico químicas y nutricionales de dos eco tipos de rábano, encontró una variación de la humedad que va de 95.01% a 93.30%. De donde podemos inferir los resultados de nuestro ensayo se ubican en el rango estipula, siendo el tratamiento biofertilizante al 3% en que más similitud muestra.

4.2.11 Análisis de Sólidos Totales (%)

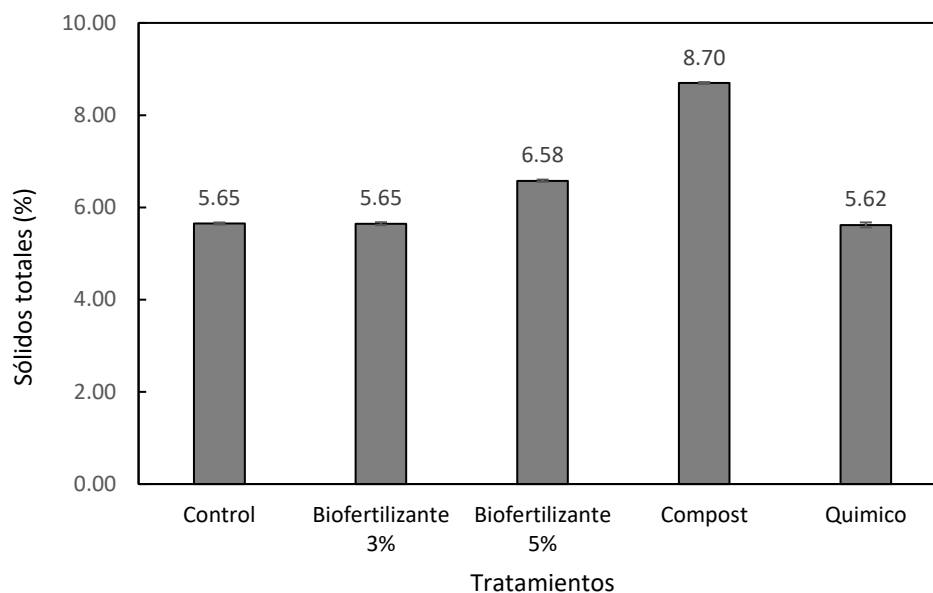


Figura 24. Sólidos totales (%) del rábano, *Raphanus sativus* L., registrado en los diferentes tratamientos al final del experimento.

La Figura 23 muestra el contenido de sólidos totales de la planta de rábano entre los diferentes tratamientos con resultados que varían de 8.70 a 5.62 % por tratamiento. De acuerdo al análisis estadístico los valores son significativos (Anexo 7). Esto evidencia que existe una influencia directa de los tratamientos en el porcentaje de sólidos totales de la raíz de la planta.

Visiblemente se puede diferenciar que los resultados más altos en el porcentaje de sólidos totales fueron registrados por el tratamiento compost con un valor medio de 8.70, seguido por el biofertilizante dosificado al % que reportó un valor medio de 6.58; un nivel intermedio lo presentaron el tratamiento biofertilizante dosificado al 3% y el tratamiento control con resultados de iguales de 5.65, mientras que la prueba correspondientes al

tratamiento químico registró el valor medio más bajo respecto al resto de tratamientos (5.62).

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusión:

- Del análisis del biofertilizante elaborado diremos que, los parámetros fisicoquímicos que se midieron estuvieron dentro de los rangos recomendables con estudios similares. De los cuales toca resaltar la disminución del pH de 8.49 a 5.59, que confirma la aceleración de la degradación de la materia orgánica. Asimismo, el contenido de macronutrientes como N, P y K, se mostraron en concentraciones adecuadas para favorecer el rendimiento de un cultivo, de 2111.2 mg/L, 644.26 mg/L y 2540 mg/L respectivamente.
- Por los resultados alcanzados del análisis de variables podemos aseverar que, el biofertilizante aplicado a una dosis de 5%, contribuyo significativamente al crecimiento y desarrollo del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L), siendo más eficientes que los demás tratamientos.
- La aplicación del biofertilizante como abono orgánico dependiendo de su concentración, incide directamente en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de rábano.
- Estos resultados permiten concluir que la utilización del biofertilizante ayuda a mantener e incrementar la producción del cultivo.

- La información presentada en este estudio entrega una base inicial de la factibilidad técnica de uso de un sistema para el tratamiento de residuos orgánicos mediante fermentación anaerobia para la producción de biofertilizante.
- El biofertilizante elaborado además puede ser visto como una alternativa para minimizar la contaminación del ambiente por la sobre utilización de fertilizantes químicos en la agricultura convencional.

5.2 Recomendación:

Los resultados entregados respecto a la elaboración del biofertilizante a partir de residuos orgánicos y su evaluación como tal son interesantes y generan un aporte científico concreto; sin embargo, para que su impacto y aplicabilidad sea mayor, requieren ser acompañados de investigaciones adicionales.

De las conclusiones presentadas previamente se puede pensar en algunas investigaciones futuras como las propuestas a continuación:

- Realizar el ensayo de cultivo de rábano en macetas y en suelo firme, para detectar influye en las variables respuesta.
- Realizar un estudio de cultivo de rábano dentro de condiciones controladas de laboratorio para evaluar el comportamiento del fertilizante en contacto con un ecosistema abierto.
- Seguir indagando más sobre esta temática y su aplicación en varios cultivos de hortalizas y otros, teniendo en cuenta la dosificación.
- Realizar la prueba con varias materias primas e incluir en su preparación otros desechos orgánicos sean agropecuarios, industriales o municipales.

- Analizar los efectos directos en el mejoramiento de un suelo degradado al aplicar el biofertilizante.
- Desarrollar un estudio del impacto económico y ambiental que puede tener este sistema de tratamiento al ser implementado a nivel de comunidad rural.

6 REFERENCIAS

- Ahemad, M., & Khan, M. S. (2012). Effects of pesticides on plant growth promoting traits of Mesorhizobium strain MRC4. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11(1), 63–71. <http://doi.org/10.1016/j.jssas.2011.10.001>
- Amaro, P. (n.d.). Pesticidas, saúde e ambiente e os tabus dos pesticidas em Portugal. *Revista de Ciências Agrárias*, 31(2), 201–216. Retrieved from http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2008000200022&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2008). los Impactos del Cambio Climático sobre las Comunidades Campesinas y de Agricultores Tradicionales y sus Respuestas Adaptativas. *Agroecologia* (3), 7-28.
- Apunte, M. 2013. Comportamiento agronómico de cinco hortalizas de raíz con tres abonos orgánicos em el centro experimental la playita . La Maná – Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Artenisa et al. 2009. Produção e nutrição mineral do maracujazeiro-amarelo em solo com Biofertilizantes Supermagro e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-agriambi*. vol.13, no.2, p.117-124. ISSN 1415-4366.
- Alves, F. (2011). Crecimiento vegetativo de banana nanica en función de uso de diferentes tipos y dosis de Biofertilizante. Trabajo de conclusión de curso de licenciatura en ciencias agrarias, universidad estatal de Paraiba.

- Alvaro, M.; Olives, A. (2013). Identificación del potencial aprovechable de los residuos sólidos orgánicos que se generan en mercados, supermercados, parques, jardines y diferentes sectores industriales de la zona sur del Distrito Metropolitano de Quito. (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.
- Alvarado, S. 2018. Elaboración de biol a partir de gallinaza y estiércol de ganado vacuno. [Tesis de Grado]. Tingo Maria. Universidad Nacional Agraria La Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. p 61.
- Araujo et al. 2008. Compuesto orgánico y Biofertilizante Supermagro en la formación de café. *Coffe Science*, Lavras, v. 3, n.2,p 115-123.
- A. Faheed, F. & Abd-El Fattah, Z., 2008. Effect of *Chlorella vulgaris* as Bio-fertilizer on Growth Parameters and Metabolic Aspects of Lettuce Plant. *Journal of Agriculture and Social Sciences*, 4(4), pp.165–169.
- Albuquerque, J.A. et al., 2012. Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy*, 40, pp.181–189. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953412001110> [Accessed January 22, 2016].
- Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official Methods of Analysis. 17^aed. Gaithersburg, USA
- Avendaño, E. (2015). Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Analisis del caso Bogota D.C. Programa BASURA CERO. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia.

- Avila, L. 2014. Dosis de fertilizante con microorganismos beneficios (FERTI EM) en el cultivo de rabanito *Raphanus sativus* L. en la provincia de Lamas. [Tesis de Grado]. Tarapoto. Universidad Nacional de San Martín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. p 66.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). *Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*. Washington D.C., Estados Unidos.
- Banayo, N.P.M. et al., 2012. Evaluation of Biofertilizers in Irrigated Rice: Effects on Grain Yield at Different Fertilizer Rates. *Agriculture*, 2(4), pp.73–86. Available at: <http://www.mdpi.com/2077-0472/2/1/73>.
- Barradas, G.(2009).Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales, Estado del Arte. (Tesis de Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Bardales, F. 2006. Efecto de dos abonos orgánicos en el rendimiento de *Raphanus sativus* rabano en dos densidades de siembra en el Estrecho Rio Putumayo. UNAP – Agronomía. 60 pag.
- Barrios, J. 1979. Evaluación de Yacimientos de fosfatos GEOBOL. pp. 1-10
- Baver, J. 1980. Física de los Suelos. UTEHA. México D.F. p. 588.
- Bejarano, C., Restrepo, J. (2002). Abonos Orgánicos, Fermentados Tipo Bocashi, Caldos Minerales y Biofertilizantes. Santiago de Cali, Colombia: CVC.
- Cabos, J. 2014. Evaluación de las concentraciones de Nitrógeno, Fosforo y Potasio del Bio y Biosol obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno en un biodigestor de

geomembrana de policloruro de vinilo. [Tesis de Grado]. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas. p 40.

Campos, E. et al., JOURNAL de CIENCIA y TECNOLOGIA AGRARIA. *JOURNAL de CIENCIA y TECNOLOGIA AGRARIA*, 2, p.379. Available at: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-14042012000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es [Accessed June 9, 2015].

Camacho, A.; et al. 2013. Crecimiento de *Raphanus sativus*, L. con arvences *plantago media* L. y *poligonum nepalenses* meins. Revista Ciencias Agropecuarias – Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Cundinamarca Vol. 1 No. 1. p 25.

Carrera, J. 2015. Respuesta agronómica del cultivo de rábano (*Raphanus sativus*, L.) a la aplicación de abonos orgánicos. [Tesis de Grado]. Cotopaxi. Universidad Tecnica de Cotopaxi. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.p 63.

Casimir, A. 2001. Respuesta del crecimiento y productividad de rábano (*Raphanus sativus*, L.), cilantro (*Coriandrum sativum* L.) y habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) a fertilizante mineral y estiércoles de vaca y oveja en Nigua, República Dominicana. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias y de Recursos Naturales en Diversificación Agrícola. Universidad Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo, República Dominicana.

Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano- itdUPM. 2014. Gestión Integral de los Residuos Sólidos, el modelo de ciudad sostenible en Perú. Madrid-España. p 28.

Castillo, L .2014. Efecto del purin de hojas de *Urtiga dioica L.* "ortiga" sobre el crecimiento de *raphanus sativus L.* "rabanito" en condiciones de laboratorio. [Tesis de Grado]. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas.p 46.

Chávez, J. 1993. "Mejoramamiento de Plantas". Segunda Edición. Editorial TRILLAS S.A. México, D.F. p. 31-32.

Cheng, G. 2011. Presente y futuro de la quinua en el Perú. La revista Agraria N° 142. 12-13 pp. Artículo en línea. Formato pdf. Disponibilidad libre en: <http://www.larevistaagraria.org/sites/default/files//revista/LRA142/Presente%20y%20futuro%20de%20la%20quinua%20en%20el%20Peru.pdf>.

Clean Up The World. (2008). Desechos orgánicos. Recuperado de http://www.cleanuptheworld.org/PDF/es/organic-waste_residuos-org-nicos_s.pdf

Crillo, H.; Garcia, J. 2009. Efectos de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano () bajo invernadero. [Tesis de Grado]. Pasto, Colombia. Pontificia Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. p 129.

Criollo, H.; Lagos, T.; Piarpuenza, E; Pérez, R. 2011. The effect of three liquid bio-fertilizers in the production of luttuce (*Lactuca sativa L.*) and cabbage (*brassica oleracea L. var. capitata*). Agronomia Colombiana 29 (3): 415-421.

- CTA. 2000. Novo Supermagro o Biofertilizante. [Artículo en línea]. Centro de Tecnología Alternativas de Zona de Mata-Brasil [Consultado el 23 de marzo del 2015]. Formato pdf. Disponibilidad libre en: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio1/Solos43.pdf.
- Collacci, A.; Obregon, P. (2015). Determinación del potencial de uso de los residuos sólidos domiciliarios de la cooperativa Victor Andres Belaunde - Puente Piedra. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Jose Fauisto Sanchez Carrion. Perú.
- Comunidad de Madrid. s/f. Estrategia de residuos de la Comunidad de Madrid 2006-2016. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. España. Consulta: 14 de mayo de 2016. <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3DESTRATEGIA+DE+RESIDUOS+CM+2006-2016.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1196173052051&ssbinary=true>
- Costa, J. F., Cosio, W., Cardenas, M., Yábar, E., & Gianoli, E. (2009). Preference of Quinoa Moth: *Eurysacca Melanocampta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) for Two Varieties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Olfactometry Assays. *Chilean Journal of Agricultural Research*. <http://doi.org/10.4067/S0718-58392009000100009>
- Costa. 2004. Evaluación agronómica de Biofertilizantes en la producción de lechuga a campo. Tesis de grado. Universidad de la Republica. Montevideo Uruguay.

Cgiar. (2009). Climate , agriculture and food security : A strategy for change. *Agriculture*, 1–56. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=IICACR.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=033636>.

Criollo, H.; Garcia, J. 2009. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de planta de rábano (*Raphanus sativus L.*) bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(2), pp. 210-222.

Dezuane, L. 1997. Composts specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. 4 ed. London, Inglaterra, In M. de Bertoldi. 350 p.

De Groot, L, Bogdanki, A. 2013. Bioslurry = Brown Gold?: A review of scientific literature on the co-product of biogas production (en línea). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, IT. p 45.

Díaz, A. 2017. Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas. [Tesis de Posgrado]. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado. p 129.

Dirección General de Salud Ambiental. 2006. Manual de difusión técnica N° 01. Gestión de los residuos peligrosos en el Perú. Lima.

- Dominguez, A. 1997. Tratado de fertilización. Ediciones Mundi- Prensa, 3ra Edición, Artes Gráficas Cuestas, S.A. Madrid, España. 607 p.
- Dominguez, J.; Lazcano, C. and Gómez, M. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. Acta Zoológica Mexicana. 2:359-371
- Dulanto, A. 2013. Asignacion de competencias en materia de residuos solidos de ambito municipal y sus impactos em el ambiente. [Tesis de Grado]. Lima. Pontificia Universidad Catolica del Peru. Facultad de Derecho.p 238.
- Durán, M. 2012. Organografía vegetal. Recuperado a partir de https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa3/organografia_vegetal.pdf
- EMBRAPA. 2011. Manual de Métodos de Análise de Solo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. 2da edição, Rio de Janeiro. ISSN 1517-2627
- Fernandez, O.; Rodriguez, P.; Aguilar, P. 2003. Comparación de cuatro fuentes de nutrición en la producción de plántula de cebolla (*Allium cepa* L.). Memoria de ponencia de hortalizas. U.A.Ch. Chapingo. México.
- Organizacion de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentacion. (1997). Tratamiento y utilizacion de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio em la alimentacion animal. Roma, Italia: FAO.

Organizacion de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentacion. (1980). El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América Latina. Boletín de Suelos de la FAO. Roma. Consulta: 14 de mayo de 2016. <http://www.fao.org/3/ar127s.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations 94 2011 Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention. Study conducted for the International Congress “Save Food” at Interpack 2011 Düsseldorf, Germany.

Flores, L. 2015. Efecto de las enmiendas orgánicas Terramar, Humax 90 y Koripacha Bio, sobre algunas propiedades del suelo y el rendimiento del cultivo de rabanito (*raphanus sativus L.*) en el distrito de San Jerónimo, Provincia de Andahuaylas. [Tesis de Grado]. Apurimac. Universidad Tecnológica de los Andes. Facultad de de Ingenieria. p 92.

Florez, M. 2017. Elaboracion de biofertilizante líquido utilizando subproducto del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). [Tesis de Grado]. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de de Pesqueria. p 108.

Gabiña, G. 2013. Tabla del pH de los alimentos. Disponibilidad libre en: <https://dietaalcalina.net/wp-content/uploads/2014/01/Tabla-Alimentos-2014.pdf>

Galbiatti, J.A. et al., 2011. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. *Engenharia Agrícola*, 31(1), pp.167–177.

- Garcia, T. 2016. Evaluación de la producción y aplicación de un biofertilizante a partir de residuos orgánicos. [Tesis de Maestría]. Santiago de Chile . Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Ingeniería. p 59.
- Genardi, M. 2003. The Microbiology of Anaerobic Digester (en línea). New Jersey, US. WILEY. 188 p. (Wastewater Microbiology Series).
- Guevara, E., Guenni, O. 2013. Densidad y longitud de raíces en plantas de *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit Multiciencias, vol. 13, núm. 4, octubre-diciembre, 2013, pp. 372-380.
- Gil, A. 2014. Efectos de dos tipos de labranza sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo utilizando cultivo de rábano y abono tipo Bochashi.. [Tesis de Grado]. Ciudad de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Planeación Urbana y Regional.p 69.
- Gonzales, B. (2006). La Revolución Verde en México. *AGRARIA* (4), 40-68.
- Gonzales, J. 2016. Desarrollo y rendimiento del rábano en diferentes mezclas de sustrato. Tlamati Sabiduria, Volumen 7, N° 2. p 12.
- Gomez, R. 1992. Adaptación de 12 variedades de trigo al área triguera del departamento de Cochabamba. Tesis Ing. Agr. Cochabamba- Bolivia, UMSSFacultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales p. 51-54
- Gomez, A. (2000). AGRICULTURA ORGÁNICA: UNA ALTERNATIVA POSIBLE. *CEUTA* , 1-16.

- Gomez, A.; Lazaro, J.; León, N. 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Raphanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. *Uciencia* 24 (1):11.
- Gomez, L. 2011. Evaluacion del Cultivo de Rabano (*raphanus sativus* L.) bajo diferentes condiciones de fertilizacion organica e inorganica. [Tesis de Grado]. Mexico, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Division de Agronomia. 65 p.
- Gomez, P.; Perez, J. 2008. Efectos sobre el cultivo de rábano rojo (*raphanus sativus* L.) de tres fertilizantes organicos. E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. 13 p.
- Gomez, A.; Tovar, X. 2008. Elaboracion de un abono orgánico frmentado a partir de residuos de flores (pétalos de rosas) y su caracterizacion para uso en la produccion de albahaca. [Tesis de Grado]. Bogota, Pontificia Universidad Javeriana.Facultad de Ciencias. p 113.
- Guamán, V. 2010. Evaluacion de tres fuentes orgánicas (ovinos, cuy y gallinaza) en dos hibridos de cebolla (*allium cepa*), en el barrio Tiobamba, Parroquia Eloy Alfaro, Provincia Cotopaxi. [Tesis de Grado].
- Haqqini, A.; Pandey, R. 1994. Response of mung bean to water stress and irrigation at various growth stages and plant densities: I. Plant and crop growth parameters. *Trop. Agrom. Trinida*. 71 (4): 281-288.
- Himanen, M.; Hänninen, K. (2011). Composting of bio-waste, aerobic and anaerobic sludges - effect of feedstock on the process and quality of compost. *Bioresearch Technology*. Volume 102(3), 2842–2852 p.

- Horffman, J. (1999). Capítulo 1 evaluación y construcción mediçao, Portoalegre. artículo en línea. Disponibilidad libre en: <http://educacion.idoneos.com/index.php-evaluacion>. Consultado el 2016-02-20.
- Hoornweg, D.; Bhada-Tata, P. (2012). What a waste. A Global Review of Solid Waste Management. Washington: World Bank.
- Hwang, IH.; Aoyama, H.; Abe, N.; Matsuo, T. 2015. Subcritical hydrothermal treatment for the recovery of liquid fertilizer from scallop entrails. *Environ technol.*36 (1-4): 11-8.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Besel. 2007. Biomasa, digestores anaerobios. Madrid: IDEA.
- Jiang, L. et al., 2012. Development and characterization of cDNA library based novel EST-SSR marker in radish (*Raphanus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 140, pp.164–172. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423812001781> [Accessed March 20, 2016].
- Jaramillo, G.; Zapata, L (2008). Aprovechamiento de residuos solidos organicos en Colombia. (Tesis de Grado). Universidad de Antioquia, Colombia.
- Jimenez, C., Arias, D. 2004. Distribución de la biomasa y densidad de raíces finas en una gradiente sucesional de bosques en la Zona Norte de Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal (Costa Rica)* 1(2).
- Jördenin, H.; Winter, J. (2005). *Environmental Biotechnology. Concepts and Applications*. WILEY-VCH VerlagGmbH., Co. KGaA, Weinheim. p: 333-354.

- Jollife, P.; Gaye, M. 1995. Dynamic of growth and yield components of bell peppers (*Capsicum annum* L) to row covers and population density. Scientia. Citado por Criollo H. y García J. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero. Revista Ciencias Hortícolas. Colombia.
- Jurado, P. 1994. “Comportamiento de Cinco Variedades de rábano Chino Bajo Tres Densidades de Siembra en el Valle de Alto Cochabamba”. Tesis Ing. Agr. Cochabamba, Bolivia. UMSS- Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales. 13 -100 pp.
- kohl et al. 2008. Doses de biofertilizante foliar supermagronas culturas da soja e do milho(Brasil). [Artículo en línea]. FertBio.Universidade Estadual do Centro-Oeste [Consultado el 22 de marzo del 2014]. Formato pdf. Disponibilidad libre en: http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B4D295E32-9B7E-45DD-85A9-B2274E2819B0%7D_56_1.pdf.
- León, E. 2018. Evaluacion de la eficacia de bioles en un cultivo hortícola. (Tesis de Grado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.
- Lumbreras,J.; Fernandez, L. 2014. Gestión integral de los residuos sólidos. El modelo de ciudad saludable en Perú. Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano. s/l.
- Lotzof, M. (2012). Very large scale vermiculture in sludge stabilisation. Vermitech Pty Limited. Australia.

- Mazaro, S.M. et al., 2013. Produção e qualidade de morangueiro sob diferentes concentrações de calda bordalesa, sulfocálcica e biofertilizante supermagro. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(6Sup11), p.3285. Available at: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/12217> [Accessed October 20, 2014].
- Mahdi, S. S., Hassan, G. I., Samoon, S. A., Rather, H. A., Dar, S. A., & Zehra, B. (2010). Bio-Fertilizers In Organic Agriculture. *Journal of Phytology*, 2(10), 42–54.
- Mamani, T. 2014. Efecto de biol em cultivo asociado de rábano (*raphanus sativus* L) y lechuga suiza (*Valerianella locusta*), en ambiente atemperado de Cota Cota, La Paz. [Tesis de Grado]. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ingenieria Agronomica. p 150.
- Mamani, R. 2015. Evaluacion del cultivo de rábano chino (*raphanus sativus* L.) con la aplicación de compost y humus de lombirz a dos densidades de siembra baj condiciones atemperadas en la zona de Achumani, Municipio de la Paz. [Tesis de Grado]. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ingenieria Agronomica. p 112.
- Marino, J. 2017. Efecto de concentraciones y frecuencias de aplicación del biol en el cultivo de rábano chino (*raphanus sativus* l. var. longipinnatus) en la estación experimental de Cota Cota – La Paz. [Tesis de Grado]. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ingenieria Agronomica.p 132.

- Medina, J.; Paricaguan, B. 2013. Caracterización química de tres residuos orgánicos provenientes del Hipódromo Nacional de Valencia. *Ingeniería y Sociedad UV*, 8(1), 61-69.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2013). *Guía para el aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos, mediante compostaje y lombricultura* (1ª ed.) La Paz, Bolivia: MMAyA.
- Misra, A. K. (2014). Climate change and challenges of water and food security. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(1), 153–165. <http://doi.org/10.1016/j.ijse.2014.04.006>
- Montero, S.M.; B.K. Singh y R. Taylor. 2006. Evaluación de seis estructuras de producción hidropónica diversificada en el trópico húmedo de Costa Rica. *Tierra Tropical* 2(1), 27-37.
- Molina, L. 2011. Evaluación de cuatro biofertilizantes líquidos sobre el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L), en el Municipio Libertad Estado Táchira. [Tesis de Grado]. San Cristobal. Universidad Nacional Experimental del Táchira. Facultad de Ingeniería Agronómica. p 155.
- Moreno, R. A.; Valdés, P. M. y Zarate, L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 1:26-34.
- Nasevilla, J. 2010. Estudio de características fisicoquímicas y nutricionales de dos eco tipos de rábano (*raphanus sativus* l.) [Tesis de Grado]. Quito, Ecuador. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de la Ingeniería.p 158.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2014. La fiscalización ambiental en residuos sólidos. s/l

Ogbo, F.C., 2010. Conversion of cassava wastes for biofertilizer production using phosphate solubilizing fungi. *Bioresource technology*, 101(11), pp.4120–4. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852409017222> [Accessed March 18, 2016].

Oliveira, A.P. et al., 2010. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. *Horticultura Brasileira*, 28(3), pp.277–281.

Owamah, H.I. et al., 2014. Fertilizer and sanitary quality of digestate biofertilizer from the co-digestion of food waste and human excreta. *Waste management (New York, N.Y.)*, 34(4), pp.747–52. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14000476> [Accessed March 18, 2016].

Orsi, R. O., Barreto, L. M. R. C., Gomes, S. M. A., & Kadri, S. M. (2012). Pesticides in the propolis at São Paulo State, Brazil. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 34(4), 433–436. <http://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i4.15859>

Oliveira, A. P., Santos, J. F., Cavalcante, L. F., Pereira, W. E., Santos, M. do C. C., Oliveira, A. N. P., & Silva, N. V. (2010). Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. *Horticultura Brasileira*. <http://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300006>

Olivera et al, (2014). Estado nutricional y producción de pimienta con uso de Biofertilizantes líquidos. Revista Brasileira de ingeniería agrícola v.18, n.12, p,1241-1246. Campinas-grande Brasil. ISSN 1807-1929.

Organizacion Panamerica de la Salud. (2011). Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010. Washington D.C. Estados Unidos: OPS.

Ortega, P. (2012). Elaboración de bocashi sólido y líquido. (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca. Cuenca Ecuador.

Ortiz, R. 2015. Elaboración de vermi compost con residuo de cosecha y producción de rábano (*Raphanus sativus* L).

Pacheco, F.; et al. (2017). Evaluación de la calidad bioquímica resultante de biofermentos agrícolas para uso de familias productoras orgánicas. Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica. Costa Rica.

Palma, K. 2013. Comportamiento agronómico de cinco hortalizas de raíz con tres tipos de abonos organicos en la hacienda tecnilandia - Quevedo.

Parrado, J. et al., 2008. Production of a carob enzymatic extract: potential use as a biofertilizer. *Bioresource technology*, 99(7), pp.2312–8. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085240700418X> [Accessed March 18, 2016].

- Patrick, A.; Topper, R.; Graves, E.; Thomas, R. 2006. The fate of nutrients and Pathogens during anaerobic digestion of dairy manure. <https://extension.psu.edu/fate-of-nutrients-and-pathogens-during-anaerobic-digestion-of-dairy-manure>
- Pinto et al. 2012. cultivo de melao com dosis de biofertilizantes y doses de composto organico. XXI congreso brasilero de Fruticultura.
- Pichler, M. 2011. Evaluación del Biofertilizante Supermagro en la producción de plántulas de eucalipto. UNICENTRO: disertación de maestría de ciencias forestales.
- Pinto et al. 2012. cultivo de melao com dosis de biofertilizantes y doses de composto organico. XXI congreso brasilero de Fruticultura.
- Pilarte, F. 2010. Función de los elementos esenciales en los cultivos. Recuperado a partir de <http://studyres.es/doc/1182656/función-de-los-elementos-esenciales-en-los-cultivos>
- Paull, J. (2011). The Uptake of Organic Agriculture: A Decade of Worldwide Development. *Journal of Social and Development Sciences*, 2(3), 111–120.
- Pereira, L. M. P., Boysielal, K., & Siung-Chang, A. (2007). Pesticide regulation, utilization, and retailers' selling practices in Trinidad and Tobago, West Indies: current situation and needed changes. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 22(2), 83–90. <http://doi.org/10.1590/S1020-49892007000700002>
- Polanco, Y., Salazar, J. C., & Curbow, B. (n.d.). A quantitative analysis of Colombian campesinos' use of pesticides: perceived control and confidence in this use. *Revista*

Facultad Nacional de Salud Pública, 32(3), 373–382. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2014000300012&lng=en&nrm=iso&tlng=em

Pavitano P, Muller M, Meert L, Kolln O, Michalovicz L. 2008. doses de biofertilizante foliar supermagronas culturas da soja e do milho(Brasil). [Artículo en línea]. FertBio.Universidade Estadual do Centro-Oeste [Consultado el 22 de marzo del 2014]. Formato pdf. Disponibilidad libre en: http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B4D295E32-9B7E-45DD-85A9-B2274E2819B0%7D_56_1.pdf.

Ramírez, R. y M. Pérez, M. 2006. Evaluación del potencial de los sólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativus*, L.). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 59(2), 3543-3556.

Ramirez, F. 2014. El carbono vegetal forestal como sustrato, mas nitrogeno, fosforo y potasio (NPK), en el cultivo de raphanus sativa "Rabano". [Tesis de Grado]. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Agronomía.p 65.

Reyna et al (2014). Aplicación de modelos unidimensionales de flujo en suelos no saturados y transporte de herbicidas en zonas agrícolas. *Ambiente E Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 9(3), 434–444. <http://doi.org/10.4136/ambi-agua.1165>

Restrepo, J. 2007. Manual Práctico el A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. Managua. ISBNBN 978-99924-55-27-2.

Restrepo J. 2009. Manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra. Cali-Colombia.

Robles, R. 1991. “Producción de granos y forrajes”. Editores Noriega Quinta Edición. México D.F. pp. 207.

Robles, S.; Jansen, A. 2008. Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso de fermentación anaerobia para producción de biogás. Lima, Perú.

Rodríguez, R. 2003. Producción de Bioabono con Tres Fuentes Orgánicas Bajo un Ambiente Atemperado en el Altiplano, Tesis de Grado Universidad Católica Boliviana UAC-Tiahuanacu. La Paz– Bolivia.

Rodríguez, M.; Flórez, V. 2004. Elementos esenciales y beneficiosos. 12 pp. Disponible en <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3133/F13.pdf?sequence=1>

Romero, A.; Pereda, I. 2015. Biofertilizante a partir de residuos agrícolas. La Habana, Cuba. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar/Ecosolar49/HTML/Articulo06N.html>

Ruiz, A. 2013. Comportamiento químico y microbiológico en Biofertilizante tipo Supermagro. 52 p. Brasilia: Facultad de agronomía y medicina veterinaria, universidad de Brasilia. Disertación de maestría.

Sáez, A.; Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*. No. 3. 121 -135.

Salamanca, E. (2014). Estrategias para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la plaza de mercado de Fontibón, Bogotá D.C. (Tesis de Maestría). Universidad de Manizales. Colombia.

Sánchez, J. 2011. EVALUACION DE TRES ABONOS ORGANICOS EN DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ROSA. Tesis de grado. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador.

Sánchez, E. 2013. EVALUACION DE BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE OREGANO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL QUEROCHACA. Tesis de grado. Universidad técnica de Ambato. Ambato- Ecuador.

Scialabba, N. E.-H. (2007). Organic Agriculture and Food Security. *Agriculture*, 121–135. Retrieved from <ftp://ftp.fao.org/paia/organicag/ofs/OFS-2007-5.pdf>

Sepúlveda, F. (2010). Manejo de los residuos orgánicos e inorgánicos derivados de la actividad agropecuaria en el valle de Azapa, en la región de Arica y Parinacota. Recuperado de http://platina.inia.cl/ururi/docs/proyecto7/seminario_1/c_FabiolaSepulveda.pdf

Silva J., 2009. levantamento de informações sobre o uso do biofertilizante supermagro em café (Brasil). [Artículo en línea]. Simposio dos cafés do Brasil [Consultado el 22 de marzo del 2014]. Formato pdf. Disponibilidad libre en: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio1/Solos43.pdf.

Silva, A. 2011. Comportamento da cultura do milho em função da quantidade de matéria orgânica e de Biofertilizante aplicado via foliar. Trabalho de conclusão de curso

(licenciatura em ciencias agrarias)- centro de ciencias humanas e agrarias.
Universidade Federal de Paraíba. Brasil.

Silva et al.,2008. Composto Orgânico e Biofertilizante Supermagro na formação de cafeeiros. [Artículo en línea]. *CoffeeScience*, Lavras, v. 3, n. 2, p. 115-123. [Consultado el 20 de marzo del 2014]. Formato pdf. Disponibilidad libre en: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/viewFile/82/166>.

Soria et al., 2001. Producción de Biofertilizantes mediante biodigestion de excreta líquida de Cerdo. Universidad Autónoma Chapingo. México. *Terra*, 19(4), pp. 353-362.

Tarigo, A.; Repetto, C.; Acosta, D. 2004. Evaluación agronómica de biofertilizante en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) a campo. [Tesis de Grado]. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. p 169.

Tsai, S.-H., Liu, C.-P. & Yang, S.-S., 2007. Microbial conversion of food wastes for biofertilizer production with thermophilic lipolytic microbes. *Renewable Energy*, 32(6), pp.904–915. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148106001030> [Accessed January 18, 2016].

Tajeddine, L., Mountacer, H., & Sarrakha, M. (2010). Effect of iron and humic acid on photodegradation of some pesticides adsorbed on clay surfaces. *Arabian Journal of Chemistry*, 3(2), 73–78. <http://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.02.001>

Torrez, M. 2011. Evaluación del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L) variedad Crimson Giant utilizando sustratos mejorados y determinación de los coeficientes “Kc” y

- “Ky”, bajo Riego. Finca Las Mercedes, Managua, 2009. [Tesis de Grado]. Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. p 65.
- Uosif, M. A. M., Mostafa, A. M. A., Elsaman, R., & Moustafa, E. (2014). Natural radioactivity levels and radiological hazards indices of chemical fertilizers commonly used in Upper Egypt. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(4), 430–437. <http://doi.org/10.1016/j.jrras.2014.07.006>
- Ulloa, J. 2015. Valoración de tres tipos de bioles en la producción de rábano (*Raphanus sativus*). [Tesis de Maestría]. Piura. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. p 141.
- Varnero, M. 2011. Manual de biogás (en línea). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Ministerio de Energía (MINENERGIA), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Global Environment Facility (GEF). Santiago de Chile, CL. p 120.
- Vásquez, E.; Torres, S. 1990. “Fisiología Vegetal Crecimiento y Desarrollo”. Tercera reimpr. Editorial Pueblo y Educación. Buenos Aires - Argentina. p. 463.
- Vásquez, G. Magallon, R. & Ceja, R. (2010). Evaluación de biofertilizantes líquidos en la producción de elote y grano en maíz. *Justo Sierra*, N° 28, p.6.
- Velazquez, A. 2013. Rendimiento del frijol, fresa y ajo, en cultivo asociado en la aplicación de un biofertilizante. [Tesis de Grado]. Mexico. Universidad Autónoma de Mexico. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. p 82.

- Verde, R. 2014. Produccion de biol a partir de residuos sólidos orgânicos en la empresa prestadora de servicios Lima Cilsa S.A. [Tesis de Grado]. Tingo Maria, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables.p 51.
- Viteri, E. 2015. Evaluación de la vinaza de caña como abono orgánico y su posible efecto tóxico en el cultivo de rábano (*Raphanus Sativus L.*). [Tesis de Grado]. Quito. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Quimicas.p 103.
- Zhou, X., Shi, X., Zhang, L., & Zhou, Y. (2012). Effects of Pesticide-Contamination on Population and Activity of Bacteria in Purple Paddy Soil. *Energy Procedia*, 16, 284–289. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.04>

7 ANEXOS

Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: EFICIENCIA DE UN BIOFERTILIZANTE DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE RÁBANO (*RAPHANUS SATIVUS L.*)

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p><u>Problema general:</u> ¿De qué manera la utilización de residuos orgánicos en la producción de biofertilizante puede contribuir al desarrollo de los cultivos y a la gestión de residuos?</p> <p><u>Problemas específicos:</u></p>	<p><u>Objetivo general:</u> Evaluar la eficiencia de un biofertilizante elaborado a partir de residuos orgánicos, en relación a otras fuentes de fertilización en el desarrollo del cultivo de rábano (<i>Raphanus sativus L.</i>).</p> <p><u>Objetivos específicos:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Producir biofertilizante a partir de residuos orgánicos 2. Realizar el análisis de los parámetros fisicoquímicos del biofertilizante elaborado. 	<p><u>Hipótesis general:</u> El biofertilizante elaborado a partir de residuos orgánicos tiene un comportamiento más eficiente en el desarrollo del cultivo de rábano en comparación a otras fuentes de fertilización.</p>	<p><u>VARIABLES de estudio:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura de planta (cm) • Numero de hojas • Área foliar (cm²) • Longitud de la raíz (cm) • Diámetro de la raíz (cm) • Peso de la raíz (g) • Volumen de la raíz (cm³) • Densidad de la raíz (g/cm³) • pH • Humedad (%) • Sólidos totales (%) 	<p><u>Tipo de investigación:</u> El tipo de investigación es experimental</p> <p><u>Diseño:</u> Diseño completamente aleatorio (DCA).</p> <p>5 tratamientos (tipos de fertilización) con 5 repeticiones.</p>

	3. Determinar la eficiencia del biofertilizante elaborado en el desarrollo del cultivo de rabanito en comparación a otros tratamientos.			
--	---	--	--	--

Anexo 2. Recolección de materia prima



Figura 25. Residuos orgánicos de col mercado mayorista de Lima



Figura 26. Recolección de residuos de col del mercado mayorista de Lima



Figura 27. Establo de ganado vacuno de Villa Asís



Figura 28. Recolección de estiércol de ganado vacuno de Villa Asís



Figura 29. Recolección de melaza de descarte –Productos Unión



Figura 30. Ceniza, cascara de huevo y levadura recolectada para la elaboración del biofertilizante.

Anexo 3. Elaboración del biofertilizante



Figura 31. Residuos de col.



Figura 32. Insumos para la elaboración del biofertilizante



Figura 33. Mezcla de melaza con suero de leche.



Figura 34. Proceso de mezclado de los insumos en el recipiente



Figura 35. Preparación de los insumos antes del sellado



Figura 36. Sellado hermético del recipiente



Figura 37. Sellado del recipiente y colocación de sistema de salida de gases





Figura 38. Cosecha del biofertilizante a los 45 días



Figura 39. Biofertilizante cosechado y tamizado

Anexo 4. Análisis de laboratorio del biofertilizante

 **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : JOEL JERSON COAQUIRA QUISPE
PROCEDENCIA : LIMA
MUESTRA DE : BIOL 1
REFERENCIA : H.R. 56539
BOLETA : 13705
FECHA : 15/11/16

Nº LAB	CLAVES	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L
955		2111.20	644.26	2540.00	2240.00	500.00


Dr. Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Figura 40. Análisis de laboratorio del biofertilizante

Anexo 5. Croquis del experimento

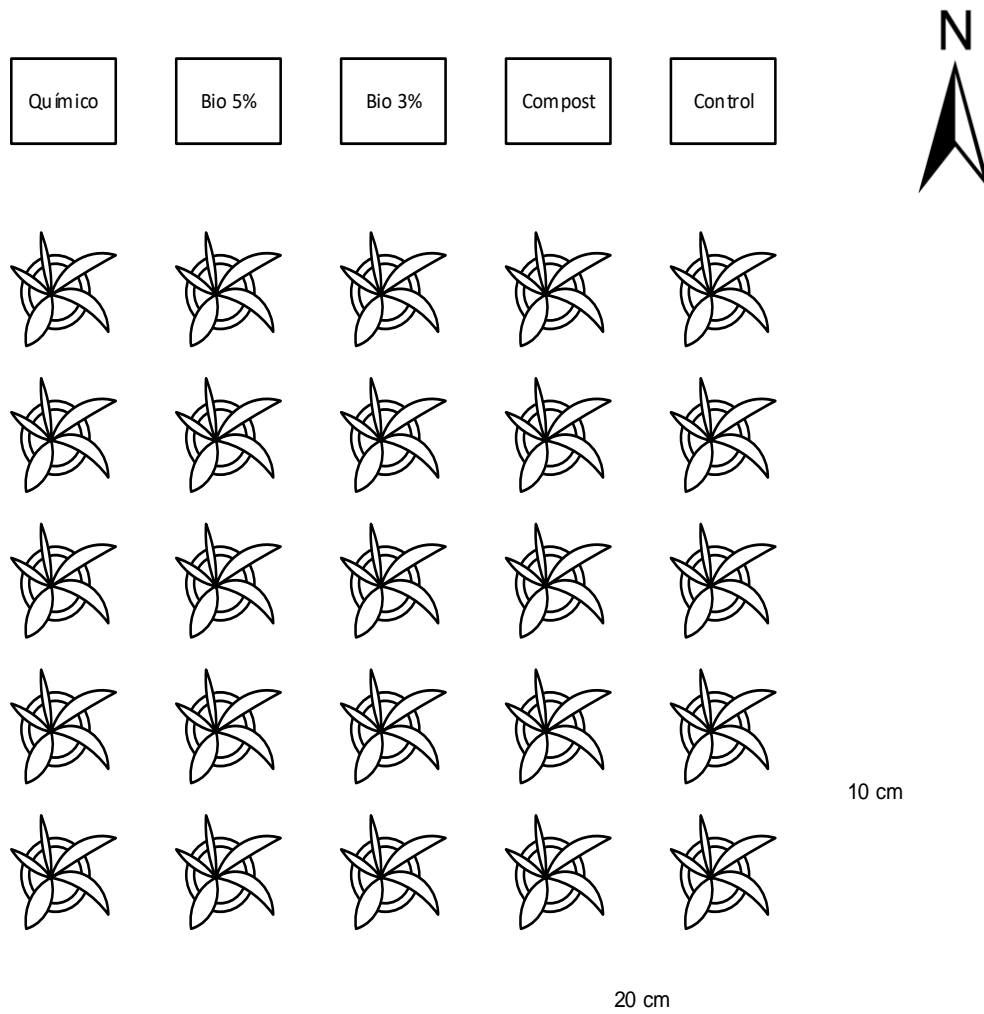


Figura 41. Croquis del esquema de cultivo de rábano.

Anexo 6. Cultivo del rábano



Figura 42. Semilla de rabanito



Figura 43. Compost Comercial usado como tratamiento complementario.



Figura 44. Fertilizante Comercial usado como tratamiento complementario.



Figura 45. Cultivo de rábano en macetas, 5 tratamientos con 5 repeticiones.



Figura 46. Germinación de las primeras semillas de rábano.



Figura 47. Cultivo de rábano en su punto de madures.



Figura 48. Cosecha del cultivo de rábano.



Figura 49. Muestra de rábanos cosechados.

Anexo 7. Análisis de laboratorio del cultivo de rábano



Figura 50. Medición del diámetro de la planta de rábano



Figura 51. Medición de la hoja de rábano.



Figura 52. Medición del diámetro de la raíz



Figura 53. Medición de la longitud de la raíz



Figura 54. Determinación del peso de la raíz



Figura 55. Determinación del volumen de la raíz

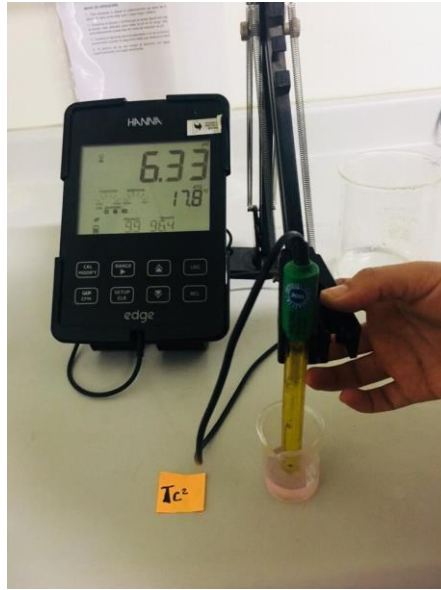


Figura 56. Determinación del pH de la raíz



Figura 57. Análisis para determinar la humedad del rábano

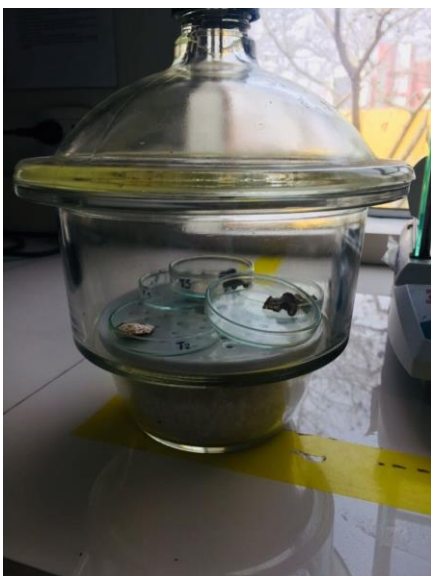


Figura 58. Proceso de secado de la raíz.



Figura 59. Peso seco de la raíz.



Figura 60. Raíz del rábano del tratamiento biofertilizante al 3%



Figura 61. Raíz del rábano del tratamiento biofertilizante al 5%

Anexo 8. Análisis estadístico de las variables respuesta

1. Análisis de Altura de Planta (cm)

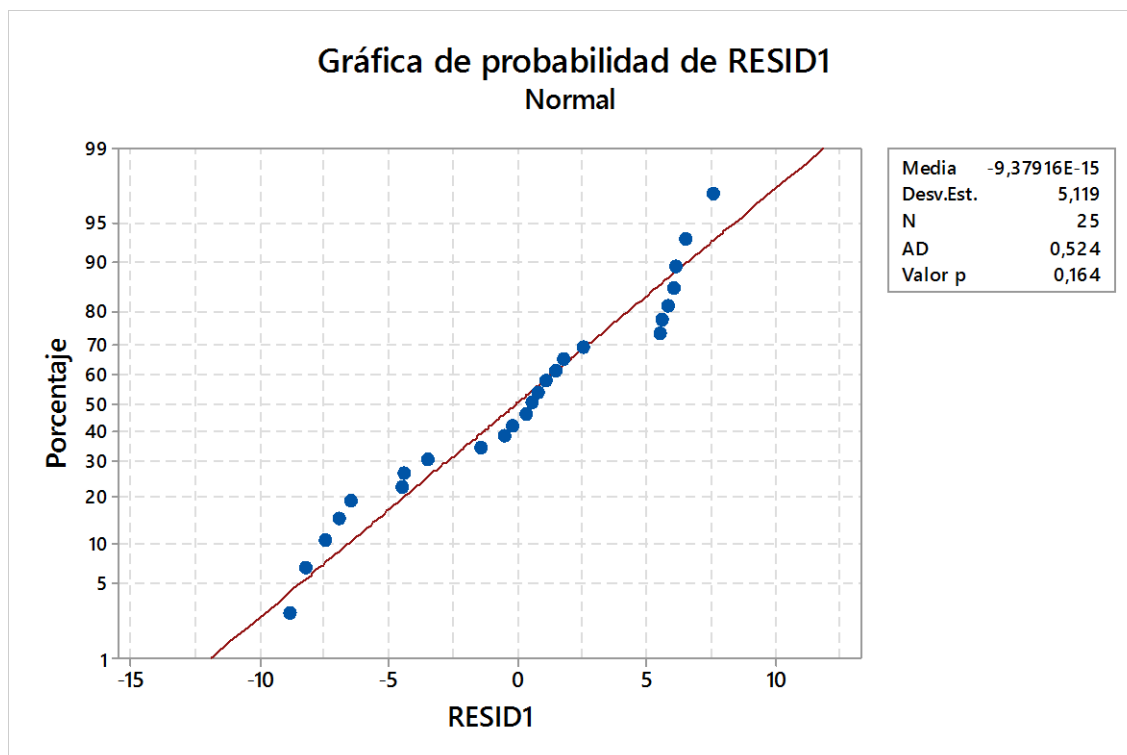
Repeticiones	ALTURA DE PLANTA (cm)				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	39	44.5	49	41.4	31
2	49	39	33.2	37.4	36.5
3	36	38	34.5	40.3	41.2
4	43.3	38.8	43.2	45	31.9
5	50	32	47	30	36.2
Promedio	43.46	38.46	41.38	38.82	35.36

Normalidad de errores

H₀: los errores de la altura de planta se distribuyen normalmente

H₁: los errores de la altura de planta no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.16$)

Homogeneidad de varianzas

Método

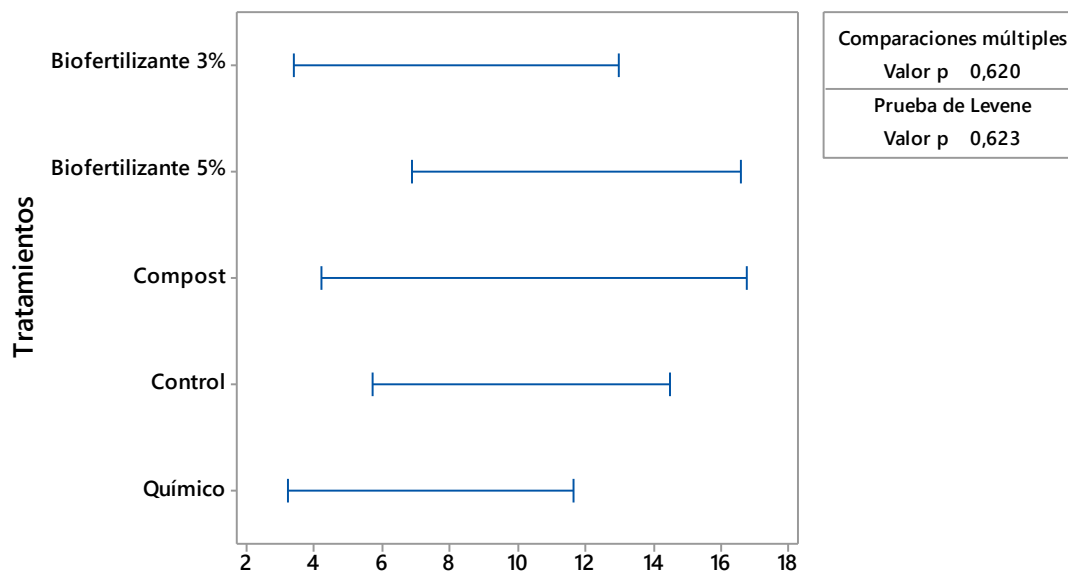
Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	4,43937	(0,94230; 43,1382)
Biofertilizante 5%	5	7,19736	(2,94757; 36,2484)
Compost	5	5,63134	(1,26547; 51,6867)
Control	5	6,10393	(2,30704; 33,3098)
Químico	5	4,09549	(1,18495; 29,1957)

Nivel de confianza individual = 99%

Prueba de varianzas iguales: ALTURA DE PLANTA (cm) vs. Tratamientos
Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar, $\alpha = 0,05$



Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0,620
Levene	0,67	0,623

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor p = 0.62)

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_1 : Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo Niveles	Valores
Tratamientos Fijo		5 Biofertilizante 3%; Biofertilizante 5%; Compost;
Control;		Químico

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	189.5	47.37	1.51	0.238
Error	20	629.0	31.45		
Total	24	818.5			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
5.60808	23.15%	7.78%	0.00%

Coefficientes de regresión

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	39.50	1.12	35.21	0.000	
Tratamientos					
Biofertilizante 3%	-1.04	2.24	-0.46	0.649	1.60
Biofertilizante 5%	1.88	2.24	0.84	0.411	1.60
Compost	-0.68	2.24	-0.30	0.766	1.60
Control	3.96	2.24	1.77	0.092	1.60

Ecuación de regresión

$$\text{ALTURA DE PLANTA (cm)} = 39.50 - 1.04 \text{ Tratamientos_Biofertilizante 3\%} + 1.88 \text{ Tratamientos_Biofertilizante 5\%} - 0.68 \text{ Tratamientos_Compost} + 3.96 \text{ Tratamientos_Control} - 4.14 \text{ Tratamientos_Químico}$$

Conclusión

A un nivel de significación del 5 %, se puede afirmar que estadísticamente no se evidencia diferencia significativa en los tratamientos aplicados.

2. Análisis de Número de Hojas

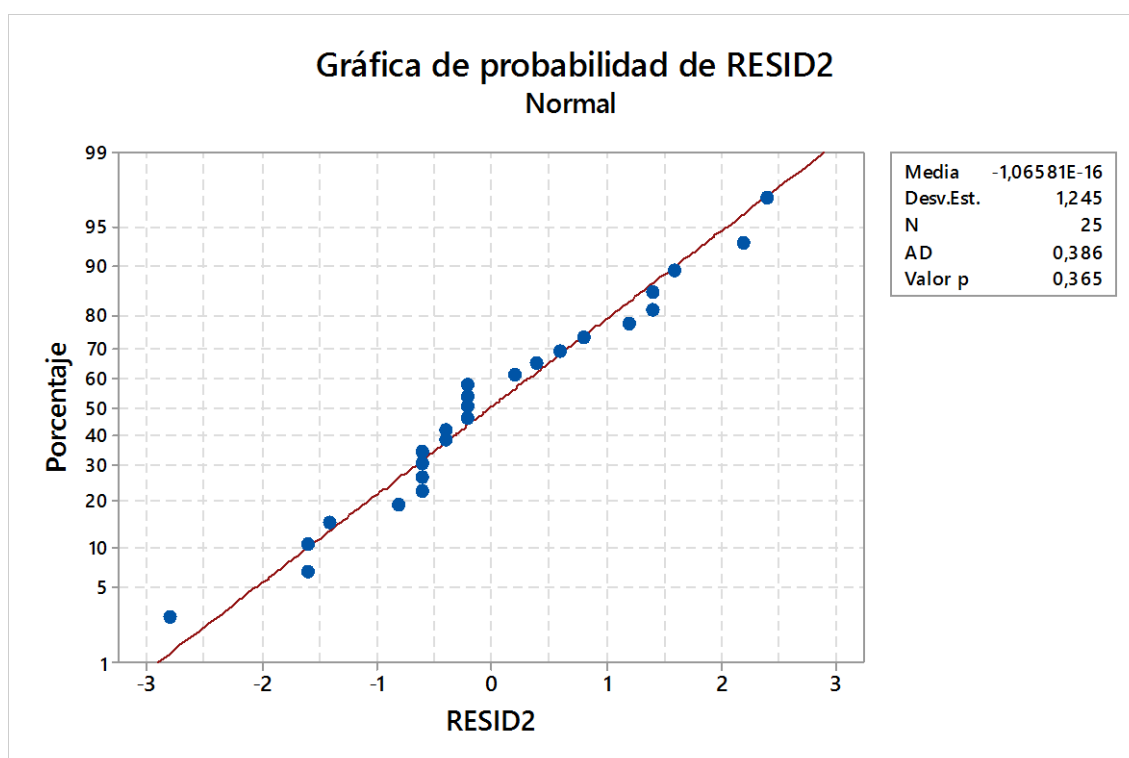
Repeticiones	PROMEDIO DE HOJAS				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	6	8	9	6	6
2	8	6	4	6	5
3	5	7	6	6	8
4	6	6	8	6	5
5	8	5	7	7	4
Promedio	6.6	6.4	6.8	6.2	5.6

Normalidad de errores

H₀: los errores del número de hojas por planta se distribuyen normalmente

H₁: los errores del número de hojas por planta no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.36$)

Homogeneidad de varianzas

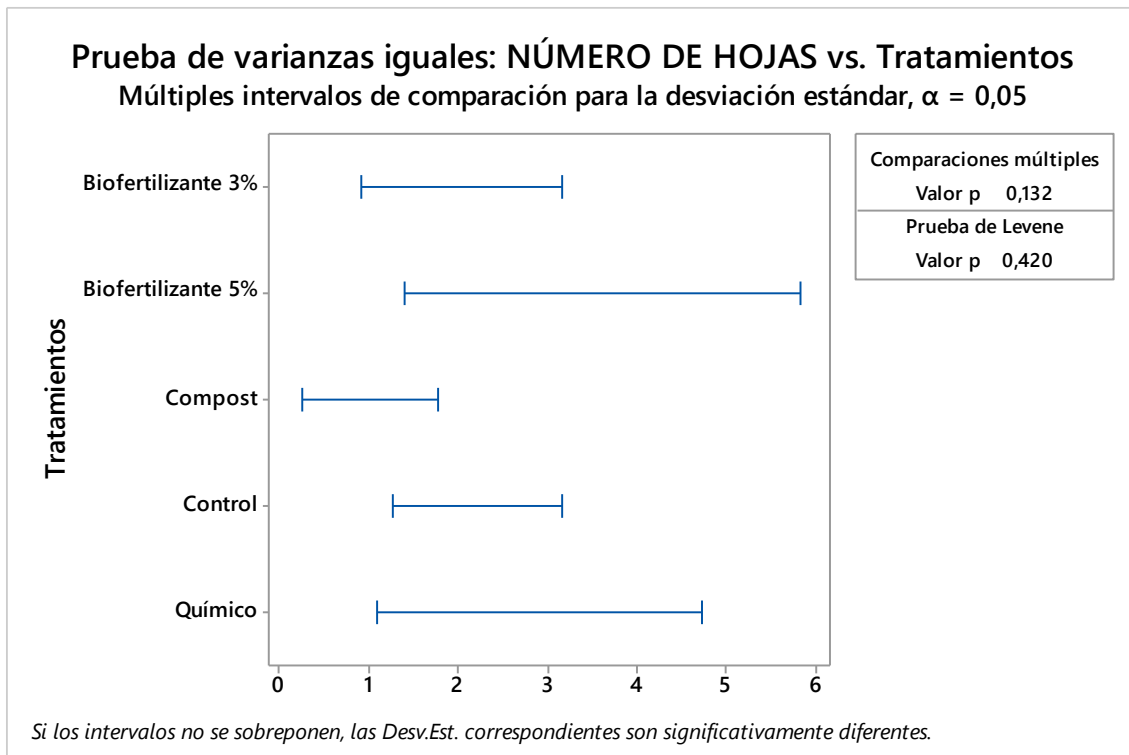
Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	1,14018	(0,312411; 8,5827)
Biofertilizante 5%	5	1,92354	(0,516316; 14,7806)
Compost	5	0,44721	(0,068221; 6,0467)
Control	5	1,34164	(0,511144; 7,2633)
Químico	5	1,51658	(0,338612; 14,0098)

Nivel de confianza individual = 99%



Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0,132
Levene	1,02	0,420

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H₀. (Valor p = 0.42)

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H₀: Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H₁: Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamientos	Fijo	5	Biofertilizante 3%; Biofertilizante 5%; Compost; Control;
			Químico

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	4,240	1,060	0,57	0,687
Error	20	37,200	1,860		
Total	24	41,440			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,36382	10,23%	0,00%	0,00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	6,320	0,273	23,17	0,000	
Tratamientos					
Biofertilizante 3%	0,080	0,546	0,15	0,885	1,60
Biofertilizante 5%	0,480	0,546	0,88	0,389	1,60
Compost	-0,120	0,546	-0,22	0,828	1,60
Control	0,280	0,546	0,51	0,613	1,60

Ecuación de regresión

NÚMERO DE HOJAS = 6,320 + 0,080 Tratamientos_Biofertilizante 3%
 + 0,480 Tratamientos_Biofertilizante 5% -
 0,120 Tratamientos_Compost
 + 0,280 Tratamientos_Control - 0,720 Tratamientos_Químico

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	NÚMERO DE HOJAS	Ajuste	Resid	Resid est.	
12	4,000	6,800	-2,800	-2,30	R

Residuo grande R

Conclusión

A un nivel de significación del 5 %, se puede afirmar que las diferencias entre las medias no son estadísticamente significativas.

3. Análisis de Área Foliar (cm²)

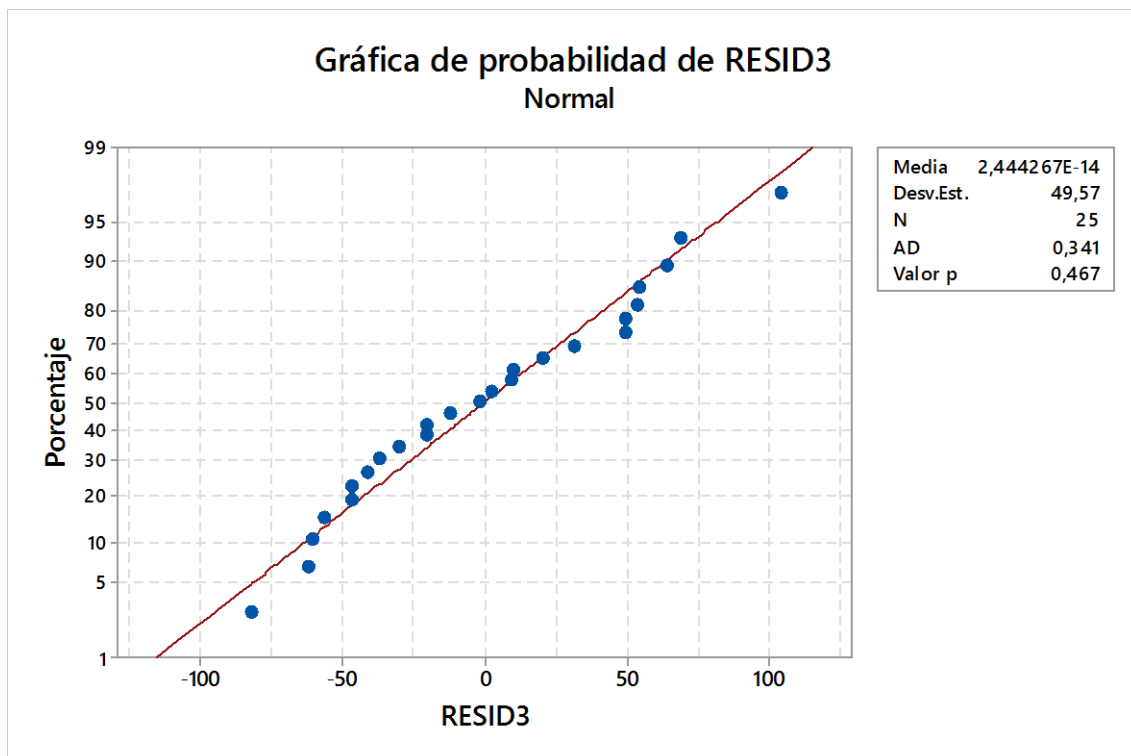
Repeticiones	AREA FOLIAR (cm ²)				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	289.097	183.562	282.499	200.789	146.904
2	260.184	188.163	145.742	165.627	220.512
3	183.250	195.307	181.498	244.240	236.127
4	177.619	165.365	332.651	175.549	125.632
5	289.142	195.675	198.35	277.043	106.627
Promedio	239.8584	185.6144	228.148	212.6496	167.1604

Normalidad de errores

H₀: los errores del área foliar de la planta se distribuyen normalmente

H₁: los errores del área foliar de la planta no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.46$)

Homogeneidad de varianzas

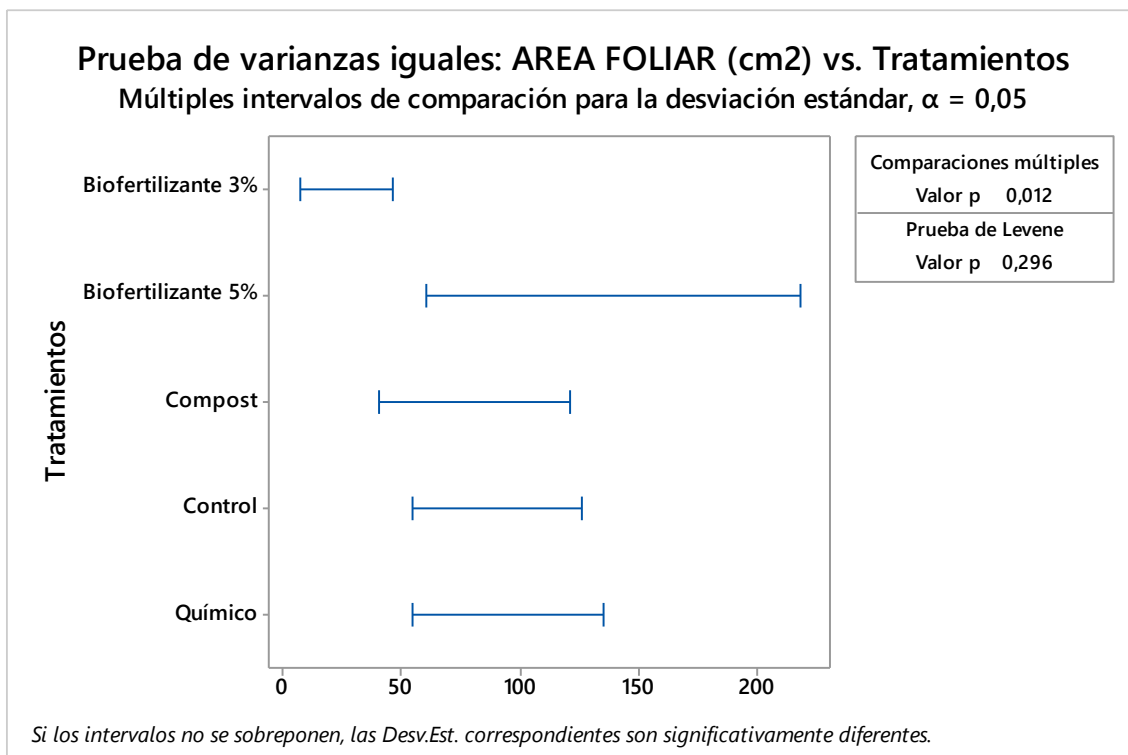
Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	12,4087	(2,6386; 120,363)
Biofertilizante 5%	5	77,0224	(25,8971; 472,487)
Compost	5	47,0975	(15,9094; 287,574)
Control	5	55,5533	(23,9421; 265,868)
Químico	5	57,8835	(23,3085; 296,485)

Nivel de confianza individual = 99%



Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0,012
Levene	1,32	0,296

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significancia de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor p = 0.296)

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_1 : Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamientos	Fijo	5	Biofertilizante 3%; Biofertilizante 5%; Compost; Control;
			Químico

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	18014	4504	1.53	0.232
Error	20	58965	2948		
Total	24	76980			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
54.2978	23.40%	8.08%	0.00%

Coefficientes de regresión

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	206.7	10.9	19.03	0.000	
Tratamientos					

Biofertilizante 3%	-21.1	21.7	-0.97	0.344	1.60
Biofertilizante 5%	21.5	21.7	0.99	0.335	1.60
Compost	6.0	21.7	0.27	0.786	1.60
Control	33.2	21.7	1.53	0.142	1.60

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{AREA FOLIAR (cm2)} &= 206.7 - 21.1 \text{ Tratamientos_Biofertilizante 3\%} && 5\% \\ &+ 21.5 \text{ Tratamientos_Biofertilizante} \\ &+ 6.0 \text{ Tratamientos_Compost} \\ &+ 33.2 \text{ Tratamientos_Control} - 39.5 \text{ Tratamientos_Químico} \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

	AREA				
Obs	FOLIAR (cm2)	Ajuste	Resid	Resid est.	
14	332.7	228.1	104.5	2.15	R

Residuo grande R

Conclusión

A un nivel de significación del 5 %, se puede afirmar que estadísticamente no existe diferencia significativa entre las medias.

4. Análisis de Longitud de la raíz (cm)

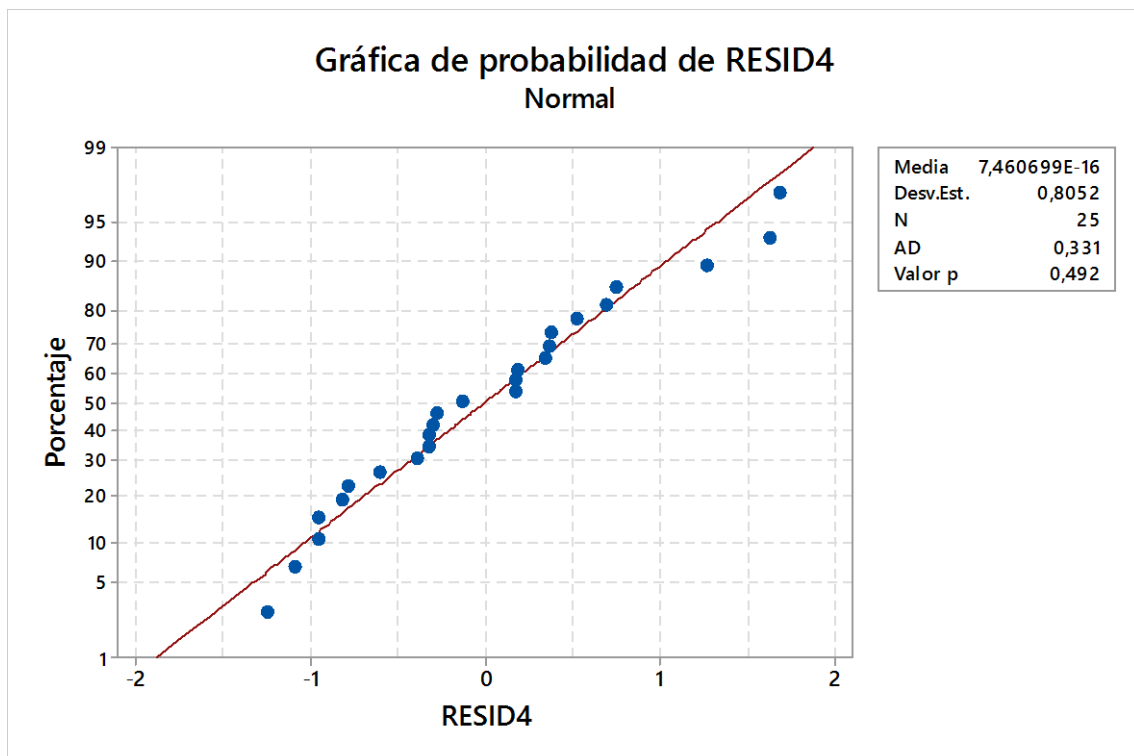
Repeticiones	LONGITUD DE LA RAIZ (cm)				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	4,492	3,62	5,781	3,94	3,817
2	4,504	5,088	5,263	5,916	4,035
3	3,82	4,948	4,7	3,955	3,61
4	4,84	4,749	5,49	3,45	4,595
5	3,062	4,446	4,36	3,916	6,05
Promedio	4,1436	4,5702	5,1188	4,2354	4,4214

Normalidad de errores

H₀: los errores de la longitud de la raíz se distribuyen normalmente

H₁: los errores de la longitud de la raíz no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.49$)

Homogeneidad de varianzas

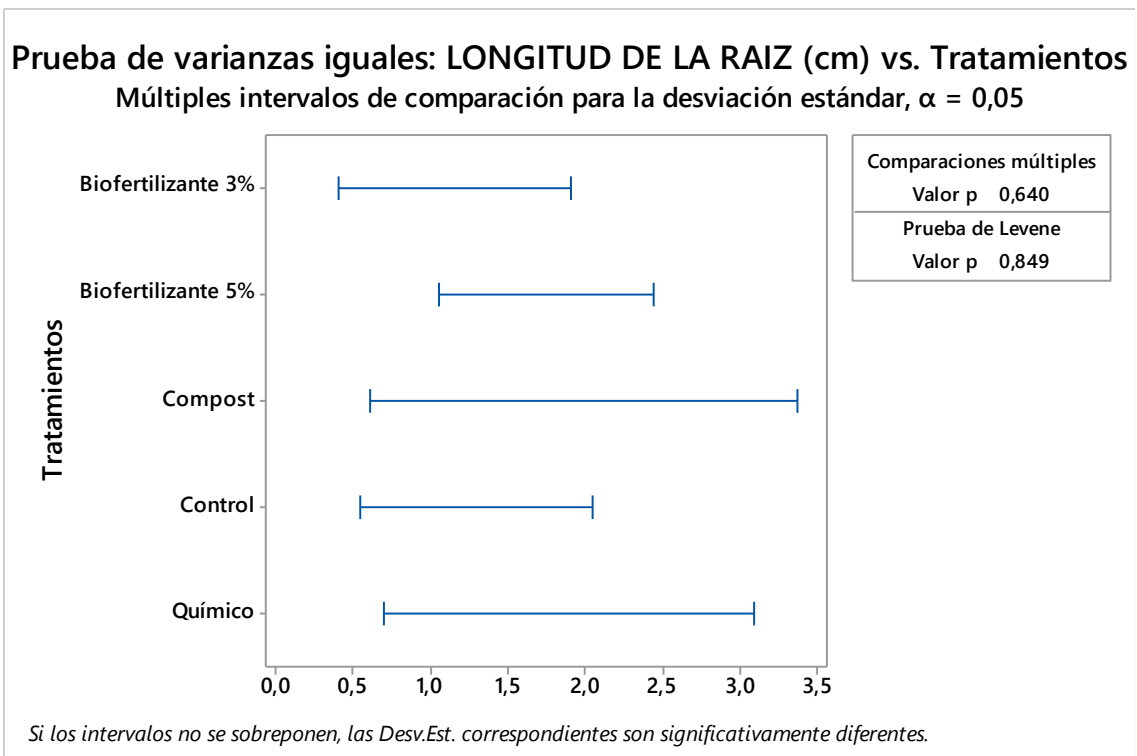
Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	0,58334	(0,124949; 5,6171)
Biofertilizante 5%	5	1,07495	(0,405778; 5,8735)
Compost	5	0,96296	(0,159391; 11,9994)
Control	5	0,70902	(0,186249; 5,5671)
Químico	5	0,98176	(0,199755; 9,9523)

Nivel de confianza individual = 99%



Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0,640
Levene	0,34	0,849

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.849$)

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_1 : Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamientos	Fijo	5	Biofertilizante 3%; Biofertilizante 5%; Compost; Control;
			Químico

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	0,6688	0,1672	0,21	0,927
Error	20	15,5587	0,7779		
Total	24	16,2275			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,882005	4,12%	0,00%	0,00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	4,378	0,176	24,82	0,000	
Tratamientos					
Biofertilizante 3%	0,192	0,353	0,55	0,591	1,60
Biofertilizante 5%	0,140	0,353	0,40	0,695	1,60
Compost	-0,142	0,353	-0,40	0,691	1,60
Control	-0,234	0,353	-0,66	0,514	1,60

Ecuación de regresión

LONGITUD DE LA RAIZ (cm) = 4,378 + 0,192 Tratamientos_Biofertilizante 3% + 0,140 Tratamientos_Biofertilizante 5%

- 0,142 Tratamientos_Compost
 0,234 Tratamientos_Control
 + 0,044 Tratamientos_Químico

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	LONGITUD DE LA RAIZ (cm)	Ajuste	Resid	Resid est.	
17	5,916	4,235	1,681	2,13	R
25	6,050	4,421	1,629	2,06	R

Residuo grande R

Conclusión

A un nivel de significación del 5 %, se puede afirmar que estadísticamente no existe diferencia significativa entre las medias.

5. Análisis del Diámetro de la raíz (cm)

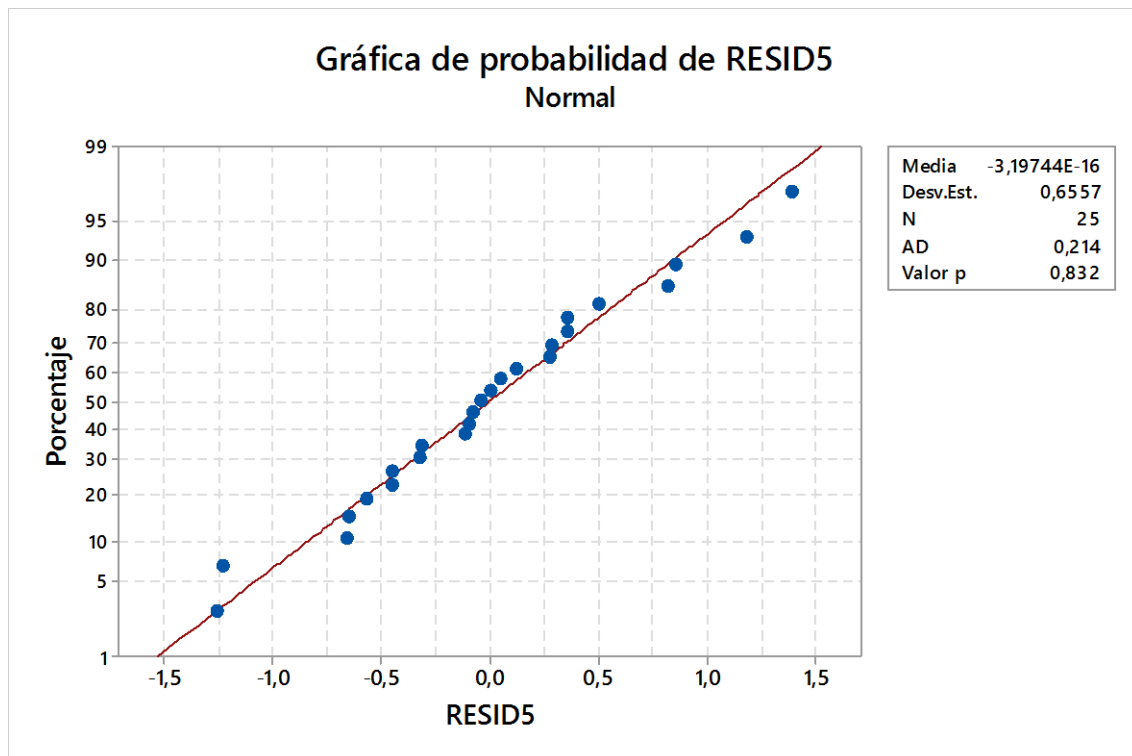
Repeticiones	DIAMETRO DE LA RAIZ (cm)				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	4,881	4,218	5,038	4,345	3,818
2	4,057	3,635	3,769	3,541	3,28
3	2,47	3,675	3,318	4,839	2,9
4	3,71	3,99	2,924	3,334	2,432
5	3,389	3,058	3,696	3,868	2,544
Promedio	3,7014	3,7152	3,749	3,9854	2,9948

Normalidad de errores

H₀: los errores del diámetro de la raíz se distribuyen normalmente

H₁: los errores del diámetro de la raíz no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.83$)

Homogeneidad de varianzas

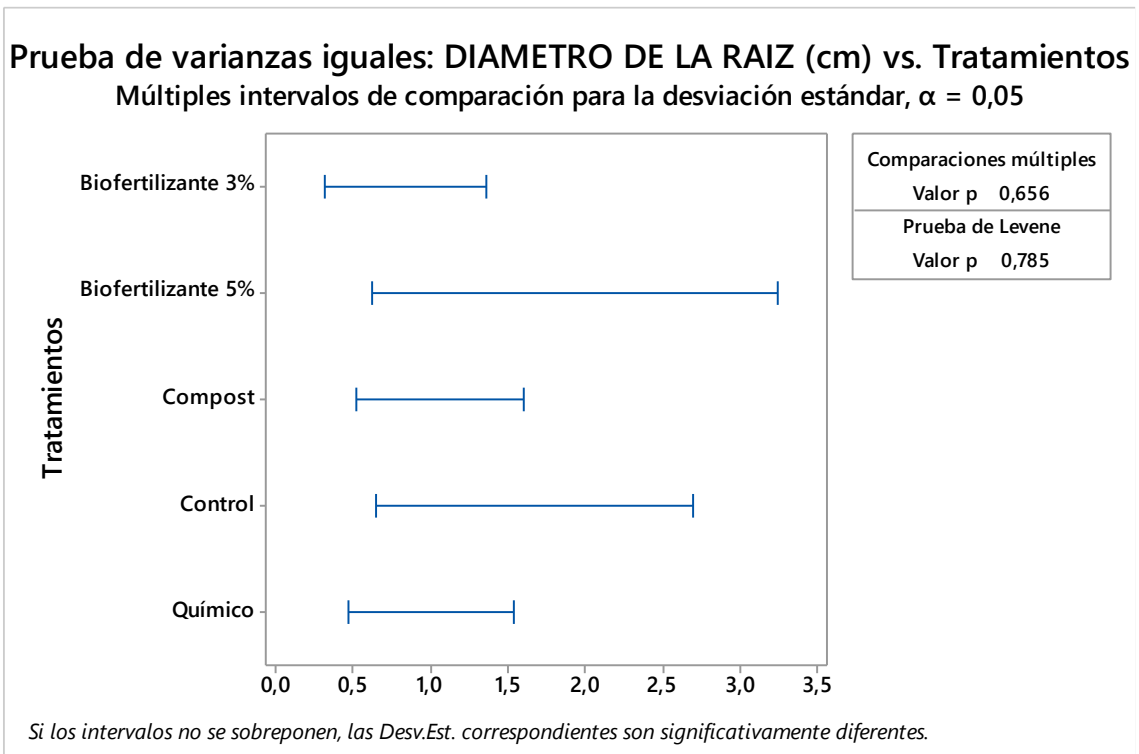
Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	0,438259	(0,107510; 3,68485)
Biofertilizante 5%	5	0,953656	(0,212906; 8,81053)
Compost	5	0,611053	(0,190908; 4,03404)
Control	5	0,884862	(0,216883; 7,44615)
Químico	5	0,567439	(0,166353; 3,99223)

Nivel de confianza individual = 99%



Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0,656
Levene	0,43	0,785

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor p = 0.785).

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_1 : Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamientos	Fijo	5	Biofertilizante 3%; Biofertilizante 5%; Compost; Control;
			Químico

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	2,699	0,6748	1,31	0,301
Error	20	10,320	0,5160		
Total	24	13,019			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,718315	20,73%	4,88%	0,00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	3,608	0,144	25,11	0,000	
Tratamientos					
Biofertilizante 3%	0,107	0,287	0,37	0,713	1,60
Biofertilizante 5%	0,035	0,287	0,12	0,905	1,60
Compost	0,378	0,287	1,31	0,204	1,60
Control	0,094	0,287	0,33	0,748	1,60

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{DIAMETRO DE LA RAIZ (cm)} &= 3,608 + 0,107 \text{ Tratamientos_Biofertilizante 3\%} \\ &+ 0,035 \text{ Tratamientos_Biofertilizante 5\%} \\ &+ 0,378 \text{ Tratamientos_Compost} \\ + 0,094 \text{ Tratamientos_Control} & \\ &- 0,613 \text{ Tratamientos_Químico} \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

	DIAMETRO DE LA			Resid	
Obs	RAIZ (cm)	Ajuste	Resid	est.	
11	5,038	3,642	1,396	2,17	R

Residuo grande R

Conclusión

A un nivel de significación del 5 %, se puede afirmar que estadísticamente no existe diferencia significativa entre las medias.

6. Análisis del Peso de la raíz (g)

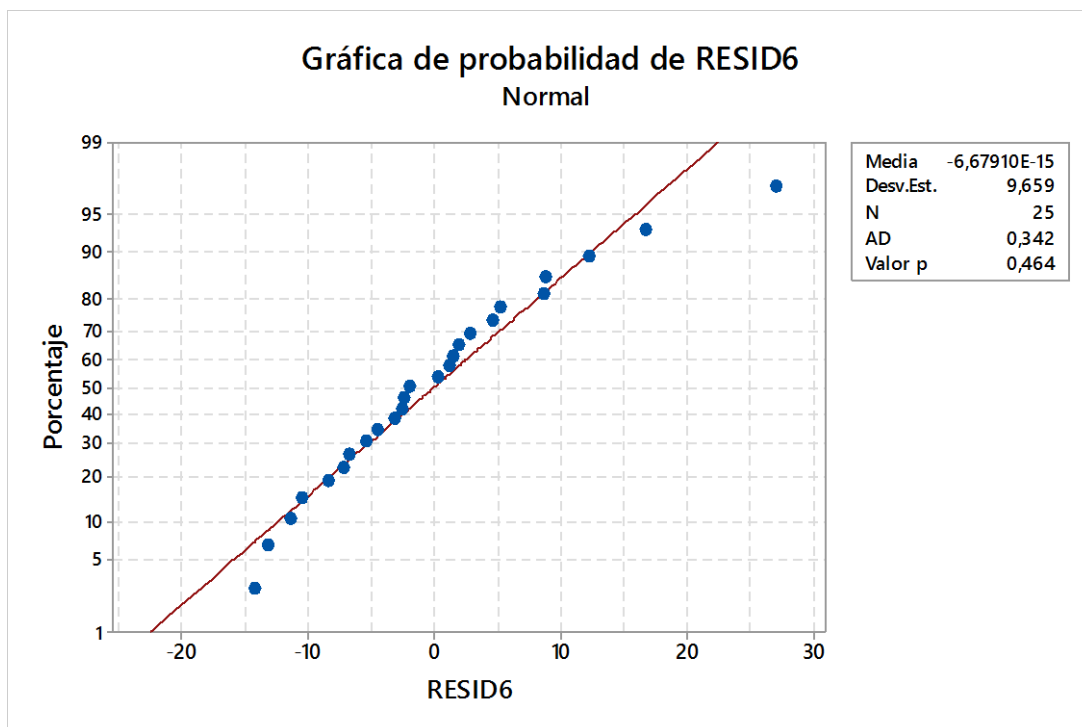
Repeticiones	PESO DE LA RAIZ (g)				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	47,7	41,7	61,28	34,66	28,24
2	33,86	37,6	36,07	27,28	13,52
3	17,79	38,27	23,64	26,99	13,44
4	24,26	28,54	27,04	22,7	10,51
5	31,25	18,8	22,83	18,52	14
Promedio	30,972	32,982	34,172	26,03	15,942

Normalidad de errores

H₀: los errores del peso de la raíz se distribuyen normalmente

H₁: los errores del peso de la raíz no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.46$).

Homogeneidad de varianzas

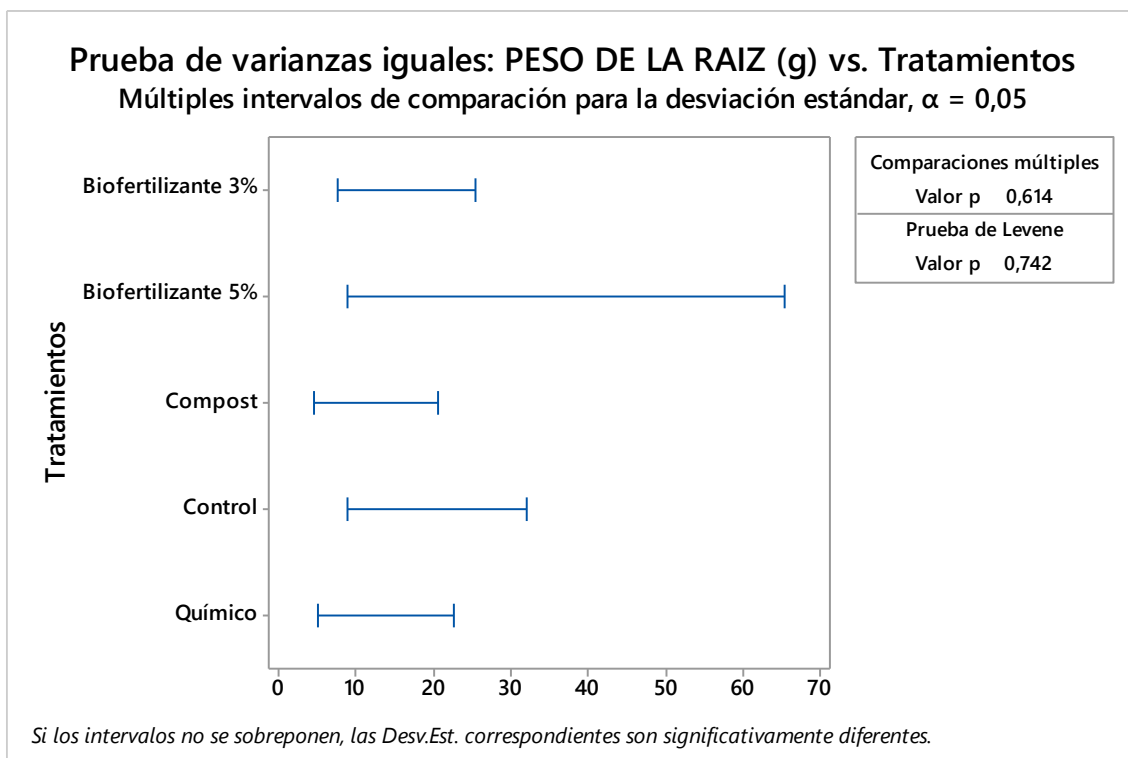
Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	9,3026	(2,49382; 71,573)
Biofertilizante 5%	5	16,0380	(3,07409; 172,581)
Compost	5	6,3365	(1,58467; 52,259)
Control	5	11,2590	(2,78909; 93,744)
Químico	5	7,0115	(1,14401; 88,634)

Nivel de confianza individual = 99%



Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0,614
Levene	0,49	0,742

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor p = 0.74)

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_1 : Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamientos	Fijo	5	Biofertilizante 3%; Biofertilizante 5%; Compost; Control;
			Químico

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC		Valor F	Valor p
		Ajust.	MC Ajust.		
Tratamientos	4	1109	277,3	2,48	0,077
Error	20	2239	112,0		
Total	24	3349			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
10,5814	33,13%	19,75%	0,00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	27,98	2,12	13,22	0,000	
Tratamientos					
Biofertilizante 3%	5,00	4,23	1,18	0,251	1,60
Biofertilizante 5%	6,19	4,23	1,46	0,159	1,60
Compost	-2,15	4,23	-0,51	0,617	1,60
Control	2,99	4,23	0,71	0,488	1,60

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{PESO DE LA RAIZ (g)} = & 27,98 + 5,00 \text{ Tratamientos_Biofertilizante } 3\% \\ & + 6,19 \text{ Tratamientos_Biofertilizante } 5\% - \\ & 2,15 \text{ Tratamientos_Compost} \\ & + 2,99 \text{ Tratamientos_Control} - 12,04 \text{ Tratamientos_Químico} \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

	PESO DE LA RAIZ (g)	Ajuste	Resid	Resid est.	
Obs					
11	61,28	34,17	27,11	2,86	R

Residuo grande R

Conclusión

A un nivel de significación del 5 %, se puede afirmar que estadísticamente no existe diferencia significativa entre las medias.

7. Análisis del Volumen de la raíz (cm³)

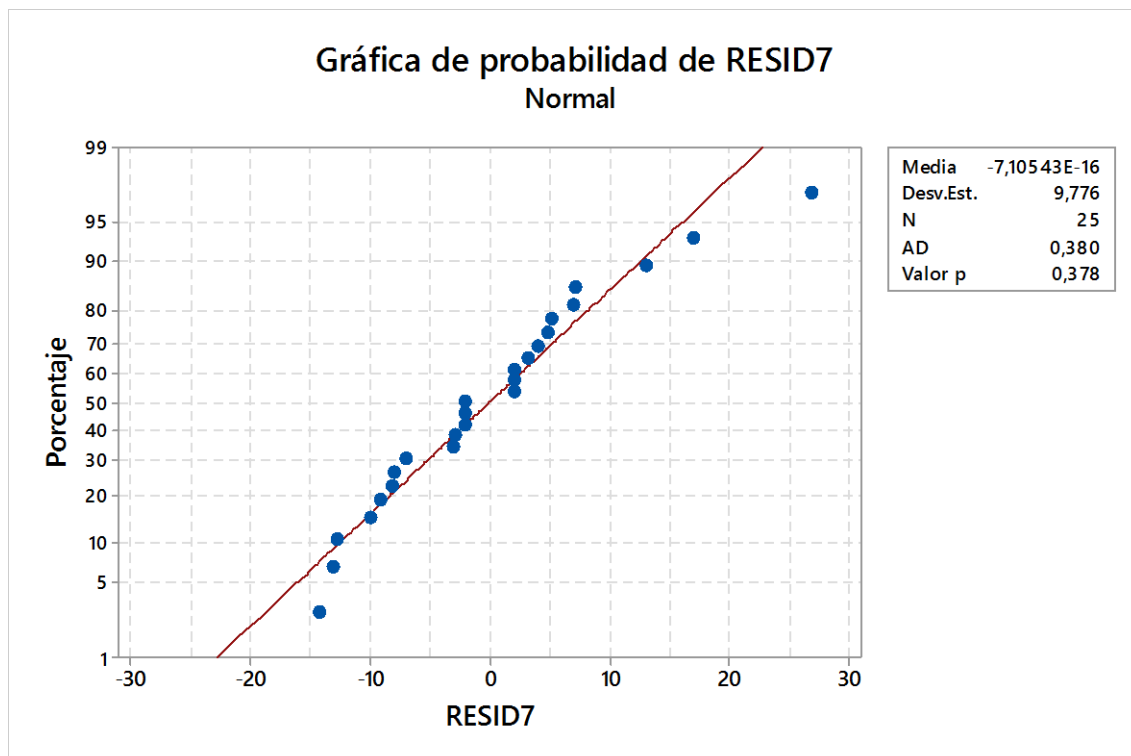
Repeticiones	VOLUMEN DE LA RAIZ (cm ³)				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	45	38	60	35	30
2	30	40	38	30	15
3	20	30	22	25	15
4	15	36	25	32	10
5	30	20	24	18	15
Promedio	28	32,8	33,8	28	17

Normalidad de errores

H₀: los errores del volumen de la raíz se distribuyen normalmente

H₁: los errores del volumen de la raíz no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor p = 0.37).

Homogeneidad de varianzas

Método

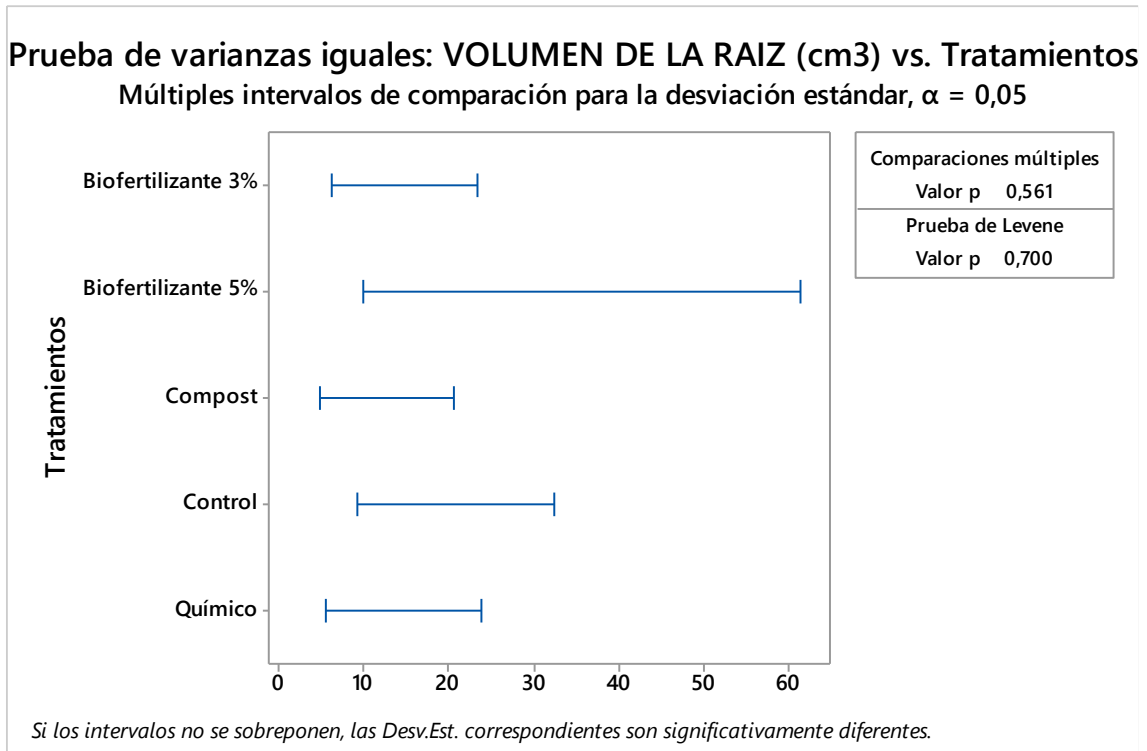
Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	8,0747	(1,91668; 70,163)
Biofertilizante 5%	5	16,5439	(3,67871; 153,457)
Compost	5	6,6708	(1,77360; 51,750)
Control	5	11,5109	(2,97311; 91,921)
Químico	5	7,5829	(1,31629; 90,100)

Nivel de confianza individual = 99%



Pruebas

Método Estadística de prueba Valor p

Comparaciones múltiples	-	0,561
Levene	0,55	0,700

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.70$).

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_1 : Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamientos	Fijo	5	Biofertilizante 3%; Biofertilizante 5%; Compost; Control;
			Químico

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	854,4	213,6	1,86	0,157
Error	20	2293,6	114,7		
Total	24	3148,0			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
10,7089	27,14%	12,57%	0,00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	27,80	2,14	12,98	0,000	
Tratamientos					
Biofertilizante 3%	5,00	4,28	1,17	0,257	1,60
Biofertilizante 5%	5,40	4,28	1,26	0,222	1,60
Compost	0,20	4,28	0,05	0,963	1,60
Control	0,20	4,28	0,05	0,963	1,60

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned}
 \text{VOLUMEN DE LA RAIZ (cm3)} &= 27,80 + 5,00 \text{ Tratamientos_Biofertilizante } 3\% && 5\% \\
 &+ 5,40 \text{ Tratamientos_Biofertilizante} \\
 + 0,20 \text{ Tratamientos_Compost} &&& \\
 &+ 0,20 \text{ Tratamientos_Control} && - \\
 10,80 \text{ Tratamientos_Químico} &&&
 \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

VOLUMEN DE LA RAIZ			Resid	
Obs	(cm3)	Ajuste	Resid	est.
11	60,00	33,20	26,80	2,80 R

Residuo grande R

Conclusión

A un nivel de significación del 5 %, se puede afirmar que estadísticamente no existe diferencia significativa entre las medias.

8. Análisis de la Densidad de la raíz (g/cm³)

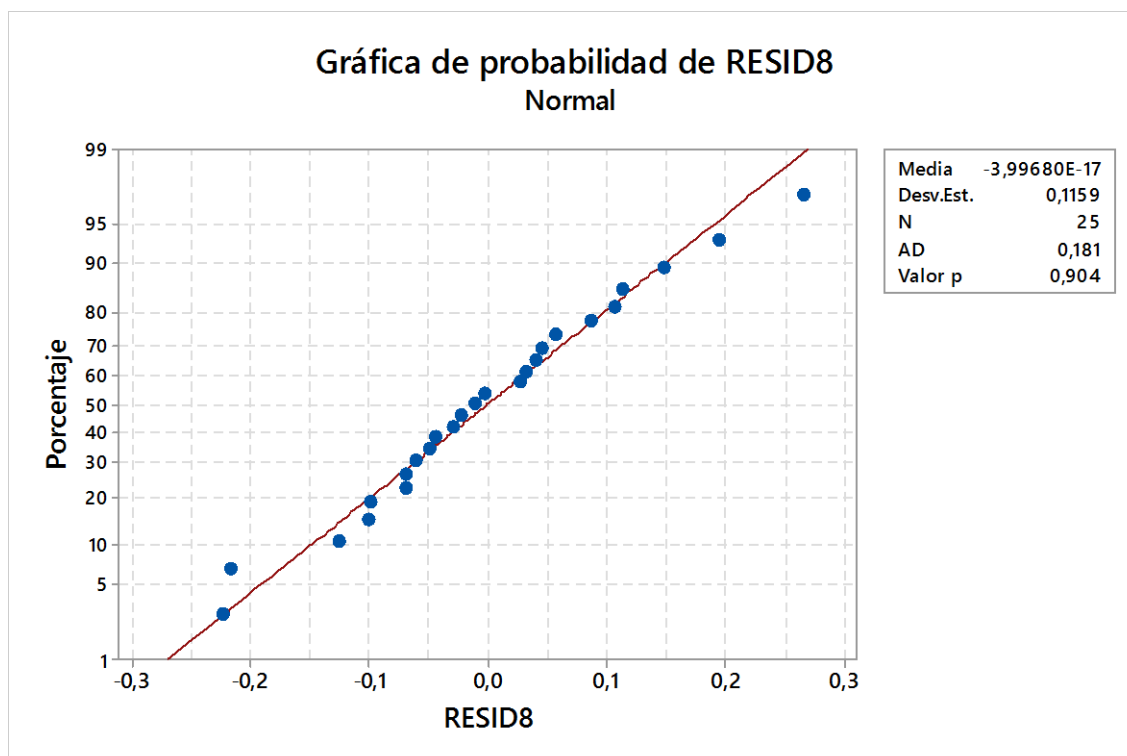
Repeticiones	DENSIDAD DE LA RAIZ (g/cm ³)				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	1,06	1,097	1,021	0,990	0,9413
2	1,129	0,94	0,949	0,909	0,9013
3	0,8895	1,276	1,075	1,080	0,896
4	1,617	0,793	1,082	0,709	1,051
5	1,042	0,94	0,951	1,029	0,933
Promedio	1,147	1,009	1,016	0,943	0,945

Normalidad de errores

H₀: los errores de la densidad de la raíz se distribuyen normalmente

H₁: los errores de la densidad de la raíz no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.90$).

Homogeneidad de varianzas

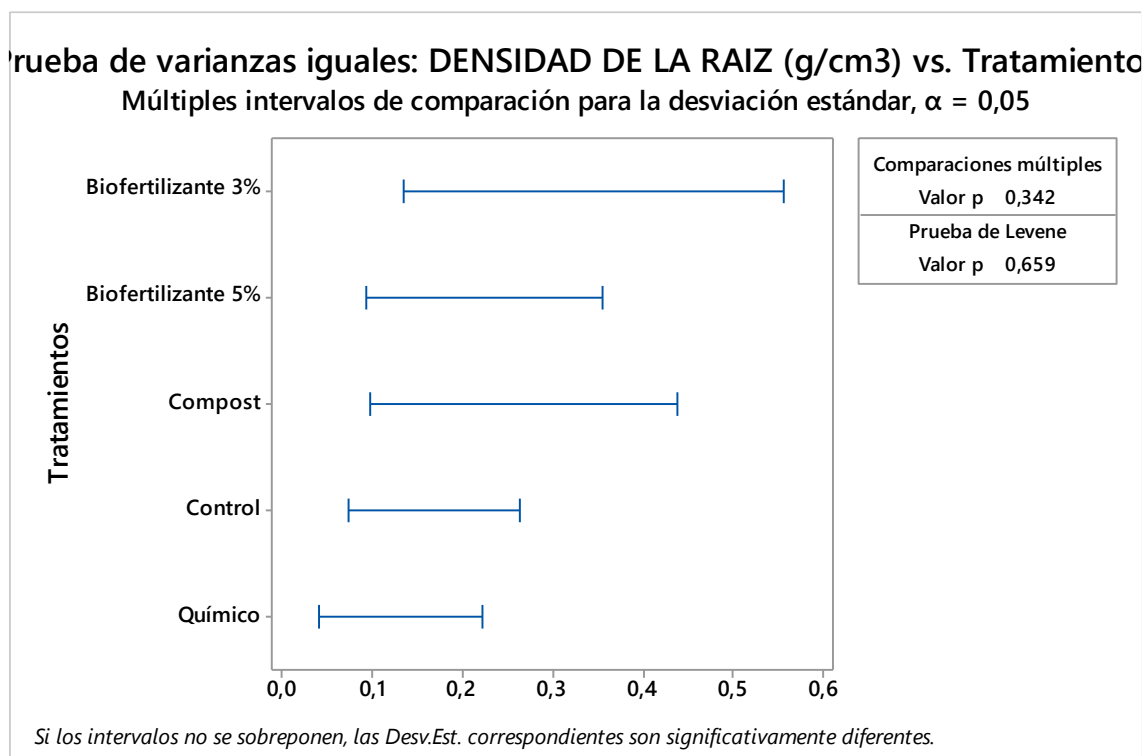
Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	0,183855	(0,0488972; 1,42585)
Biofertilizante 5%	5	0,121964	(0,0280254; 1,09476)
Compost	5	0,138858	(0,0291802; 1,36289)
Control	5	0,093675	(0,0285104; 0,63482)
Químico	5	0,062656	(0,0115453; 0,70134)

Nivel de confianza individual = 99%



Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0,342
Levene	0,61	0,659

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor p = 0.659).

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_1 : Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	0,04980	0,01245	0,77	0,556
Error	20	0,32264	0,01613		
Total	24	0,37244			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,127012	13,37%	0,00%	0,00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	0,9900	0,0254	38,97	0,000	
Tratamientos					
Biofertilizante 3%	0,0192	0,0508	0,38	0,710	1,60
Biofertilizante 5%	0,0594	0,0508	1,17	0,256	1,60
Compost	-0,0580	0,0508	-1,14	0,267	1,60
Control	0,0251	0,0508	0,49	0,627	1,60

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{DENSIDAD DE LA RAIZ (g/cm}^3\text{)} = & 0,9900 + 0,0192 \text{ Tratamientos_Biofertilizante 3\%} \\ & + 0,0594 \text{ Tratamientos_Biofertilizante 5\%} \\ & - 0,0580 \text{ Tratamientos_Compost} \\ & + 0,0251 \text{ Tratamientos_Control} \\ & - 0,0455 \text{ Tratamientos_Químico} \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

DENSIDAD DE LA RAIZ	Resid
---------------------	-------

Obs	(g/cm3)	Ajuste	Resid	est.
8	1,2760	1,0092	0,2668	2,35 R

Residuo grande R

Conclusión

A un nivel de significación del 5 %, se puede afirmar que estadísticamente no existe diferencia significativa entre las medias.

9. Análisis de pH

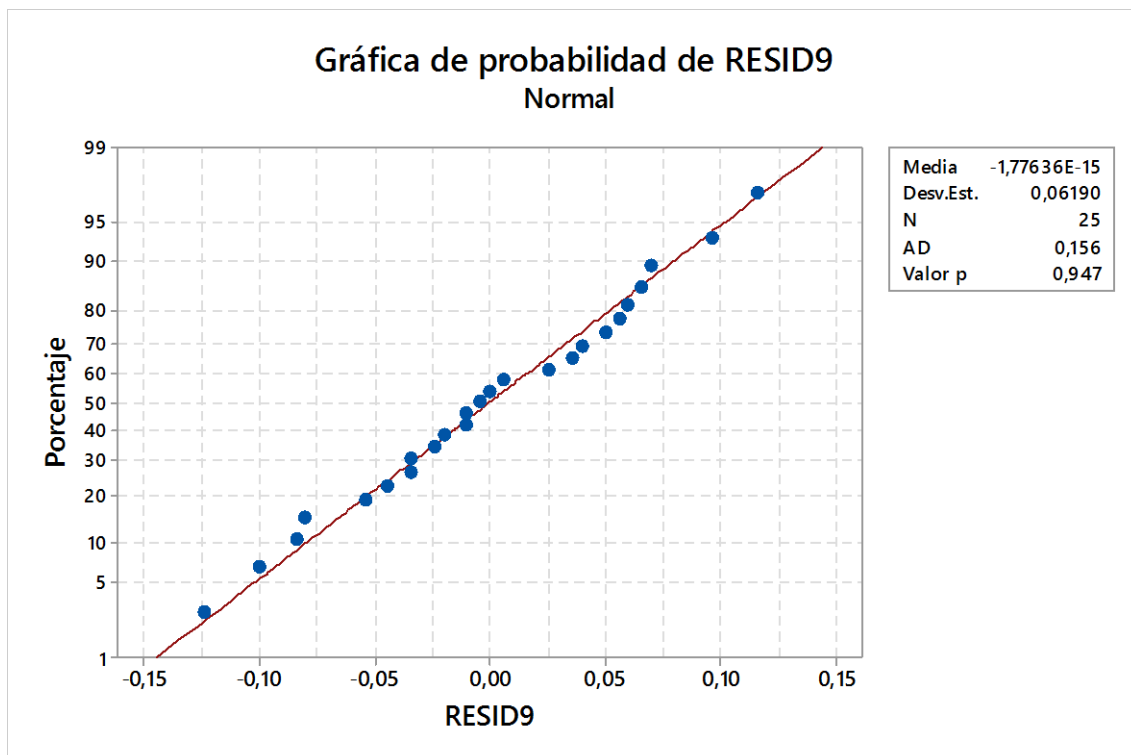
Repeticiones	pH				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	6.34	6.32	6.29	6.53	6.54
2	6.36	6.23	6.35	6.59	6.53
3	6.16	6.24	6.24	6.58	6.45
4	6.24	6.3	6.31	6.54	6.37
5	6.12	6.23	6.23	6.46	6.46
Promedio	6.244	6.264	6.284	6.54	6.47

Normalidad de errores

H₀: los errores del pH se distribuyen normalmente

H₁: los errores del pH no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.94$)

Homogeneidad de varianzas

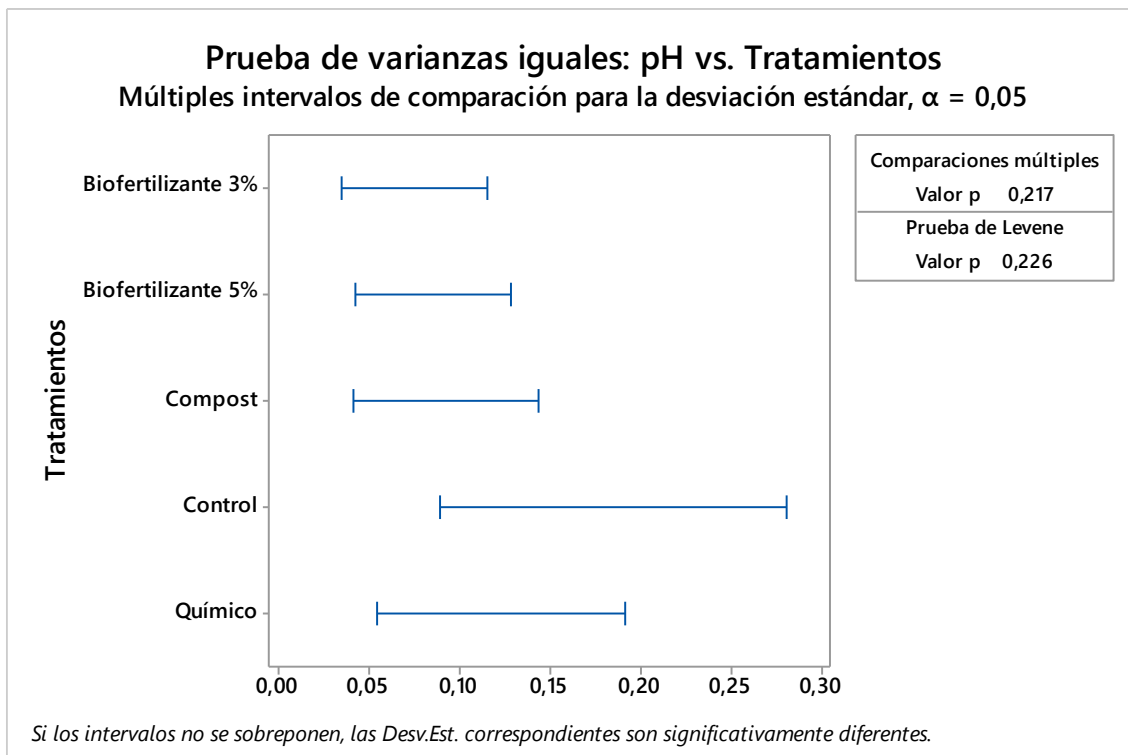
Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	0,042778	(0,0167799; 0,224941)
Biofertilizante 5%	5	0,049800	(0,0165940; 0,308253)
Compost	5	0,051478	(0,0123500; 0,442575)
Control	5	0,106207	(0,0416190; 0,559016)
Químico	5	0,068920	(0,0194630; 0,503373)

Nivel de confianza individual = 99%



Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0,217
Levene	1,55	0,226

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.22$)

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_1 : Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamientos Control;	Fijo	5	Biofertilizante 3%; Biofertilizante 5%; Compost; Químico

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	0.36474	0.091184	19.83	0.000
Error	20	0.09196	0.004598		
Total	24	0.45670			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0678086	79.86%	75.84%	68.54%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	6.3604	0.0136	469.00	0.000	
Tratamientos					
Biofertilizante 3%	-0.0964	0.0271	-3.55	0.002	1.60
Biofertilizante 5%	-0.0764	0.0271	-2.82	0.011	1.60

Compost	0.1796	0.0271	6.62	0.000	1.60
Control	-0.1164	0.0271	-4.29	0.000	1.60

Ecuación de regresión

$$\text{pH} = 6.3604 - 0.0964 \text{ Tratamientos_Biofertilizante} - 0.0764 \text{ Tratamientos_Biofertilizante } 5\% + 0.1796 \text{ Tratamientos_Compost} - 0.1164 \text{ Tratamientos_Control} + 0.1096 \text{ Tratamientos_Químico}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	pH	Ajuste	Resid	Resid est.	
5	6.1200	6.2440	-0.1240	-2.04	R

Residuo grande R

Conclusión

A un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que existe una diferencia significativa entre las medias.

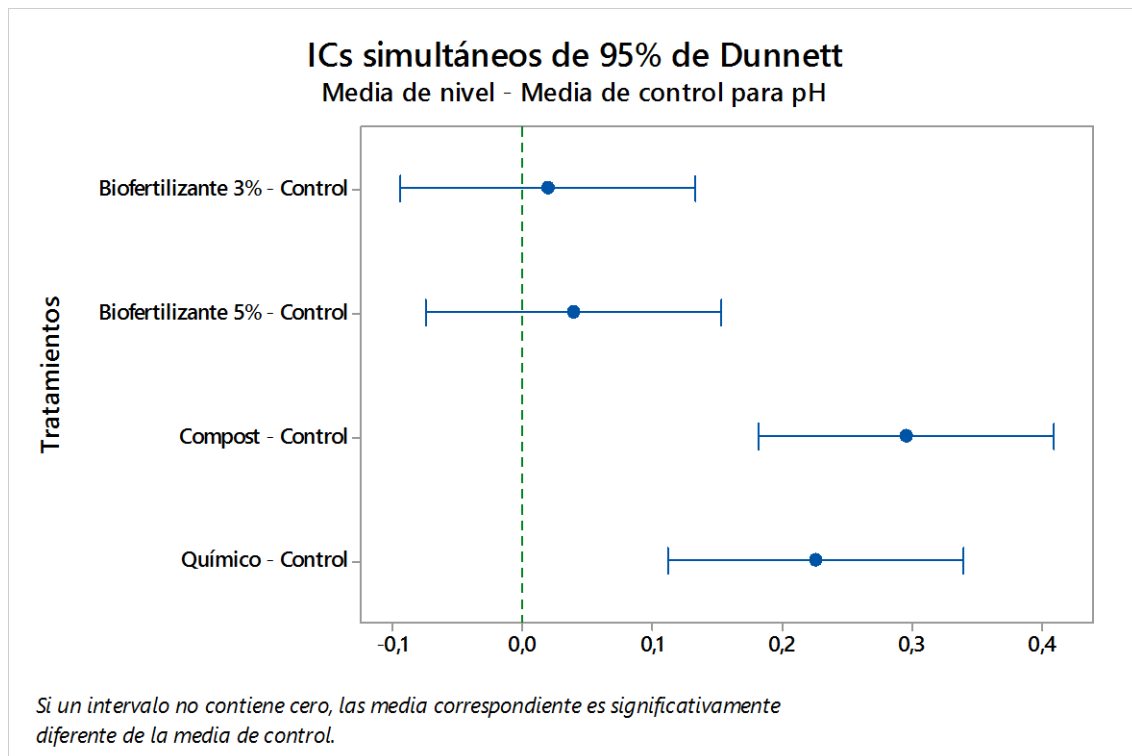
PRUEBA DE MEDIAS

Comparaciones múltiples de Dunnett con un control: Respuesta = pH, Término = Tratamientos

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
Control (Control)	5	6,244	A
Compost	5	6,540	
Químico	5	6,470	
Biofertilizante 5%	5	6,284	A
Biofertilizante 3%	5	6,264	A

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.



Conclusión: a un nivel de significancia de 0.05, se puede afirmar que existen diferencias significativas entre el tratamiento control con el tratamiento químico y compost aplicadas en el rabanito en relación al pH

10. Análisis de Humedad (%)

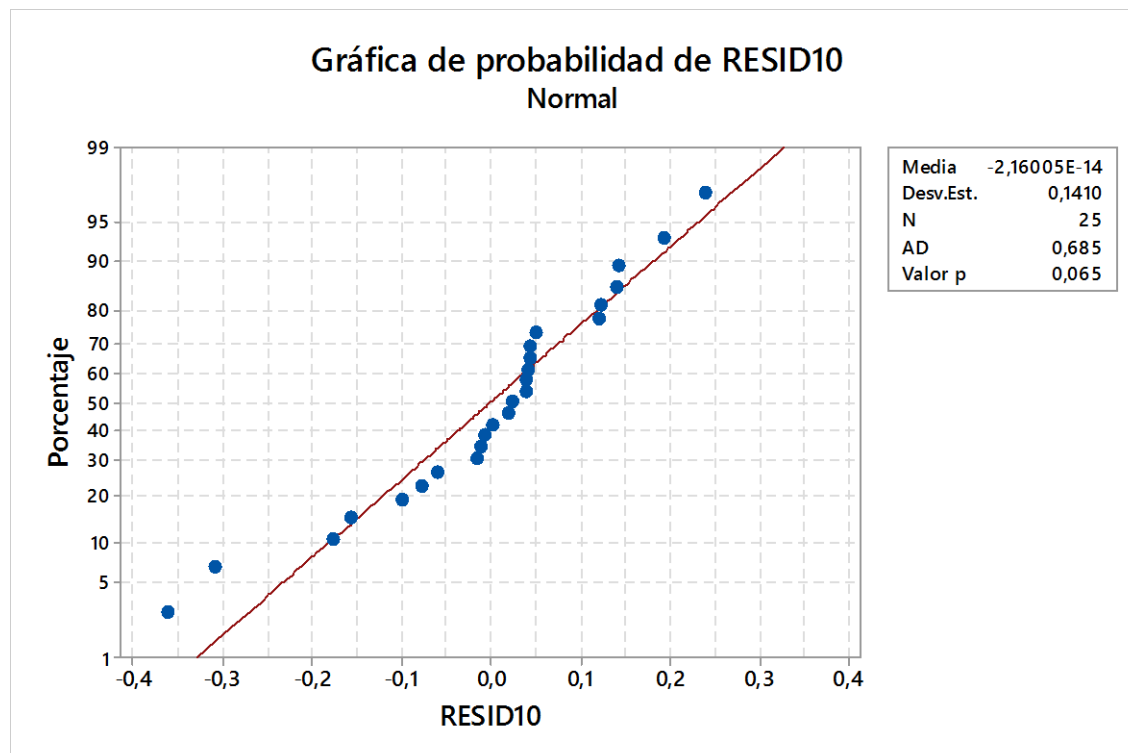
Repeticiones	HUMEDAD (%)				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	94.35	94.65	93.46	91.30	94.40
2	94.4	94.71	93.5	91.4	94.36
3	94.55	94.68	93.15	91.2	94.2
4	94.2	94.56	93.6	90.9	94.5
5	94.28	94.7	93.58	91.5	94.42
Promedio	94.356	94.660	93.459	91.260	94.376

Normalidad de errores

H₀: los errores de la humedad se distribuyen normalmente

H₁: los errores de la humedad no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.06$)

Homogeneidad de varianzas

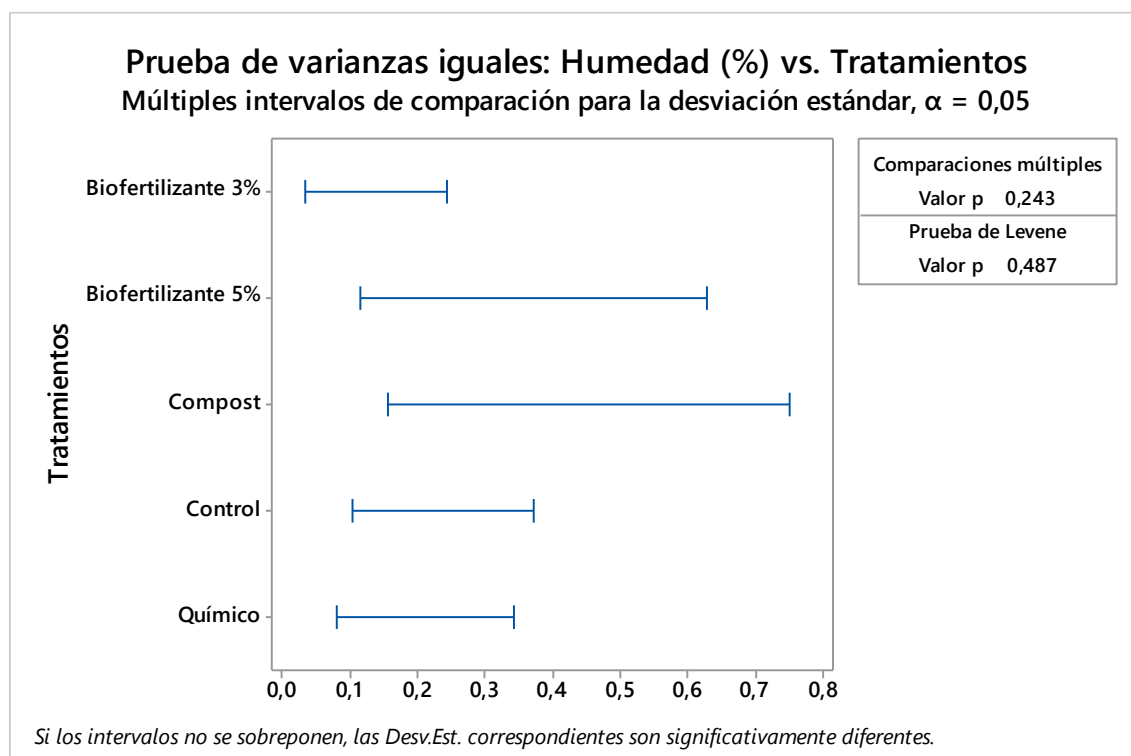
Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	0,060415	(0,0123399; 0,61008)
Biofertilizante 5%	5	0,181439	(0,0336205; 2,01959)
Compost	5	0,230217	(0,0534544; 2,04503)
Control	5	0,132023	(0,0334804; 1,07378)
Químico	5	0,110815	(0,0233615; 1,08419)

Nivel de confianza individual = 99%



Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0,243
Levene	0,89	0,487

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.487$)

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_1 : Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamientos	Fijo	5	Biofertilizante 3%; Biofertilizante 5%; Compost; Control;
			Químico

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	38,9533	9,73832	408,21	0,000
Error	20	0,4771	0,02386		
Total	24	39,4304			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,154454	98,79%	98,55%	98,11%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	93,6220	0,0309	3030,74	0,000	
Tratamientos					
Biofertilizante 3%	1,0380	0,0618	16,80	0,000	1,60
Biofertilizante 5%	-0,1640	0,0618	-2,65	0,015	1,60
Compost	-2,3620	0,0618	-38,23	0,000	1,60
Control	0,7340	0,0618	11,88	0,000	1,60

Ecuación de regresión

$$\text{Humedad (\%)} = 93,6220 + 1,0380 \text{ Tratamientos_Biofertilizante 3\%} - 0,1640 \text{ Tratamientos_Biofertilizante 5\%} - 2,3620 \text{ Tratamientos_Compost} + 0,7340 \text{ Tratamientos_Control} + 0,7540 \text{ Tratamientos_Químico}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Humedad (%)	Ajuste	Resid	Resid	
				est.	
13	93,1500	93,4580	-0,3080	-2,23	R
19	90,9000	91,2600	-0,3600	-2,61	R

Residuo grande R

Conclusión

A un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que existe una diferencia significativa entre las medias (0.000).

PRUEBA DE MEDIAS

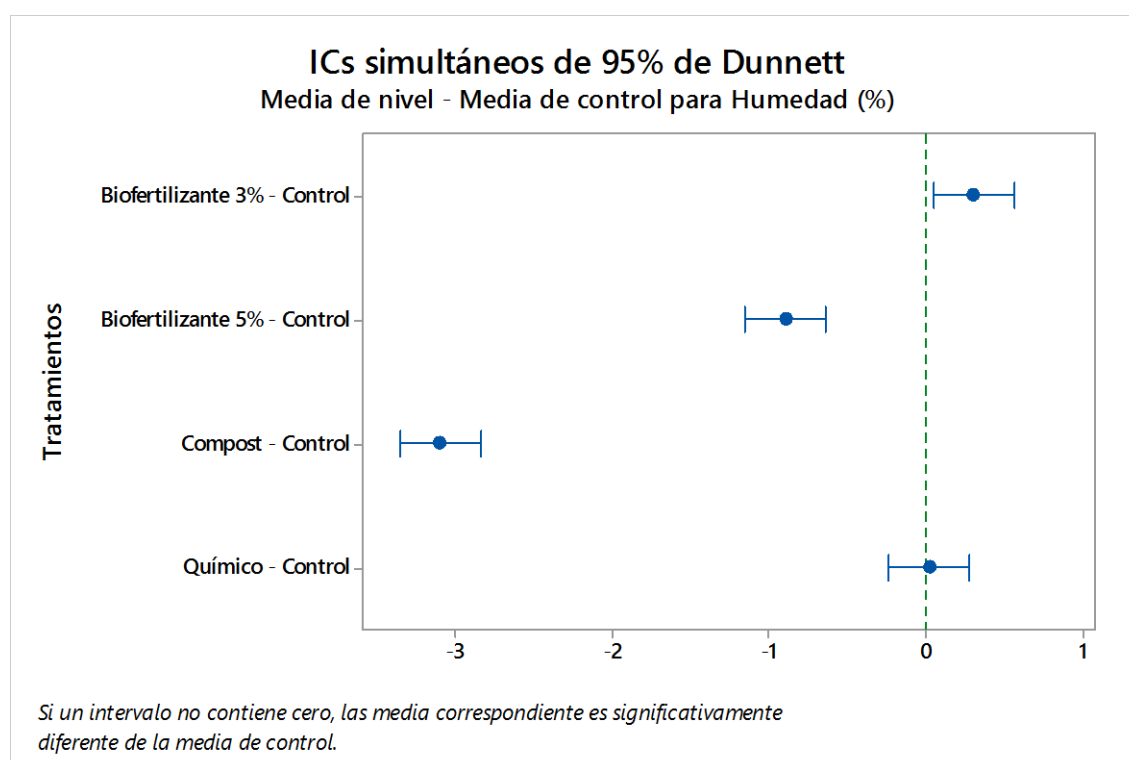
Comparaciones múltiples de Dunnett con un control: Respuesta = Humedad (%), Término = Tratamie

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
Control (Control)	5	94,356	A
Biofertilizante 3%	5	94,660	
Químico	5	94,376	A
Biofertilizante 5%	5	93,458	
Compost	5	91,260	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

ICs simultáneos de 95% de Dunnett



Conclusión: a un nivel de significancia de 0.05, se puede afirmar que existen diferencias significativas entre el tratamiento control con el tratamiento Biofertilizante 5% y compost aplicadas en el rabanito en relación a la Humedad.

11. Análisis de Sólidos Totales (%)

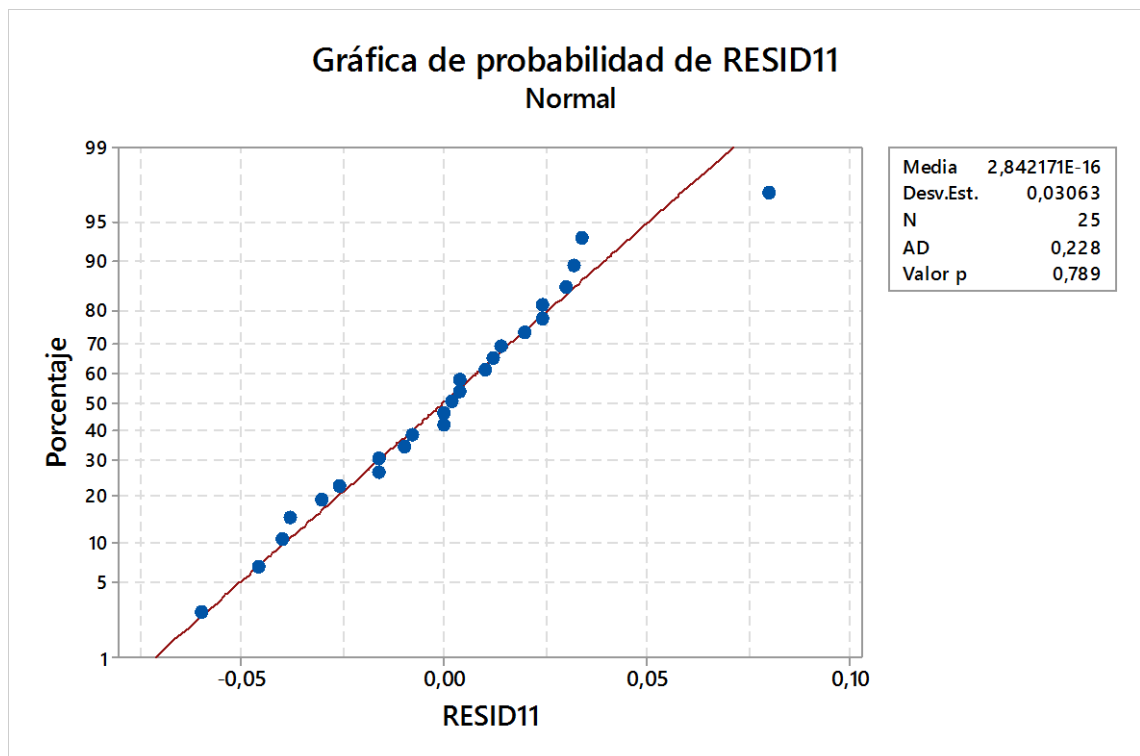
Repeticiones	SOLIDOS TOTALES (%)				
	Control	Biofertilizante		Compost	Químico
		3%	5%		
1	5.65	5.65	6.58	8.70	5.62
2	5.64	5.63	6.54	8.68	5.7
3	5.66	5.68	6.61	8.72	5.56
4	5.68	5.6	6.57	8.67	5.58
5	5.62	5.67	6.59	8.71	5.64
Promedio	5.65	5.65	6.58	8.70	5.62

Normalidad de errores

H₀: los errores de los sólidos totales se distribuyen normalmente

H₁: los errores de los sólidos totales no se distribuyen normalmente

Nivel de significancia, $\alpha = 0.05$



Conclusión: Se cumple el supuesto de normalidad de errores a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.78$)

Homogeneidad de varianzas

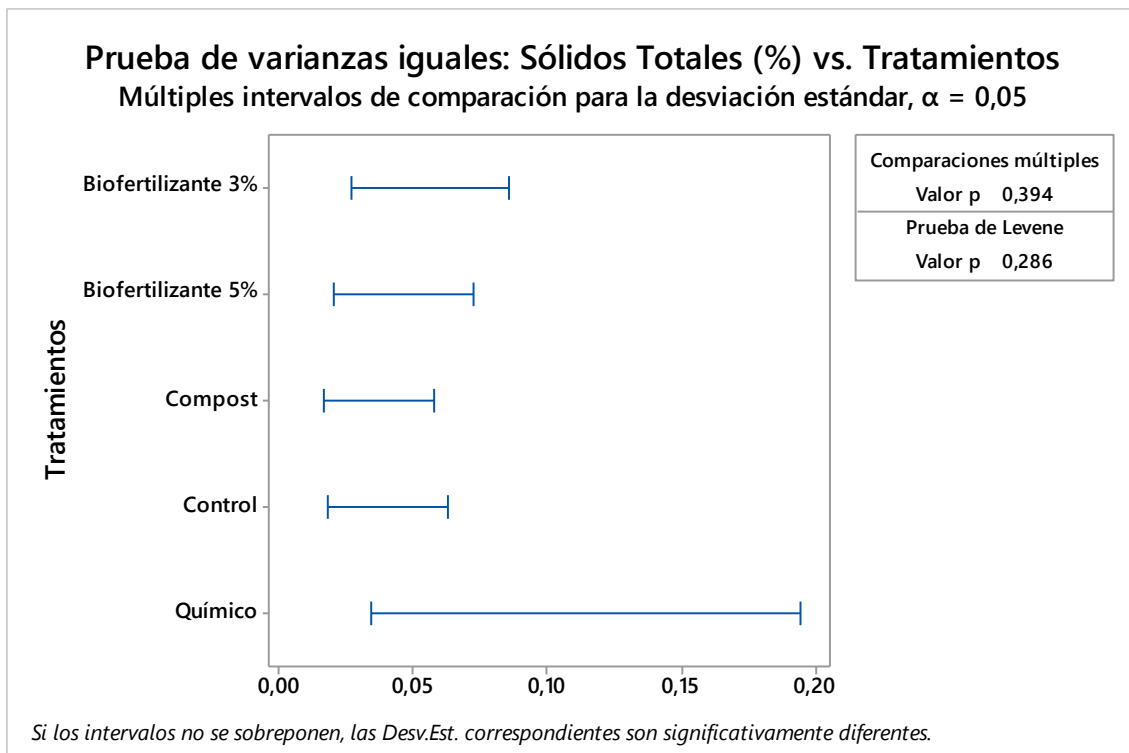
Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
Biofertilizante 3%	5	0,0320936	(0,0094172; 0,225590)
Biofertilizante 5%	5	0,0258844	(0,0062603; 0,220743)
Compost	5	0,0207364	(0,0073524; 0,120627)
Control	5	0,0223607	(0,0058309; 0,176864)
Químico	5	0,0547723	(0,0149199; 0,414728)

Nivel de confianza individual = 99%



Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0,394
Levene	1,35	0,286

Conclusión: Se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, a un nivel de significación de 0.05, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 . (Valor $p = 0.286$).

Análisis de variancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_1 : Por lo menos una media de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamientos	Fijo	5	Biofertilizante 3%; Biofertilizante 5%; Compost; Control;
			Químico

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	4	35,1775	8,79437	7810,28	0,000
Error	20	0,0225	0,00113		
Total	24	35,2000			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0335559	99,94%	99,92%	99,90%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	6,43800	0,00671	959,29	0,000	
Tratamientos					
Biofertilizante 3%	-0,7920	0,0134	-59,01	0,000	1,60
Biofertilizante 5%	0,1400	0,0134	10,43	0,000	1,60
Compost	2,2580	0,0134	168,23	0,000	1,60
Control	-0,7880	0,0134	-58,71	0,000	1,60

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{Sólidos Totales (\%)} = & 6,43800 - 0,7920 \text{ Tratamientos_Biofertilizante } 3\% \\ & + 0,1400 \text{ Tratamientos_Biofertilizante } 5\% \\ + & 2,2580 \text{ Tratamientos_Compost} \\ & - 0,7880 \text{ Tratamientos_Control} - 0,8180 \text{ Tratamientos_Químico} \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

	Sólidos Totales	Ajuste	Resid	Resid est.	
Obs	(%)				
22	5,7000	5,6200	0,0800	2,67	R

Residuo grande R

Conclusión

A un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que existe una diferencia significativa entre las medias (0.000).

PRUEBA DE MEDIAS

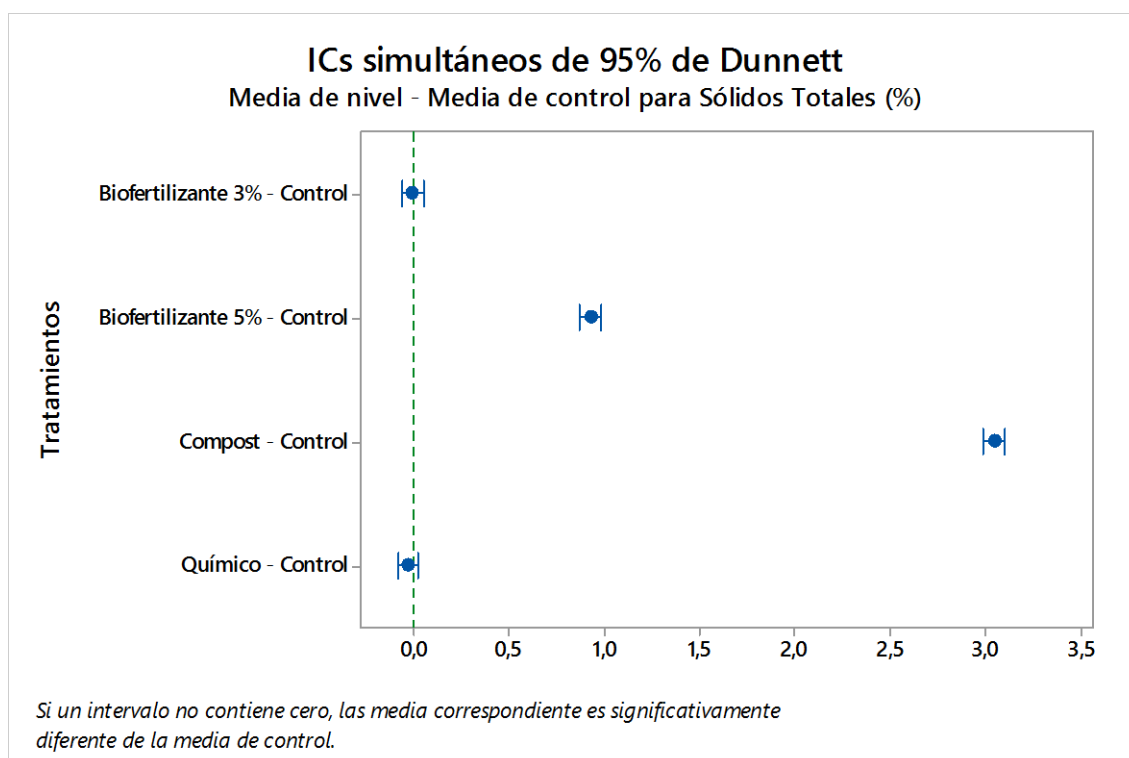
Comparaciones múltiples de Dunnett con un control: Respuesta = Sólidos Totales (%), Término =

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
Control (Control)	5	5,650	A
Compost	5	8,696	
Biofertilizante 5%	5	6,578	
Biofertilizante 3%	5	5,646	A
Químico	5	5,620	A

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

ICs simultáneos de 95% de Dunnett



Conclusión: a un nivel de significancia de 0.05, se puede afirmar que existen diferencias significativas entre el tratamiento control con el tratamiento Biofertilizante 5% y compost aplicadas en el rabanito en relación a los Sólidos Totales.